

# POLITECNICO DI MILANO

VI Facoltà di Ingegneria

Corso di laurea in Ingegneria Edile - Architettura



## TI.MO.

Tirano Mobilità

“Riqualificazione dell’area di interscambio ferroviaria di Tirano”

Relatore:

Prof. Massimo Tadi

Corelatore:

Ing. Giulio Zani

Elaborato di laurea di:

Mattia Della Vedova      matr. 752442

Francesco Gabellini      matr. 677041

Virginia Gulino      matr. 718278

Anno Accademico 2011/2012

# Indice generale

Introduzione.....	7
1 : Inquadramento e analisi.....	9
1.1 Inquadramento territoriale .....	9
1.2 Dati demografici.....	10
1.3 Il sistema dell'istruzione.....	13
1.4 Il sistema dell'abitato.....	15
1.5 Il sistema del verde.....	17
1.6 Il sistema della mobilità.....	18
1.7 Il turismo .....	19
1.8 Il trasporto ferroviario .....	21
1.9 Inquadramento dell'area d'intervento.....	22
1.10 Forze, Debolezze, Opportunità, Minacce .....	23
1.11 Obiettivi, Strategie, Azioni.....	24
1.12 Proposte progettuali.....	28
1.13 Scelte .....	28
1.14 Analisi dei flussi.....	30
2 : Concept Plan.....	31
3 : Masterplan.....	32
4 : Evoluzione storica dell'architettura ferroviaria.....	37
4.1 Evoluzione del tipo edilizio.....	37
4.1.1 La nascita delle prime vie ferroviarie: gli esordi .....	38
4.1.2 Il primo "tipo" .....	39
4.1.3 Il secondo "tipo" .....	40
4.1.4 Il terzo "tipo" .....	41
4.1.5 Il quarto "tipo" – La cultura razionalista .....	42
4.1.6 Il quinto "tipo" –Dal secondo dopoguerra agli anni '60.....	45
4.1.7 L'ultimo "tipo" – Dal XX al XXI secolo.....	46
4.2 L'architettura dei piazzali e delle tettoie .....	50

4.2.1	L'architettura dei piazzali .....	50
4.2.2	L'architettura delle tettoie .....	52
4.3	Ferrovia e ambiente .....	53
4.4	Conclusioni.....	55
5	: Il progetto architettonico .....	58
5.1	La stazione ferroviaria .....	58
6	Il progetto antincendio.....	74
6.1	Introduzione.....	74
6.2	Identificazione delle attività generali e normative.....	76
6.3	Calcolo del carico d'incendio - La compartimentazione .....	79
6.3.1	Generalità compartimenti .....	80
6.3.2	Determinazione del carico d'incendio specifico di progetto .....	81
6.3.3	Richieste di prestazione .....	83
6.3.4	Determinazione della classe .....	84
6.3.5	Elenco materiali compartimento.....	84
6.3.6	Calcolo della classe del compartimento .....	86
6.3.7	Elenco strutture del compartimento – I materiali .....	91
6.4	Il progetto antincendio.....	102
6.4.1	Attività n°78 .....	102
6.4.2	Attività n°75 .....	112
6.4.3	Attività n°49 .....	125
7	: Il contesto climatico .....	128
7.1	Introduzione.....	128
7.2	Dati geografici del sito di progetto.....	128
7.3	Temperature.....	129
7.3.1	Temperature medie mensili .....	131
7.4	Venti .....	133
7.5	Piovosità .....	134
7.6	Umidità relativa .....	135
7.7	Irradiazione.....	136
7.7.1	Irradiazione sul piano orizzontale.....	137
7.7.2	Irradiazione sul piano verticale.....	138

8	: Progettare l’Involucro.....	140
8.1	Introduzione.....	140
8.2	Stratigrafie .....	142
8.3	Descrizione pacchetti.....	144
8.4	Metodologia di calcolo .....	145
8.5	Pacchetti .....	147
8.6	Certificazione energetica .....	148
9	: Analisi illuminotecnica.....	150
9.1	Introduzione.....	150
9.2	Condizioni del cielo.....	151
9.3	Gli obiettivi.....	152
9.4	Software per il calcolo.....	153
9.5	Analisi delle ombre.....	153
9.6	Analisi illuminotecnica locali.....	157
9.7	Il quadro normativo .....	158
9.8	Progettare la luce .....	159
9.9	Conclusione .....	171
10	: Progetto strutturale .....	172
10.1	Introduzione.....	172
10.2	Analisi dei carichi.....	172
10.3	Dimensionamento travi secondarie blocco Nord.....	181
10.4	Verifiche allo S.L.U.....	182
10.5	Verifiche allo S.L.E.....	185
10.6	Dimensionamento travi secondarie blocco Sud.....	191
10.7	Dimensionamento travi primarie blocco stazione .....	195
10.8	Dimensionamento travi primarie blocco Sud .....	200
10.9	Dimensionamento Pad sospesi .....	205
10.10	Dimensionamento passerella di collegamento vierendeel .....	214
10.11	Predimensionamento copertura complessiva.....	222

10.12	Predimensionamento pilastri .....	236
10.13	Bullonature e giunti .....	239
10.13.1	Bullonatura tra pilastro PC6 e trave primaria C67 .....	239
10.13.2	Giunti cardanici Pad .....	245
11	: Il progetto impiantistico .....	249
11.1	Premessa .....	249
11.2	L'edificio e l'ambiente .....	249
11.3	Il quadro normativo .....	250
11.4	La tipologia impiantistica .....	251
11.5	Calcolo delle dispersioni termiche nel periodo invernale.....	253
11.5.1	Premesse .....	253
11.5.2	Condizioni e metodo di progetto .....	253
11.5.3	Calcolo del fabbisogno termico .....	258
11.6	Calcolo dei carichi termici nel periodo estivo .....	262
11.6.1	Premesse .....	262
11.6.2	Condizioni e metodo di progetto .....	262
11.6.3	Calcolo dei carichi termici.....	270
11.7	Progettazione e dimensionamento delle unità di trattamento .....	278
	dell'aria.....	278
11.7.1	Premessa .....	278
11.8	U.T.A. 1 .....	281
11.9	U.T.A. 2.....	284
11.10	U.T.A. 3.....	289
11.11	U.T.A. 4.....	293
11.12	Conclusioni sulle unità di trattamento dell'aria.....	296
11.13	Progettazione e dimensionamento dei condotti .....	298
12	: Aspetti Ergotecnici .....	305
12.1	Introduzione.....	305
12.2	Descrizione della lavorazione.....	305
12.3	Descrizione delle attività e organizzazione del cantiere.....	306
12.4	Delimitazioni, accessi e percorsi di cantiere.....	307

12.5	Fasi lavorative di preparazione del cantiere .....	307
	Le fasi lavorative precedenti all'attività degli scavi e la loro sequenza sono:.....	307
12.6	Esecuzione micropali.....	308
	- Delimitazione e protezione del foro del palo .....	308
12.7	Esecuzione dei diaframmi o paratie.....	308
12.7.1	Scavi .....	309
12.8	Logistica di cantiere.....	310
12.9	Opere provvisorie .....	310
12.10	Depositi di cantiere.....	310
12.10.1	Carico e scarico .....	310
12.10.2	Aree di stoccaggio .....	310
12.11	Movimentazione di cantiere .....	311
12.12	Reti impiantistiche.....	311
12.12.1	Impianto elettrico.....	311
12.12.2	Impianto idrico .....	312
12.12.3	Impianto fognario .....	312
12.13	Segnaletica di sicurezza.....	312
12.14	D.P.I. Dispositivi di protezione individuale .....	315

# Introduzione

TI.MO. (Tirano Mobilità) è una proposta di progetto urbanistico e architettonico per la riqualificazione dell'area di intercambio ferroviaria della città di Tirano. L'obiettivo, che con il nostro operato vogliamo raggiungere, è quello di trasformare radicalmente un'area che allo stato attuale si presenta degradata e renderla nuovamente appetibile al pubblico. La città di Tirano, che ha espresso la volontà di trasformare tale area, presenta grandi peculiarità offerte dalla posizione, crocevia per la valle svizzera del Poschiavino e l'alta Valtellina, dalla dichiarazione di appartenenza della tratta Tirano-Sankt Moritz al patrimonio dell'umanità da parte dell'Unesco (luglio 2008), dall'associazione della città, nel 2008, al circuito "Città Slow" (città impegnate a promuovere e valorizzare le tipicità enogastronomiche territoriali) e dalla recente denominazione della stessa come "Città del vino" (2010). Dato lo scarso ed infruttuoso utilizzo dell'area che non sfrutta attualmente tali potenzialità, noi ci prefiggiamo di dar vita ad un intervento che la rivitalizzi attraendo sia il pubblico locale che extra locale; il tutto con il minimo impatto ambientale sia nei materiali che sotto l'aspetto energetico. Al fine di ottenere una corretta soluzione, che soddisfi le suddette aspettative, si è utilizzato un metodo scientifico chiamato "Processo NOOS" (Not Only One Solution) ed elaborato dal Professore Danilo Palazzo. Tale metodo prevede il raggiungimento degli obiettivi e fini prefissati attraverso un studio dettagliato che porta alla definizione di più soluzioni e alternative fino ad arrivare ad una scelta finale che, per definizione, non è l'unica possibile. Questo si fonda su quattro fasi concatenate che costituiscono l'intero processo di progettazione e realizzazione. La prima fase è quella delle analisi, che permettono di avere una conoscenza approfondita del sito d'intervento con l'individuazione delle caratteristiche intrinseche ed estrinseche dell'area valutate attraverso l'FDOM (Forze, Debolezze, Opportunità e Minacce) e la determinazione degli Obiettivi, delle Strategie e delle Azioni (OSA) da perseguire al fine di effettuare le necessarie scelte. La seconda fase è quella metaprogettuale che è strettamente legata alle scelte derivanti dalle analisi e che porta alla definizione di un Masterplan attraverso il passaggio intermedio del Concept Plan. La terza fase è quella del Progetto vero e proprio con la definizione dei vari dettagli che caratterizzano l'intervento. Infine, la quarta ed ultima fase consiste nell'Esecuzione finale del progetto.

# Synopsis

TIMO. (Tirano Mobility) is a suggestion for urbanistic and architectural plan concerning the requalification of the railroad switch of Tirano. This thesis focuses on a degraded area that have to be radicly transformed and improved. The municipality of Tirano, that has expressed the will of change this area, has great features offered by the position, a crossroads for the Swiss valley of Poschiavino and high Valtellina, the declaration of membership of railroad track Tirano-St Moritz to the World Heritage by UNESCO (July 2008), the association of the city, in 2008, to the circuit "Slow Cities" (cities that are committed to promoting and enhancing the typical wine and food areas) and the recent designation of the same as the "city of Wine" (2010).

Given the limited and unsuccessful use of the area that currently does not exploit this potential, we aim to give life to a project that revitalize the public attracting local and extra-local, with minimal environmental impact in both materials under the 'energy aspect. In order to obtain a correct solution, that satisfy these expectations, we used a scientific method called "Process NOOS" (Not Only One Solution) processed by Professor Danilo Palazzo. It relies on the achievement of the objectives and goals set through a detailed study that leads to the definition of multiple solutions and alternatives to arrive at a possible final choice.

This method sets up on four linked phases that are the entire process of design and realization. The first phase is the analisys, that allow us to have a thorough knowledge of the site with the identification of intrinsic and extrinsic area evaluated through the SWOT (strengths, weaknesses, opportunities, threats) and the determination of the OSA (Objectives, Strategy, Actions) to pursue in order to make the necessary choices.

The second phase is closely connected with the choices from analyzes and leads to the definition of a Master Plan through the intermediate step of the Concept Plan. The third phase is the definition of the various details that characterize the project. Finally, the fourth and final phase involves the execution of the project.

# 1 : Inquadramento e analisi

## 1.1 Inquadramento territoriale

La città di Tirano è un comune italiano di 9.238 abitanti in provincia di Sondrio, Lombardia.

Situata a circa 2 km dal confine svizzero in alta Valtellina ad un'altezza di 430 m s.l.m., la città è contornata a sud dalle Alpi Orobie, a nord dal Massiccio del Bernina e a nordest dal Massiccio dello Stelvio. L'abitato è situato nei pressi della confluenza dei fiumi Adda e Poschiavino, in corrispondenza dell'intersezione tra Valtellina e Val Poschiavina. Esso rappresenta un importante centro turistico e punto di snodo di diverse vie di comunicazione, trovandosi, infatti, in corrispondenza dell'intersezione della strada statale n. 38 (detta Statale dello Stelvio), della strada che porta al Passo del Bernina ed in Engadina ed essendo il capolinea delle linee ferroviarie Tirano-Milano (Ferrovie dello Stato) e Tirano-Sankt Moritz (Ferrovia Retica), che, dal luglio 2008, è stata dichiarata Patrimonio Mondiale dell'Unesco. Sede della Comunità Montana di Valtellina, ricopre un importante ruolo di centro di servizi ed economici del territorio compreso tra Teglio e Grosio.

Nella storia ha assunto un ruolo strategico come crocevia d'incontro tra genti diverse per tradizioni, cultura e religione. Oggi è uno dei principali centri religiosi della valle, qui giungono ogni anno sempre più numerosi i pellegrini, che hanno nel Santuario della Madonna, Patrona della Valtellina, un punto di riferimento importante per la loro fede.

Tirano è un importante centro per la lavorazione ed il commercio con la Svizzera di legname, oltre ad essere un centro di smistamento turistico di primaria importanza: da qui, risalendo l'alta Valle, si entra nel Bormiese dove si dipartono vie di comunicazione che tramite passi alpini permettono di raggiungere ad est il Bresciano e l'Alto Adige, a ovest Valdidentro, Livigno a tutta la retrostante Engadina. Attraverso l'Aprica, si scende al lago d'Iseo, o risalendo per l'alta Valcamonica dal Tonale si raggiunge il Trentino.

## 1.2 Dati demografici

Il comune di Tirano è il terzo comune della provincia di Sondrio per numero di abitanti; a fine 2010 (sulla base dei risultati anagrafici) il numero di residenti è pari a 9.238 unità.

Con riferimento ai dati demografici, il dato più evidente è quello rappresentato dalla stazionarietà della popolazione residente che negli ultimi 20 anni è cresciuta di sole 200 unità con lunghi periodi di totale assenza di incrementi significativi, con qualche spunto all'inizio del decennio (numero massimo di residenti nel 2003 a quota 9.155), una nuova flessione nel 2006 (9.101 residenti), un forte incremento verso il 2009 (numero massimo di residenti 9.248) e infine una lieve flessione nell'ultimo anno (nel 2010 a quota 9.238).

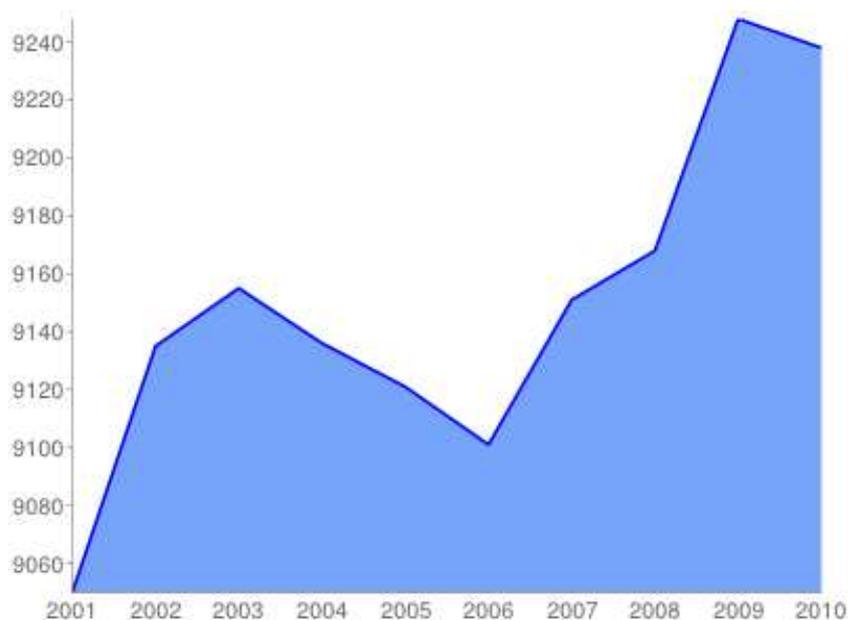


Figura 1.1 - Andamento della popolazione comune di Tirano

Anno	Residenti	Variazione	Famiglie
<b>2001</b>	9.050	-	-
<b>2002</b>	9.135	+ 0,90%	-
<b>2003</b>	9.155	+ 0,20%	3.769
<b>2004</b>	9.136	- 0,20%	3.776
<b>2005</b>	9.121	- 0,20%	3.812
<b>2006</b>	9.101	- 0,20%	3.873
<b>2007</b>	9.151	+ 0,50%	3.987
<b>2008</b>	9.168	+ 0,20%	4.027
<b>2009</b>	9.248	+ 0,90%	4.065
<b>2010</b>	9.238	- 0,10%	4.072

Tabella 1.1 - Dati andamento popolazione del comune di Tirano

Questo andamento della popolazione si colloca in linea con quello medio della provincia di Sondrio i cui incrementi annuali da tempo risultano molto contenuti e spesso determinati da flussi di immigrazione straniera ed extracomunitaria.

L'aspetto più rilevante da sottolineare è quello riguardante la struttura della popolazione per classi di età; i dati relativi agli ultimi anni segnalano un rapido processo di invecchiamento della popolazione residente e ciò è tanto più negativo se si considera che tale processo emerge in misura evidente confrontando i dati di un periodo abbastanza ristretto, dal 2007 al 2011.

Il processo d'invecchiamento della popolazione trova riscontro nell'innalzamento dell'età media della popolazione che passa da 43,3 anni nel 2007 a 44,4 anni nel 2011 (l'età media in Italia è pari a 41,8 anni). Ma trova pure evidenza nella distribuzione della popolazione per classi di età: i bambini fino a 14 anni che nel 2007 rappresentavano il 13,80% della popolazione residente si riducono al 13,20% nel 2011 e, di contro, la popolazione con oltre 65 anni che nel 2007 rappresentava il 21,30% ha accresciuto il suo peso fino al 22,20% nell'anno 2011.

Classi di età	2007	2008	2009	2010	2011
<b>% 0-14 anni</b>	13,80%	13,60%	13,40%	13,50%	13,20%
<b>% 15-64 anni</b>	64,90%	64,80%	64,90%	64,70%	64,50%
<b>% &gt;65 anni</b>	21,30%	21,70%	21,70%	21,80%	22,20%
<b>% Indice di vecchiaia</b>	154,10%	159,50%	161,30%	161,90%	168,40%
<b>Età media</b>	43,3	43,7	43,8	44	44,4

Tabella 1.2 - Ripartizione percentuale della popolazione residente per classe di età

Si tratta di variazioni contenute in termini assoluti e percentuali, ma particolarmente rilevanti se si tiene conto della brevità del periodo preso in considerazione e del fatto che normalmente le modificazioni della struttura demografica risultano estremamente contenute da un anno all'altro.

Osservando il bilancio demografico si evince che negli ultimi anni è andato crescendo il numero di iscritti all'anagrafe (residenti) provenienti dall'estero ed è tale flusso che ne determina la gran parte della positività. La conseguenza è un consistente incremento del numero di stranieri residenti nel comune di Tirano che pari a 359 unità nel 2005 salgono a 504 nel 2010 (in termini percentuali l'incidenza straniera cresce dal 3,9% del 2005 al 5,5% del 2010). Secondo i risultati anagrafici, il maggior gruppo di cittadini stranieri residenti nel comune di Tirano è di origine marocchina (33%), ma non trascurabile è la presenza di cinesi, romeni, albanesi (all'incirca il 10% per ciascuna etnia).

Anno	Nati	Morti	Iscritti da altri comuni	Iscritti dall'estero	Altri iscritti	Cancellati per altri comuni	Cancellati per l'estero	Altri cancellati
<b>2005</b>	75	102	189	44	2	196	20	7
<b>2006</b>	62	83	204	48	10	210	24	27
<b>2007</b>	68	75	197	70	1	183	16	12
<b>2008</b>	88	115	208	62	7	189	36	8
<b>2009</b>	72	93	249	56	0	187	10	7
<b>2010</b>	75	73	191	58	7	219	19	30

Tabella 1.3 - Ripartizione percentuale della popolazione residente per classe di età

Anno	Residenti Stranieri	Residenti Totale	% Stranieri	Minorenni	Nati in Italia	% Maschi
<b>2005</b>	359	9.121	3,90%	94	-	51,30%
<b>2006</b>	361	9.101	4,00%	92	49	52,40%
<b>2007</b>	389	9.151	4,30%	95	60	50,10%
<b>2008</b>	435	9.168	4,70%	108	62	50,30%
<b>2009</b>	468	9.248	5,10%	120	65	51,30%
<b>2010</b>	504	9.238	5,50%	-	-	48,40%

Tabella 1.4 - Ripartizione percentuale dei residenti stranieri e italiani

### 1.3 Il sistema dell'istruzione

Il sistema della formazione è attualmente organizzato in 3 scuole elementari frequentate da circa 500 bambini, una scuola media inferiore frequentata da oltre 300 alunni e tre istituti per l'istruzione superiore (Liceo Scientifico, Istituto Professionale Industria e Artigianato, Istituto Tecnico Commerciale per Geometri) frequentati mediamente da 850/900 studenti, molti dei quali provenienti dai comuni limitrofi. Dai dati ricavati dal PGT per i periodi 2004/2005 e 2006/2007 i residenti nel comune di Tirano rappresentano infatti circa il 27% degli iscritti, mentre oltre il 50% proviene dai comuni limitrofi o dai comuni appartenenti alla Comunità Montana dell'Alta Valtellina. Tali spostamenti sono in gran parte effettuati con autobus, l'80%, mentre la gravitazione su Tirano con treno interessa circa il 13% degli studenti. Gli studenti delle scuole medie superiori residenti a Tirano, in complesso circa 400 unità, frequentano per il 60% circa gli istituti superiori locali, mentre il 30% gravita su istituti di Sondrio e il 9% gravita verso Bormio (marginale la quota che frequenta istituti nel comune di Morbegno).

Tipologia di scuola	Scuole	Alunni	Classi	Docenti
<b>Scuola d'infanzia</b>	2	269	11	23
<b>Scuola primaria</b>	3	485	25	54
<b>Scuola media inferiore</b>	1	314	14	26
<b>Scuola media superiore</b>	3	881	45	83
<b>Totale</b>	9	1949	95	186

Tabella 1.5 - Sistema dell'istruzione comunale 2006/2007

Studenti esterni	2004/2005		2006/2007	
<b>Con treno</b>	89	13,4%	85	13,2%
<b>Con autobus</b>	510	76,9%	526	81,7%
<b>Con mezzi propri</b>	64	9,7%	33	5,1%
<b>Totale</b>	663	100,0%	644	100,0%

Tabella 1.6 - Alunni di Scuola media superiore: alunni provenienti da fuori Tirano

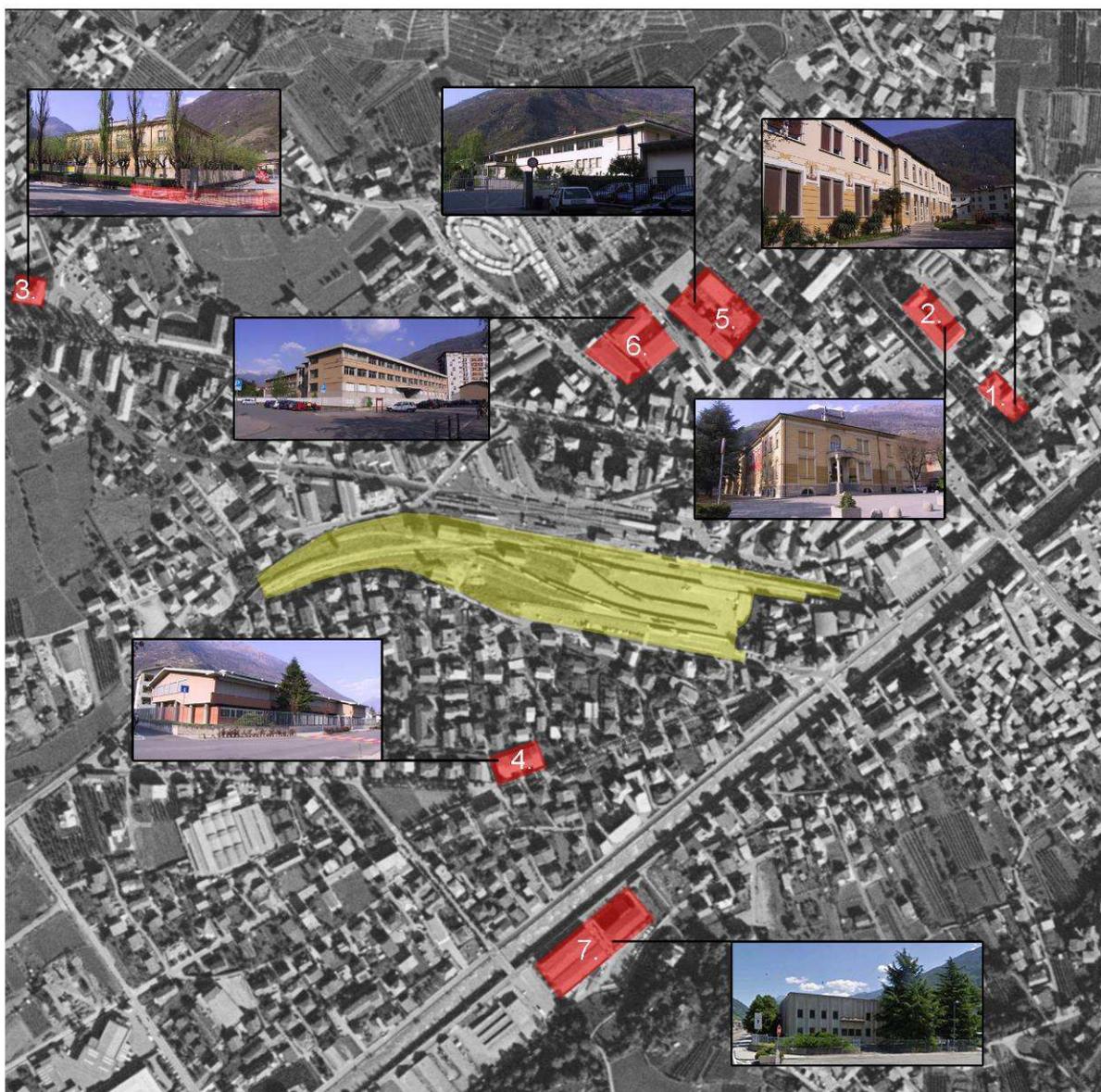


Figura 1.2 - Edifici scolastici nel comune di Tirano

1. Scuola materna Quadrio Curzi
2. Scuola Elementare Luigi Credaro
3. Scuola Elementare G:B: Marinoni
4. Scuola Elementare Angelina Vido
5. Scuola Media Luigi Trombini
6. Istituto di Istruzione Superiore Balilla Pinchetti
7. Istituto Professionale di Stato per l'Industria e l'Artigianato

## 1.4 Il sistema dell'abitato

Le strutture abitative presenti sul territorio comprendono due tipologie di abitazioni, quelle occupate dagli stessi residenti e quelle utilizzate in buona parte per motivi turistici. I dati disponibili quantificano in 3.694 unità il numero delle abitazioni occupate da residenti nel comune, pari all'82,4% delle abitazioni complessivamente presenti sul territorio del comune di Tirano (4.485 unità). Le informazioni disponibili indicano una superficie media delle abitazioni per persona pari a circa 39 mq.

Il 68,7% delle abitazioni occupate dai residenti è di proprietà degli stessi, mentre le abitazioni godute in affitto sono il 20,3% e quelle utilizzate ad altro titolo rappresentano il restante 11%. Un altro aspetto interessante da considerare riguarda l'epoca di Costruzione, o di ristrutturazione rilevante, delle abitazioni attualmente occupate oppure non occupate. Meno del 20% di queste è stata costruita prima del 1945 e un ulteriore 14% è stata edificata nel dopoguerra e fino al 1961. Il peso principale è rappresentato però dalle abitazioni costruite tra il 1962 e il 1981 che risulta essere il 33 %. Le abitazioni costruite tra il 1982 e il 1991 rappresentano quasi il 12% dell'attuale struttura abitativa, mentre l'11% delle abitazioni è stato costruito tra il 1992 ed il 2001. Nell'ultimo decennio, infine, l'attività edificatoria non è risultata particolarmente consistente.



Figura 1.3 - Vista di Tirano 1935

Figura 1.4 - Vista di Tirano 2012



Figura 1.5 - Analisi storica del comune di Tirano

## 1.5 Il sistema del verde

Nel territorio di Tirano emerge il tema legato alla necessità di ripristinare il rapporto esistente tra il sistema urbano e la campagna circostante. Risulta quindi al centro dell'attenzione l'insieme delle aree periurbane in cui sono ancora reperibili numerosi elementi di naturalità e tracce importanti di identità storica sopravvissuti alle recenti espansioni della città. In questa visione il ruolo del verde pubblico, e più in generale degli spazi aperti, compresi quelli privati e quelli ancora coltivati, si configura quale elemento strutturale della forma urbana e come elemento fondamentale dell'equilibrio ecologico complessivo. Da una parte, dunque, il ridisegno del sistema del verde è finalizzato a creare una rete ambientale urbana (connessioni verdi e piste ciclabili) che s'inserisce in ambito extra urbano fino a collegarsi con i corridoi ecologici, con il sentiero Valtellina, dall'altra deve elaborare un modello di gestione territoriale che affianchi alle attività agricole in area periurbana attività di sostegno legate al turismo leggero e sostenibile, legate al tempo libero, alla conoscenza del patrimonio ambientale e alla valorizzazione paesaggistica, in un contesto in cui la configurazione del paesaggio preservi i legami con l'attività produttiva agricola.

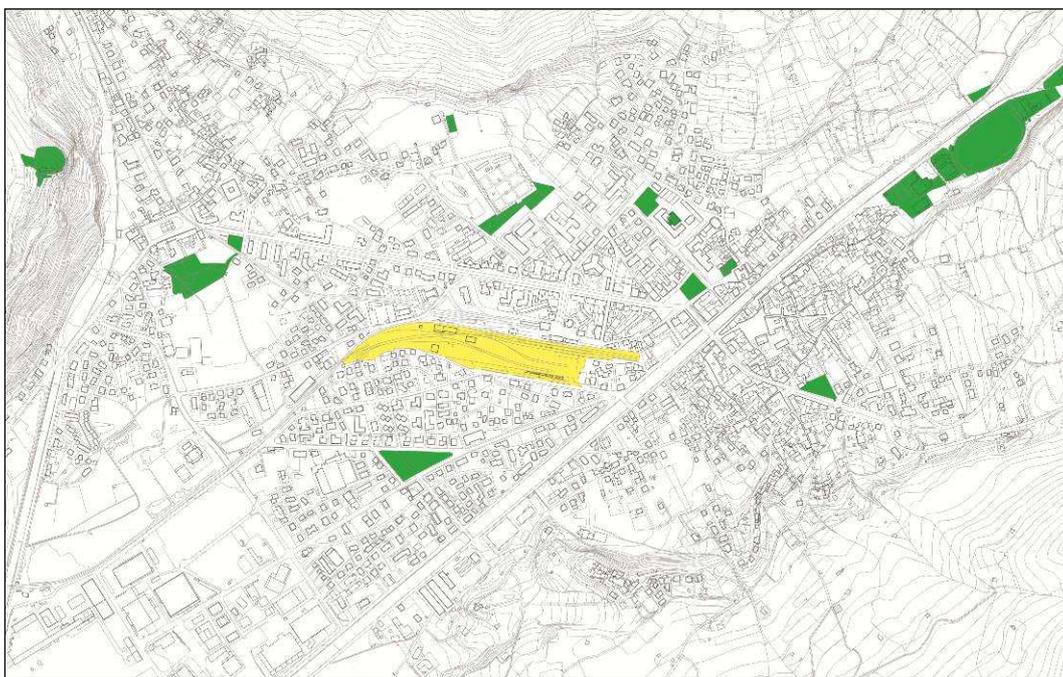


Figura 1.6 - Aree verdi nella città di Tirano

## 1.6 Il sistema della mobilità

Il sistema viabilistico all'interno del comune di Tirano è caratterizzato principalmente dalla presenza di un'importante spina centrale di traffico, Viale Italia, che attraversa l'intera città e rappresenta il tratto urbano della S.S.38. Tale tratto porta tuttora i mezzi pesanti, diretti all'estero e in particolare verso la Svizzera, a transitare per il centro città causando un congestionamento del traffico e un'elevata produzione d'inquinamento acustico e atmosferico. La previsione di una futura tangenziale risolverebbe tali problemi spostando il flusso di mezzi pesanti verso l'esterno e permettendo una parziale pedonalizzazione di Viale Italia. Il parco veicolare circolante risulta molto consistente (7.516 unità). Negli ultimi anni il transito di mezzi pesanti registrato è passato da un 2% ad un 10% ed è tuttora in aumento. La restante parte del traffico veicolare è di tipo leggero ma pone in luce il problema della carenza di parcheggi soprattutto nella zona del centro storico. In merito ai trasporti pubblici il comune di Tirano si pone come capolinea della rete ferroviaria statale verso Sondrio e l'alta valle nonché come punto di partenza del Bernina Express (patrimonio dell'UNESCO) facente parte della ferrovia retica e che collega Tirano a S. Moritz. Trenitalia garantisce 30 treni al giorno in arrivo e in partenza da Tirano nella tratta Tirano-Sondrio-Lecco-Milano e ritorno. I collegamenti con i comuni vicini sono garantiti da oltre 50 corse di autobus in arrivo e in partenza dal comune. Per quanto riguarda la mobilità sostenibile, la città di Tirano si presenta ancora troppo poco sviluppata sotto l'aspetto dei percorsi ciclopedonali. Attualmente il sentiero Valtellina, che parte da Colico e arriva a Chiavenna, attraversa in modo discontinuo la città soprattutto a causa della frattura generata dall'area oggetto d'intervento. Tale percorso, se completato a livello urbano, potrebbe migliorare la fruibilità dell'area oltre che del comune.

Anno	Auto	Motocicli	Autobus	Trasporti Merci	Veicoli Speciali	Trattori e Altri	Totale	Auto per mille abitanti
2005	5.221	990	51	675	283	92	7.312	572
2006	5.240	1.049	51	699	310	111	7.460	576
2007	5.285	1.088	45	701	307	105	7.531	578
2008	5.261	1.104	52	710	300	99	7.526	574
2009	5.285	1.166	52	692	234	87	7.516	571

Tabella 1.7 - Parco veicolare di Tirano

## 1.7 Il turismo

Dai dati forniti dall'Ufficio Turistico di Tirano per il periodo 2009-2010, l'afflusso di turisti nel comune raggiunge in media un grande picco nei mesi estivi di giugno luglio e agosto, con un numero massimo di circa 8.458 turisti di cui 4.609 italiani e 3.849 stranieri, e un consecutivo calo nei mesi invernali di novembre e marzo, con un numero minimo di circa 335 turisti di cui 213 italiani e 122 stranieri. L'affluenza di turisti stranieri è indice della notorietà del comune di Tirano anche all'estero. Dall'analisi dei dati relativi al 2006 si osserva la presenza sul territorio comunale di 13 strutture ricettive (alberghi, bed&breakfast, alloggi privati, affittacamere) per un numero complessivo di 160 camere d'albergo e 332 posti letto: si tratta quindi di strutture medio-piccole la cui qualità, misurata in termini di comfort, appare appena sufficiente. La presenza di strutture ricettive complementari a quelle alberghiere (bed&breakfast, strutture agro-turistiche) risulta poco diffusa mentre risultano totalmente assenti strutture quali campeggi e villaggi turistici, case per ferie, ostelli per la gioventù, etc.

Media Affluenza 2009-2010			
Mese	Affluenza		
	Italiani	Stranieri	Totale
<b>Gennaio</b>	419	142	<b>561</b>
<b>Febbraio</b>	348	194	<b>542</b>
<b>Marzo</b>	250	234	<b>483</b>
<b>Aprile</b>	411	328	<b>738</b>
<b>Maggio</b>	913	1.036	<b>1.949</b>
<b>Giugno</b>	1.432	3.034	<b>4.465</b>
<b>Luglio</b>	2.385	3.498	<b>5.883</b>
<b>Agosto</b>	4.609	3.849	<b>8.458</b>
<b>Settembre</b>	869	1.721	<b>2.590</b>
<b>Ottobre</b>	383	786	<b>1.169</b>
<b>Novembre</b>	213	122	<b>335</b>
<b>Dicembre</b>	599	137	<b>736</b>

Tabella 1.8 - Affluenza media turisti nel comune di Tirano

Strutture	Anno		
	2001	2004	2006
<b>Alberghi</b>			
<i>a 1 stella</i>	2	2	2
<i>a 2 stelle</i>	4	4	4
<i>a 3 stelle</i>	3	3	3
<i>a 4-5 stelle</i>	0	0	0
<b>Bed&amp;breakfast</b>	0	0	2
<b>Alloggi privati in aff.</b>	0	0	1
<b>Affittacamere</b>	2	2	1
<b>Ostelli gioventù</b>	0	0	0
<b>Residenze alberghiere</b>	0	0	0
<b>Totale</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>13</b>

Tabella 1.9 - Strutture ricettive presenti nel comune di Tirano

Posti letto	Anno		
	2001	2004	2006
<b>Alberghi</b>			
<i>a 1 stella</i>	40	40	40
<i>a 2 stelle</i>	108	108	108
<i>a 3 stelle</i>	137	137	137
<i>a 4-5 stelle</i>	0	0	0
<b>Bed&amp;breakfast</b>	0	0	10
<b>Alloggi privati in aff.</b>	30	30	30
<b>Affittacamere</b>	13	13	7
<b>Ostelli gioventù</b>	0	0	0
<b>Residenze alberghiere</b>	0	0	0
<b>Totale</b>	<b>328</b>	<b>328</b>	<b>332</b>

Tabella 1.10 - Posti letto nelle strutture ricettive

## 1.8 Il trasporto ferroviario

Il trasporto ferroviario che caratterizza sia l'area d'intervento che l'intero comune di Tirano è costituito, come già suddetto, dalle stazioni ferroviarie italiana e retica. Dai dati ricavati presso le società ferroviarie si evince che il flusso di passeggeri sia in partenza che in arrivo da ambedue le stazioni è molto importante, considerando il fatto che gli abitanti del comune sono circa quaranta volte inferiori rispetto ai transitanti in loco (350.000 passeggeri transitanti su 9.200 abitanti circa). Sulla base di tali valori, risulta interessante, quindi, la rivalutazione e il potenziamento degli attuali servizi offerti al fine di captare l'attenzione di tale flusso sulla città.

Anno	Arrivi	Partenze	Totale
<b>2001</b>	189.895	191.803	381.698
<b>2002</b>	157.393	168.738	326.131
<b>2003</b>	172.016	186.616	358.632
<b>2004</b>	176.507	192.156	368.663
<b>2005</b>	182.025	194.075	376.100
<b>2006</b>	169.224	184.501	353.725

Tabella 1.11 - Flusso passeggeri delle stazioni ferroviarie (italiana e retica)

## **1.9 Inquadramento dell'area d'intervento**

L'area oggetto della tesi è individuata dal PGT di Tirano come "ambito di trasformazione" e consiste in una vasta zona al centro di Tirano dove convergono le stazioni di arrivo delle ferrovie della Stato, della famosa ferrovia Retica e degli autobus. Tale area misura 4,2 ettari ed attualmente è utilizzata come deposito di vecchie locomotive e come punto di carico e scarico merci. All'interno della stessa vi sono inoltre una serie di edifici scarsamente utilizzati e vaste porzioni di area abbandonate. L'attuale discesa dei passeggeri verso la piazza della stazione causa disagi per la commistione di traffico veicolare e pedonale in un'area nevralgica per la mobilità; inoltre, l'unico collegamento tra la piazza della stazione e la stazione dei pullman, situata in via Calcagno, è costituito da un sottopassaggio lungo più di 90 m. Appare pertanto indispensabile dare un nuovo assetto che possa risolvere i problemi dal punto di vista funzionale e qualitativo. Nell'ottica della pedonalizzazione di piazza della stazione risulta necessario seguire tale linea di azione cercando di privilegiare la mobilità di tipo sostenibile con nuovi percorsi ciclabili e pedonali che facilitino la fruizione dei vari servizi. Dal punto di vista dei vincoli, dal Piano delle Regole, si evince che l'area non presenta vincoli particolari pur trovandosi parzialmente entro l'area di rispetto dei fiumi e dei torrenti (vedi tavola 03). Gli unici vincoli da rispettare riguardano la cubatura massima realizzabile (40.000 m<sup>3</sup> di volumetria più un 10% massimo per eventuali diritti edificatori provenienti da compensazioni urbanistiche per cessione gratuita di aree di servizio), la massima altezza realizzabile (30 m) e la destinazione d'uso (residenza, ricettiva, commerciale). In base a ciò che è stato precedentemente detto nella sezione di inquadramento, il Documento di Piano prevede la possibilità di realizzare nuovi parcheggi interrati nell'area al fine di restituire al centro storico, attualmente vessato da una carenza cronica di parcheggi, il suo significato spaziale originario, limitando l'utilizzo della viabilità veicolare a vantaggio di quella pedonale. Sempre nella sezione d'inquadramento ed in particolare in quella del sistema del verde, risulta evidente la carenza di un'area verde attrezzata al centro della città. Questa potrebbe essere dunque un'ottima opportunità per realizzarla nella nostra area, qualificandola così in modo positivo ed aumentandone l'attrattività.

## 1.10 Forze, Debolezze, Opportunità, Minacce

In questa fase ci siamo serviti della tipologia di analisi “FDOM” (Forze, Debolezze, Opportunità, Minacce) al fine di avere un quadro conoscitivo completo e poter così definire quelli che saranno i nostri obiettivi e strategie. Nella parte di “analisi interna” sono stati elencati tutti quei fattori di forza e debolezza che sono propri dell’area di analisi e sono modificabili grazie all’intervento proposto. Nella parte di “analisi esterna” invece, tutti quei fattori che possono costituire un’opportunità o una minaccia e che derivano dal contesto esterno e risultano quindi non modificabili.

Analisi Interna	
Forze	Debolezze
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posizione intermedia tra i due nuclei storici di Tirano e Madonna di Tirano oltre che interna alla fascia di rispetto dell'Unesco</li> <li>• Capolinea di due stazioni ferroviarie (FS,CH) e una stazione di pullman</li> <li>• Grande transito di passeggeri italiani e stranieri</li> <li>• Vicinanza alla grande arteria stradale di Viale Italia</li> <li>• Grande disponibilità di spazio nell'area</li> <li>• Posizione centrale dell'area</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Congestionamento del traffico nei pressi di piazza Stazione dovuto all'alta percorrenza del Viale Italia, soprattutto di mezzi pesanti (tratto cittadino della S.S.38)</li> <li>• Aree di parcheggio mal distribuite e insufficienti</li> <li>• Presenza di dislivelli nell'area</li> </ul>
Analisi Esterna	
Opportunità	Minacce
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investimenti comunali per realizzare nuove strutture ricettivo-alberghiere</li> <li>• Previsione nel PGT della realizzazione di una nuova area verde attrezzata a congiunzione con le altre due aree verdi di Poschiavino e del Lungo Adda</li> <li>• Previsione nel PGT della pedonalizzazione di piazza Stazione e di Viale Italia</li> <li>• Previsione nel PGT di unificare l'attuale percorso ciclabile interrotto costituendo una spina di collegamento a zero impatto ambientale</li> <li>• Previsione nel PGT della realizzazione di una nuova tangenziale che diminuisca sia il traffico veicolare sia l'inquinamento acustico ed atmosferico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tempistiche lunghe per la realizzazione della nuova S.S.38 potrebbe portare ad un aumento del traffico lungo Viale Italia causando disagi di tipo ambientale (inquinamento acustico e atmosferico)</li> <li>• L'aumento del numero di anziani e il calo demografico potrebbe portare ad una graduale chiusura di alcuni servizi destinati alla restante fetta di popolazione e ad un netto calo degli investimenti</li> </ul>

Tabella 1.12 - Analisi FDOM

## 1.11 Obiettivi, Strategie, Azioni

Grazie all'analisi FDOM abbiamo definito una serie di obiettivi da raggiungere grazie al perseguimento di precise strategie e azioni. I due principali obiettivi che ci siamo prefissati di raggiungere sono quelli di garantire un benessere di tipo ecosostenibile e di riqualificare uno spazio urbano che possiede grandi potenzialità ma che attualmente risulta mal sfruttato e degradato.

Per il primo obiettivo, raggiungere un benessere ecosostenibile, abbiamo adottato le seguenti strategie:

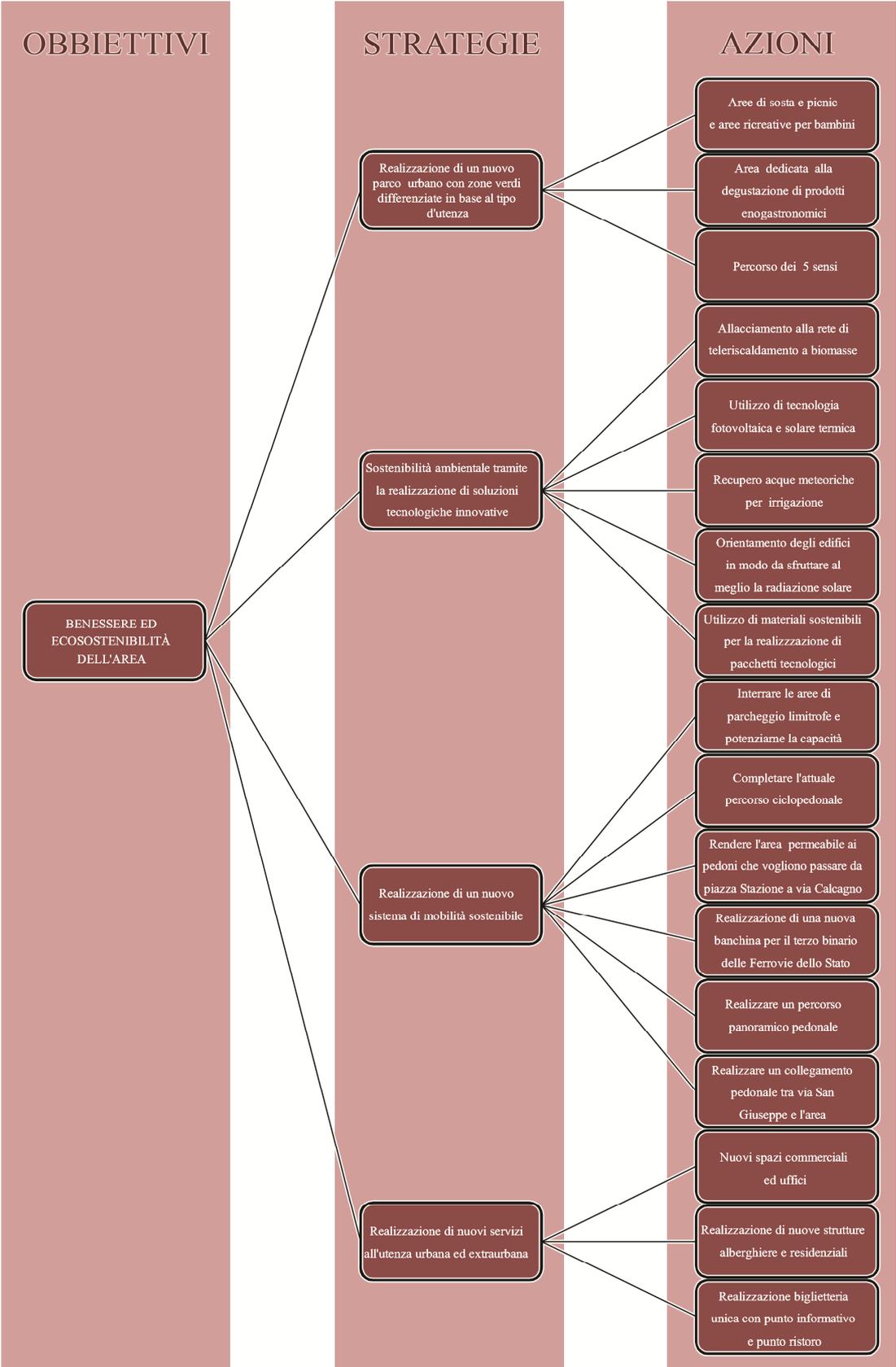
- Realizzazione di un nuovo parco urbano con zone verdi differenziate in base al tipo d'utenza
- Sostenibilità ambientale tramite la realizzazione di soluzioni tecnologiche innovative
- Realizzazione di un nuovo sistema di mobilità sostenibile
- Realizzazione di nuovi servizi all'utenza urbana ed extraurbana

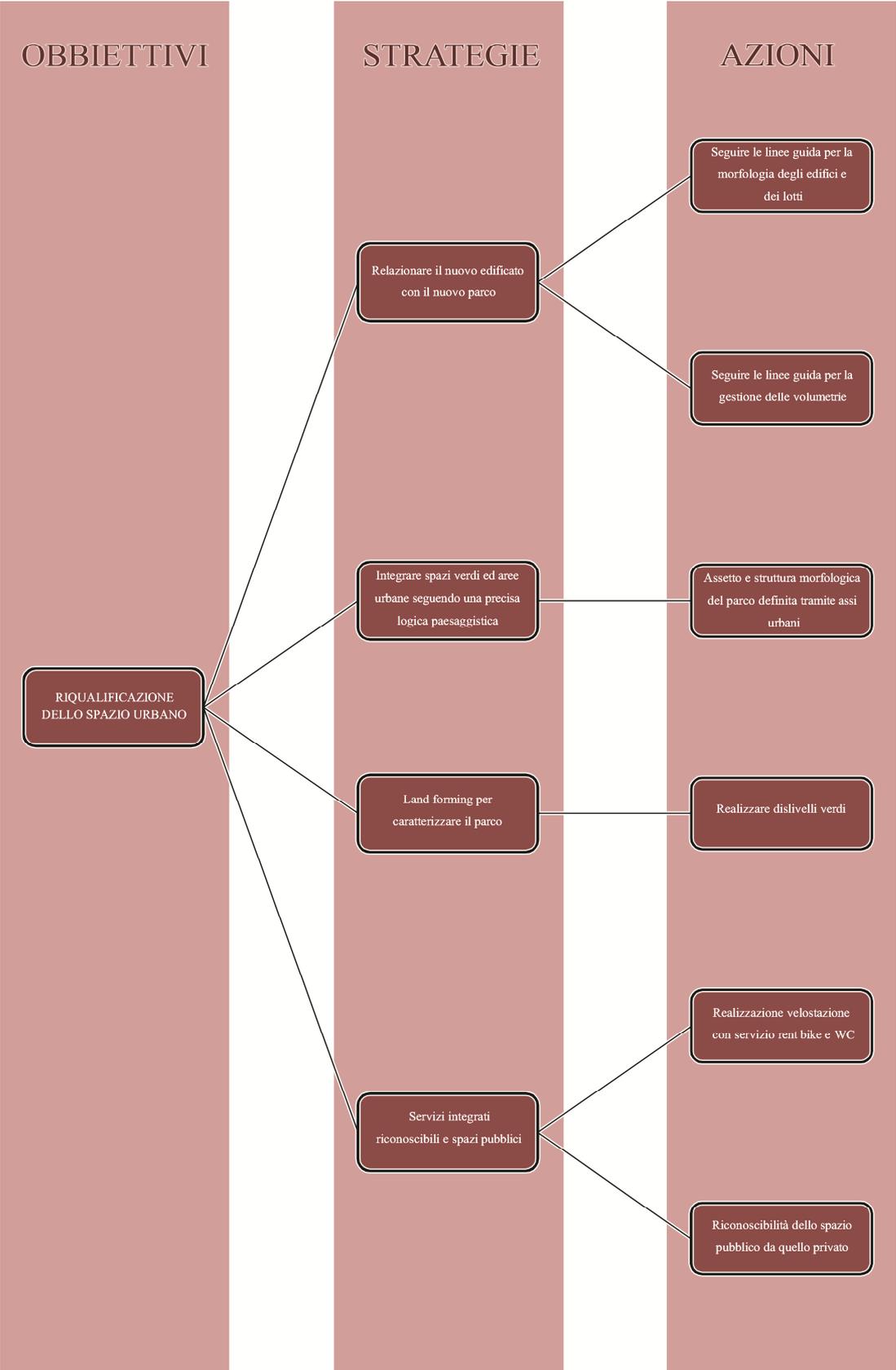
Per il secondo obiettivo, riqualificazione dello spazio urbano, abbiamo adottato le seguenti strategie:

- Relazionare il nuovo edificato con il nuovo parco
- Integrare spazi verdi ed aree urbane seguendo una precisa logica paesaggistica
- Land forming per caratterizzare il parco
- Servizi integrati riconoscibili e spazi pubblici

Alla base delle nostre scelte strategiche vi sono varie ragioni che derivano necessariamente dalle analisi condotte in precedenza. Nello specifico, la volontà di realizzare un parco urbano nasce dalla necessità di creare un "trait d'union" tra le due grandi aree verdi del Poschiavino, al confine svizzero, e del Lungo Adda, ma soprattutto dalla necessità di creare un grande polmone verde proprio in una zona nevralgica della città interessata da un traffico veicolare intenso. Nell'ottica della pedonalizzazione della piazza antistante le due stazioni, la scelta di sostenere una mobilità di tipo sostenibile deriva dalla volontà di offrire alla città la possibilità di avere uno spazio totalmente a disposizione di pedoni e biciclette seguendo quindi una via ecologicamente sostenibile. Diventa dunque automatico che anche le nuove strutture debbano essere realizzate in modo energeticamente integrabile con la tecnologia e l'impiantistica disponibile in loco (teleriscaldamento a biomasse) e anche attraverso l'uso di tecnologie quali il fotovoltaico, il solare termico e tramite il recupero delle acque. Oltre a questo diventa importante la permeabilità che, grazie all'interruzione di un tratto dei

binari della ferrovia italiana e al collegamento della parte terminale dell'area con via San Giuseppe, permette al pubblico di attraversare in ogni direzione l'intera area d'intervento. Ai fini dello sviluppo turistico in un comune dalle grandi ricchezze naturalistiche, paesaggistiche ed enogastronomiche, abbiamo ritenuto di dover realizzare nuove strutture ricettivo-alberghiere per supplire ad una forte carenza di strutture adeguate ad accogliere i turisti. Per individuare gli annessi servizi necessari all'area, è stato considerato un perimetro di 400 m seguendo il criterio dei "5 minuti a piedi", ovvero la massima distanza percorribile in quel tempo (vedi tavola 06). Con la diversificazione degli spazi verdi ed al reciproco relazionarsi con e tra gli edifici, abbiamo pensato di offrire ai fruitori dell'area uno spazio a misura d'uomo, con zone dedicate alle varie fasce d'età e dalle caratteristiche variegate. La scelta di realizzare un parco dei 5 sensi (udito, tatto, gusto, vista, olfatto) favorisce la diversificazione degli spazi verdi ed incrementa l'attrattiva dell'intera area.





## 1.12 Proposte progettuali

Al fine di organizzare spazialmente le varie funzioni all'interno dell'area, abbiamo elaborato tre tipologie distributive principali da cui sono scaturite tutte le varie alternative, caratterizzate da specifici rapporti tra spazio costruito e spazio aperto (vedi tavola xxx). Le tre tipologie considerate sono:

- **Open space** (spazio costruito tra il 10% e il 12%, tra 4.000 e 5.000 m<sup>2</sup> a terra)
- **Partial space** (spazio costruito tra il 13% e il 16%, tra 5.800 e 7.000 m<sup>2</sup> a terra)
- **Close space** (spazio costruito tra il 18% e il 21%, tra 7.800 e 8.000 m<sup>2</sup> a terra)

La prima tipologia vuole privilegiare lo spazio verde e i luoghi di aggregazione all'aperto in genere in modo da darvi una continuità all'interno dell'area, localizzando il costruito in zone precise. La terza vuole invece privilegiare lo spazio costruito cercando di organizzare il verde per spezzare dove occorre. La seconda tipologia si pone a metà tra le altre due costituendo un compromesso tra spazio aperto e costruito.

## 1.13 Scelte

In base alle varie alternative trovate si è ricavata una tabella basata sul grado di soddisfacimento di determinati criteri: mix d'uso flessibile, maggior connessione tra aree limitrofe e sostenibilità. La scelta che ne è conseguita si colloca nella tipologia del Partial Space e in particolare nella soluzione B (costruito 15% , spazi verdi e percorsi 85%).

Problema	1			2			3		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
<b>Mix d'uso flessibile</b>									
Sostenibilità della crescita residenziale									
Quantità del nuovo spazio verde									
Rapporto qualitativo tra verde nuovo ed esistente									
Quantità di servizi al pubblico									
Continuità dello spazio verde									
Diversificazione dello spazio verde									
<b>Maggior connessione le aree limitrofe</b>									
Rapporto con la fascia sud (Via Calcagno)									
Rapporto con la fascia nord (Piazza Stazione)									
Rapporto con la fascia ovest									
Consentire il passaggio diretto dalla fascia sud a quella nord									
Consentire l'attraversamento dell'area da est ad ovest									
Rapporto con la fascia est									
Rapporto con gli spazi aperti									
Idoneità a supportare la stazione dei bus									
Idoneità a supportare le stazioni ferroviarie									
Realizzazione di un quartiere pedonale									
Aumento connessioni ciclo-pedonali									
<b>Sostenibilità</b>									
Impatto visivo del costruito									
Adattabilità allo sviluppo sostenibile									

 Alto soddisfacimento

 Medio soddisfacimento

 Basso soddisfacimento

Tabella 1.13 - Diagramma studi progettuali

## **1.14 Analisi dei flussi**

Rappresentando i flussi di tipo veicolare, ferroviario e ciclabile è stata redatta la tavola 09, con l'obiettivo di comprenderne la logica distributiva e definire i punti di incontro cruciali. È stata calcolata l'entità di persone transitanti nell'area attraverso la somma complessiva dei vari flussi che constano di: 409.492 presenze/anno per la ferrovia retica, 347.841 presenze/anno per la stazione dei pullman, 398.475 presenze/anno per la ferrovia italiana, 800 veicoli/h transitanti per le strade principali adiacenti all'area e 45 presenze/h per la pista ciclabile del sentiero Valtellina, per un totale di 1.000.000 di possibili presenze/anno. In base a questo si è resa evidente la necessità di creare uno snodo di transito principale, localizzato adiacente all'attuale stazione italiana e i nuovi servizi da insediare. I flussi che convergono in quel punto sono stati sviluppati in verticale, interrando i veicolari e lasciando al piano città quelli ciclopedonali.

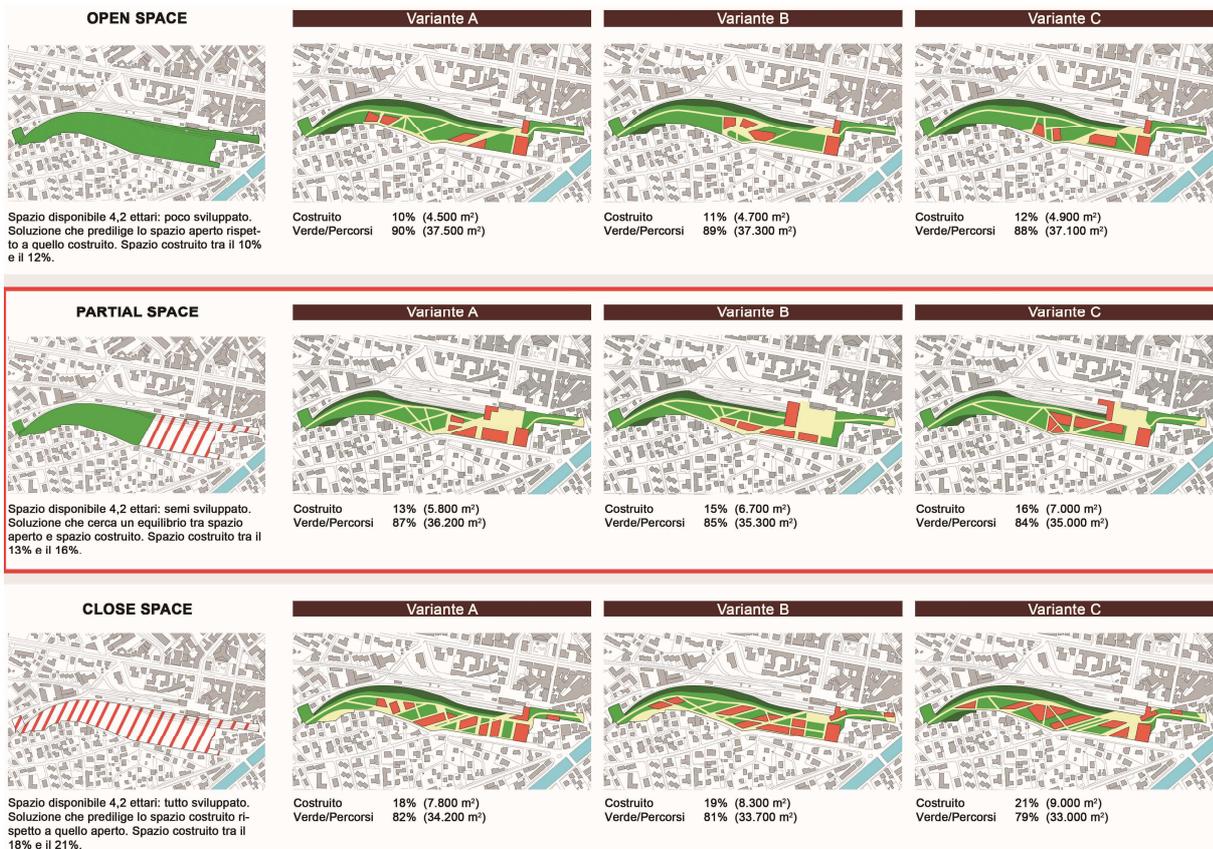
## 2 : Concept Plan

In questa fase sono state organizzate le funzioni da insediare nell'area d'intervento e tutte le tipologie di flussi che la attraversano. L'area è stata divisa in tre parti distinte ma collegate. Una prima parte è stata pensata come spazio di aggregazione e polo attrattivo principale. Al suo interno si sviluppano i volumi della stazione ferroviaria italiana, di un albergo, di uffici e di attività commerciali. Tali volumi delimitano ampi spazi aperti adibiti a piazze che costituiscono i punti d'aggregazione e di vita sia per l'area che per l'intera città. Data la necessità di creare continuità tra l'attuale piazza della stazione e l'area d'intervento si è scelto di arretrare i binari fino all'altezza della stazione retica dando così vita ad una nuova stazione, in questo caso di testa. L'attuale stazione italiana cambia dunque destinazione d'uso diventando una biblioteca con spazi espositivi. La piazza retrostante, essendo uno spazio urbano già consolidato, è stato mutato in area interamente pedonale, al fine di renderla maggiormente fruibile in modo sostenibile. Una seconda parte è stata definita ad uso residenziale e pensata secondo la tipologia a corte delineando una scansione ben precisa tra spazio pubblico, spazio semi-privato e privato. Infine, la terza e ultima parte, di dimensioni considerevoli, è stata adibita a parco pensato per il turista e per il cittadino e contenente percorsi pedonali e ciclabili e aree di verde specifico e attrezzate. La parte terminale del parco si conclude con un percorso sopraelevato che congiunge l'area d'intervento con via San Giuseppe. A livello interrato, adiacente alla nuova stazione, si localizzano la stazione dei pullman e i parcheggi pubblici. L'accesso a questo livello è posizionato nell'estremità destra dell'area con diretto collegamento con via Calcagno per pullman e veicoli mentre i pedoni godono di uno sbarco diretto in superficie, all'interno della stazione ferroviaria di nuova costruzione. Per quanto concerne i parcheggi di pertinenza delle residenze, anch'essi interrati, questi presentano un accesso localizzato in corrispondenza delle stesse.

Per concludere, si rimanda alla tavola 08.

# 3 : Masterplan

Il metodo utilizzato per la progettazione architettonica segue un processo decisionale deterministico, basato sulle esigenze da soddisfare. Infatti, avendo un'area da riorganizzare completamente di circa 42.000 m<sup>2</sup> l'organizzazione della volumetria da realizzare è un punto fondamentale dello sviluppo. Come già mostrato nel paragrafo delle proposte progettuali, abbiamo deciso di sviluppare una serie d'ipotesi di utilizzazione così denominate: open space, partial space e close space. Nel primo caso si decide di dare prevalenza agli spazi verdi, e avere un'edilizia concentrata in pochi punti; nel terzo invece, si affronta il problema in maniera completamente diversa, diventando l'edificato prevalente e il parco ristretto alle sole fasce di rispetto. Nel secondo caso si trova una soluzione intermedia con circa il 15% di edificato e l'85% riservato al verde, ai collegamenti pedonali e a percorsi tematici. Di seguito si riporta l'estratto della tavola 10 in cui è evidenziata appunto la seconda soluzione.



Questa soluzione, secondo la scala di gradi di soddisfazione, adottata, cioè tra il grado di soddisfacimento di mix d'uso flessibile, connessione con le aree limitrofe, sostenibilità ambientale, risulta essere la migliore. In particolare la realizzazione di un nuovo fronte compatto e di un ampio

parco sono due concetti che sottintendono principi diversi, ma conciliabili e capaci di realizzare spazi di qualità. Il fronte rintegra tessuto urbano dalle parti in cui esso è più carente, mentre il parco garantisce continuità al Sentiero Valtellina e degli altri parchi della città. L'area è il fulcro della rigenerazione, diventando un polo attrattore di nuovi e vecchi flussi di persone e catalizzatore di processi di natura economica, che sicuramente miglioreranno l'economia della zona.

L'analisi dei dati relativi ai passaggi nei dintorni dell'area, diventa opportunità di composizione generativa dell'architettura: la volontà di accogliere i passeggeri arrivati con diversi mezzi di trasporto, provenienti da città o paesi differenti, è spunto per l'ideazione di un nuovo edificio capace di rendere possibile tale concetto. I dati sui flussi analizzati indicano una presenza di passeggeri sulla stazione ferroviaria italiana di 398.475 utenti/anno, sulla ferrovia Retica di 409.492 utenti/anno e infine di 347.841 utenti/anno sull'autostazione. Sommando tali dati si ottiene un milione di utenti/anno: questa analisi rende chiaro che un intervento sull'area gioverebbe sicuramente all'economia della città di Tirano.

L'organizzazione finale delle funzioni e delle aree, rappresentata nel Concept Plan, trova la sua definitiva espressione nel Master Plan. Qui è resa evidente la posizione degli edifici, delle piazze, dei percorsi e degli spazi verdi come si evince dall'immagine di seguito riportata.

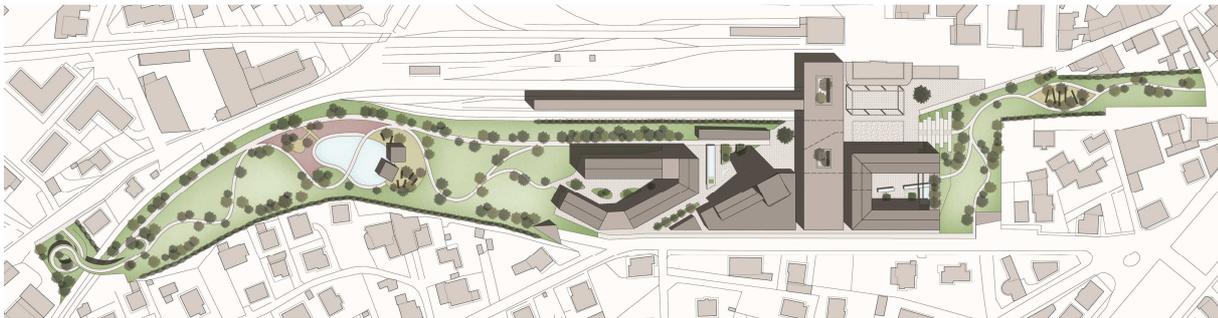


Figura 3.1 - Master Plan

L'idea alla base dello sviluppo di tale piano, è la volontà di ricercare un intervento che abbia la capacità di ricostituire la continuità della città divisa dalla linea ferroviaria. Il tema è molto attuale, come confermano i vari progetti, che in tutta Europa hanno occupato diverse città. La progettazione è a scala urbana, quindi non si può prescindere dal ruolo che un intervento di questo tipo avrà sul futuro del centro abitato e sulla vita del cittadino. La discontinuità è ulteriormente accentuata dal fatto che, sopra la linea ferroviaria, è presente una città che si compone d'isolati, seguendo la linea degli antichi e vitali agglomerati urbani, mentre al di sotto troviamo un tipico esempio di edilizia di lottizzazione, in cui non vi è uno spazio di transizione tra ciò che è pubblico e ciò che è privato determinando spazi non vitali e non adatti a creare condizioni per la socializzazione degli individui.

La riqualificazione è dunque un tema che racchiude in se un'opportunità di nuovo sviluppo e miglioramento della città anche per gli intorno dell'area stessa. A questo proposito è stata proposta una trasformazione radicale anche dell'impianto ferroviario: la riduzione della lunghezza dei binari, su di un tratto non più utilizzato ha permesso la costruzione di un nuovo fabbricato viaggiatori, oltre all'inserimento di nuovi spazi e nuove funzioni, aumentando l'area di contatto tra le due parti di città. Infatti, la nuova stazione di testa non è più una barriera che delimita uno spazio vuoto ma un connettore. Il vecchio fabbricato viaggiatori è recuperato dandogli una nuova vocazione: il flusso di studenti che per ragioni di pendolarismo si reca verso la stazione ogni giorno, è tale da suggerire una possibile conversione del vecchio fabbricato in biblioteca, così che i giovani possano trovare spazi dove relazionarsi, anche durante i periodi di attesa dei treni o degli autobus.

L'organizzazione degli spazi nell'area segue i criteri utilizzati nella parte superiore della città ricercando quel genere di mix funzionale a isolati che rende i quartieri vitali. Un esempio di buona progettazione urbana e d'ispirazione per il nostro progetto, seppur ad una scala chiaramente diversa, è la riqualificazione della Potsdamer Platz a Berlino coordinato da Renzo Piano, i cui intenti erano i medesimi. Il ruolo degli spazi aperti pubblici è fondamentale per la delineazione dello spazio costruito, quindi è da qui che è partita la progettazione. La realizzazione di piazze e percorsi pedonali tra gli agglomerati è il primo passo per arrivare alla definizione degli edifici. Una volta determinata la forma di tali spazi, la forma del costruito ne è la diretta conseguenza, essendo questi ultimi, con i propri fronti a delimitarli. Il risultato di questo processo è una progettazione consapevole delle necessità del cittadino, in grado di rispondere alle esigenze di vita contemporanea. La piazza assume così un ruolo fondamentale di spazio di aggregazione, come lo era un tempo. Nel nostro caso gli spazi aperti si susseguono regolarmente all'interno dell'edificato, di volta in volta in maniera diversa concedendo al visitatore la bellezza dello scoprire nuovi posti e nuove viste. Le forme sono regolari e dettate dalle linee guida dedotte dal tessuto della città. Appena oltre il "vecchio" fabbricato della stazione, riconvertito, si apre una nuova piazza di cui tal edificio è il centro. Infatti a disegnare lo spazio ci sono, a lato la "nuova" stazione ed una serie di gradoni costituenti un teatro all'aperto, che esprimono la volontà di riprendere i terrazzamenti delle montagne intorno, di fronte un complesso a corte dedicato prevalentemente al terziario ed al commerciale. Passando di sotto alla grande copertura sospesa si giunge in un'altra piazza, delimitata dalle facciate del complesso alberghiero a Sud, della velostazione a nord, e ancora, ad Est dal prospetto della stazione. A invogliare l'accesso all'area nel lato Sud, il grande aggetto di 25 m che costituisce uno spazio coperto con ai lati il blocco ad uso terziario e l'albergo. L'asse ottico, che rappresenta la continuazione di via Ponticello taglia l'area da sud-ovest a nord-est, diventando un viale pedonale. A Sud si è realizzato un nuovo fronte urbano, così che le successive trasformazioni

trovino uno spunto di partenza e che gli aggregati esistenti possano godere di un viale vitale e un nuovo centro. A completare l'edificato a Est sorge un complesso dedicato principalmente al residenziale e commerciale. L'intera area è pensata pedonale, per godere al massimo degli spazi realizzati. Il problema dei posti auto è stato risolto realizzando, al di sotto del costruito, 200 posti auto e 20 posti bus come richiesto dal PGT. A rendere ancora più a misura di cittadino il lotto, a Est si apre un ampio parco, con zone dedicate alla degustazione, e al relax, al cui centro sorge una zona pic-nic attrezzata, affacciata su un laghetto, rendendo ancora più naturalistico il paesaggio. L'idea è di portare la montagna in città, così che il turista o il cittadino, appena arrivato con il treno si trovi subito avvolto dai servizi e immediatamente immerso nella natura. Di seguito è riportata una tabella riassuntiva dei servizi da insediare all'interno dei nuovi apparati edilizi. Inoltre vi è una descrizione del modo in cui gli utenti usufruiscono degli spazi.

Macroarea	Funzione	Area	Utenti in transito	Turisti	Cittadini	Addetti
Stazione	Commercio	Negozi				
	Trasporto passeggeri	Area d'attesa				
		Biglietteria				
	Servizio	Wc				
		Locali di servizio				
Ristorazione	Bar					
Albergo	Ristorazione	Bar - Ristorante				
	Accoglienza	Ingresso reception				
	Ristorazione	Camere				
	Servizio	Cucine				
		Magazzino				
		Locali di servizio				
	Amministrazione	Uffici				
Sosta	Parcheggio					
Benessere	Piscina e palestra					
Stazione Pullman	Trasporto passeggeri	Biglietteria				
		Area d'attesa				
Parcheggio	Sosta	Pullman				
		Auto				
	Servizio	Cassa				
Residenza	Servizio	Portineria				
		Lavanderia				
		Locali di servizio				
	Abitativa	Appartamenti				
	Sosta	Parcheggio				
Velostazione	Commercio - Noleggio	Noleggio e vendita bici				
	Servizio	Officina				
		Wc				
Parco	Ristorazione	Chioschi				
	Connessione	Percorsi ciclabili				
		Percorsi pedonali				
	Servizio	Spazi di servizio				
		Wc				
	Relax	Verde ad uso specifico				
Verde ad uso libero						

Tabella 3.1 - Analisi delle funzioni e dei fruitori dell'area

Il fulcro del progetto è evidentemente la nuova stazione, un edificio capace di realizzare il collegamento tra parti di città divise dalla ferrovia. La complessità degli spazi serviti le esigenze da soddisfare, l'infrastruttura in se, intesa come polo di sviluppo della città sono sicuramente uno stimolo ad approfondire il sistema della stazione ferroviaria e dell'autostazione.

Per concludere si rimanda agli allegati di questa relazione:

Allegati tavole da 9 a 14.

# 4 : Evoluzione storica dell'architettura ferroviaria

## Introduzione

Le grandi stazioni ferroviarie, monumentali, brulicanti di viaggiatori, o quelle piccole, sono parte del paesaggio quotidiano. Dalle vaporiere agli elettrotreni, le ferrovie hanno scandito la storia moderna. Furono il grande affare dell'Ottocento.

Le molte opere ferroviarie, gli arditi tralicci dei viadotti, la spazialità sorprendente delle tettoie nelle stazioni, forse più delle stesse locomotive, testimoniarono la positiva fiducia nel progresso; così come le stazioni del razionalismo, poi, che dettero visibilità alla modernizzazione dell'Italia negli anni trenta.

Le grandi stazioni sono diventate o stanno diventando, oggi, infrastrutture polifunzionali, dotate di sale dove si fanno concerti, si allestiscono mostre o spettacoli cinematografici, di caffè e ristoranti che ormai si affrancano al rapporto con il viaggio e si propongono quali servizi a scala urbana, trasformando, così, le stazioni in veri e propri centri commerciali. Il concetto stesso di stazione ferroviaria viene ripensato per metter meglio a frutto il tempo d'attesa dei viaggiatori ma anche per offrire servizi irrinunciabili e una moderna qualità degna di un paese avanzato. A tal fine si cerca di cogliere gli aspetti peculiari dell'organismo edilizio, di descriverne la "vita" dal suo nascere ai giorni nostri, di evidenziare le circostanze che lo hanno interessato e hanno inciso sulla sua evoluzione e, infine, di individuare il ruolo che oggi è chiamato a svolgere e la sua nuova immagine.

### 4.1 Evoluzione del tipo edilizio

Il primo argomento che introduce lo studio, individua i fattori culturali, storici, economici e tecnici che hanno inciso sull'architettura della stazione determinandone l'evoluzione del "tipo" con le varianti imposte dal contesto di riferimento. L'analisi del sistema di relazioni tra gli spazi del fabbricato-viaggiatori nelle sue fasi evolutive ha messo in luce il ruolo funzionale attribuitogli nel corso di oltre un secolo e mezzo ed i relativi contenuti, delineando un campo di indagine nevralgico per il progetto della stazione ferroviaria.

### **4.1.1 La nascita delle prime vie ferroviarie: gli esordi**

L'Ottocento fu il secolo delle ferrovie. L'apertura della linea Stockton-Darlington il 27 settembre 1825 viene considerato il primo atto dell'era ferroviaria. Il primo viaggio segnò l'inizio di quel fenomeno che si diffuse presto in tutta Europa, chiamato "railwaymania".

Negli stati preunitari italiani, a partire dalla fine degli anni venti, si sviluppa, prima timidamente poi con maggior vigore, il dibattito sull'introduzione delle strade ferrate. Provengono dai paesi più avanzati d'Europa, principalmente Gran Bretagna e Francia, le sollecitazioni decisive ad affrontare il cammino verso la modernizzazione, che vede nelle strade ferrate una delle espressioni più compiute. Spinti da motivazioni diverse, i governanti italiani si accostarono al problema ferroviario con grande interesse, ma quasi del tutto incapaci di prendere qualsiasi iniziativa concreta. Il panorama, infatti, resta caratterizzato da motivazioni extraeconomiche legate al desiderio di prestigio e alla voglia di modernità. Le suggestioni che le notizie provenienti dall'Inghilterra provocavano facevano scattare la molla della fantasia, ma non bastava ancora a compensare la mancanza degli elementi necessari, quali capitali, consapevolezza e conoscenze, che spiegano il motivo del ritardo di un pieno e maturo sviluppo delle ferrovie sulla penisola italiana.

Nel 1825 Carlo Ginori Lisci in Toscana e un gruppo di commercianti genovesi presentavano una domanda, ai rispettivi regnanti, per la costruzione di una via ferrata che avrebbe dovuto unire Firenze a Livorno e Torino a Genova. Entrambi i tentativi andarono a vuoto, subendo però soltanto un rimando di qualche anno. Ha una sua logica che le prime due proposte ferroviarie provenissero dal Piemonte e dalla Toscana, in quanto erano il frutto di un atteggiamento già più consapevole nei riguardi del problema delle infrastrutture, alle quali i regnanti sabaudi non mancavano di concedere la dovuta attenzione. A ciò non va posta in secondo piano la maggiore disponibilità di capitali, che altrove latitavano ampiamente. Ne conseguì una politica che mescolava saggiamente pubblico e privato, lasciando cioè ai privati l'onere degli investimenti. La confluenza di investimenti pubblici e privati favorì una realizzazione della rete di base tutto sommato rapida. L'esperienza ferroviaria stimolò anche la preparazione, nei ranghi statali, di un personale tecnico in grado di realizzare i programmi di espansione ferroviaria e sull'altro versante il graduale sviluppo di capacità adeguate tra gli imprenditori locali di lavori pubblici, già preparati dagli appalti per la costruzione dei tronchi stradali. Fu in Piemonte, poi, che nacque la prima azienda ferroviaria statale.

La fase pionieristica delle ferrovie dura grosso modo fino al 1850, simbolica coincidenza con la fine della prima rivoluzione industriale. Al termine di questa prima fase erano stati stesi nel mondo 38.600 km di binari; l'Europa ne contava 25.900.

Il primo maggio del 1851, al termine di trattative lunghe e complesse, veniva firmato a Roma il primo trattato interstatale della storia delle ferrovie italiane. L'obiettivo consisteva nella realizzazione di una ferrovia, la Centrale Italiana, la dorsale che avrebbe portato i binari dai possidenti austriaci nel Lombardo-Veneto, a Piacenza fino a Roma, snodandosi lungo la via Emilia per attraversare l'Appennino e giungere a Firenze e aldilà della capitale pontificia. La costruzione della linea, aperta il 21 luglio 1859, fu un vero prodigio di rapidità.

Al 1850 il Granducato di Toscana era lo stato con alta densità di ferrovie con 119 km, contro i 115 del Lombardo-Veneto, su un totale di 371 km di linee, cui il Regno Sardo contribuiva con 91. Al principio del 1859 il Regno Sardo raggiungeva la cifra di 835 km, seguito dal Lombardo-Veneto con 656, mentre il Granducato era fermo a 322. Dal 1850 al 1859 la rete ferroviaria italiana era passata a 2.238 km, aumentando di sei volte.

#### **4.1.2 Il primo “tipo”**

L'analisi delle trasformazioni che nel tempo ha subito la stazione ferroviaria dal suo primo apparire, va incentrata sul sistema delle relazioni che correlano le attività e i relativi spazi attraverso cui si svolge la sua funzione, quindi, sul suo impianto tipologico. Quando si è proposto alla collettività, l'edificio ferroviario presentava un impianto tipologico “essenziale” legato, appunto, esclusivamente alle attività di scambio merci e persone, di controllo e manutenzione macchinari e carrozze da parte del personale ferroviario. Si articolava in due parti: una tettoia, luogo di sosta e ricovero dei treni, ed un edificio ad esso accostato di due piani, generalmente il piano terra a servizio dei viaggiatori, quello superiore, del personale.

Bisogna premettere che la stazione ferroviaria non ha precedenti in altri “tipi” edilizi, come invece è riscontrabile per molti edifici pubblici; sin dall'inizio denuncia i suoi due ruoli: quello di edificio industriale e quello di attrezzatura collettiva. L'incompatibilità deriva naturalmente dall'impossibilità di far coesistere attività diverse come quelle industriali, comportanti inevitabilmente inquinamento ambientale e caos urbano, e quelle amministrative, richiedenti invece ordine e comfort per i viaggiatori. Da ciò deriva la sua prima ubicazione ai margini della città, per attenuare il danno indotto dalle grandi macchine e dai solchi scavati nel tessuto urbano dalle rotaie; da qui la sua articolazione, almeno sino all'avventi

dell'elettrificazione, in due spazi: quello industriale, sede delle locomotive a vapore, enorme e coperto da una tettoia trasparente di acciaio e vetro, e lo spazio architettonico, raffrontabile a quello di edificio pubblico.

Dunque, il “primo tipo” di stazione ferroviaria rispondente ai descritti si afferma nella prima metà del 1800, per la sua essenzialità funzionale. La caratteristica strutturale comune a tutte queste stazioni realizzate prima del 1840, è la tettoia in legno eseguita con tecniche sempre più accurate. La prima tettoia in ferro curvato appare nella stazione di Liverpool del 1849.

### **4.1.3 Il secondo “tipo”**

Lo sviluppo dei servizi ferroviari e di opportunità ai passeggeri ha determinato la prima evoluzione del “tipo” sopradetto in un altro, l'impianto tripartito, che si articola in due corpi di fabbrica in linea, posti simmetricamente lungo i binari: uno destinato ai servizi di arrivo e l'altro a quelli di partenza, ambedue eseguiti in muratura, con copertura a tetto o a terrazzo, tra loro collegati da una tettoia in legno o in ferro. Questo impianto si evolve ben presto per le stazioni terminali di linea, dette, in gergo, “stazioni di testa”, in quello composto da due corpi di fabbrica lunghi e stretti disposti simmetricamente lungo i binari ma reciprocamente collegati sul fronte sì da definire un coro di fabbrica unico a C allungata, includente il fascio dei binari.

L'edificio della stazione, definito più propriamente, “edificio viaggiatori”, quale fondale di una piazza, è solitamente ubicato in asse a un viale principale di arrivo e subito diventa “polo” di sviluppo della parte di città ad esso limitrofo.

Il “tipo” suddetto rappresenta così una valida soluzione nella organizzazione dei servizi ferroviari e si rileverà tale per lunghi tempi caratterizzando l'impianto tipologico di molti fabbricati-viaggiatori, con le particolarità del contesto geografico cui essi sono inseriti. Per la prima volta la stazione ferroviaria si presenta come un organismo unitario; ma si tratta di un'unitarietà apparente, leggibile in pianta ma non rilevabile in alzato, ove spiccano due entità architettoniche distinte: quella della galleria dei treni, espressa nel linguaggio tecnologico del ferro e del vetro, già in voga a metà del XIX secolo, e quella del fabbricato-viaggiatori, composto da due edifici non sempre simmetrici affiancati alla galleria, a volte emergenti sul fronte e comunque collegati alla base da uno spazio coperto-aperto; questo è limitato all'esterno da un colonnato che funge da “pronaos” allo spazio ferroviario vero e proprio. Nel 1852, con la Gare de l'Est di Parigi, viene fissato il principio di sistemare i servizi di

biglietteria e di attesa in un edificio di “testa”, posto tra le linee di attestazione dei binari e la piazza. Questa entità architettonica è realizzata in muratura, in un linguaggio tipico dell’architettura monumentale. Particolare attenzione è data alla facciata-fondale della piazza che, per significato simbolico ormai attribuito alla stazione, a volte riproduce la facciata di una cattedrale, segnata da archi, lesene, timpani e marcapiani. Tale prospetto intende unificare l’eterogeneità dei volumi che compongono la stazione e soprattutto, mascherare il volume industriale della galleria dei treni ritenuto di minor pregio.

L’impianto tripartito quindi rappresenta il rimo e significativo punto di arrivo nella storia del “tipo edilizio”, rispondendo alle esigenze del servizio ferroviario prima della sua elettrificazione e a quelle della società del XIX secolo.

#### **4.1.4 Il terzo “tipo”**

Sul finire del XIX secolo si determina una svolta nel modo di concepire la costruzione della stazione ferroviaria, che coincide con il terzo stadio evolutivo del “tipo” edilizio. Il rapporto persona-macchina a vapore non stimola più l’immaginazione, come in passato; l’elettrificazione rende ormai superflua la “galleria dei treni”; il grande atrio di accettazione diventa il principale spazio simbolico delle stazioni di testa, luogo di affluenza di un accresciuto numero di viaggiatori, sostituito in alcuni casi dal salone della biglietteria che potrebbe fungere da spazio primario.

Tutto questo non determina una diminuzione di monumentalismo che viene orientato opportunamente su altri spazi come l’atrio, la sala biglietterie, le sale di attesa e, in particolare, la galleria di testa, nuovo spazio che si pone ortogonalmente ai binari per consentire ai passeggeri di raggiungere rapidamente le banchine. Certo l’edificio ferroviario non consta più di tre volumi paralleli accostati, a volte anticipati sul fronte da uno spazio porticato, ma anche di altri volumi che intersecano trasversalmente i precedenti. Anche se gli uffici ferroviari, specie nelle stazioni maggiori, sono ancora ubicati lungo i fianchi dell’edificio, è cambiato l’aspetto compositivo e figurativo. La sua accresciuta complessità funzionale comporta un incremento degli spazi riservati al pubblico, di quelli per la ristorazione, degli spazi amministrativi del servizio ferroviario, richiede un loro opportuno dimensionamento, lo studio di schemi distributivi tesi a separare i traffici, la definizione di determinate gerarchie tra gli spazi tese non solo a rispettare la funzionalità interna ma anche ad incrementare le relazioni con il tessuto urbano circostante. Gli spazi deputati a relazionare

il fabbricato-viaggiatori con la città sono la galleria delle carrozze, antistante l'atrio e la galleria dei passeggeri o di testa, un vero e proprio spazio pubblico collegato alla città, sulla quale lungo un lato si aprono negozi ed attrezzature collettive, e da uno spazio-filtro verso i binari; in alcuni casi questa galleria è caratterizzata dalla presenza di scale fisse o mobili.

Dunque si può dire che la progettazione architettonica del fabbricato-viaggiatori comincia ad interessare un'ampia parte urbana, tende a valorizzare indistintamente tutti i fronti dell'edificio. L'immagine complessiva, anche se ancora segnata da un certo monumentalismo, risulta rinnovata, molto articolata, caratterizzata da sporgenze, rientranze, emergenze, varchi e asimmetrie.

Tra fine ottocento e inizio Novecento, in una stazione francese, per la prima volta viene proposta una netta distinzione in alzato tra la zona riservata a livello terreno al deflusso dei viaggiatori e quella riservata al livello inferiore al traffico dei bagagli e dei convogli ferroviari, manifestando il contrasto tra l'architettura magniloquente dell'edilizia fuori terra, rispetto a quella essenziale e moderna in acciaio e vetro delle parti interrato. La distinzione dei traffici anche in alzato è da considerare un aspetto innovativo che avrebbe caratterizzato dal 1950 in poi l'organizzazione tipologica della stazione ferroviaria.

#### **4.1.5 Il quarto “tipo” – La cultura razionalista**

Intorno agli anni '30 si viene a delineare un nuovo “tipo” di stazione ispirata ai principi di progresso sanciti dalla cultura del primo Novecento. Nel 1913 l'Illustrazione Italiana citava come avvenimento ferroviario di grande portata l'inaugurazione della Gran Central Station di New York e ne riportava uno “spaccato” che evidenziava, nel centro di Manhattan, un intrecciarsi di rotaie e gallerie pedonali. In quegli anni si ipotizzano per le città moderne grattacieli, piani terrazzati, integrati a reti ferroviarie e metropolitane. Con l'espansione industriale e lo sviluppo della tecnica si scopre il fascino dei contenitori tecnologici che ispirano manifesti, disegni e progetti.

Questo nuovo concetto di stazione come organismo inserito nella città, alla confluenza di strade, piazze e di diversi sistemi di circolazione è proprio degli architetti del Movimento Moderno ed è legato alle nuove teorie sulla città. Le Corbusier nel 1922 propone per una stazione centrale nella ville Contemporaine de trois millions d'habitants, una struttura “a piastra” in parte sotterranea comunicante con la rete metropolitana, ferroviaria e dei trasporti su strada, con la copertura fuori

terra destinata al terminal di aereotaxi.

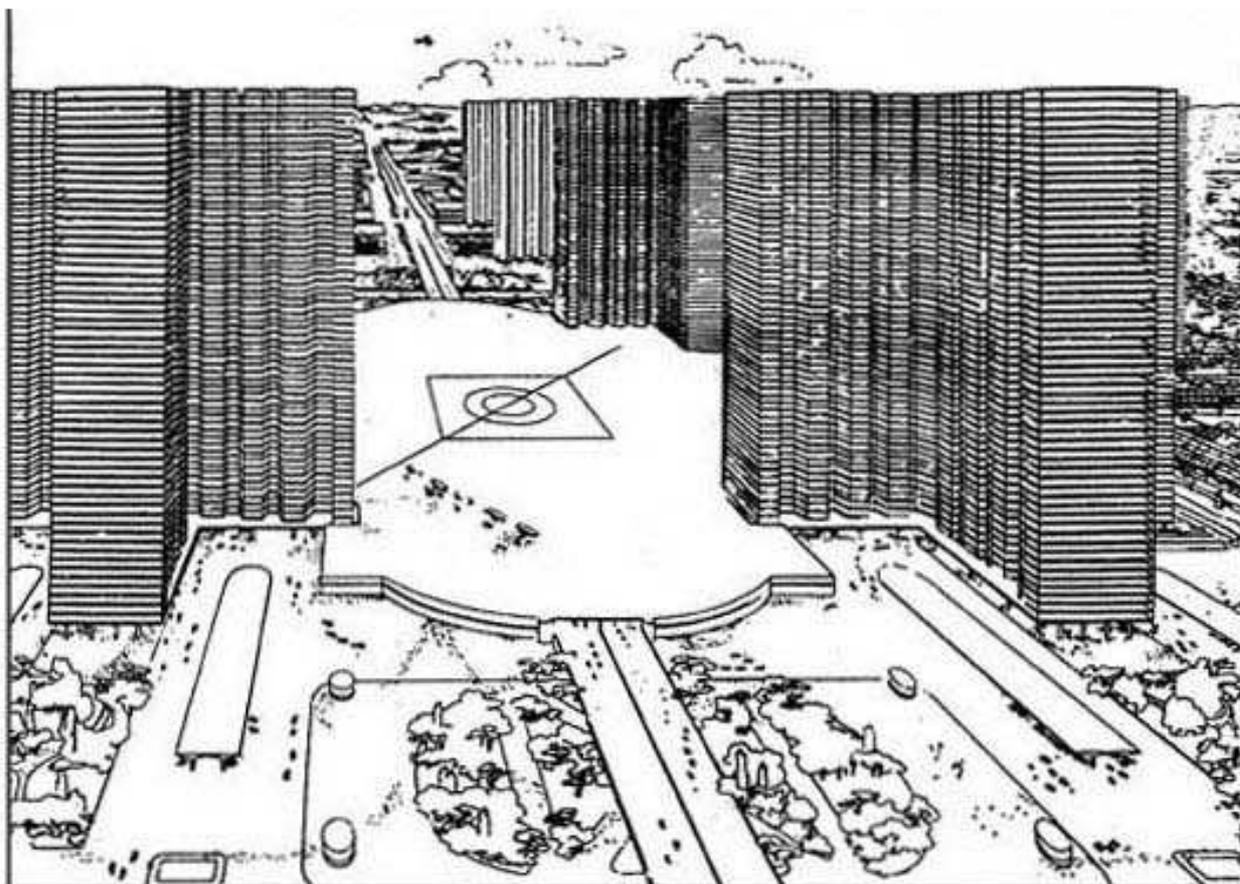


Figura 4.1 – Stazione centrale in Ville Contemporaine de trois millions d'habitants

In Italia tra gli anni '20 e '30, la stazione ferroviaria e gli uffici postali s'innalzano ad "architetture di Stato" in quanto nodi in cui si addensano movimenti di persone e merci, punti cruciali di scambio ed elementi emblematici nel rappresentare l'immagine moderna razionale e, soprattutto, efficiente del governo di allora. Dal 1924 al 1934 sono indetti concorsi di progettazione per nuovi fabbricati-viaggiatori cui partecipano giovani architetti ed ingegneri "razionalisti". È proprio la cultura del razionalismo a determinare una radicale trasformazione della stazione ferroviaria, nei contenuti, nell'impianto tipologico e nell'espressione architettonica.

Agli edifici dal carattere monumentale, che ancora si costruiscono sino agli anni '20 si sostituiscono quelli dal carattere moderno, legati stilisticamente al linguaggio del Novecento e che meglio rispondono ai nuovi compiti. Si vuole fare in modo che il fabbricato esprima l'uso a cui è adibito.

Si può ben dire che dopo circa ottant'anni dalla sua nascita la stazione ferroviaria si manifesta finalmente con una propria immagine consona ai tempi, con un'espressione architettonica integrata al nuovo panorama di architetture moderne.

In Italia, intorno alla stazione ferroviaria, si sviluppa un programma edilizio di vasta portata. Per i nuovi progetti viene incrementato il numero dei fabbricati di servizio, quello delle strutture per il riposo e l'igiene del personale e quello delle strutture per l'assistenza e il tempo libero. Il progetto architettonico ubbidisce a nuovi canoni: composizione libera dei volumi e delle superfici (assimilate a figure geometriche pure), sostituzione delle imponenti tettoie metalliche di copertura delle piattaforme con le pensiline, introduzione di spazi porticati e ampi pensiline aggettanti dalle forme tondeggianti e sinuose, articolazione di ampi spazi vetriati per correlare gli spazi di atrio e di attesa con l'esterno, prevalente impiego del cemento armato per le strutture, di mattoni e di travertino per i rivestimenti esterni, di marmi pregiati, mosaici, pitture e bassorilievi per il rivestimento degli spazi interni. Vi è inoltre la rielaborazione di motivi stilistici ed elementi edilizi tratti dalla Roma antica come: la volta a botte semplice e lunettata, l'arco a tutto sesto, ecc.

Questa intensa attività progettuale ha consentito la messa a punto di nuovi "tipi" di stazione che saranno poi oggetto di sperimentazione nelle successive esperienze progettuali intorno al tema della stazione come nodo d'interscambio: il "tipo" edilizio della stazione parzialmente sotterranea e il "tipo" edilizio della stazione a piastra con patii interni.

Le stazioni di transito di medio livello presentano un impianto tipologico a sviluppo rettilineo, al massimo, articolato a due livelli, con un atrio sufficientemente ampio quasi mai baricentrico al fabbricato, a volte anticipato da un pronao porticato. Tale atrio è quasi sempre collegato alle banchine dei treni, distinti per i viaggiatori in partenza, posti a sinistra e generalmente filtrati dalle biglietterie, e per quelli in arrivo, posti a destra; fiancheggiano l'atrio, da un lato, le attrezzature di servizio per gli utenti, dall'altro, le attrezzature per il personale viaggiante e per l'esercizio ferroviario. Gli spazi che compongono il fabbricato-viaggiatori spesso sono protetti lungo il fronte città da pensiline continue; a volte è prevista una sola pensilina antistante lo spazio d'ingresso.

Questi aspetti si riscontrano in tutte le stazioni di transito italiane degli anni '30. La composizione architettonica del fabbricato-viaggiatori da questo momento sembra rigettare per sempre ogni principio di simmetria che, invece, aveva inciso, pesantemente, sull'architettura ferroviaria del XIX secolo.

Per quanto riguarda le grandi stazioni "di testa", realizzate in Italia negli anni '30 si rielabora in termini moderni, cioè, nel linguaggio dell'architettura razionalista, lo schema tipologico

delle stazioni centrali di fine secolo XIX. Si nota la solita sequenza degli elementi costitutivi l'impianto tipologico sopraddetto come la galleria delle carrozze, l'atrio-biglietteria, la galleria di testa, ma tra essi non vi è più un rapporto di contiguità, bensì di continuità e integrazione spaziale, grazie all'adozione di scelte architettoniche e tecnologiche innovative e molto espressive. Il complesso si adatta su ogni fronte all'altimetria del terreno e si integra fisicamente al tessuto urbano. Esso sembra esprimere la nuova vocazione della stazione moderna, di struttura urbanistica e, non più, di "porta" monumentale. Questo tipo di approccio ha consentito di giungere attraverso le stazioni italiane degli anni '30 alla definizione di un linguaggio architettonico unitario e di una sorta di normativa per le opere di finitura, di arredo e di decoro.

Manufatto emblematico è la pensilina intorno alla quale si definiscono criteri di progettazione ed esecuzione. Per ragioni estetiche e di miglior inserimento ambientale si preferisce eseguirla in cemento armato con falde piane e continue, lievemente inclinate verso l'alto. Per la protezione delle falde dal fumo delle locomotive, si suggerisce un rivestimento in tessere di mosaico ceramico ad alta resistenza, mentre per i pilastri di sostegno, generalmente un rivestimento in travertino. A livello costruttivo per agevolare il movimento dei passeggeri e dei bagagli si preferisce posizionare i pilastri di sostegno, a sezione ridotta, in fila lungo l'asse mediano del marciapiede, ad un interasse di 11 m circa, scelto per allineare trasversalmente i pilastri dei marciapiedi riservati ai passeggeri con quelli di servizio.

L'approccio progettuale è identico per l'arredo e l'illuminazione delle pensiline. Questa in particolare è distinta per le pensiline d'attesa e di servizio ed è eseguita per le prime, con luci puntiformi annegate nello spessore del solaio, per le seconde con lampadine nascoste in un tubo di cristallo rigato, passante lungo l'asse mediano delle stesse. Sono, inoltre, oggetto di studio e design orologi, lumi, cassette postali e i quadri scorrevoli degli orari ferroviari.

Si può dunque affermare che lo stretto legame tra progetto architettonico e design degli interni e dell'arredo sia un principio ispiratore e distintivo dell'architettura delle stazioni italiane degli anni '30 e conferisce loro quell'organicità che ne decreta l'appartenenza all'architettura razionalista.

#### **4.1.6 Il quinto "tipo" –Dal secondo dopoguerra agli anni '60**

In questo periodo il concetto di stazione come "nodo d'interscambio" introdotto dagli architetti del Movimento Moderno è sostenuto anche dai nuovi interventi, ma sviluppato

soprattutto in chiave funzionalistica e tecnicistica. Si può dire che la ricerca sul “tipo” e sull’architettura della stazione moderna, che tra gli anni ’30 e ’40 ha raggiunto risultati significativi, nel ventennio successivo subisce una flessione, forse, per un’attenzione ai più urgenti problemi di ricostruzione post-bellica e di completamento. L’interesse si concentra pertanto su determinati aspetti, su quelli funzionali e distributivi, sviluppati dai manuali del periodo, su quelli urbanistici di interrelazione tra spazi e percorsi interni alla stazione e tessuto urbano, su temi come la fluidità spaziale e la trasparenza delle superfici di chiusura. Intorno a questi due temi in particolare, grazie anche ai progressi delle tecnologie costruttive, si mettono a punto soluzioni innovative.

I progetti delle stazioni, quindi, nel dopoguerra sembrano privilegiare i contenuti funzionali, le esigenze distributive, a scapito dell’espressione architettonica complessiva. In questo periodo il fabbricato-viaggiatori perde quell’entità raggiunta negli anni ’30 legata al suo nuovo ruolo istituzionale, per omologarsi nell’immagine ad un edificio o a un complesso di edifici per uffici. Questa concezione se da un lato accresce i requisiti funzionali della stazione, e facilita l’ampliabilità e l’adattabilità delle sue parti al mutare nel tempo dei contenuti, dall’altro, riduce la carica espressiva della sua architettura.

#### **4.1.7 L’ultimo “tipo” – Dal XX al XXI secolo**

In questi ultimi quarant’anni circa il progetto della stazione ferroviaria ricerca nuove forme architettoniche capaci di esprimere al meglio il ruolo della stazione contemporanea che è decisamente quello, già prefigurato negli anni ’20-’30, di “nodo attrezzato di interscambio modale” ma con finalità diverse, in rapporto al contesto di riferimento e alla specifica tematica affrontata. Così dagli anni ’70 in poi la stazione ferroviaria è considerata nei progetti come nodo significativo, ora, di un piano generale di riassetto della rete dei trasporti, ora di un più ampio progetto di riqualificazione di una parte di tessuto urbano, o di riconnessione di settori urbani separati dalla ferrovia.

Il tema a cui si sviluppa un ampio confronto è quello della “stazione-cerniera” tra il centro storico ed altri insediamenti. In seguito sarà affrontato il tema della stazione come “parte di una struttura urbana a carattere terziario”, un complesso definito tipo logicamente dalla sovrapposizione di spazi pubblici ed attrezzature per lo svago, la cultura e il commercio.

Le numerose proposte messe a punto in occasione dei vari concorsi di progettazione che si sono susseguiti fino ai giorni nostri mostrano che il progetto della stazione non può essere

concepito al di fuori del contesto di riferimento e , a tal fine, sono da evitare schemi stereotipi che tendono a creare un edificio-monumento isolato dal tessuto urbano, bensì è da individuare una logica progettuale tesa a delineare una struttura spaziale al cui interno la stazione possa fungere da polo di convergenza tra assi e tessuti urbani, una struttura che comunque instauri un rapporto stretto con il luogo.

Bisogna dire che il progetto della stazione in questi ultimi decenni è stato influenzato da fattori molto importanti come, in generale, l'incremento della mobilità in ferrovia, lo sviluppo dell'alta velocità e del trasporto plurimodale, l'ammmodernamento e lo sviluppo tecnologico dell'impiantistica ferroviaria e la maggiore richiesta dei servizi a supporto dei viaggiatori. Questi ed altri fattori hanno inevitabilmente trasformato il tradizionale fabbricato-viaggiatori in un grande complesso ove i sistemi infrastrutturali e impiantistici risultano fisicamente integrati all'architettura degli spazi e delle attrezzature collettive e relazionati complessivamente all'insieme.

Per quanto riguarda l'assetto spaziale, è possibile osservare come la maggior parte delle stazioni progettate dagli anni '80 ai giorni nostri risponda tipologicamente allo schema di una struttura articolata a più livelli, alcuni dei quali generalmente interrati, riservati al traffico ferroviario, la trasporto delle merci e dei bagagli. Anche le aree per il parcheggio delle autovetture sono spesso integrate al complesso e, per ragioni strutturali, possono essere ubicate al di sotto del livello dei binari. I livelli superiori sono preferibilmente ripartiti in spazi di ricezione, di attesa e di supporto ai passeggeri. All'interno la visibilità dei passeggeri dei piani più bassi è garantita da cavità, squarci, aggetti, rientranze mentre la luminosità, da ampie vetrate, cupole, lucernari e tettoie vetrate. La fluidità dei collegamenti tra i livelli è consentita da scale, rampe e traslatori verticali.

Al fine di ottenere una buona organizzazione e distribuzione degli spazi sopraddetti, sono state messe in atto, negli anni, diverse tipologie; la "piastra" si è rivelata il tipo edilizio più adatto ad ottenere la massima concentrazione di attività all'interno di un determinato volume e nel contempo, la massima flessibilità distributiva, soprattutto nel caso di adottare una struttura verticale di tipo puntiforme. La piastra potrebbe assumere configurazioni diverse secondo il ruolo che la stazione dovrebbe svolgere al livello urbano. La piastra permette di sorvolare i fasci dei binari per riconnettere parti della città separate dalla ferrovia, rispecchiando il tipo della "stazione-ponte" arricchita da attrezzature commerciali e per il tempo libero, articolato in più livelli ed interagente, quale nodo di scambio intermodale, con reti di trasporto urbano ed extraurbano.

La stazione moderna, quindi, non tende più a configurarsi come un insieme di spazi conformati a determinati usi, bensì come struttura articolata, interagente con il contesto, internamente flessibile e polifunzionale. Le soluzioni progettuali si confrontano ormai intorno alle seguenti tematiche: la continuità con il passato, il valore dell'istituzione e il rapporto con la città o con il territorio.

La pensilina, quale elemento architettonico ricorrente nelle più svariate versioni, è presente nei recenti progetti, sia per la sua indiscussa utilità, assicurando il riparo dei viaggiatori dalle intemperie, sia perché stimola la memoria dell'architettura ferroviaria del passato, di quella degli anni '30 nei quali la pensilina ha avuto una forte incidenza figurativa. Opportunamente reintrodotta nella composizione architettonica, concorre anch'essa a sottolineare il ruolo istituzionale della stazione odierna ed il suo legame tipologico ai modelli del passato. Le stazioni intermodali intendono sottolineare il carattere eccezionale dell'opera attraverso scelte architettoniche che non s'ispirano più alla forma e al linguaggio degli edifici antichi, semmai ne rielaborano i motivi stilistici in chiave moderna e con l'ausilio della tecnologia.

Nel XX secolo che per i progressi raggiunti nella scienza delle costruzioni e nelle tecniche di montaggio delle carpenterie metalliche e per l'ingresso nella costruzione di un nuovo materiale, il cemento armato, che l'architettura del fabbricato-passeggeri cambia la sua consolidata immagine: diventa trasparente, grazie all'introduzione di ampie vetrate, acquista leggerezza e flessibilità interna, grazie all'adozione di telai in acciaio o in cemento armato.

Così l'innovazione tecnologica, prima concentrata sulla tettoia dei treni, si estende nel XX secolo alle strutture di copertura delle gallerie di testa, degli atri, eseguite generalmente con travi reticolari in acciaio e cemento armato e superfici vetrate, alle pensiline, piane o dalle forme sinuose, spesso fortemente aggettanti. La pensilina, addirittura, diventa l'ambito privilegiato di sperimentazione dei requisiti prestazionali dei nuovi materiali. Così un manufatto apparentemente secondario, come la pensilina, viene considerato negli anni '30 un'innovazione sotto i profili tecnico, economico ed estetico.

Si può dire che soltanto dopo gli anni '60 l'innovazione tecnologica investe il fabbricato-viaggiatori nella sua interezza, determinando l'abbandono definitivo degli schemi compositivi imperanti nel XIX secolo e il delinearsi di nuove espressioni nell'architettura delle stazioni.

Nasce, quindi, un'immagine nuova della stazione ferroviaria, ispirata alla leggerezza e alla trasparenza; si sviluppa un campo di sperimentazione incentrata soprattutto sulla tecnologia dell'acciaio che nei decenni successivi approderà a progetti significativi sia a livello della tecnica costruttiva che a quello dell'industrializzazione tecnologica, ovvero, ai progetti ascrivibili al filone dell'architettura high tech.

Lo sviluppo della mobilità, un assetto integrato dei sistemi di trasporto e l'offerta più diversificata dei servizi per l'utenza sono stati i principali fattori che in questi ultimi decenni hanno modificato il ruolo della stazione, ne hanno arricchito il suo organigramma funzionale sì da determinarne l'evoluzione tipologica in nodo di interscambio e polo integrato di attrezzature e infrastrutture urbane. L'innovazione tecnologica ha agito da "catalizzatore", ha consentito cioè attraverso l'ottimizzazione dei requisiti prestazionali delle tecnologie più in uso nella realizzazione delle grandi opere, di tradurre in architettura forme complesse espressivamente stimolanti. La conoscenza più approfondita dei materiali e delle tecniche costruttive permettono oggi di orientare con più sicurezza le scelte del progettista sulla soluzione strutturale e tecnica più adatta a esprimere l'immagine di stazione che si vuole comunicare.

Il progresso a livello costruttivo e della produzione industriale del cemento armato precompresso e dell'acciaio ha consentito la realizzazione in tempi brevi di nuovi tipi di stazioni ferroviarie, più rispondenti alle esigenze attuali e più integrate al contesto, come, ad esempio, il tipo della stazione a ponte che unisce la funzione sua propria a quella di struttura di connessione tra settori urbani separati, nella maggior parte dei casi, dal fascio dei binari; questo grazie alla possibilità offerta dalle nuove tecnologie di realizzare travature di grandi campate sostenute da piloni e da stralli e piastre strutturali attrezzate resistenti a carichi fissi e mobili. Questo "tipo" di stazione ha dato vita a numerosi progetti.

La possibilità di realizzare ampi spazi coperti da possenti volte e telai in cemento armato precompresso, la possibilità di scavare nel sottosuolo piani interrati per il passaggio di linee ferroviarie sostenuti da robusti muri o piloni, ha consentito anche la creazione di stazioni ferroviarie ipogee (consentono una migliore interazione con i sistemi di trasporto e il vantaggio di poter intervenire nel cuore della città senza danneggiare l'edificato preesistente), di nodi d'interscambio internamente solcati da canali di traffico e cavedi, di megastrutture.

Si può ritenere, in conclusione, che in questi ultimi decenni l'applicazione dell'informatica alla progettazione architettonica ha dato un sensibile impulso all'invenzione ed ampliato quindi il repertorio formale, come l'evoluzione delle tecniche costruttive e l'affermarsi di nuovi materiali e tecnologie, dando vita ad una nuova espressione dell'architettura delle stazioni ferroviarie consona all'era delle telecomunicazioni, dell'informatica della alta tecnologia.

## **4.2 L'architettura dei piazzali e delle tettoie**

Nella storia dell'architettura ferroviaria gli aspetti tecnico-costruttivi hanno avuto un ruolo importante e, in alcuni casi, hanno inciso nell'assetto dell'edificio ferroviario e nella sua evoluzione tipologica, influenzando scelte di forma e dato vita a tendenze espressive e a stili.

### **4.2.1 L'architettura dei piazzali**

Il piazzale rappresenta una tipologia urbana che si è affermata nella seconda metà del XIX secolo. I primi piazzali delle stazioni ferroviarie, si possono definire spazi ibridi per diverse ragioni, quali:

- Sono destinati al transito e alla sosta sia pedonale che veicolare dei passeggeri, di merce e di militari;
- Sono aree in cui s'intrecciano diverse funzioni in quanto consentono l'accesso diretto o indiretto, tramite il fabbricato passeggeri, a locali dove si svolgono attività diversificate;
- Sono, infine, ibridi sotto il profilo della proprietà. In base alla legge del 1865, i piazzali, come l'intera area occupata dalla stazione, sono di proprietà dello stato, e vengono dati in concessione alle società ferroviarie che gestiscono la rete. Tra il 1860 e il 1890, tuttavia, circa metà della rete ferroviaria diventa di proprietà pubblica.

Oltre allo Stato e alle società concessionarie c'è un altro importante interlocutore, il comune. La stazione dunque insiste su un terreno demaniale all'interno dell'area comunale. Per delimitare l'area demaniale da quella comunale, lo spazio del piazzale è chiuso da una cancellata. Questa recinzione in metallo svolge anche altre funzioni come, ad esempio, garantire la sicurezza degli impianti nelle ore notturne.

La cancellata è specificatamente prevista dalla manualistica francese, fungendo da elemento che contraddistingue i disegni delle stazioni parigine. E così l'immagine che associa il fabbricato- passeggeri alla cancellata si diffonde, attraverso la letteratura specialistica, anche nell'Italia dell'epoca.

La delimitazione ottenuta attraverso la cancellata conferisce al piazzale una maggiore identità, perché lo rende più compatto. Tuttavia, in Italia, la funzione di distacco viene esercitata esclusivamente nella prima fase di insediamento della stazione, che si conclude intorno al

1870, cioè nella fase in cui la separazione con la città è più forte. Ma, negli anni successivi, quando vengono avviati interventi per mettere in comunicazione stazione e città, la cancellata, che pure permane e sarà eliminata in certi casi solo dopo la prima guerra mondiale, grazie alla sua trasparenza non separa più ma anzi stabilisce un legame visivo tra la città e la stazione. Da questo punto di vista l'evoluzione del piazzale della stazione rappresenta proprio il momento di passaggio dalla piazza chiusa alla piazza aperta, funzionale al traffico. La dimensione ampia contraddistingue il piazzale della stazione perché si tende a creare uno spazio in sintonia con le aree aperte della ferrovia e dell'area dei binari, e anche perché il piazzale è in stretta relazione con il fabbricato-passeggeri, di cui costituisce una sorta di prolungamento. Esso valorizza l'edificio svolgendo la stessa funzione delle piazze antistanti ai palazzi del '400 e del '500. Ma il piazzale della stazione, a differenza di quelli delle residenze aristocratiche rinascimentali, non si esaurisce in una dimensione esclusivamente rappresentativa, il suo compito principale è quello di consentire alle carrozze, alle tramvie di confluire verso la stazione che è un catalizzatore del traffico urbano.

Nel decennio compreso tra il 1860 e il 1870 si apre l'epoca del trasporto urbano a uso pubblico e la stazione diventa il capolinea dei principali percorsi. L'ampia dimensione del piazzale consente di far coesistere il transito, l'inversione del senso di marcia e la sosta di diversi tipi di veicoli. La stazione del XIX secolo è l'espressione di un nuovo tipo di potere, quello del progresso tecnico. Nel contempo essa è chiamata a svolgere l'importante funzione di una nuova porta urbana, alla quale si deve conferire un aspetto imponente. Da questo punto di vista il piazzale assume la fisionomia della piazza-porta.

Il primo decennio del Novecento apre l'età dei trasporti di massa. L'avvio dell'era della mobilità amplifica il ruolo d'interscambio che svolge il piazzale della stazione. L'impianto della stazione offre l'opportunità di creare un nuovo polo urbano. La riorganizzazione del piazzale, quindi, viene effettuata sia in funzione delle esigenze del traffico, che della nuova urbanizzazione in atto in quel periodo.

Alla fine della prima guerra mondiale, l'entità del traffico è destinata ad aumentare con la crescita della complessità urbana. Poiché i tradizionali mezzi di trasporto non scompaiono improvvisamente, ma coesistono a lungo con i nuovi, si produce un'immagine urbana variegata.

Il piazzale, analogamente a quanto avveniva nell'Ottocento, continua a costituire il capolinea accentuando la sua funzione di snodo del trasporto urbano e di interscambio tra traffico urbano ed extraurbano. Lo spazio, quindi, deve essere studiato in funzione dei flussi di traffico.

In questo stesso periodo, fanno la loro comparsa i marciapiedi, che si distribuiscono non solo ai lati del piazzale, ma anche al centro. Adibiti alla sosta dei passeggeri in attesa, contrassegnano le fermate delle diverse linee del trasporto urbano.

Con l'incremento della rete ferroviaria, aumenta sensibilmente, sia il numero dei viaggiatori, che la quantità delle merci. Si rende quindi necessaria la netta separazione fra i due tipi di movimento. Il piazzale, così, viene riservato esclusivamente ai passeggeri, mentre lo scalo merci viene dotato di un'entrata autonoma, oppure sono create stazioni di smistamento.

La porzione del piazzale entra, così, a far parte del fabbricato passeggeri. Il trasporto urbano diventa talmente rilevante da invadere l'edificio e incidere in modo determinante sull'architettura della facciata.

Nel Novecento la stazione ferroviaria costituisce un vero e proprio organismo urbanistico, è così che il piazzale della stazione accentua la propria funzione di cerniera fra l'impianto ferroviario e il centro abitato. Nella pratica urbanistica si assiste, infatti, a una specie di semplificazione del tipo di piazzale definito negli ultimi decenni del XIX secolo. Con la diffusione del trasporto pubblico urbano il piazzale diventa più vuoto; aumenta la superficie riservata ai mezzi di trasporto, a scapito degli spazi verdi; compaiono degli elementi scultorei, che molto spesso consistono in una fontana, posta al centro con funzione ornamentale e soprattutto di spartitraffico. Il piazzale perde progressivamente quel carattere ibrido di luogo di passaggio di viaggiatori e merci. Il piazzale presenta ormai una dimensione monofunzionale: la sua vita è completamente assorbita e si esaurisce nel traffico.

#### **4.2.2 L'architettura delle tettoie**

Le numerose gallerie dei treni del XIX secolo, pur differenti per sagoma e caratteri decorativi, sono realizzate con strutture in acciaio reticolari e rivestite con lastre in vetro per illuminare ed aerare gli spazi occupati dalle banchine. La ricerca tecnologica studia e perfeziona soluzioni tese ad aumentare la snellezza delle membrature e nel contempo a coprire luci sempre più ampi per i sempre più estesi spazi ferroviari. Al contrario il fabbricato-viaggiatori viene, nello stesso secolo viene eseguito con tecniche costruttive tradizionali.

Infatti, proprio nella seconda metà del XIX secolo la tecnica delle costruzioni in acciaio raggiunge dei risultati innovativi, premessa ai traguardi successivi.

Da subito le tettoie hanno caratterizzato le stazioni; strutture lignee, più o meno grandi e raffinate, costantemente accompagnano anche in Italia, gli esordi del treno. Le tettoie sono connesse al funzionamento e alla comodità della stazione: tiraggio necessario a smaltire il fumo acre e oleoso delle locomotive, oltreché protezione dal sole e dalla pioggia per i viaggiatori. Il loro ingrandirsi guadagnando grandi luci con l'impiego di parti metalliche e soluzioni sempre più ardite trova pure ragioni funzionali: si elimina il vincolo dei pilastri intermedi, ma si ricerca anche una valenza monumentale e reclamistica.

Il modello più diffuso di tettoia, tra il 1870 e il 1880, è quello che si adatta sia alle stazioni di testa che a quelle di transito, generalmente con luci intorno ai trenta metri, a coprire cioè quattro binari, presenta una volta ribassata e catene all'imposta dell'arco.

Con varia morfologia, dalla metà del XIX secolo fino all'inizio del XX secolo, le tettoie in ferro e vetro ebbero gran fortuna ma decadde con una certa rapidità. Con l'elettrificazione si affermano le pensiline in metallo e dall'inizio degli anni '30, quelle in cemento armato. Ormai d'ampiezza inutile e un po' demodé nella loro immagine, oltre che con la ruggine, con i costi di una manutenzione difficile, dovranno fare i conti col "ferro alla patria" e poi con le bombe della guerra.

Le tettoie ferroviarie sono un capitolo poco frequentato anche nella storia del ferro e un tema praticamente escluso dal bilancio architettonico dell'Ottocento italiano.

### **4.3 Ferrovia e ambiente**

Nel momento in cui il fabbricato-viaggiatori si apre al contesto la composizione si arricchisce di nuovi significati poiché si relaziona alla morfologia del sito. Si considera la storia dell'edificio, una svolta decisiva nella sua composizione tipologica si ha quando esso inizia a istaurare con il contesto un rapporto più diretto, prima (alla fine del XIX secolo) attraverso una maggiore articolazione volumetrica, la valorizzazione di tutti i suoi fronti, poi (agli inizi del XX secolo) con la loro apertura verso la città, attraverso l'introduzione di profondi spazi porticati, di ampie superfici vetrate, di pensiline spesso estese lungo tutto il perimetro del fabbricato e fortemente aggettanti soprattutto nei punti d'ingresso. Questi aspetti tecnici accomunano le stazioni italiane della prima metà del Novecento.

Anche in assenza di condizionamenti specifici il fabbricato-viaggiatori può relazionarsi al luogo, ad esempio, quando si situa nel territorio extraurbano, con la tipica connotazione di

punto di approdo in un contesto sconfinato, o ancora di nodo di scambio intermodale. A sottolineare questo ruolo vi è di solito una forte scelta espressiva permeata spesso di significati simbolici e allusivi.

Ma è nell'ambito della città che il progetto della stazione ferroviaria trova stimoli interessanti per delineare nuovi tipi insediativi e diventare un tema di progettazione urbana. Il punto d'arrivo non è più la riproposizione dell'edificio-monumento svincolato dal contesto, anche se capace di generare ordine e nuove centralità in aree urbane degradate dal passaggio della rete ferroviaria, bensì è la definizione di un'articolate rete di relazioni, il ridisegno del tessuto urbano con la valorizzazione di luoghi significativi, la ricomposizione degli spazi preesistenti e la loro integrazione ai nuovi. Tali aspetti accomunano la maggior parte dei progetti sviluppati dagli anni '70 in poi. La logica secondo cui sono stati concepiti ha inciso sul ruolo urbano della stazione, mentre il rapporto morfologico tra questa e il luogo ha inciso sulle scelte del modello insediativo e su quello delle regole compositive. La logica concettuale è quella di completare, saldare al preesistente e riqualificare ambiti urbani dimensionalmente limitati; poi, nel rapporto con la morfologia specifica del luogo, si differenziano compositivamente. Gli elementi della composizione, quali, la passeggiata pedonale coperta dal pergolato, i binari ferroviari con le relative banchine sottostanti, formano un insieme di spazi pubblici in reciproca relazione funzionale e visiva, integrato alla città tramite pensiline, sottopassaggi, ponti, dettagli costruttivi, elementi, tutti, concepiti all'interno di una ricerca plastica e che hanno permesso di rimodellare le parti naturali e quelle urbane.

Il tema del ridisegno urbano ormai fatto proprio dal progetto della stazione ferroviaria coinvolge aspetti funzionali, urbanistici, questioni culturali nei confronti delle preesistenze, ma soprattutto pone degli interrogativi sullo sviluppo della città moderna. Le soluzioni proposte a volte hanno privilegiato il nuovo, pur nella ricerca della sua massima contestualizzazione, altre, più opportunamente, il progetto urbano.

Dalle esperienze progettuali condotte fino ad oggi nel mondo intorno alla stazione intesa come struttura urbana è possibile individuare dei ricorrenti schemi insediativi tradotti, naturalmente, nelle forme che la città e la morfologia del tessuto edilizio hanno potuto suggerire. Ad esempio, si è avuto modo di osservare come l'impianto tipologico della "piastra", articolata a diversi livelli, nel progetto della stazione ferroviaria si presti sia, ad integrare, evitando inopportune interferenze, le reti infrastrutturali, il connettivo pedonale e i nuclei spaziali, sia a correlare l'insieme al tessuto urbano preesistente attraverso svariate configurazioni; analogamente la soluzione a "ponte" si è rilevata la più adatta funzionalmente e figurativamente a ricucire parti di città separate dal fascio ferroviario creando nuovi circuiti

e confluente. Ad essa, infatti, risultano ispirati numerosi progetti, nelle forme particolari suggerite dal contesto e dalla logica compositiva.

L'ambito entro cui si tende ormai ad iscrivere il progetto della stazione potrebbe riguardare un ampio settore del territorio o della città quando questo risulti urbanisticamente coinvolto dal nuovo intervento; è il caso in cui il progetto della stazione genera un progetto urbano e si identifica con esso. Le iniziative che hanno inteso mettere a frutto le potenzialità strategiche per l'assetto del territorio insite nel progetto degli impianti ferroviari hanno avuto come scopo la riqualificazione urbanistica ed ambientale del contesto suggerita dal ridisegno degli spazi ferroviari, la valorizzazione di questi ultimi e per il fabbricato-viaggiatori l'affermazione di una sua nuova identità. La loro efficacia si fonda su questi presupposti. Ma non sempre questa è stata la logica che ha guidato le grandi riorganizzazioni del settore ferroviario; in alcuni casi lo scopo primario è stato quello di creare intorno alla stazione dei centri di profitto subordinando così scelte urbanistiche ad una politica di mera globalizzazione economico-consumistica, a scapito della qualità architettonica degli interventi e della reale validità del disegno urbano proposto.

Il metodo da seguire nel progetto della stazione ferroviaria, assodata la sua appartenenza al luogo, è l'analisi della sua morfologia e del suo assetto urbanistico, onde prefigurare ipotesi alternative che, nel ridisegno degli spazi urbani e nella rilocalizzazione di nuove attività compatibili solo con i modelli di sviluppo più generali tecnicamente verificati e politicamente condivisi, perseguano ad un tempo la riqualificazione del tessuto urbano, la rivitalizzazione e lo sviluppo del nucleo ferroviario intorno a cui gravita.

## **4.4 Conclusioni**

In questo studio si sono evidenziati i fattori che nell'architettura della stazione hanno ritardato la sintesi espressiva: la duplice natura dell'organismo, parte, industriale e parte terziaria, una non univoca posizione culturale degli Enti preposti alla realizzazione e gestione circa il significato da trasmettere ai fruitori, se più legato alla funzione trasportale oppure al suo valore istituzionale unanimemente riconosciuto. Certo è che qualsiasi fosse parsa la scelta più opportuna per tutto il secolo XIX gli edifici rappresentativi più imitati dall'architettura del fabbricato-viaggiatori erano la chiesa, il palazzo civico, le terme, i musei, mentre gli stili più accreditati presso le società ferroviarie, quelli del mondo classico, neo-classico, gotico, con le particolarità dettate dai paesi di appartenenza. Le combinazioni di questi elementi, insieme

all'esigenza di "isolare" l'edificio dal contesto, ancorché urbano, ponendolo quasi sempre come fondale di una piazza per esaltarne il significato rappresentativo oltre che simbolico di porta urbana, di approdo, ecc., gli hanno conferito una monumentalità che per molto tempo è stata considerata il principale carattere distintivo della stazione ferroviaria.

L'ingresso del cemento armato nella costruzione segna un definitivo cambiamento del lessico espressivo: si abbandonano gli stilemi del mondo classico; le facciate si alleggeriscono liberandosi da superflue aggiunte scultoree e da decorazioni, le bucatore si ridimensionano ed assumono forme squadrate. L'architettura delle stazioni rifiuta per sempre l'enfasi e per esaltare la dignità istituzionale ricerca un nuovo linguaggio, adeguata alla cultura del XX secolo. Si esprime una nuova logica compositiva basata su un rapporto dinamico tra le masse e la sua immagine pur richiamando quella grandiosa delle stazioni centrali di fine '800. Infatti, a parte alcune esperienze del primo '900 nostalgicamente rivolte al passato, l'architettura della stazione fa propria nei contenuti e nell'impianto tipologico la cultura del Movimento Moderno e vi si identifica; esprime le esigenze della civiltà moderna, non emerge spiccatamente dal tessuto urbano ma è ad esso integrata sin ai livelli sotterranei per collegarsi alla rete metropolitana, raccoglie e distribuisce al suo interno diversi sistemi di circolazione, fuori terra tenda a svilupparsi in orizzontale.

Dalla metà del secolo scorso si è aperta una terza fase evolutiva a livello istituzionale cui si è affiancato un periodo di ricerca progettuale tesa alla definizione per la stazione di una nuova identità e di nuove forme capaci di esprimere al meglio il carattere della stazione contemporanea. Hanno indotto questo ripensamento lo sviluppo dell'alta velocità e quindi l'ammodernamento degli impianti ferroviari, un sensibile incremento della mobilità, la trasformazione definitiva della stazione in nodo attrezzato di scambio intermodale arricchito da attrezzature luoghi collettivi a servizio non soltanto dei viaggiatori. Vi è oggi la consapevolezza che il progetto della stazione inteso come nodo urbano significativo, debba necessariamente riguardare insieme al fabbricato-viaggiatori anche il contesto di pertinenza e che possibilmente debba essere inquadrato in un più ampio progetto di rivitalizzazione di aree ferroviarie dismesse o degradate o di ricucitura di settori urbani separati dai fasci ferroviari.

È da considerare anche importante lo sviluppo dell'alta tecnologia che ha consentito di esaltare il carattere eccezionale dell'opera con scelte architettoniche fortemente espressive e di riproporre in chiave moderna l'immagine della stazione monumentale ormai impressa nella memoria collettiva; ciò è avvenuto non adottando più gli stilemi del passato ma riproponendone una rielaborazione, oppure ricorrendo a un simbolismo espressivo.

Bisogna dire che nel progetto della stazione si è riscontrata in ogni epoca la tendenza a un espressionismo esagerato, ora per esaltarne il significato istituzionale ora più opportunamente, per connotare quello di punto di approdo nel caso essa si collochi in un contesto territoriale privo di riferimenti fisici; tutto questo è stato consentito da un uso maturo e disinvolto delle nuove tecnologie costruttive più adottate.

Si può concludere che in un secolo e mezzo circa di vita la stazione ferroviaria ha subito in sostanza tre significative trasformazioni: da “oggetto” celebrativo della prima civiltà industriale e delle comunicazioni, a “oggetto” rappresentativo della moderna metropoli e nodo di scambio intermodale, infine, a “luogo” strategico per la riqualificazione e rivitalizzazione dei settori urbani. E dunque logico ricercare l'identità della stazione contemporanea sia nella memoria storica che nel tessuto edilizi della città ove si colloca.

# 5 : Il progetto architettonico

## 5.1 La stazione ferroviaria

La stazione è un organismo edilizio particolare, inteso come cerniera tra due situazioni singolari quali infrastruttura ferroviaria e intorno urbano, considerato come luogo di razionalizzazione ed interscambio modale con altri vettori. È importante quindi definire le funzioni che devono essere insediate all'interno del fabbricato viaggiatori, con criteri di rete redditività, attraverso l'elaborazione di appositi degli autodefiniti in base alla seguente suddivisione funzionale di:

- spazi comuni e locali tecnici;
- locali per l'assistenza passeggeri;
- locale per la circolazione e di servizio;
- locali utilizzati dall'impresa ferroviaria;
- locali commerciali;
- locali per altri servizi.

Il modello ideale del fabbricato viaggiatori inserito in qualsiasi contesto urbano, deve essere in grado di garantire senza difficoltà una fruibilità facile e immediata ai servizi trasporto in modo indifferente alle direzioni provenienza del viaggiatore. La particolarità tipologica di questi edifici, è quella di dover coordinare aspetti molto differenti e contrastanti: quelli relativi al movimento viaggiatori, quelli specifici per il mezzo di trasporto, nonché quelli connessi al contesto urbano di appartenenza. Ragioni dell'utente, ragioni del treno, ragioni della città, concorrono a definire il quadro complesso di esigenze che l'architettura del fabbricato viaggiatori ha il compito di soddisfare. La stazione va finalmente considerata, oltre che come nodo di scambio intermodale, come punto d'informazione, luogo di socializzazione e centro polifunzionale di servizio all'interno di operazioni commerciali. Questi spesso innescano automaticamente, oltre che processi di rinnovo urbano e di terziarizzazione, anche la riduzione o la totale eliminazione del degrado cittadino. Si deve tendere a ripensarla quindi, come elemento caratterizzante sia per il ruolo che ha nell'impianto tipologico, sia all'interno dei piani urbanistici di ampia portata.

Proprio in questo tipo di relazioni e interrelazioni è inserito il progetto di riqualificazione dell'area d'interscambio ferroviario di Tirano, un area che attualmente si trova occupata dallo scalo merci ferroviario e che divide la città in due parti: una organizzata in agglomerati

edificati coerenti, con un mix - funzionale in grado di generare e di soddisfare le esigenze sociali dei fruitori, e un'altra in cui l'edilizia di lottizzazione è prevalente, con edifici sparsi ed isolati in cui l'unica funzione presente è l'abitare. Si coglie l'opportunità di realizzare un edificio che funga da connettore, e che abbia una funzione di collegamento oltre quelle sopra elencate. Da questa volontà nasce l'idea di realizzare un complesso, che sia come un "ponte" tra la parte più vitale di città e quella prettamente residenziale. Raccolti sotto un'unica grande copertura vi sono due blocchi collegati tra loro, aventi la capacità di generare spazi differenti e variegati, ingredienti fondamentali per ottenere un tessuto urbano complesso in cui le diversità sono opportunità di vitalità sociale. Ferrovia e trasportistica su gomma hanno come punto di contatto l'edificio stesso, contenitore di flussi di persone in movimento che hanno diversa provenienza e diverse esigenze. La possibilità di avere una moltitudine di servizi in un punto identificabile diventa l'input per il richiamo di nuovi flussi. L'area è attraversata da un milione di passeggeri l'anno suddivisi per circa un terzo sulla linea retica, un terzo lungo la rete ferroviaria italiana e la restante parte distribuita sulle linee autobus che servono l'alta valle. L'incontro di questi flussi differenti è l'idea di progetto, un edificio che possa raccogliere tutti gli utenti e indirizzarli verso la città o verso la loro destinazione. L'edificio, quindi, deve essere riconoscibile e mantenere la scala del contesto, del cittadino, in modo tale che egli possa sentirsi attratto e non alienato. La misura d'uomo, quindi, è il concetto che sta alla base del progetto.

La copertura rappresenta il collegamento, mentre i due blocchi vetriati sottostanti sono due parti staccate di un unico parallelepipedo che si apre per dare posto al cittadino; la permeabilità è un concetto su cui abbiamo voluto riflettere molto: la volontà di non avere una barriera, ma un ulteriore punto di collegamento è concretizzata dal passaggio coperto generato dallo scostamento dei due elementi. Questa sensazione di smaterializzazione, trasparenza e permeabilità, è amplificata dal materiale di rivestimento scelto che al piano terra è il vetro. Le persone possono passare da una piazza ad un'altra, attraversando il complesso edificato, sia in senso longitudinale, sia in senso trasversale al fabbricato stesso. Piazze e passaggi coperti sono gli strumenti per realizzare spazi e viste differenti, sempre a misura d'uomo. I prospetti longitudinali seguono filosofie completamente differenti. La facciata rivolta verso i binari (prospetto Ovest), mostra un profilo tecnologico in cui l'edificio diventa quasi una macchina, parte integrante del treno stesso. Aggetti e forme delle aperture risaltano tale concetto. Il prospetto Est, per contro, affacciandosi verso la città, appare molto più sobrio ed elegante. L'utilizzo di elementi architettonici classici ma rivisitati in chiave moderna, come colonne e porticati, spazi coperti ma aperti, invoglia il cittadino ad avvicinarsi ed usufruire dell'edificio.

E' questo il senso di un'architettura che sia a misura d'uomo. I materiali scelti per i rivestimenti esterni sono durevoli, rame preossidato e vetro, così che l'infrastruttura possa mantenere le proprie caratteristiche estetiche nel corso degli anni. Il vetro è stato utilizzato prevalentemente al piano terra e negli atri d'ingresso, mentre il Tecu per gli sbalzi e per alcune parti al secondo piano.

La copertura oltre a dare continuità, rappresenta anch'essa un luogo d'incontro e di sosta accessibile all'utente. L'idea è di avere uno spazio in cui potersi sentire a contatto con la natura, come quando ci si trova in montagna, anche se in realtà, si è sopra un edificio. Poter godere, appena arrivati con il treno, della bellezza dei paesaggi alpini della Valtellina da un punto in cui la vista della città è esclusa e rimane soltanto quella delle catene montuose.

La piazza coperta di fronte al prospetto Sud offre l'opportunità di avere un punto di riferimento, un nuovo centro, per la successiva riorganizzazione della città disaggregata. Di seguito si riportano le immagini dei prospetti principali.



Figura 5.1 - Prospetto Ovest



Figura 5.2 - Prospetto Est

La copertura, oltre ad essere un elemento formale, è altresì un elemento tecnologico che, insieme ai diversi gradi di satinatura delle vetrate, impedisce al sole di entrare direttamente negli ambienti durante le ore più calde della stagione estiva.

All'interno di un fabbricato viaggiatori possono essere individuate delle famiglie di funzioni che possono essere tra loro raggruppate e suddivise:

- Spazio e attrezzature di supporto diretto al viaggiatore: spazi relativi all'arrivo e alla partenza dei treni, alla salita ed alla discesa dei viaggiatori, mezzi e strutture per il movimento delle persone (scale fisse e mobili, ascensori, traslatori, percorsi pedonali, sottopassaggi, rampe, ecc.), mezzi e strutture per il movimento del deposito dei bagagli, spazi e strutture connesse con la funzione viaggiare ed alla sosta e ai relativi servizi per il pubblico, servizi igienici per il personale e per il pubblico, spazio attrezzature per l'informazione e l'orientamento dei passeggeri.
- Spazi e attrezzature di supporto indiretto come: attrezzature commerciali e para commerciali, attrezzature culturali, agenzie turistiche e uffici, strutture direzionali ecc. Queste, specie negli ultimi anni, stanno diventando la parte di metratura dominante all'interno del fabbricato viaggiatori.
- Spazi ed attrezzature per l'esercizio ferroviario quali: uffici, depositi e servizi igienici per personale, locali tecnici per l'esercizio del trasporto, sale di comando, sale relè, centrali condizionamento, locali tecnici di comunicazione telematica, uffici direttivi, attrezzature il ristoro per il personale.

Nella progettazione di un fabbricato viaggiatori si deve sempre ricercare una logica successione di correlazione spaziale dei locali in base al flusso della circolazione principale: atrio, biglietteria, deposito bagagli, sala d'aspetto, marciapiedi di binario; obiettivo di fondo è quello di ridurre al minimo il percorso del viaggiatore, facilitandone gli spostamenti e qualificandone i momenti di sosta o di fruizione dei servizi offerti.

Si tratta in sostanza di tutti i servizi svolti oggi in una stazione, intesa come polo di interscambio tra i diversi mezzi trasporto (auto treno, autobus), prendendo a modello la tendenze in atto soprattutto all'estero di concepire la stazione come un complesso polifunzionale integrato nel contesto urbano e quindi strutture di collegamento tra parti di città non più separate dalla ferrovia. In sintesi il luogo di concentrazione di funzioni molto differenziate, in grado di rispondere in modo completo ai desideri della clientela del treno. Rappresentativo e dimensionalmente rilevante, a seconda dell'importanza della stazione, appare l'atrio d'ingresso, che è indubbiamente uno degli ambienti peculiari del fabbricato

viaggiatori, rappresentando luogo in cui si attua il passaggio dallo spazio urbano a quello interno ferroviario. Tale ambiente può essere inteso ancora come uno spazio urbano a tutti gli effetti, un prolungamento coperto della strada o della piazza, attrezzato di servizi generali oltre che specifici congruenti, con elementi di arredo affini a quelli dello spazio esterno. L'atrio è quindi l'ambiente tra i più grandi del fabbricato viaggiatori, dove trovano un posto privilegiato, il nucleo della biglietteria, insieme ai quadri indicatori e alle tabelle con gli orari di partenza e arrivo dei treni. Nell'accentuare il processo di concentrazione e di diversificazione dei servizi commerciali, considerando il ventaglio di quelli che solo soddisfano i bisogni reali immediati di chi viaggia, si sono distribuiti gli ambienti all'interno dal punto più vicino al punto più lontano ai binari. Mentre è indubbiamente preferibile che questi siano concentrati nel corpo della stazione e non dispersi, occorre scegliere collocazioni idonee che non impongano illogiche deviazioni di percorso ai viaggiatori interessati a raggiungere il treno nel più breve tempo possibile. Non è da sottovalutare quindi l'obiettivo di attribuire a questo complesso di servizi una funzione di riqualificazione di quei brani di città funzionalmente e morfologicamente indefiniti, che costituiscono in genere i margini laterali o il retro delle stazioni. In stretta relazione con l'atrio, che come si è detto costituisce il fulcro della complessa organizzazione del fabbricato viaggiatori, va collocata la biglietteria, divisa funzionalmente da sportelli per il tipo di servizio offerto. L'altezza del piano di servizio degli sportelli è stabilita in 1,10 m mentre l'interasse tra di essi deve rispettare la modulazione di 2 m. Gli ambienti di attesa a disposizione del pubblico, di qualunque tipo essi siano, sono utilizzati in modo discontinuo e casuale.

Per quanto riguarda il dimensionamento dell'edificio, con riferimento ai testi della RFI (Rete Ferroviaria Italiana) si sono utilizzati metodi sia pratici che di confronto. Partendo da questi ultimi, si sono analizzati contesti economicamente e socialmente omogenei che beneficiano di una rete ferroviaria, con un numero di utenti serviti simile, basandosi su località della stessa importanza. Dall'analisi delle strutture dei fabbricati viaggiatori si sono dedotte, facendo media aritmetica le dimensioni dei componenti dell'edificio di nuova costruzione: spazi di servizio diretto e indiretto al viaggiatore e spazi per il personale ferroviario. Di seguito si riportano i dati di alcune stazioni analizzate.

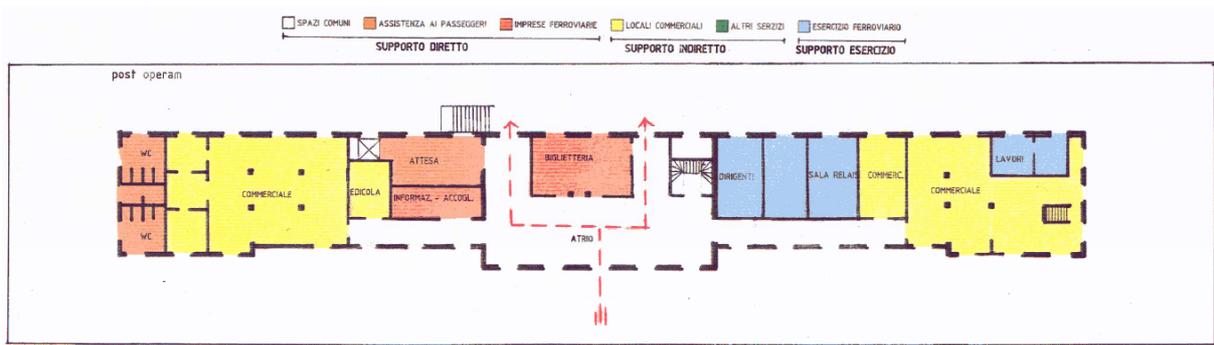


Figura 5.3 - Schema funzionale della stazione di Varese

STAZIONE DI: VARESE		Sup. Tot.:	1.050
(post operam)			
Servizio Supporto Diretto	<b>Tabella 1</b>	Mq.	% sulla sup. tot.
	Spazi Comuni - Atrio e locali tecnici	320	30,5
	Locali per assist. Passeggeri - Attesa, Bagagli ecc.	100	9,5
	Locali utilizz. Imprese ferroviarie - Biglietteria, informazione, accoglienza	90	8,5
	<b>Totale tabella 1</b>	<b>510</b>	<b>48,5</b>
Servizio Supporto indiretto	<b>Tabella 2</b>	Mq.	% sulla sup. tot.
	Locali Commerciali - (bar, ristorante, ecc.)	400	38,0
	Locali per Altri Servizi - (Banca, Poste, DLF, ecc.)	---	---
<b>Totale tabella 2</b>	<b>400</b>	<b>38,0</b>	
Servizio per eser. ferrov.	<b>Tabella 3</b>	Mq.	% sulla sup. tot.
	Locali Divisione Infrastruttura - (depositi, Dir. Movim., Sala relè, ecc.)	140	13,5
<b>Totale tabella 3</b>	<b>140</b>	<b>13,5</b>	
		Mq.	% sulla sup. tot.
<b>Totale tabella 1</b>		510	48,5
<b>Totale tabella 2</b>		400	38,0
<b>Totale tabella 3</b>		140	13,5
<b>TOTALE GENERALE (1+2+3)</b>		<b>1.050</b>	<b>100,0</b>

Figura 5.4 - Dati dimensionali relativi alla stazione di Varese

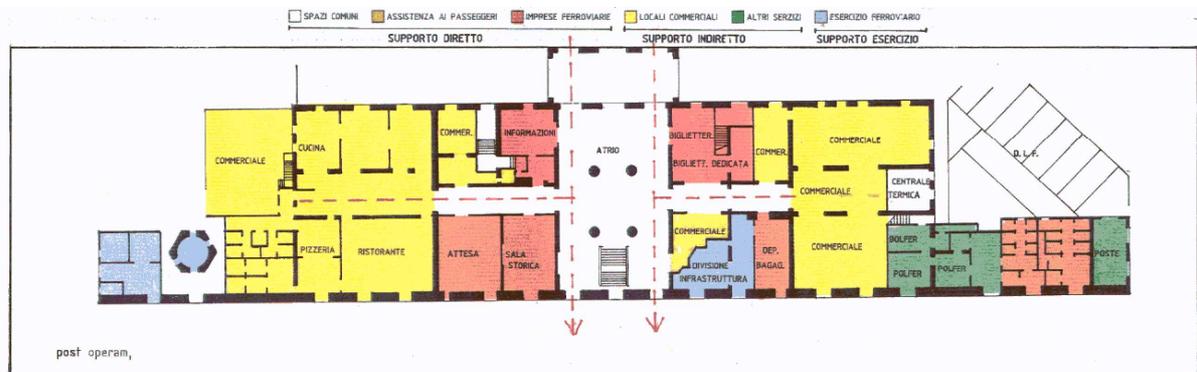


Figura 5.5 - Schema funzionale della stazione di Perugia

STAZIONE DI: PERUGIA		Sup. Tot:	2.300
(post operam)			
Servizio Supporto Diretto	<b>Tabella 1</b>	Mq	% sulla sup.tot.
	Spazi Comuni		
	- Atrio e locali tecnici	550	23,9
	Locali per assist. Passeggeri		
	- Attesa, Bagagli ecc.	250	10,8
Locali utilizz. Imprese ferroviarie			
- Biglietteria, informazione, accoglienza	120	5,3	
	<b>Totale tabella 1</b>	920	40,0
Servizio Supporto indiretto	<b>Tabella 2</b>	Mq	% sulla sup.tot.
	Locali Commerciali		
	- (bar, ristorante, ecc.)	1.100	47,8
	Locali per Altri Servizi		
- (Banca, Poste, DLF, ecc.)	160	6,9	
	<b>Totale tabella 2</b>	1.260	54,7
Servizio per esec. ferrov.	<b>Tabella 3</b>	Mq	% sulla sup.tot.
	Locali Divisione Infrastruttura		
- (depositi, Dir. Movim., Sala relè, ecc.)	120	5,3	
	<b>Totale tabella 3</b>	120	5,3
		Mq	% sulla sup.tot.
	<b>Totale tabella 1</b>	920	40,0
	<b>Totale tabella 2</b>	1.260	54,7
	<b>Totale tabella 3</b>	120	5,3
<b>TOTALE GENERALE (1+2+3)</b>		<b>2.300</b>	<b>100,0</b>

Figura 5.6 - Dati dimensionali relativi alla stazione di Perugia

I metodi pragmatici si basano invece su formule empiriche per la determinazione della superficie delle parti o dell'intero complesso. Per esempio lo studioso di trasporti K.Radlbeck individua la superficie utile media degli ambienti come atrio, spazi di servizio, sale d'attesa con la formula:

$$0,002 \text{ m}^2 \cdot n$$

dove n è il numero di abitanti compresi nell'area di influenza. È da precisare comunque l'area d'influenza di una stazione non deve essere confusa con quella d'insediamento. Si tratta infatti di due realtà da tener ben distinte. Occorre inoltre tenere nel dovuto conto il valore dell'indice di mobilità, ossia il numero medio di viaggi effettuato per abitante nell'arco dell'anno, sia sulle lunghe che sulle corte distanze.

Allo stesso modo la:

$$0,006 \text{ m}^2 \cdot n = 1500 \text{ m}^2$$

è utile per la determinazione della superficie utile media degli ambienti costituenti il fabbricato viaggiatori nel suo complesso. È da precisare infine che valori ottenuti utilizzando

queste due applicazioni della formula sopracitate si applicano bene fabbricati viaggiatori di media importanza che coprono cioè un bacino d'influenza compreso tra 50.000 100.000 abitanti. Per quanto riguarda Tirano, siccome, la linea treni è il capolinea della alta Valtellina, il bacino di influenza stimato, che va' dalla zona di Chiuro fino a Livigno, è di circa 300.000 abitanti.

Altri metodi attribuiscono una metratura specifica per ogni 100 persone che attraversano la stazione in ogni anno pari a 5 m<sup>2</sup>. Questi però sono attualmente poco utilizzati, li citiamo solamente perché riportati sui testi più importanti della manualistica italiana.

Per la determinazione del numero dei viaggiatori nell'orario di punta e per il dimensionamento degli spazi d'attesa delle stazioni ferroviarie ed autostazioni si può adottare il seguente procedimento.

Sulla base del numero totale di utenti, distribuiti nel periodo di apertura dell'impianto nell'arco dell'intera giornata, si ipotizza la seguente distribuzione:

- 40% dei viaggiatori presenti nella fascia mattutina (7:00 – 9:00)
- 20% dei viaggiatori presenti nella fascia pomeridiana (13:00 – 15:00)
- 20% dei viaggiatori presenti nella fascia serale (18:00 – 20:00)
- 20% dei viaggiatori presenti nelle rimanenti fasce orarie.

Considerando che gli utenti, compresi i viaggiatori permangono nell'impianto mediamente 20', il numero delle presenze contemporanee nell'orario di punta risulta essere:

$$P = \frac{n_u \cdot 0,4}{6} = 78,8 m^2$$

P numero delle presenze contemporanee;

n<sub>u</sub> numero totale di utenti;

Infatti, per quanto riguarda la linea Italiana attualmente si hanno 398475 presenze/anno, cioè 985 presenze/giorno distribuite su 21 corse che trasportano in media 47 passeggeri. Considerando un aumento di corse fino a 30 corse con il nuovo fabbricato e in previsione di un nuovo sviluppo ferroviario sulla linea Tirano - Edolo gli utenti giornalieri di progetto sono 1182 presenze/giorno.

Per il dimensionamento dei locali a servizio diretto del viaggiatore si seguono le relazioni riportate nella tabella seguente:

Viaggiatori nell'ora di punta (n)	100	250	500	750	1000	1500	2000	3000	4000
Atrio (m <sup>2</sup> /viag.)	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4
Sale d'attesa (m <sup>2</sup> /viag.)	0,2	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,13	0,11	0,1
Informazioni (m <sup>2</sup> /viag.)	0,1	0,095	0,09	0,085	0,08	0,075	0,07	0,06	0,05
Sportelli biglietteria (n)	2	3	5	7	8	10	12	16	20
Spogliatoi personale (m <sup>2</sup> )	8	12	20	28	32	40	44	48	50
Deposito bagagli (m <sup>2</sup> /viag.)	0,1	0,095	0,09	0,085	0,08	0,075	0,07	0,06	0,05
Servizi igienici (m <sup>2</sup> /viag.)	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07

Figura 5.7 - Parametri dimensionali in funzione del numero di utenti nell'ora di punta

I diversi ambienti, così come la stazione nel suo complesso, sono stati dimensionati con i metodi sopraelencati. Di seguito si riporta una tabella riassuntiva con tutte le metrature di predimensionamento ricavate.

Macroarea	Funzione	Area	Superf.	Utenti transito	Pendolari	Turisti	Cittadini	Addetti
Piano terra/binari (1200 m <sup>2</sup> )	Salita e discesa treni	Binari	-					
	Commercio	Negozi	400 m <sup>2</sup>					
	Trasporto passeggeri	Sala d'attesa	35 m <sup>2</sup>					
		Biglietteria e punto info	45 m <sup>2</sup>					
	Servizio	Wc	30 m <sup>2</sup>					
		Deposito bagagli	30 m <sup>2</sup>					
		Edicola	20 m <sup>2</sup>					
		Banca	60 m <sup>2</sup>					
		Bar	60 m <sup>2</sup>					
	Connessione	Atrio e corridoi	540 m <sup>2</sup>					
	Ingresso/Uscita, passaggio di piano	Est	-					
		Ovest	-					
		Sud	-					
		Piano primo	-					
		Piano interrato	-					
Kiss & Ride	Nord/Retica	-						
	Via Calcagno	-						
Piano primo	Ingresso/Uscita	Piano	-					

(1450 m <sup>2</sup> )	a	terra/binari						
	Connessione	Corridoi	420 m <sup>2</sup>					
	Servizio	Uffici	400 m <sup>2</sup>					
		Wc	30 m <sup>2</sup>					
		Negozi	300 m <sup>2</sup>					
Bar e Ristorante		300 m <sup>2</sup>						
Piano interrato/stazione pullmam	Servizio	Locali tecnici	100 m <sup>2</sup>					
		Deposito	100 m <sup>2</sup>					
		Wc	30 m <sup>2</sup>					
		Cassa parcheggio	20 m <sup>2</sup>					
	Park & Ride	Parcheggio pullman	5400 m <sup>2</sup>					
		Parcheggio auto	3700 m <sup>2</sup>					
	Trasporto passeggeri	Area d'attesa	60 m <sup>2</sup>					
		Biglietteria automatica	-					
	Manovra e scambio	Terminal Bus	1200 m <sup>2</sup>					
	Ingresso/Uscita, passaggio di piano	Piano primo	-					
		Accesso addetti	-					
Accesso pubblico		-						

Tabella 5.1 - Organizzazione funzionale e fruizione degli ambienti

In questa tabella sono rappresentati in colore azzurro, i flussi normali, in blu i flussi privilegiati per la tipologia di utenti in questione, utenti che quindi dovranno avere percorsi facilitati lungo i tratti indicati.

In fase di progettazione si è tenuto conto che anche persone diversamente abili possano visitare o lavorare nella stazione. Si è pertanto fatto riferimento alla normativa nazionale il D.P.R. n. 503 del 24 luglio 1996 “Regolamento recante norme per l’eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici”, che riprende le norme del 14 giugno 1989 - n. 236 e alla normativa regionale si è fatto riferimento L.R. del 20 febbraio 1989 n. 6 “Norme sull’eliminazione delle barriere architettoniche e prescrizioni tecniche di attuazione”.

La normativa pone l’accento su alcuni concetti fondamentali:

- Accessibilità: rappresenta il grado più alto di utilizzo dello spazio costruito. Per accessibilità s’intende la possibilità, anche per persone con ridotta o impedita capacità

motoria o sensoriale, di raggiungere l'edificio e le sue singole unità immobiliari, di entrarvi agevolmente e di fruirne spazi e attrezzature in condizioni di adeguata sicurezza e autonomia.

- Visitabilità: rappresenta la possibilità di accedere agli spazi di relazione e ad almeno un servizio igienico di ogni unità immobiliare. Sono spazi di relazione gli spazi dei luoghi di lavoro, servizio e incontro, nei quali il cittadino entra in rapporto con la funzione ivi svolta.
- Adattabilità: Possibilità di modificare nel tempo lo spazio costruito a costi limitati, allo scopo di renderlo completamente agevole fruibile anche da parte di persone con ridotta o impedita capacità motoria.
- Barriera architettonica: gli ostacoli fisici che sono fonte di disagio per la mobilità di chiunque in particolare di coloro che, per qualsiasi causa, hanno una capacità motoria ridotta o impedita in forma permanente o temporanea; gli ostacoli che limitano o impediscono chiunque la comoda e sicura utilizzazione di parti, attrezzature o componenti; la mancanza di accorgimenti e segnalazioni che permettano l'orientamento e la riconoscibilità dei luoghi e delle fonti di pericolo per chiunque in particolare per i non vedenti, per gli ipovedenti e per i sordi.

Di seguito sono riportati i principali parametri di progetto per il superamento delle barriere architettoniche.

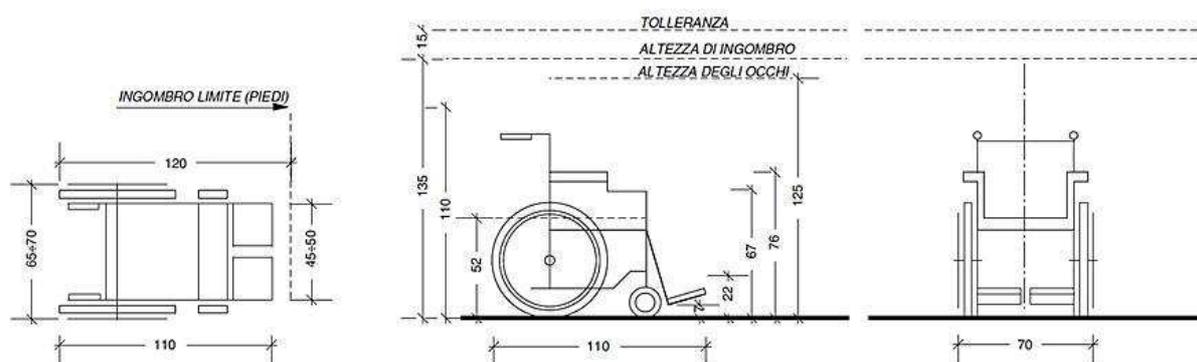
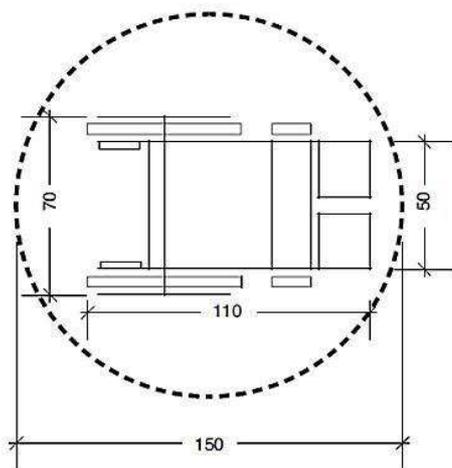
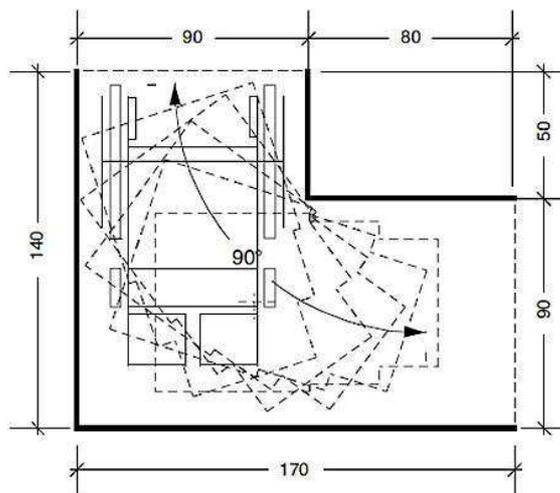


Figura 5.8 - Dimensioni standard delle sedie a rotelle

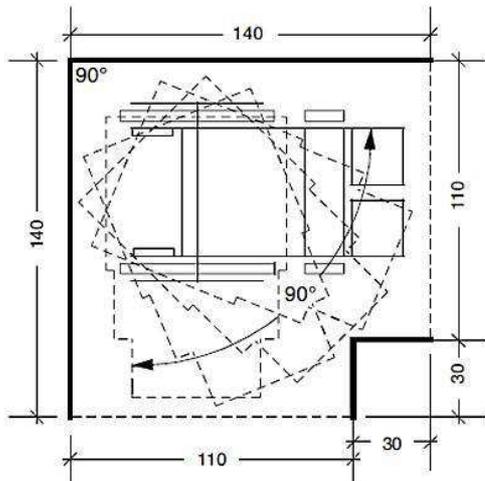
INGOMBRO DI ROTAZIONE A 360  
AMBITO PRIVO DI OSTACOLI = MIN. 150 CM



INGOMBRO DI SVOLTA A 90  
NELLO STESSO SENSO DI MARCIA



INGOMBRO DI ROTAZIONE A 90  
IN DIREZIONE OPPOSTA AL SENSO DI MARCIA



INGOMBRO DI ROTAZIONE: A 180 (140 x 170)  
(INVERSIONE DI DIREZIONE)

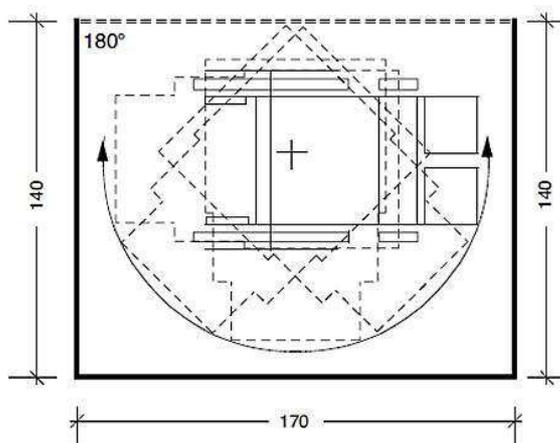


Figura 5.9 - Principali dati dimensionali di progettazione

La stazione progettata garantisce l'accessibilità, cioè il più alto grado di utilizzo dello spazio costruito, in tutti gli ambienti. Questo è stato possibile grazie all'inserimento di due vani ascensore che possono raggiungere tutti i piani dell'edificio e a percorsi ed accessi con dimensioni adeguate, per le persone su sedia a rotelle. La mobilità delle persone non vedenti è favorita da elementi che possono costituire "guide naturali" e consentire l'orientamento, da guide artificiali con pavimentazione differenziata (percorsi tattili), avvisatori acustici per la segnalazione di fonti di pericolo, mappe tattili di rappresentazione dei luoghi con scritte in Braille, bottoniere di ascensori con numerazione in rilievo e Braille, informazioni alla fermata degli autobus date con avvisatori acustici.

Per le persone ipovedenti è necessario garantire dei riferimenti visivi che contrastino con l'intorno, prestare grande attenzione alle superfici trasparenti, alla riflessione della luce naturale e artificiale, a tutti gli elementi che possono creare disturbo visivo, lavorando sui contrasti di luminanza tra materiali per poter aumentare gli indizi percettivi.

La principale necessità del non vedente/ipovedente è di avere un ausilio per orientarsi nello spazio mediante informazioni non visive e/o mediante l'accentuazione e la ridondanza di quelle visive per gli ipovedenti.

Per favorire la ricezione delle informazioni da parte di persone non udenti/ipoudenti, bisogna prendere in considerazione alcuni importanti fattori nella progettazione degli spazi e della segnaletica:

- la trasformazione delle informazioni sonore in informazioni visive;
- la moltiplicazione delle possibilità di informazione e di comunicazione grazie all'allargamento del campo visivo;
- la creazione di uno specifico sistema di informazioni visive attraverso l'installazione di particolari dispositivi;

L'accessibilità, soprattutto negli edifici e nelle infrastrutture pubbliche è un requisito imprescindibile, di cui bisogna tenere ben presente durante il processo di progettazione. Di seguito sono riportate le piante architettoniche derivanti dal processo di progettazione sopra citato.

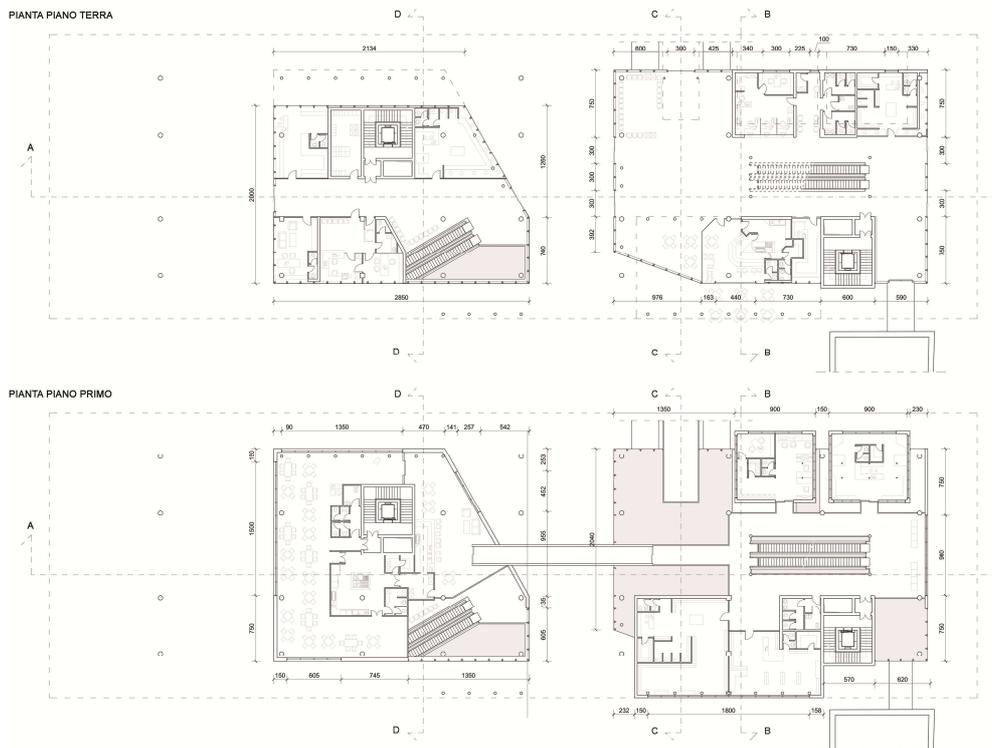


Figura 5.10 - Pianta architettoniche piano terra e piano primo

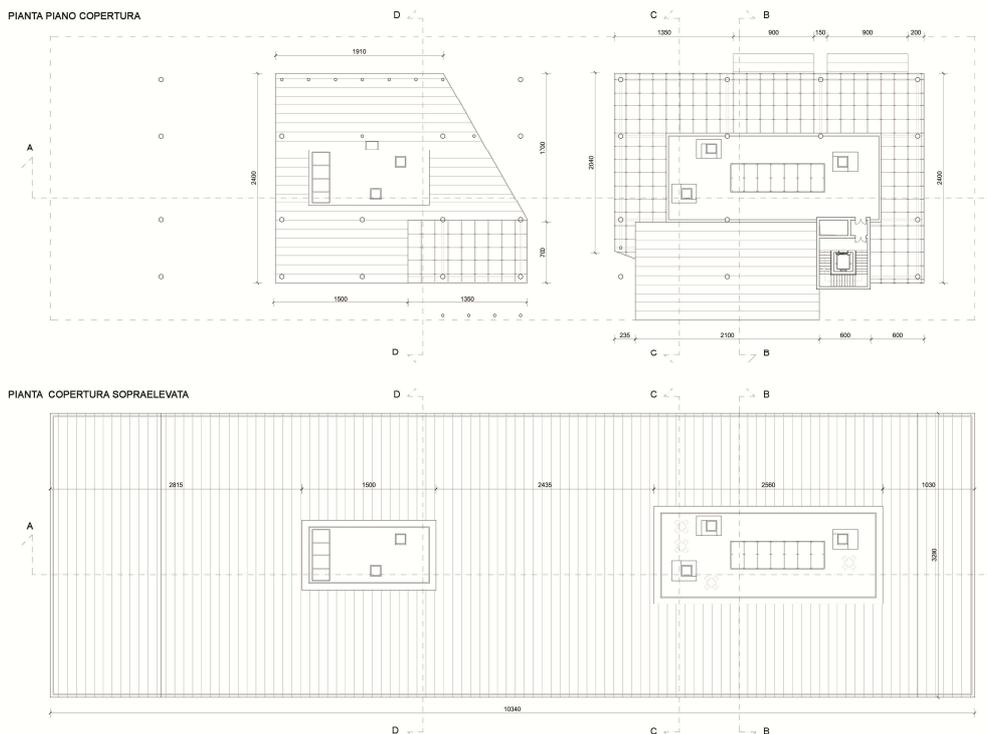


Figura 5.11 - Pianta delle coperture

L'intero complesso realizzato si articola in due blocchi collegati tra loro, sia funzionalmente dal passaggio vetrato, sia formalmente dalla copertura sospesa. Durante la progettazione di

tale elemento si è fatto riferimento al progetto del centro congressi a Lucerna in Svizzera realizzato da Jean Nouvel. La grande lama sospesa, è uno dei caratteri peculiari del nostro progetto: nel vederla essa trasmette sensazioni di leggerezza ed eleganza, donando al progetto quel valore aggiunto fondamentale per caratterizzare un'infrastruttura molto importante per la Provincia di Sondrio, ancora troppo vincolata al trasporto su gomma. Il materiale di rivestimento durevole, rame preossidato, le dona riflessi tipici del metallo, che in determinate ore del giorno regala splendidi riflessi del panorama montano.

In quello Nord, vi troviamo funzioni prevalentemente dedicate ai treni mentre in quello Sud autostazione e servizi per la ristorazione. Nel piano interrato del blocco autobus, vi sono il terminal, servizi ai passeggeri, i parcheggi di tutti i mezzi gommati, e i locali tecnici che garantiscono l'alimentazione dell'insieme edificato. Abbiamo deciso di integrare il trasporto su gomma con quello ferroviario, così da poter garantire al fruitore una migliore utilizzazione di entrambi i sistemi di trasporto. Inoltre, siccome le autostazioni richiedono, per le manovre, per il deposito e per la manutenzione dei mezzi, d'importanti spazi, l'inserimento della struttura ad un piano interrato è la soluzione migliore anche per non intaccare la pedonalità dell'area.

Per quanto riguarda l'architettura interna, per la suddivisione degli spazi e la loro organizzazione, nel blocco Nord, abbiamo deciso di svincolare, il solaio del piano primo dal solaio del piano terreno in alcuni punti, ottenendo così un effetto di sospensione tra quello che sta sotto e quello che sta sopra. Infatti, i due corpi che aggettano verso i binari sono appesi alla copertura contenente una struttura reticolare tridimensionale, discostandosi 1,20 m dalla chiusura dei box sottostanti. In questo modo l'atrio e gli spazi aperti diventano più luminosi, più ampi, capaci di trasmettere sensazioni di apertura e non di chiusura. Tutti gli ambienti sono disposti sui lati, garantendo uno spazio comune tra di loro a tutt'altezza, continuazione e collegamento tra gli atri di ingresso Sud e Nord del blocco stazione. Al piano terra vi sono prevalentemente le funzioni di supporto diretto al passeggero, mentre al piano primo servizi commerciali e gli uffici della FS. Il collegamento tra il blocco Autobus e il blocco treni è garantito al piano terra dalla corrispondenza tra gli ingressi, mentre al piano primo attraverso il collegamento sopraelevato. Altra caratteristica importante è la disposizione dei tabelloni con gli orari di partenza ed arrivo dei treni, che trovano una posizione privilegiata all'interno dell'atrio. Dovendo garantire ai passeggeri la visibilità immediata da tanti punti, l'idea è stata quella di prolungare il volume della pensilina d'aspetto all'interno dell'edificio e posizionare su 3 delle sei facce del parallelepipedo i tabelloni. Anche questo volume contribuisce nel potenziare la sensazione di sospensione dei volumi, verso il lato binari.

Nel Blocco Sud al piano terra, attraversato l'atrio a tutta altezza, costituito da un parallelepipedo vetrato, si apre un piccolo "boulevard" commerciale, oppure scendendo le scale mobili si arriva al terminal bus. Il piano superiore è dedicato alla ristorazione, con una zona bar e attesa, la sala con affacci su tre lati verso l'esterno e sul restante verso l'atrio che attraversa verticalmente l'intero blocco.



La complessità dell'articolazione degli spazi esprime la volontà di ricerca di spazi sempre nuovi e sorprendenti, di viste particolari, ma soprattutto la sorpresa del visitatore. In questo sta la magia dell'architettura.

Per concludere si rimanda agli allegati di questa relazione:

allegati tavole da 15 a 26

# 6 Il progetto antincendio

## 6.1 Introduzione

Il progetto antincendio ha come scopo l'adeguamento della struttura alle normative vigenti al fine di poter assicurare la piena sicurezza ai fruitori.

La progettazione antincendio è un'attività integrata della progettazione degli edifici che interviene nel campo dell'architettura nonché quello dell'impiantistica, della struttura, delle scienze dei materiali, il cui scopo è di assicurare la salvaguardia e l'incolumità delle persone mediante il conseguimento dei seguenti obiettivi primari:

- La riduzione al minimo delle occasioni d'incendio
- La stabilità delle strutture portanti per un tempo utile ad assicurare il soccorso agli occupanti
- La limitata produzione di fuoco e fumi all'interno delle opere e la limitata propagazione del fuoco alle opere vicine
- La possibilità che gli occupanti lascino gli edifici indenni o che gli stessi siano soccorsi in altro modo
- La possibilità per le squadre di soccorso di operare in condizioni di sicurezza

L'attività di prevenzione incendi è diventata, nel tempo, sempre più centrale nella definizione di un progetto edilizio, sia per la sua importanza in ordine alla sicurezza degli utilizzatori, sia perché intrinsecamente costituita da un insieme di aspetti interdisciplinari legati al raggiungimento degli obiettivi comuni di salvaguardia delle persone e delle squadre di soccorso e, in seconda istanza, alla salvaguardia delle cose. È quindi una procedura che, oltre alla sua obbligatorietà, diventa il riferimento continuo, sia in fase di progetto, che in fase di realizzazione per il coordinamento del progetto.

Gli aspetti toccati dalla prevenzione incendi sono tanti e tutti di grande importanza. A partire dalla resistenza al fuoco delle strutture fino ad arrivare all'efficienza delle separazioni tagliafuoco di compartimentazione. Sono coinvolte nel processo anche le finiture e persino gli arredi per il requisito della reazione al fuoco, ovvero per la caratteristica relativa al comportamento delle finiture nei confronti della rapidità di propagazione d'incendi.

Ma l'aspetto principale della prevenzione incendi è quello che disciplina i criteri di progettazione del layout distributivo. Nella sua impostazione principale il progetto architettonico deve necessariamente individuare i limiti individuati dai sistemi delle vie di esodo, dalle dimensioni dei compartimenti, dalla collocazione delle destinazioni d'uso ai diversi piani.

Il rischio legato all'incendio viene espresso come il prodotto della frequenza dell'incendio (la probabilità dell'avvenimento dell'evento incendio), per la sua magnitudo (la valutazione dell'estensione e della gravità dei danni al verificarsi dell'evento incendio).

Nell'obiettivo di ridurre il rischio d'incendio si prendono misure di prevenzione che mirano alla riduzione della frequenza dell'incendio attraverso:

- Realizzazione di impianti a regola d'arte
- Utilizzazione di materiali incombustibili
- Segnaletica di sicurezza
- Formazione dei personali

Le misure di protezione antincendio che puntano alla riduzione della magnitudo dell'incendio nel verificarsi dell'evento si dividono in misure passive e attive, a seconda della necessità o meno dell'intervento d'un operatore.

Fanno parte delle misure passive:

- Impianti di estinzione
- Allarme antincendio
- Ventilazione e evacuazione di fumi

Di quelle attive, invece:

- Uscite di piano
- Vie d'esodo
- Distanze di percorso
- Accessibilità ai soccorsi
- Resistenza delle strutture
- Compartimentazione incendio
- Reazione al fuoco dei materiali

Occorre ricordare che la sicurezza nei confronti del rischio incendio deve essere anche garantita per le persone che presentano disabilità o impedita o ridotta capacità motoria.

## 6.2 Identificazione delle attività generali e normative

Si identificano le attività soggette alle visite di prevenzione incendi, ai sensi del Decreto del Presidente della Repubblica del 1 agosto 2011, n° 151 (Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione degli incendi, a norma dell'articolo 49, comma 4-quater, del decreto-legge 31 maggio 2010, n° 78, convertito, con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n°122). Tale Decreto individua le attività soggette ai controlli di prevenzione incendi e disciplina, per il deposito dei progetti, per le visite tecniche e per l'esame dei progetti, la verifica delle condizioni di sicurezza antincendio che, in base alla vigente normativa, sono attribuite alla competenza del Corpo nazionale dei vigili del fuoco.

Attività principali:

- Attività n° 78: Aerostazioni, stazioni ferroviarie, stazioni marittime, con superficie coperta accessibile al pubblico superiore a 5.000 m<sup>2</sup>; metropolitane in tutto o in parte;
- Attività n°75: Autorimesse pubbliche e private, parcheggi pluriplano di superficie complessiva coperta superiore a 300 m<sup>2</sup>;
- Attività n°49: Gruppi per la produzione di energia elettrica sussidiaria con motori endotermici di potenza complessiva superiore a 25 kW.

Le funzioni "Centrale di produzione di energia" e "parcheggi autorimesse" sono separate dalla struttura principale tramite filtri e separazioni di resistenza REI 120.

Normativa generale vigente:

- D.M. 10 Marzo 2005: "Classi di reazione al fuoco per i prodotti da costruzione da impiegarsi nelle opere per le quali è prescritto il requisito della sicurezza in caso d'incendio";
- D.M. 09 Marzo 2007: "Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei vigili del fuoco";
- Lettera Circolare del Ministero dell'Interno: "Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del CNVVF. Chiarimenti ed indirizzi applicativi".

- D.M. 16 Febbraio 2007: “Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere di costruzione”;

Normativa relativa alle attività specifiche:

- Attività n°78

<p><b>CIRCOLARE DEL MINISTERO DELL'INTERNO N° 75 del 3 luglio 1967</b>          Criteri di prevenzione incendi per grandi magazzini empori ecc.</p>
<p><b>LETTERA CIRCOLARE N° 5210/4118/4 del 17 febbraio 1975</b>          Chiarimenti riguardanti l'applicazione del punto 97 dell'elenco allegato al Decreto Interministeriale n° 1973 del 27/9/1965 - Parziali modifiche alla Circolare n°75 del 3/7/1967.</p>
<p><b>DECRETO del MINISTERO DELL'INTERNO del 16 febbraio 2007</b>          Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione.</p>
<p><b>DECRETO del MINISTERO DELL'INTERNO del 9 marzo 2007</b>          Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei vigili del fuoco.</p>
<p><b>DECRETO del PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA N° 37 del 12 gennaio 1998</b>          Regolamento recante disciplina dei provvedimenti relativi alla prevenzione incendi, a norma dell'articolo 20, comma 8, delle legge 15 marzo 1997 n° 59.</p>
<p><b>LETTERA CIRCOLARE N° 9 del 5 maggio 1998</b>          D.P.R. 12 GENNAIO 1998, n° 37 - Regolamento per la disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi - Chiarimenti applicativi.</p>
<p><b>DECRETO MINISTERIALE del 30 novembre 1983</b>          Termini, definizioni generali e simboli grafici di prevenzione incendi.</p>
<p><b>DECRETO N° 37 del 22 gennaio 2008</b>          Regolamento concernente l'attuazione dell'art. 11 quattredices, comma 13, let. a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti degli edifici.</p>
<p><b>DECRETO del MINISTERO DELL'INTERNO del 7 gennaio 2005</b>          Norme tecniche e procedurali per la classificazione ed omologazione di estintori portatili di incendio.</p>
<p><b>DECRETO del MINISTERO DELL'INTERNO del 3 novembre 2004</b>          Disposizioni relative all'installazione ed alla manutenzione dei dispositivi per l'apertura delle porte installate lungo le vie di esodo, relativamente alla sicurezza in caso d'incendio.</p>

- Attività n°75

<p><b>DECRETO del MINISTERO DELL'INTERNO del 1 febbraio 1986</b></p>
--

<p>Norme di sicurezza antincendio per la costruzione e l'esercizio di autorimesse e simili.</p>
<p><b>DECRETO MINISTERIALE del 22 novembre 2002</b>  Disposizioni in materia di parcheggio di autoveicoli alimentati a gas di petrolio liquefatto all'interno di autorimesse in relazione al sistema di sicurezza dell'impianto.</p>
<p><b>DECRETO del MINISTERO DELL'INTERNO del 16 febbraio 2007</b>  Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione.</p>
<p><b>DECRETO del MINISTERO DELL'INTERNO del 9 marzo 2007</b>  Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei vigili del fuoco.</p>
<p><b>DECRETO del PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA N° 37 del 12 gennaio 1998</b>  Regolamento recante disciplina dei provvedimenti relativi alla prevenzione incendi, a norma dell'articolo 20, comma 8, delle legge 15 marzo 1997 n° 59.</p>
<p><b>CIRCOLARE N° 9 del 5 maggio 1998</b>  D.P.R. 12 GENNAIO 1998, n° 37 - Regolamento per la disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi - Chiarimenti applicativi.</p>
<p><b>DECRETO MINISTERIALE del 30 novembre 1983</b>  Termini, definizioni generali e simboli grafici di prevenzione incendi.</p>
<p><b>DECRETO N° 37 del 22 gennaio 2008</b>  Regolamento concernente l'attuazione dell'art. 11 quattredices, comma 13, let. a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti degli edifici.</p>
<p><b>DECRETO del MINISTERO DELL'INTERNO del 7 gennaio 2005</b>  Norme tecniche e procedurali per la classificazione ed omologazione di estintori portatili di incendio.</p>
<p><b>DECRETO del MINISTERO DELL'INTERNO del 3 novembre 2004</b>  Disposizioni relative all'installazione ed alla manutenzione dei dispositivi per l'apertura delle porte installate lungo le vie di esodo, relativamente alla sicurezza in caso d'incendio.</p>

<p><b>DECRETO del MINISTERO DELL'INTERNO del 22 Ottobre 2007</b> Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la installazione di motori a combustione interna accoppiati a macchina generatrice elettrica o a macchina operatrice a servizio di attività civili, industriali, agricole, artigianali, commerciali e di servizi.</p>
<p><b>DECRETO del MINISTERO DELL'INTERNO del 16 febbraio 2007</b> Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione.</p>
<p><b>DECRETO del MINISTERO DELL'INTERNO del 9 marzo 2007</b> Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei vigili del fuoco.</p>
<p><b>DECRETO del PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA N° 37 del 12 gennaio 1998</b> Regolamento recante disciplina dei provvedimenti relativi alla prevenzione incendi, a norma dell'articolo 20, comma 8, delle legge 15 marzo 1997 n° 59.</p>
<p><b>CIRCOLARE N° 9 del 5 maggio 1998</b> D.P.R. 12 GENNAIO 1998, n° 37 - Regolamento per la disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi - Chiarimenti applicativi.</p>
<p><b>DECRETO MINISTERIALE del 30 novembre 1983</b> Termini, definizioni generali e simboli grafici di prevenzione incendi.</p>
<p><b>DECRETO N° 37 del 22 gennaio 2008</b> Regolamento concernente l'attuazione dell'art. 11 quaterdecies, comma 13, let. a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti degli edifici.</p>
<p><b>DECRETO del MINISTERO DELL'INTERNO del 7 gennaio 2005</b> Norme tecniche e procedurali per la classificazione ed omologazione di estintori portatili di incendio.</p>
<p><b>DECRETO del MINISTERO DELL'INTERNO del 3 novembre 2004</b> Disposizioni relative all'installazione ed alla manutenzione dei dispositivi per l'apertura delle porte installate lungo le vie di esodo, relativamente alla sicurezza in caso d'incendio.</p>

### **6.3 Calcolo del carico d'incendio - La compartimentazione**

Con il termine Carico di Incendio s'intende il potenziale termico netto della totalità dei materiali combustibili contenuti all'interno di un compartimento. Tale valore è corretto in base ai parametri indicativi della partecipazione alla combustione dei singoli elementi.

Nella presente relazione si effettua e analizza, a livello preliminare, il calcolo del carico di incendio con conseguente determinazione della classe di resistenza al fuoco della struttura.

Per effettuare tale calcolo ci siamo avvalsi dell'utilizzo del software "CPIwin" di BM Sistemi S.r.l.

Inizialmente si è pervenuti alla determinazione del valore del carico d'incendio  $q_f$  attraverso una valutazione statistica del carico di incendio per la specifica attività, facendo riferimento a valori con probabilità di superamento inferiori al 20%.

Successivamente a tale calcolo, viene determinato il carico di incendio specifico di progetto, indicato più brevemente con  $q_{f,d}$ , mediante l' introduzione di fattori moltiplicativi e riduttivi riferiti a:

- Determinazione del rischio incendio in relazione alle dimensioni dei compartimenti;
- Determinazione del rischio incendio in relazione all'attività svolta nel compartimento;
- Misure di protezione attiva e passiva adottate

dai quali sarà possibile determinare la classe del compartimento.

Per quanto concerne i due piani fuori terra della struttura, inerenti la stazione ferroviaria, si considera, previa approvazione del Comando dei Vigili del fuoco, l'intera struttura come unico comparto con presenza di vani scala antincendio e a prova di fumo. Sulla base di ciò si determina il rischio incendio in relazione alle dimensioni dell'intero edificio, considerando come carico di incendio il più gravoso tra le varie attività che la struttura ospita.

Contrariamente per i due piani interrati della struttura adibiti a parcheggio auto, parcheggio pullman, terminal bus e servizi si determinano i diversi compartimenti e si effettua il calcolo del rischio incendio in relazione alle attività svolte all' interno di ciascuno di essi.

### 6.3.1 Generalità compartimenti

La presente relazione di calcolo del carico d'incendio è relativa a n° 5, compartimenti situati nei due piani interrati dell'edificio, dei quali si dà un sintetico elenco:

Nome Compartimento	N° Compartimento	Area [m <sup>2</sup> ]
Stazione ferroviaria	-	2374,61
Parcheggio Auto (P -1)	1	4436,37
Parcheggio Pullman	2	4942,30

Servizi	3	1092,45
Terminal Bus	4	4207,82
Parcheggio Auto (P -2)	5	4191,60

Tabella 6.1 - Resoconto aree

### 6.3.2 Determinazione del carico d'incendio specifico di progetto

Il valore del carico d'incendio specifico di progetto ( $q_{f,d}$ ) è determinato secondo la seguente relazione:

$$q_{f,d} = \delta_{q1} \times \delta_{q2} \times \delta_n \times q_f \text{ [MJ/m}^2\text{]}$$

dove:

$\delta_{q1}$  è il fattore che tiene conto del rischio di incendio in relazione alla dimensione del compartimento e i quali valori sono definiti nella seguente tabella:

Superficie A in pianta lorda del compartimento (m <sup>2</sup> )	$\delta_{q1}$	Superficie A in pianta lorda del compartimento (m <sup>2</sup> )	$\delta_{q1}$
A < 500	1,00	2.500 ≤ A < 5.000	1,60
500 ≤ A < 1.000	1,20	5.000 ≤ A < 10.000	1,80
1.000 ≤ A < 2.500	1,40	A ≥ 10.000	2,00

Tabella 6.2 - Superfici di compartimentazione

$\delta_{q2}$  è il fattore che tiene conto del rischio di incendio in relazione al tipo di attività svolta nel compartimento e i quali valori sono

Classi di rischio	Descrizione	$\delta_{q2}$
I	Aree che presentano un basso rischio di incendio in termini di probabilità di innesco, velocità di propagazione delle fiamme e possibilità di controllo dell'incendio da parte delle squadre di emergenza	0,80
II	Aree che presentano un moderato rischio di incendio come probabilità d'innesco, velocità di propagazione di un incendio e possibilità di controllo dell'incendio stesso da parte delle squadre di emergenza	1,00
III	Aree che presentano un alto rischio di incendio in termini di probabilità d'innesco, velocità di propagazione delle fiamme e possibilità di controllo dell'incendio da parte delle squadre di emergenza	1,20

Tabella 6.3 - Classi di rischio

$\delta_n = \prod_i \delta_{ni}$  è il fattore che tiene conto delle differenti misure di protezione e i quali valori

sono

$d_{ni}$ , Funzione delle misure di protezione								
Sistemi automatici di estinzione		Sistemi di evacuazione automatica di fumo e calore	Sistemi automatici di rivelazione, segnalazione e allarme di incendio	Squadra aziendale dedicata alla lotta antincendio	Rete idrica antincendio		Percorsi protetti di accesso	Accessibilità ai mezzi di soccorso VVF
ad acqua	altro				Int.	Int.ed est.		
$\delta_{n1}$	$\delta_{n2}$	$\delta_{n3}$	$\delta_{n4}$	$\delta_{n5}$	$\delta_{n6}$	$\delta_{n7}$	$\delta_{n8}$	$\delta_{n9}$
0,60	0,80	0,90	0,85	0,90	0,90	0,80	0,90	0,90

Tabella 6.4 - Misure di protezione

$q_f$  è il valore nominale della carico d'incendio specifico da determinarsi secondo la formula:

$$q_f = \frac{\sum_{i=1}^n g_i \cdot H_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} \quad [\text{MJ/m}^2]$$

dove:

$g_i$  massa dell'i-esimo materiale combustibile [kg]

$H_i$  potere calorifico inferiore dell'i-esimo materiale combustibile [MJ/kg]

$m_i$  fattore di partecipazione alla combustione dell'i-esimo materiale combustibile pari a 0,80 per il legno e altri materiali di natura cellulosica e 1,00 per tutti gli altri materiali combustibili

$\psi_i$  fattore di limitazione della partecipazione alla combustione dell'i-esimo materiale combustibile pari a 0 per i materiali contenuti in contenitori appositamente progettati per resistere al fuoco; 0,85 per i materiali contenuti

in contenitori non combustibili e non appositamente progettati per resistere al fuoco; 1 in tutti gli altri casi

A superficie in pianta netta del compartimento [m<sup>2</sup>]

### 6.3.3 Richieste di prestazione

Il D.M. 9 Marzo 2007 al punto 3 prevede diverse richieste di prestazione alle costruzioni, in funzione degli obiettivi di sicurezza prefissati, così come individuate nei livelli del seguente schema:

Livello I	Nessun requisito specifico di resistenza al fuoco dove le conseguenze della perdita dei requisiti stessi siano accettabili o dove il rischio di incendio sia trascurabile
Livello II	Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo sufficiente all'evacuazione degli occupanti in luogo sicuro all'esterno della costruzione
Livello III	Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo congruo con la gestione dell'emergenza
Livello IV	Requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell'incendio, un limitato danneggiamento della costruzione
Livello V	Requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell'incendio, il mantenimento della totale funzionalità della costruzione stessa

Tabella 6.5 - Requisiti di resistenza al fuoco

Per questa struttura è richiesto un livello di prestazione III.

### 6.3.4 Determinazione della classe

Il D.M. 9 marzo 2007, al punto 3.3.2 prevede che le classi di resistenza al fuoco necessarie per garantire il livello III sono riportate nella seguente tabella in funzione del carico d'incendio specifico di progetto ( $q_{f,d}$ ) così come prima definito.

Carichi d'incendio specifici di progetto ( $q_{f,d}$ )	Classe
Non superiore a 100 MJ/m <sup>2</sup>	0
Non superiore a 200 MJ/m <sup>2</sup>	15
Non superiore a 300 MJ/m <sup>2</sup>	20
Non superiore a 450 MJ/m <sup>2</sup>	30
Non superiore a 600 MJ/m <sup>2</sup>	45
Non superiore a 900 MJ/m <sup>2</sup>	60
Non superiore a 1200 MJ/m <sup>2</sup>	90
Non superiore a 1800 MJ/m <sup>2</sup>	120
Non superiore a 2400 MJ/m <sup>2</sup>	180
Superiore a 2400 MJ/m <sup>2</sup>	240

Tabella 6.6 - Carichi d'incendio di riferimento

### 6.3.5 Elenco materiali compartimento

Il calcolo del carico di incendio è effettuato considerando i valori statistici riportati dalla letteratura specialistica di settore, in quanto risulta molto difficoltoso effettuare una analisi corretta dei carichi termici, a tale scopo sono stati riportati i valori dal volume "*La prevenzione incendi nella piccola e media industria*" dell'Ing. Giacomo Elifani e dal volume "*Manuale di prevenzione incendi*" di Leonardo Corbo. Per i due piani fuori terra, contenenti diverse attività, è stato preso in considerazione il valore statistico più gravoso.

Come previsto al punto 2.2 del D.M. 9 marzo 2007, si dichiara che si è fatto riferimento a valori con probabilità di superamento inferiore al 20%.

Altresì, come specificato nella Lettera Circolare del 28 marzo 2008, avendo considerato dei valori medi per il carico di incendio e tenendo conto che l'attività in esame risulta simile

rispetto al carico di incendio dell'attività riportata dalla letteratura, si applica a tale valore un coefficiente amplificativo nella misura di 1,2.

#### **STAZIONE FERROVIARIA:**

Per l'intero edificio l'attività presa in considerazione, avente valore del carico d'incendio superiore rispetto a tutte le altre attività ospitate nella stessa struttura, è la " LIBRERIA". Per essa la letteratura riporta il valore 1700,00 MJ che moltiplicato per il suddetto coefficiente amplificativo dà il seguente risultato:

Carico incendio nominale  $q_f = 2040,00 \text{ MJ / m}^2$

Per quanto concerne in due piani interrati compartimentati si ha per tanto:

#### **COMAPRTIMENTO N°1:**

Per l'attività in considerazione, cioè " AUTORIMESSE", la letteratura riporta il valore 499,20 MJ che moltiplicato per il suddetto coefficiente amplificativo dà il seguente risultato:

Carico incendio nominale  $q_f = 599,04 \text{ MJ / m}^2$

#### **COMAPRTIMENTO N°2:**

Per l'attività in considerazione, cioè " AUTORIMESSE", la letteratura riporta il valore 499,20 MJ che moltiplicato per il suddetto coefficiente amplificativo dà il seguente risultato:

Carico incendio nominale  $q_f = 599,04 \text{ MJ / m}^2$

#### **COMAPRTIMENTO N°3:**

Per l'attività in considerazione, cioè " MAGAZZINI di officina, laboratori ecc." la letteratura riporta il valore 1440,00 MJ che moltiplicato per il suddetto coefficiente amplificativo dà il seguente risultato:

Carico incendio nominale  $q_f = 1728,00 \text{ MJ / m}^2$

#### **COMAPRTIMENTO N°4:**

Per l'attività in considerazione, cioè " AUTORIMESSE", la letteratura riporta il valore 499,20 MJ che moltiplicato per il suddetto coefficiente amplificativo dà il seguente risultato:

Carico incendio nominale  $q_f = 599,04 \text{ MJ / m}^2$

## COMAPRTIMENTO N°5:

Per l'attività in considerazione, cioè " AUTORIMESSE", la letteratura riporta il valore 499,20 MJ che moltiplicato per il suddetto coefficiente amplificativo dà il seguente risultato:

Carico incendio nominale  $q_f = 599,04 \text{ MJ / m}^2$

### 6.3.6 Calcolo della classe del compartimento

#### STAZIONE FERROVIARIA:

Per quanto indicato al punto 2 del D.M. 09/03/2007 si ha che il carico di incendio specifico di progetto è determinato dalla formula  $q_{f,d} = \delta_{q1} \times \delta_{q2} \times \delta_n \times q_f \text{ [MJ/m}^2\text{]}$ .

Si ha pertanto:

$\delta_{q1} = 1,40$  essendo la superficie A pari a  $2374,61 \text{ m}^2$  (vedi tabella 7.2)

$\delta_{q2} = 0,80$  essendo la classe di rischio uguale a I (vedi tabella 7.3)

Per le misure di protezione si ha:

$\delta_{n1} = 0,60$  (presenza di sistema automatico di estinzione ad acqua)

$\delta_{n2} = -$  (presenza di altro sistema automatico di estinzione)

$\delta_{n3} = 0,90$  (presenza di sistema di evacuazione automatica di fumo e calore)

$\delta_{n4} = 0,85$  (presenza di sistema automatico di rivelazione, segnalazione ed allarme di incendio)

$\delta_{n5} = -$  (presenza di squadra aziendale dedicata alla lotta antincendio)

$\delta_{n6} = -$  (presenza di rete idrica antincendio interna)

$\delta_{n7} = 0,80$  (presenza di rete idrica antincendio interna ed esterna)

$\delta_{n8} = -$  (presenza di percorsi interni protetti di accesso)

$\delta_{n9} = 0,90$  (presenza di accessibilità ai mezzi di soccorso VVF)

Eseguendo il calcolo si ha che il carico di incendio specifico di progetto è  $q_{f,d} = 755,08 \text{ MJ/m}^2$  da cui ne discende che la classe del compartimento per la tabella 7.5 è 60

– **COMPARTIMENTO N°1:**

Per quanto indicato al punto 2 del D.M. 09/03/2007 si ha che il carico di incendio specifico di progetto è determinato dalla formula  $q_{f,d} = \delta_{q1} \times \delta_{q2} \times \delta_n \times q_f \text{ [MJ/m}^2\text{]}$ .

Si ha pertanto:

$\delta_{q1} = 1,6$  essendo la superficie A pari a  $4436,37 \text{ m}^2$  (vedi tabella 7.2)

$\delta_{q2} = 1$  essendo la classe di rischio uguale a II (vedi tabella 7.3)

Per le misure di protezione si ha:

$\delta_{n1} = 0,60$  (presenza di sistema automatico di estinzione ad acqua)

$\delta_{n2} = -$  (presenza di altro sistema automatico di estinzione)

$\delta_{n3} = -$  (presenza di sistema di evacuazione automatica di fumo e calore)

$\delta_{n4} = 0,8$  (presenza di sistema automatico di rivelazione, segnalazione ed allarme di incendio)

$\delta_{n5} = -$  (presenza di squadra aziendale dedicata alla lotta antincendio)

$\delta_{n6} = 0,90$  (presenza di rete idrica antincendio interna)

$\delta_{n7} = -$  (presenza di rete idrica antincendio interna ed esterna)

$\delta_{n8} = -$  (presenza di percorsi interni protetti di accesso)

$\delta_{n9} = -$  (presenza di accessibilità ai mezzi di soccorso VVF)

Eseguendo il calcolo si ha che il carico di incendio specifico di progetto è  $q_{f,d} = 439,94 \text{ MJ/m}^2$  da cui ne discende che la classe del compartimento per la tabella 7.5 è 30.

– **COMPARTIMENTO N°2:**

Per quanto indicato al punto 2 del D.M. 09/03/2007 si ha che il carico di incendio specifico di progetto è determinato dalla formula  $q_{f,d} = \delta_{q1} \times \delta_{q2} \times \delta_n \times q_f \text{ [MJ/m}^2\text{]}$ .

Si ha pertanto:

$\delta_{q1} = 1,6$  essendo la superficie A pari a  $4942,30 \text{ m}^2$  (vedi tabella 7.2)

$\delta_{q2} = 1$  essendo la classe di rischio uguale a II (vedi tabella 7.3)

Per le misure di protezione si ha:

$\delta_{n1} = 0,60$  (presenza di sistema automatico di estinzione ad acqua)

$\delta_{n2} = -$  (presenza di altro sistema automatico di estinzione)

$\delta_{n3} = -$  (presenza di sistema di evacuazione automatica di fumo e calore)

$\delta_{n4} = 0,80$  (presenza di sistema automatico di rivelazione, segnalazione ed allarme di incendio)

$\delta_{n5} = -$  (presenza di squadra aziendale dedicata alla lotta antincendio)

$\delta_{n6} = 0,90$  (presenza di rete idrica antincendio interna)

$\delta_{n7} = -$  (presenza di rete idrica antincendio interna ed esterna)

$\delta_{n8} = -$  (presenza di percorsi interni protetti di accesso)

$\delta_{n9} = -$  (presenza di accessibilità ai mezzi di soccorso VVF)

Eseguendo il calcolo si ha che il carico di incendio specifico di progetto è  $q_{f,d} = 439,94 \text{ MJ/m}^2$  da cui ne discende che la classe del compartimento per la tabella 7.5 è 30.

### - **COMPARTIMENTO N°3:**

Per quanto indicato al punto 2 del D.M. 09/03/2007 si ha che il carico di incendio specifico di progetto è determinato dalla formula  $q_{f,d} = \delta_{q1} \times \delta_{q2} \times \delta_n \times q_f \text{ [MJ/m}^2\text{]}$ .

Si ha pertanto:

$\delta_{q1} = 1,4$  essendo la superficie A pari a  $1092,45 \text{ m}^2$  (vedi tabella 7.2)

$\delta_{q2} = 1$  essendo la classe di rischio uguale a II (vedi tabella 7.3)

Per le misure di protezione si ha:

$\delta_{n1} = 0,60$  (presenza di sistema automatico di estinzione ad acqua)

$\delta_{n2} = -$  (presenza di altro sistema automatico di estinzione)

- $\delta_{n3} = -$  (presenza di sistema di evacuazione automatica di fumo e calore)
- $\delta_{n4} = 0,85$  (presenza di sistema automatico di rivelazione, segnalazione ed allarme di incendio)
- $\delta_{n5} = -$  (presenza di squadra aziendale dedicata alla lotta antincendio)
- $\delta_{n6} = 0,90$  (presenza di rete idrica antincendio interna)
- $\delta_{n7} = -$  (presenza di rete idrica antincendio interna ed esterna)
- $\delta_{n8} = -$  (presenza di percorsi interni protetti di accesso)
- $\delta_{n9} = -$  (presenza di accessibilità ai mezzi di soccorso VVF)

Eseguendo il calcolo si ha che il carico di incendio specifico di progetto è  $q_{f,d} = 1110,41$  MJ/m<sup>2</sup> da cui ne discende che la classe del compartimento per la tabella 7.5 è 90.

#### - COMPARTIMENTO N°4:

Per quanto indicato al punto 2 del D.M. 09/03/2007 si ha che il carico di incendio specifico di progetto è determinato dalla formula  $q_{f,d} = \delta_{q1} \times \delta_{q2} \times \delta_n \times q_f$  [MJ/m<sup>2</sup>].

Si ha pertanto:

$\delta_{q1} = 1,6$  essendo la superficie A pari a 4207,82 m<sup>2</sup> (vedi tabella 7.2)

$\delta_{q2} = 1$  essendo la classe di rischio uguale a II (vedi tabella 7.3)

Per le misure di protezione si ha:

- $\delta_{n1} = 0,60$  (presenza di sistema automatico di estinzione ad acqua)
- $\delta_{n2} = -$  (presenza di altro sistema automatico di estinzione)
- $\delta_{n3} = -$  (presenza di sistema di evacuazione automatica di fumo e calore)
- $\delta_{n4} = 0,85$  (presenza di sistema automatico di rivelazione, segnalazione ed allarme di incendio)
- $\delta_{n5} = -$  (presenza di squadra aziendale dedicata alla lotta antincendio)
- $\delta_{n6} = 0,90$  (presenza di rete idrica antincendio interna)
- $\delta_{n7} = -$  (presenza di rete idrica antincendio interna ed esterna)

$\delta_{n8} = -$  (presenza di percorsi interni protetti di accesso)

$\delta_{n9} = -$  (presenza di accessibilità ai mezzi di soccorso VVF)

Eseguendo il calcolo si ha che il carico di incendio specifico di progetto è  $q_{f,d} = 439,94 \text{ MJ/m}^2$  da cui ne discende che la classe del compartimento per la tabella 7.5 è 30.

#### - **COMPARTIMENTO N°5:**

Per quanto indicato al punto 2 del D.M. 09/03/2007 si ha che il carico di incendio specifico di progetto è determinato dalla formula  $q_{f,d} = \delta_{q1} \times \delta_{q2} \times \delta_n \times q_f \text{ [MJ/m}^2\text{]}$ .

Si ha pertanto:

$\delta_{q1} = 1,6$  essendo la superficie A pari a  $4191,60 \text{ m}^2$  (vedi tabella 7.2)

$\delta_{q2} = 1$  essendo la classe di rischio uguale a II (vedi tabella 7.3)

Per le misure di protezione si ha:

$\delta_{n1} = 0,60$  (presenza di sistema automatico di estinzione ad acqua)

$\delta_{n2} = -$  (presenza di altro sistema automatico di estinzione)

$\delta_{n3} = -$  (presenza di sistema di evacuazione automatica di fumo e calore)

$\delta_{n4} = 0,85$  (presenza di sistema automatico di rivelazione, segnalazione ed allarme di incendio)

$\delta_{n5} = -$  (presenza di squadra aziendale dedicata alla lotta antincendio)

$\delta_{n6} = 0,90$  (presenza di rete idrica antincendio interna)

$\delta_{n7} = -$  (presenza di rete idrica antincendio interna ed esterna)

$\delta_{n8} = -$  (presenza di percorsi interni protetti di accesso)

$\delta_{n9} = -$  (presenza di accessibilità ai mezzi di soccorso VVF)

Eseguendo il calcolo si ha che il carico di incendio specifico di progetto è  $q_{f,d} = 439,94 \text{ MJ/m}^2$  da cui ne discende che la classe del compartimento per la tabella 7.5 è 30.

### 6.3.7 Elenco strutture del compartimento – I materiali

I materiali vengono considerati sia dal punto di vista della loro reazione al fuoco, cioè dal loro comportamento a contribuire all'incendio, che dal punto di vista della loro resistenza al fuoco, cioè della loro attitudine a conservare per un tempo determinato:

- Resistenza (R)
- Tenuta (E)
- Isolamento termico (I)

Per questo punto di vista, tutte le chiusure e partizioni, non vetrate, sono rivestite internamente con un sistema di lastre di gesso rivestito tipo Knauf GKB, incombustibile, che garantiscono una protezione al fuoco almeno REI 30. Ove sia necessaria una resistenza superiore si fa uso di lastre tipo Knauf GKF al fine di raggiungere una resistenza REI 120. Lo stesso tipo di lastre sono state utilizzate come rivestimento dei soffitti. Per le opere in calcestruzzo armato, si assicura che esse abbiano uno spessore tale a garantire almeno il REI richiesto per il tipo di compartimento ove esse sono ubicate.

#### STAZIONE FERROVIARIA:

##### STRUTTURA DI COMPARTIMENTAZIONE: Parete non portante

Le murature non portanti sono state definite secondo quanto indicato ai punti D 4.1, D 4.2, D 4.3 D 4.4 e D 6.4 del D.M. 16/02/2007:

DESCRIZIONE	VALORE
Tipologia muratura	Facciata vetrata
Spessore	342,00 mm

Dalle caratteristiche geometriche impostate si ha che la struttura di compartimentazione Parete n.p. risulta EI 240

### STRUTTURA PORTANTE: Pilastrì

Le strutture portanti sono state definite secondo quanto indicato ai punti D 6.1, D 6.2, D 6.3 e D 7.1 del D.M. 16/02/2007 e successiva L.C. del 15/02/2008:

DESCRIZIONE	VALORE
Tipo struttura	Pilastro in acciaio
Tipo sezione	Circolare
Larghezza sezione (diametro)	500,00 mm
Esposizione fronti di fuoco	Esposto interamente
Tipo di rivestimento	Vernice intumescente

Dalle caratteristiche geometriche impostate si ha che la struttura portante Pilastrì risulta R 240

### STRUTTURA PORTANTE: Trave

Le strutture portanti sono state definite secondo quanto indicato ai punti D 6.1, D 6.2, D 6.3 e D 7.1 del D.M. 16/02/2007 e successiva L.C. del 15/02/2008:

DESCRIZIONE	VALORE
Tipo struttura	Trave o tirante in acciaio
Rapporto superficie\volume	0,00 m-1
Tipo di rivestimento	Lastre gesso ignifughe. Antincendio

Dalle caratteristiche geometriche impostate si ha che la struttura portante Trave risulta R 120

### STRUTTURA ORIZZONTALE: Solaio

I solai sono stati definiti secondo quanto indicato ai punti D 5.1, D 5.2 del D.M. 16/02/2007:

DESCRIZIONE	VALORE
Tipo solaio	Solaio misto in lamiera di acciaio con riempimento di calcestruzzo
Spessore soletta	391,00 mm
Tipo di rivestimento	Lastre gesso rivestito incombustibile
Spessore lastra	15,00 mm

Spessore strato calcestruzzo	100,00 mm
------------------------------	-----------

Dalle caratteristiche geometriche impostate si ha che il solaio Solaio risulta R 240 ed EI 0

## CONCLUSIONI

Dall'esame delle varie strutture si ha che il presente compartimento risulta: R 120. Tale risultato è sufficiente a garantire una classe 60.

## COMPARTIEMNTO N°1:

### STRUTTURA DI COMPARTIMENTAZIONE: Parete non portante

Le murature non portanti sono state definite secondo quanto indicato ai punti D 4.1, D 4.2, D 4.3 D 4.4 e D 6.4 del D.M. 16/02/2007:

DESCRIZIONE	VALORE
Tipologia muratura	Parete in c.a.
Tipo di rivestimento	Intonaco antincendio
Spessore (escluso intonaco)	508,00

Dalle caratteristiche geometriche impostate si ha che la struttura di compartimentazione Parete n.p. risulta EI 240

### STRUTTURA PORTANTE: Pilastrì

Le strutture portanti sono state definite secondo quanto indicato ai punti D 6.1, D 6.2, D 6.3 e D 7.1 del D.M. 16/02/2007 e successiva L.C. del 15/02/2008:

DESCRIZIONE	VALORE
Tipo struttura	Pilastro in calcestruzzo armato ordinario
Tipo sezione	Circolare
Larghezza sezione (diametro)	1000,00 mm
Esposizione fronti di fuoco	Esposto interamente
Tipo di rivestimento	Intonaco antincendio

Dalle caratteristiche geometriche impostate si ha che la struttura portante Pilastrì risulta R 240

## STRUTTURA PORTANTE: Trave

Le strutture portanti sono state definite secondo quanto indicato ai punti D 6.1, D 6.2, D 6.3 e D 7.1 del D.M. 16/02/2007 e successiva L.C. del 15/02/2008:

DESCRIZIONE	VALORE
Tipo struttura	Trave in c.a.
Tipo sezione	rettangolare
Larghezza sezione (diametro)	1000,00 mm
Esposizione fronti di fuoco	Esposta lungo tre lati
Tipo di rivestimento	Intonaco antincendio
Spessore intonaco	15,00 mm

Dalle caratteristiche geometriche impostate si ha che la struttura portante Trave risulta R 120

## STRUTTURA ORIZZONTALE: Solaio

I solai sono stati definiti secondo quanto indicato ai punti D 5.1, D 5.2 del D.M. 16/02/2007:

DESCRIZIONE	VALORE
Tipo solaio	Solaio misto in lamiera di acciaio con riempimento di calcestruzzo
Spessore soletta	472,00 mm
Tipo di rivestimento	Lastre gesso rivestito incombustibile
Spessore lastra	15,00 mm
Spessore strato calcestruzzo	100,00 mm

Dalle caratteristiche geometriche impostate si ha che il solaio Solaio risulta R 240 ed EI 0

## CONCLUSIONI

Dall'esame delle varie strutture si ha che il presente compartimento risulta: R 120 , risultato sufficiente a garantire una classe 30.

## COMPARTIEMNTO N°2:

### STRUTTURA DI COMPARTIMENTAZIONE: Parete non portante

Le murature non portanti sono state definite secondo quanto indicato ai punti D 4.1, D 4.2, D 4.3 D 4.4 e D 6.4 del D.M. 16/02/2007:

DESCRIZIONE	VALORE
Tipologia muratura	Parete in c.a.
Tipo di rivestimento	Intonaco antincendio
Spessore (escluso intonaco)	508,00

Dalle caratteristiche geometriche impostate si ha che la struttura di compartimentazione Parete n.p. risulta EI 240

### STRUTTURA PORTANTE: Pilastrì

Le strutture portanti sono state definite secondo quanto indicato ai punti D 6.1, D 6.2, D 6.3 e D 7.1 del D.M. 16/02/2007 e successiva L.C. del 15/02/2008:

DESCRIZIONE	VALORE
Tipo struttura	Pilastrò in calcestruzzo armato ordinario
Tipo sezione	Circolare
Larghezza sezione (diametro)	1000,00 mm
Esposizione fronti di fuoco	Esposto interamente
Tipo di rivestimento	Intonaco antincendio

Dalle caratteristiche geometriche impostate si ha che la struttura portante Pilastrì risulta R 240

### STRUTTURA PORTANTE: Trave

Le strutture portanti sono state definite secondo quanto indicato ai punti D 6.1, D 6.2, D 6.3 e D 7.1 del D.M. 16/02/2007 e successiva L.C. del 15/02/2008:

DESCRIZIONE	VALORE
Tipo struttura	Trave in c.a.

Tipo sezione	rettangolare
Larghezza sezione (diametro)	1000,00 mm
Esposizione fronti di fuoco	Esposta lungo tre lati
Tipo di rivestimento	Intonaco antincendio
Spessore intonaco	15,00 mm

Dalle caratteristiche geometriche impostate si ha che la struttura portante Trave risulta R 120

### STRUTTURA ORIZZONTALE: Solaio

I solai sono stati definiti secondo quanto indicato ai punti D 5.1, D 5.2 del D.M. 16/02/2007:

DESCRIZIONE	VALORE
Tipo solaio	Solaio misto in lamiera di acciaio con riempimento di calcestruzzo
Spessore soletta	472,00 mm
Tipo di rivestimento	Lastre gesso rivestito incombustibile
Spessore lastra	15,00 mm
Spessore strato calcestruzzo	100,00 mm

Dalle caratteristiche geometriche impostate si ha che il solaio Solaio risulta R 240 ed EI 0

### CONCLUSIONI

Dall'esame delle varie strutture si ha che il presente compartimento risulta: R 120 , risultato sufficiente a garantire una classe 30.

### COMPARTIEMNTO N°3:

#### STRUTTURA DI COMPARTIMENTAZIONE: Parete non portante

Le murature non portanti sono state definite secondo quanto indicato ai punti D 4.1, D 4.2, D 4.3 D 4.4 e D 6.4 del D.M. 16/02/2007:

DESCRIZIONE	VALORE
Tipologia muratura	Parete in c.a.
Tipo di rivestimento	Intonaco antincendio

Spessore (escluso intonaco)	508,00
-----------------------------	--------

Dalle caratteristiche geometriche impostate si ha che la struttura di compartimentazione Parete n.p. risulta EI 240

#### **STRUTTURA PORTANTE: Pilastri**

Le strutture portanti sono state definite secondo quanto indicato ai punti D 6.1, D 6.2, D 6.3 e D 7.1 del D.M. 16/02/2007 e successiva L.C. del 15/02/2008:

DESCRIZIONE	VALORE
Tipo struttura	Pilastro in calcestruzzo armato ordinario
Tipo sezione	Circolare
Larghezza sezione (diametro)	1000,00 mm
Esposizione fronti di fuoco	Esposto interamente
Tipo di rivestimento	Intonaco antincendio

Dalle caratteristiche geometriche impostate si ha che la struttura portante Pilastri risulta R 240

#### **STRUTTURA PORTANTE: Trave**

Le strutture portanti sono state definite secondo quanto indicato ai punti D 6.1, D 6.2, D 6.3 e D 7.1 del D.M. 16/02/2007 e successiva L.C. del 15/02/2008:

DESCRIZIONE	VALORE
Tipo struttura	Trave in c.a.
Tipo sezione	rettangolare
Larghezza sezione (diametro)	1000,00 mm
Esposizione fronti di fuoco	Esposta lungo tre lati
Tipo di rivestimento	Intonaco antincendio
Spessore intonaco	15,00 mm

Dalle caratteristiche geometriche impostate si ha che la struttura portante Trave risulta R 120

#### **STRUTTURA ORIZZONTALE: Solaio**

I solai sono stati definiti secondo quanto indicato ai punti D 5.1, D 5.2 del D.M. 16/02/2007:

DESCRIZIONE	VALORE
Tipo solaio	Solaio misto in lamiera di acciaio con riempimento di calcestruzzo
Spessore soletta	472,00 mm
Tipo di rivestimento	Lastre gesso rivestito incombustibile
Spessore lastra	15,00 mm
Spessore strato calcestruzzo	100,00 mm

Dalle caratteristiche geometriche impostate si ha che il solaio risulta R 240 ed EI 0

#### CONCLUSIONI

Dall'esame delle varie strutture si ha che il presente compartimento risulta: R 120, risultato sufficiente a garantire una classe 90.

#### COMPARTIEMNTO N°4:

##### STRUTTURA DI COMPARTIMENTAZIONE: Parete non portante

Le murature non portanti sono state definite secondo quanto indicato ai punti D 4.1, D 4.2, D 4.3 D 4.4 e D 6.4 del D.M. 16/02/2007:

DESCRIZIONE	VALORE
Tipologia muratura	Parete in c.a.
Tipo di rivestimento	Intonaco antincendio
Spessore (escluso intonaco)	508,00

Dalle caratteristiche geometriche impostate si ha che la struttura di compartimentazione Parete n.p. risulta EI 240

##### STRUTTURA PORTANTE: Pilastrì

Le strutture portanti sono state definite secondo quanto indicato ai punti D 6.1, D 6.2, D 6.3 e D 7.1 del D.M. 16/02/2007 e successiva L.C. del 15/02/2008:

DESCRIZIONE	VALORE
Tipo struttura	Pilastrò in calcestruzzo armato ordinario

Tipo sezione	Circolare
Larghezza sezione (diametro)	1000,00 mm
Esposizione fronti di fuoco	Esposto interamente
Tipo di rivestimento	Intonaco antincendio

Dalle caratteristiche geometriche impostate si ha che la struttura portante Pilastri risulta R 240

### STRUTTURA PORTANTE: Trave

Le strutture portanti sono state definite secondo quanto indicato ai punti D 6.1, D 6.2, D 6.3 e D 7.1 del D.M. 16/02/2007 e successiva L.C. del 15/02/2008:

DESCRIZIONE	VALORE
Tipo struttura	Trave in c.a.
Tipo sezione	rettangolare
Larghezza sezione (diametro)	1000,00 mm
Esposizione fronti di fuoco	Esposta lungo tre lati
Tipo di rivestimento	Intonaco antincendio
Spessore intonaco	15,00 mm

Dalle caratteristiche geometriche impostate si ha che la struttura portante Trave risulta R 120

### STRUTTURA ORIZZONTALE: Solaio

I solai sono stati definiti secondo quanto indicato ai punti D 5.1, D 5.2 del D.M. 16/02/2007:

DESCRIZIONE	VALORE
Tipo solaio	Solaio misto in lamiera di acciaio con riempimento di calcestruzzo
Spessore soletta	472,00 mm
Tipo di rivestimento	Lastre gesso rivestito incombustibile
Spessore lastra	15,00 mm
Spessore strato calcestruzzo	100,00 mm

Dalle caratteristiche geometriche impostate si ha che il solaio Solaio risulta R 240 ed EI 0

## CONCLUSIONI

Dall'esame delle varie strutture si ha che il presente compartimento risulta: R 120 , risultato sufficiente a garantire una classe 30.

### COMPARTIEMNTO N°5:

#### STRUTTURA DI COMPARTIMENTAZIONE: Parete non portante

Le murature non portanti sono state definite secondo quanto indicato ai punti D 4.1, D 4.2, D 4.3 D 4.4 e D 6.4 del D.M. 16/02/2007:

DESCRIZIONE	VALORE
Tipologia muratura	Parete in c.a.
Tipo di rivestimento	Intonaco antincendio
Spessore (escluso intonaco)	508,00

Dalle caratteristiche geometriche impostate si ha che la struttura di compartimentazione Parete n.p. risulta EI 240

#### STRUTTURA PORTANTE: Pilastrì

Le strutture portanti sono state definite secondo quanto indicato ai punti D 6.1, D 6.2, D 6.3 e D 7.1 del D.M. 16/02/2007 e successiva L.C. del 15/02/2008:

DESCRIZIONE	VALORE
Tipo struttura	Pilastrò in calcestruzzo armato ordinario
Tipo sezione	Circolare
Larghezza sezione (diametro)	1000,00 mm
Esposizione fronti di fuoco	Esposto interamente
Tipo di rivestimento	Intonaco antincendio

Dalle caratteristiche geometriche impostate si ha che la struttura portante Pilastrì risulta R 240

#### STRUTTURA PORTANTE: Trave

Le strutture portanti sono state definite secondo quanto indicato ai punti D 6.1, D 6.2, D 6.3 e D 7.1 del D.M. 16/02/2007 e successiva L.C. del 15/02/2008:

DESCRIZIONE	VALORE
Tipo struttura	Trave in c.a.
Tipo sezione	rettangolare
Larghezza sezione (diametro)	1000,00 mm
Esposizione fronti di fuoco	Esposta lungo tre lati
Tipo di rivestimento	Intonaco antincendio
Spessore intonaco	15,00 mm

Dalle caratteristiche geometriche impostate si ha che la struttura portante Trave risulta R 120

### STRUTTURA ORIZZONTALE: Solaio

I solai sono stati definiti secondo quanto indicato ai punti D 5.1, D 5.2 del D.M. 16/02/2007:

DESCRIZIONE	VALORE
Tipo solaio	Solaio misto in lamiera di acciaio con riempimento di calcestruzzo
Spessore soletta	472,00 mm
Tipo di rivestimento	Lastre gesso rivestito incombustibile
Spessore lastra	15,00 mm
Spessore strato calcestruzzo	100,00 mm

Dalle caratteristiche geometriche impostate si ha che il solaio risulta R 240 ed EI 0

### CONCLUSIONI

Dall'esame delle varie strutture si ha che il presente compartimento risulta: R 120 , risultato sufficiente a garantire una classe 30.

## **6.4 Il progetto antincendio**

### **6.4.1 Attività n°78**

#### **6.4.1.1 Caratteristiche costruttive**

L'altezza complessiva della struttura è superiore a 10 m. In base alla normativa, le strutture e i sistemi di compartimentazione presentano la caratteristica di resistenza al fuoco REI 120.

L'intero complesso è accessibile dall'esterno attraverso i mezzi dei VVF le cui caratteristiche corrispondono ai seguenti requisiti minimi:

- Larghezza: > 3,5 m
- Altezza libera: > 4 m
- Pendenza: non superiore al 10 %
- Resistenza al carico: almeno 20 tonnellate

Il piano interrato è raggiungibile ai mezzi di soccorso tramite percorsi dedicati e presenta i minimi requisiti per un intervento dei mezzi nel suo interno.

Proseguendo nella descrizione del progetto antincendio, distinguiamo le caratteristiche attuate per la prevenzione incendi in base al tipo di attività specifica a cui fanno riferimento. Per il calcolo delle misure per l'evacuazione in caso di emergenza, densità di affollamento, capacità di deflusso, e quindi, per lo sviluppo del progetto antincendio ci siamo avvalsi dell'utilizzo del software "CPIwin" di BM Sistemi S.r.l.

#### **6.4.1.2 Misure per l'evacuazione in caso di emergenza**

L'attività è provvista di un sistema organizzato di vie di uscita per il deflusso rapido e ordinato degli occupanti verso l'esterno.

La misurazione delle uscite è eseguita nel punto più stretto delle vie di esodo.

Tutte le uscite di sicurezza sono munite d'infissi, apribili verso l'esterno e dotate di maniglioni antipanico.

Le porte che si aprono verso corridoi interni utilizzati come vie di deflusso sono realizzate in modo da non ridurre la larghezza utile dei corridoi stessi.

Il sistema di apertura delle porte è realizzato con maniglioni antipanico, che consentiranno l'apertura delle porte con semplice spinta esercitata dal pubblico.

I maniglioni antipanico sono installati in conformità con quanto stabilito dal D.M. 3 novembre 2004 (G.U. n. 271 del 18/11/2004), in particolare: i dispositivi per l'apertura delle porte installate lungo le vie di esodo sono installati in conformità alla EN 179 relativa a "Dispositivi per uscite d'emergenza azionati mediante maniglia a leva o piastra a spinta".

Sulle porte di uscita sono installati cartelli con la scritta USCITA DI SICUREZZA - APERTURA A SPINTA - ad un'altezza non inferiore a due metri dal suolo.

Le uscite di sicurezza sono segnalate anche in caso di spegnimento dell'impianto di illuminazione e mantenute sempre sgombre da materiali o da altri impedimenti che possono ostacolarne l'utilizzazione.

I locali sono dotati di un numero di uscite di sicurezza, tali da permettere la rapida evacuazione di tutti gli occupanti l'edificio in caso di emergenza.

#### **6.4.1.3 Calcolo dell'affollamento e verifica delle vie di esodo**

Il tipo, il numero, l'ubicazione e la larghezza delle uscite sono determinate in base al massimo affollamento.

##### **- DENSITA' DI AFFOLAMENTO**

Si considerano:

- 0,2 persone/m<sup>2</sup> per le aree adibite a vendita

- 0,05 persone/m<sup>2</sup> per le aree adibite ad uffici e servizi

Quindi l'attività avrà un massimo affollamento pari a:

Piano	N° persone nel piano	N° persone nei servizi	Totale persone
Piano Terra	224	3	227
1° Piano Fuori Terra	195	5	200

- **CAPACITA' DI DEFLUSSO**

Si considerano:

- c.d. = 50 per il piano terra

- c.d. = 37,5 per gli edifici sino a tre piani fuori terra

Si ha, quindi, la seguente necessità di moduli, derivante dal calcolo effettuato con la formula:

moduli necessari = (max affollamento del piano) / (capacità di deflusso del piano)

Piano	Moduli necessari	Max affollamento	Capacità deflusso
Piano Terra	5	227	50
1° Piano Fuori Terra	6	200	37,5

- **MISURE IN TERMINI DI MODULI E DI MASSIMO AFFOLLAMENTO  
CONSENTITO**

**Elenco uscite**

Ubicazione	Uscita N°	Larghezza (m)	Lunghezza (m)	Adduzione	N° moduli
Piano Terra	1	3,0	0	Luogo sicuro	5
Piano Terra	2	3,0	0	Luogo sicuro	5
Piano Terra	3	3,0	0	Luogo sicuro	5
Piano Terra	4	3,0	0	Luogo sicuro	5
Piano Terra	5	3,0	0	Luogo sicuro	5
Piano Terra	6	3,0	0	Luogo sicuro	5
1° Piano Fuori Terra	1	1,2	4,80	Scala prova fumo interna	2
1° Piano Fuori Terra	2	1,2	4,80	Scala prova fumo interna	2
1° Piano Fuori Terra	3	1,8	13	Scala aperta	3

N.B.: Per ADDUZIONE si intende lo sbocco della via di esodo, mentre per LUNGHEZZA si intende la lunghezza del percorso di esodo fino a luogo sicuro.

## Elenco ingressi

Ingresso N°	Larghezza [m]	Tipo	Ubicazione
1	3,0	Scorrevole a spinta	Piano Terra
2	3,0	Scorrevole a spinta	Piano Terra
3	3,0	Scorrevole a spinta	Piano Terra
4	3,0	Scorrevole a spinta	Piano Terra
5	3,0	Scorrevole a spinta	Piano Terra
6	3,0	Scorrevole a spinta	Piano Terra
1	1,2	Apribile a spinta	1° Piano Fuori Terra
2	1,2	Apribile a spinta	1° Piano Fuori Terra

## Persone evacuabili e max affollamento ipotizzabile

Piano	N° Totale Moduli	Persone Evacuabili	Max Affoll. Ipotizzabile
Piano Terra	30	1500	227
1° Piano Fuori Terra	7	263	200

### 6.4.1.4 Scale

Ubicazione	N°	Larghezza (m)	Tipologia	Protezione
1° Piano Fuori Terra	Scala N° 1	1,8	Mobile	Aperta
1° Piano Fuori Terra	Scala N° 2	1,2	Interna	A prova di fumo
1° Piano Fuori Terra	Scala N° 3	1,2	Interna	A prova di fumo

In osservanza alla Circ. del M.I. n° 75 del 3/7/1967, almeno la metà delle scale è del tipo a prova di fumo.

I gradini sono previsti a pianta rettangolare con alzate e pedate costanti rispettivamente non superiori a 17 cm e non inferiori a 30 cm.

Le scale insieme ai pianerottoli hanno la stessa larghezza delle vie di uscita di cui fanno parte. Le rampe sono rettilinee e costituite da non meno di 3 e non più di 15 gradini, inoltre, unitamente alle vie di esodo ed alle altre porte di uscita, non presenteranno allargamenti o restringimenti.

#### **6.4.1.5 Resistenza al fuoco delle strutture**

I requisiti di resistenza al fuoco degli elementi strutturali, sono valutati secondo le prescrizioni e le modalità di cui alla vigente normativa.

Nei precedenti paragrafi sono riportati i calcoli del carico di incendio, della Classe dell'attività e dei vari compartimenti e la verifica di resistenza al fuoco delle strutture.

Le strutture portanti e di compartimentazione dell'edificio sono del tipo già sopra descritto.

La resistenza al fuoco delle strutture è superiore alla classe del compartimento, quindi le strutture sono in grado di resistere per un numero di minuti superiore alla durata di un ipotetico incendio, permettendo agli occupanti l'edificio di allontanarsi in tutta sicurezza e ai soccorritori di potere accedere all'interno dell'edificio senza il rischio di crolli dovuti alle fiamme o al calore.

#### **6.4.1.6 Servizi tecnologici**

##### **– IMPIANTI DI CONDIZIONAMENTO E VENTILAZIONE**

Tali impianti al fine di impedire che possano essere un rischio per la sicurezza antincendio dell'attività, sono realizzati in modo da assicurare:

- mantenimento ed efficienza delle compartimentazioni;
- il non ricircolo dei prodotti della combustione o di altri gas ritenuti pericolosi;
- che non si producano, a causa di avarie e/o guasti propri, fumi che si diffondano nei locali serviti;
- che non costituiscano elemento di propagazione di fumi e/o fiamme;

L'impianto di condizionamento è installato in un apposito locale, realizzato con strutture di separazione di caratteristiche di resistenza al fuoco a REI 120.

L'aerazione del locale dove sono installati gli impianti presenta una superficie minima non inferiore a 1/20 della superficie in pianta del locale.

#### – **CONDOTTE**

Le condotte sono realizzate in materiale di classe 0 (zero) di reazione al fuoco; le tubazioni flessibili di raccordo sono di classe di reazione al fuoco non superiore alla classe 2.

Le condotte dell'impianto di condizionamento non attraverseranno:

- vie di uscita, vani scala e vani ascensori;
- locali che presentino pericolo di incendio, di esplosione e di scoppio.

#### – **DISPOSITIVI DI CONTROLLO**

L'impianto è dotato dei seguenti dispositivi di controllo:

- comando manuale: l'impianto è dotato di un dispositivo di comando manuale, situato in un punto, facilmente accessibile, per l'arresto dei ventilatori in caso di incendio;
- l'impianto è provvisto di dispositivi termostatici di arresto automatico dei ventilatori in caso di aumento anormale della temperatura nelle condotte; i dispositivi, tarati a 70°C, sono installati in punti adatti, rispettivamente delle condotte dell'aria di ritorno (prima della miscelazione con l'aria esterna) e della condotta principale di immissione dell'aria. L'intervento dei dispositivi, non consente la rimessa in moto dei ventilatori senza l'intervento manuale.

### **6.4.1.7 Impianti elettrici**

Gli impianti elettrici dell'attività sono realizzati in conformità alla normativa vigente. In particolare gli impianti elettrici sono realizzati nel rispetto delle norme CEI. Inoltre l'attività è munita d'interruttore generale, posto in posizione segnalata, che permette di togliere tensione all'impianto elettrico dell'attività; tale interruttore è munito di comando di sgancio a distanza, posto nelle vicinanze dell'ingresso o in posizione presidiata.

La rispondenza alle vigenti norme di sicurezza è attestata con la procedura di cui alla normativa vigente.

#### – **IMPIANTO ELETTRICO DI SICUREZZA**

L'attività è dotata di un impianto di sicurezza alimentato da apposita sorgente, distinta da quella ordinaria.

L'impianto elettrico di sicurezza alimenta le seguenti utilizzazioni, strettamente connesse con la sicurezza delle persone:

- illuminazione di sicurezza, compresa quella indicante i passaggi, le uscite ed i percorsi delle vie di esodo che garantisce un livello di illuminazione non inferiore a 5 lux a 1 metro di altezza del piano di calpestio delle vie di esodo;
- impianto di diffusione sonora e/o impianto di allarme.

L'impianto elettrico di sicurezza ha inoltre le seguenti caratteristiche:

- il tempo di intervento della illuminazione di sicurezza è inferiore a 0.5 secondi;
- nessuna apparecchiatura elettrica è collegata all'impianto elettrico di sicurezza;
- l'alimentazione dell'impianto di sicurezza potrà inserirsi anche con comando a mano posto in posizione conosciuta dal personale;
- l'autonomia della sorgente di sicurezza non è inferiore ai 30 minuti;
- il dispositivo di ricarica degli accumulatori è di tipo automatico e consentirà la ricarica degli stessi in tempi inferiori a 12 ore.

Sono installate lampade singole del tipo autoalimentato con tempo di ricarica inferiore a 12 ore.

#### **6.4.1.8 Mezzi e impianti di estinzione degli incendi**

##### **- ESTINTORI**

L'attività è dotata di un adeguato numero di estintori portatili.

Gli Estintori sono di tipo omologato dal Ministero dell'Interno ai sensi del D.M. del 7/01/2005 (Gazzetta Ufficiale n. 28 del 4.02.2005) e successive modificazioni.

Sono distribuiti in modo uniforme nell'area da proteggere, e si trovano:

- in prossimità degli accessi;
- in vicinanza di aree di maggior pericolo;
- Sono ubicati in posizione facilmente accessibile e visibile.

Appositi cartelli segnalatori ne facilitano l'individuazione, anche a distanza.

Piano	N.	Tipo	Classe 1	Classe 2
Piano Terra	13	Anidride carbonica CO2	21A	113B
1° Piano Fuori Terra	10	Anidride carbonica CO2	21A	113B

#### **6.4.1.9 Impianto idrico antincendio**

E' presente un impianto idrico antincendio e gli idranti correttamente corredati sono:

- distribuiti in modo da consentire l'intervento in tutte le aree dell'attività;
- collocati in ciascun piano;
- dislocati in posizione facilmente accessibile e visibile. Appositi cartelli segnalatori ne agevoleranno l'individuazione a distanza.

Gli idranti non sono posti all'interno delle scale in modo da non ostacolare l'esodo delle persone.

Poiché si è in presenza di scale a prova di fumo interne, al fine di agevolare le operazioni di intervento dei Vigili del fuoco, gli idranti sono ubicati all'interno dei filtri a prova di fumo.

Ogni idrante è corredato da una tubazione flessibile lunga 20 m.

La rete di tubazioni è indipendente da quella dei servizi sanitari. Le tubazioni sono protette dal gelo e dagli urti, ove se ne ravveda la necessità.

E' predisposta una vasca di accumulo, opportunamente dimensionata.

L'impianto idrico antincendio è alimentato da elettropompa, la quale ha alimentazione elettrica da linea preferenziale esterna indipendente dalle altre utenze elettriche e dal quadro elettrico generale.

#### **Caratteristiche idrauliche (viene applicata la normativa UNI 10779)**

Sono presenti quattro idranti DN45, la cui alimentazione è in grado di alimentare in ogni momento contemporaneamente i 3 idranti più sfavoriti. La portata per ognuno non inferiore a

120 l/min, la pressione non inferiore a 2 bar in fase di scarica e l'alimentazione presenta autonomia non inferiore a 60 min.

### **Calcolo volume riserva idrica**

- Area di livello 2 (area di rischio definita da UNI 10779);
- N° idranti = 3 (numero di idranti massimi da considerare contemporaneamente in funzione);
- Volume riserva idrica MINIMA =  $(3 * 120 * 60) / 1000 = 21.6 \text{ m}^3$ ;
- Volume reintegro =  $0.432 \text{ m}^3$ ;
- Volume riserva idrica minima considerando il reintegro =  $21.6 - 0.432 = 21.168 \text{ m}^3$ ;
- Volume riserva idrica PRESENTE =  $20.736 \text{ m}^3$ .

L'impianto mantenuto costantemente in pressione è munito di numero 10 attacchi UNI 70, per il collegamento dei mezzi dei Vigili del fuoco, installati all'esterno in posizione ben visibile e facilmente accessibile ai mezzi di soccorso.

#### **6.4.1.10 Impianto di rilevazione incendi**

In considerazione dei potenziali rischi di incendio è stata rilevata la necessità di installare un impianto di rivelazione di incendio. Questo è progettato e realizzato a regola d'arte, in conformità alla Circolare del Ministero dell'Interno n. 24 del 26/1/1993, e quindi alle norme UNI 9795.

La segnalazione di allarme proveniente da uno qualsiasi dei rivelatori utilizzati determina una segnalazione ottica ed acustica di allarme incendio nella centrale di controllo e segnalazione, la quale è ubicata in ambiente sempre presidiato. Inoltre l'impianto consente l'azionamento automatico dei dispositivi di allarmi posti nell'attività entro i seguenti tempi:

- 2 minuti dall'emissione della segnalazione di allarme proveniente da due o più rivelatori o dall'azionamento di un qualsiasi pulsante manuale di segnalazione di incendio;

- 5 minuti dall'emissione di una segnalazione di allarme proveniente da un qualsiasi rivelatore, qualora la segnalazione presso la centrale di allarme non sia tacitata dal personale preposto.

Lungo le vie di esodo e in luoghi presidiati, sono installati dei dispositivi manuali di attivazione del sistema di allarme. Questi sono installati sottovetro in contenitore ben segnalato.

E' altresì installato un martelletto per permettere l'agevole rottura del vetro di protezione del pulsante di attivazione manuale del sistema di allarme. L'impianto è a servizio dell'intera attività.

#### **6.4.1.11 Impianto di evacuazione di fumo e calore**

Per le esigenze connesse, alla riduzione dei tempi dell'evacuazione delle persone in caso di incendio, è realizzato un impianto di evacuazione del fumo e del calore, conforme alle norme UNI-CNVVF 9494.

La determinazione delle caratteristiche dell'impianto, il calcolo del numero dei singoli EFC, sono effettuati, in conformità alle suddette norme.

L'impianto è a servizio dell'intera attività.

#### **6.4.1.12 Segnaletica di sicurezza**

E' installata cartellonistica di emergenza conforme al D.Lgs. n. 81/2008, avente il seguente scopo:

- avvertire di un rischio o di un pericolo le persone esposte;
- vietare comportamenti che potrebbero causare pericolo;
- prescrivere determinati comportamenti necessari ai fini della sicurezza;
- fornire indicazioni relative alle uscite di sicurezza, o ai mezzi di soccorso o salvataggio;
- fornire altre indicazioni in materia di sicurezza.

E' segnalato l'interruttore di emergenza atto a porre fuori tensione l'impianto elettrico dell'attività.

Sono installati apposti cartelli indicanti:

- le uscite di sicurezza dei locali;
- gli idranti posizionati all'interno dei locali;
- gli estintori posizionati all'interno dei locali.

I suddetti cartelli saranno, quindi, di:

- divieto;
- avvertimento;
- prescrizione;
- salvataggio o di soccorso;
- informazione in tutti i posti interni o esterni all'attività, nei quali è ritenuta opportuna la loro installazione.

## **6.4.2 Attività n°75**

### **6.4.2.1 Caratteristiche dell'edificio**

L'attività è ubicata nei piani interrati dell'edificio. In particolare il primo piano interrato ospiterà un parcheggio auto, un parcheggio e deposito bus e il terminal bus; mentre il secondo piano interrato ospiterà unicamente un parcheggio auto. L'attività è separata da edifici adiacenti con strutture di tipo REI 120.

<b>Piano</b>	<b>Superficie autorimessa (m<sup>2</sup> netti)</b>
1° Piano Interrato	14678,94
2° Piano Interrato	4191,60

#### **- 1° PIANO INTERRATO**

L'attività è di tipo misto in quanto l'edificio è destinato anche ad altri usi. In relazione alla configurazione delle pareti perimetrali l'attività è di tipo chiuso. Per quanto riguarda le caratteristiche di esercizio l'attività è di tipo sorvegliato, in quanto sono previsti sistemi

automatici di controllo ai fini antincendi e/o sistemi di vigilanza continua durante l'orario d'apertura. La superficie specifica di parcheggio è di 12,5 m<sup>2</sup> per i posti auto e 43,7 m<sup>2</sup> per i posti pullman. In base all'organizzazione dello spazio interno, l'attività è di tipo a spazio aperto.

#### - 2° PIANO INTERRATO

In relazione alla configurazione delle pareti perimetrali l'attività è di tipo chiuso. Per quanto riguarda le caratteristiche di esercizio l'attività è di tipo sorvegliato, in quanto sono previsti sistemi automatici di controllo ai fini antincendi e/o sistemi di vigilanza continua durante l'orario d'apertura. La superficie specifica di parcheggio è di 12,5 m<sup>2</sup>.

In base all'organizzazione dello spazio interno, l'attività è di tipo a spazio aperto.

#### - ALTEZZA DEI PIANI

Il punto 3.2 del D.M. 1/2/1986 prevede che l'altezza minima sia di 2.4 m.

Piano	Altezza (m)	Quota (m)
1° Piano Interrato	6,00	-7,00
2° Piano Interrato	3,00	-11,00

#### - SUPERFICIE SPECIFICA DI PARCAMENTO

Piano	Superficie piano (m <sup>2</sup> )	Controlli	Superficie parcheggio (m <sup>2</sup> )	N° max mezzi (Sup.Piano/ Sup.Parchamento)	N° mezzi presenti	N° auto	N° pullman
1° Piano Interrato	4436,37	Sorvegliata	12,5	355	100	100	-
1° Piano Interrato	4942,30	Sorvegliata	43,7	113	24	-	24
2° Piano Interrato	4191,60	Sorvegliata	12,5	336	100	100	-

#### - STRUTTURE DEI LOCALI

I locali destinati all'attività sono realizzati con strutture non combustibili di tipo R 120.

Le strutture del solaio e di separazione con altre parti dell'edificio hanno una resistenza al fuoco non inferiore a REI 120.

L'attività comunica con:

(78) Aerostazioni, stazioni ferroviarie, stazioni marittime, con superficie coperta accessibile al pubblico superiore a 5.000 m<sup>2</sup>; in posizione sottostante, attraverso filtri a prova di fumo.

### 6.4.2.2 Compartimentazione

L'attività è divisa in compartimenti di superficie non eccedenti quelle indicate dalla tabella di cui al punto 3.6.1 del D.M. 01/02/1986, con pareti di suddivisione fra i compartimenti realizzate con strutture di tipo REI 120.

I passaggi tra i piani dell'attività, le rampe pedonali, le scale, gli ascensori, gli elevatori, sono esterni o racchiusi in gabbie realizzate con strutture non combustibili di tipo REI 120 e muniti di porte di tipo REI 120 provviste di autochiusura.

Le corsie di manovra consentiranno il facile movimento degli autoveicoli e hanno ampiezza non inferiore a m 4,5 e a m 5 nei tratti antistanti i posti auto ortogonali alla corsia.

N°	Descrizione	Superficie (m <sup>2</sup> )	Piani del Compartimento
1	Parcheggio Auto	4436,37	1° Piano Interrato
2	Parcheggio Pullman	4942,30	1° Piano Interrato
3	Servizi	1092,45	1° Piano Interrato
4	Terminal Bus	4207,82	1° Piano Interrato
5	Parcheggio Auto	4191,60	2° Piano Interrato

### 6.4.2.3 Accessi

Ingresso N°	Larghezza [m]	Tipo	Ubicazione
1	10	Passaggio libero	1° Piano Interrato
2	5,0	Passaggio libero	1° Piano Interrato

3	1,8	Passaggio libero	1° Piano Interrato
4	1,2	Apribile a spinta	1° Piano Interrato
5	1,2	Apribile a spinta	1° Piano Interrato
6	1,2	Apribile a spinta	1° Piano Interrato
1	3,0	Apribile a spinta	2° Piano Interrato
2	1,2	Apribile a spinta	2° Piano Interrato
3	1,2	Apribile a spinta	2° Piano Interrato
4	1,2	Apribile a spinta	2° Piano Interrato

#### 6.4.2.4 Rampe

N°	Ampiezza (m)	Tipo senso	Compartimenti serviti	Pendenza (%)
1	3	A senso unico	Compartimento n° 1, Compartimento n° 4	12

#### 6.4.2.5 Ventilazione

##### – VENTILAZIONE NATURALE

Al fine di assicurare un'uniforme ventilazione dei locali, le aperture di aerazione sono distribuite il più possibile uniformemente a distanze reciproche non superiori a 40 metri.

Le aperture di aerazione naturale hanno una superficie non inferiore a 1/25 della superficie in pianta del compartimento.

Il sistema di ventilazione è indipendente per ogni piano.

Per il 1° Piano Interrato si ha:

- Altezza piano = 6,00 m
- Superficie piano = 14678,94 m<sup>2</sup>
- Superficie ventilazione minima = (1/25) x Superficie piano = 587,16 m<sup>2</sup>

Per il 2° Piano Interrato si ha:

- Altezza piano = 3 m

- Superficie piano = 4191,60m<sup>2</sup>
- Superficie ventilazione minima = (1/25) x Superficie piano = 167,66 m<sup>2</sup>

La ventilazione naturale è garantita dalla presenza di griglie di areazione in diretto contatto con l'esterno e da camini di tipo "shunt".

In particolare sono presenti n. 10 camini di tipo "shunt" di cui tre sono posizionati nel compartimento n°2 e aventi sezione rispettivamente due di 9 m<sup>2</sup> e uno di 4 m<sup>2</sup>, cinque sono posizionati nel compartimento n°4 aventi sezione pari a 9 m<sup>2</sup> e, infine, due sono posizionati nel compartimento n°5, proseguono nel compartimento n°1 e hanno sezione pari a 9 m<sup>2</sup>.

L'immissione nell'atmosfera avviene a quota superiore alla copertura del fabbricato.

#### - VENTILAZIONE MECCANICA

Trattandosi di autorimessa collocata al piano primo interrato ed in grado di ospitare un numero di veicoli maggiore di 125, il sistema di aerazione naturale dovrà essere integrato da un sistema di ventilazione meccanica, in grado di garantire una portata non inferiore a 3 ricambi orari.

##### COMPARTIMENTO N° 1:

Superficie: 4436,37 m<sup>2</sup>

Dovrà essere installato un dispositivo di estrazione dell'aria della portata:

$$P = 4436,37 \text{ m}^2 \times 6,00 \text{ m} \times 3 = 79854,66 \text{ m}^3/\text{h}$$

Il sistema di ventilazione sarà costituito da ventilatori posizionati a parete nella zona delle rampe, dimensionati su di una portata di 90000 m<sup>3</sup>/h (superiore alla portata minima necessaria).

##### COMPARTIMENTO N° 2:

Superficie: 4942,30 m<sup>2</sup>

Dovrà essere installato un dispositivo di estrazione dell'aria della portata:

$$P = 4942,30 \text{ m}^2 \times 6,00 \text{ m} \times 3 = 88961,40 \text{ m}^3/\text{h}$$

Il sistema di ventilazione sarà costituito da ventilatori posizionati a parete nella zona delle rampe, dimensionati su di una portata di 110000 m<sup>3</sup>/h (superiore alla portata minima necessaria).

#### COMPARTIMENTO N° 3:

Superficie: 1092,45 m<sup>2</sup>

Dovrà essere installato un dispositivo di estrazione dell'aria della portata:

$$P = 1092,45 \text{ m}^2 \times 6,00 \text{ m} \times 3 = 19664,10 \text{ m}^3/\text{h}$$

Il sistema di ventilazione sarà costituito da ventilatori posizionati a parete nella zona delle rampe, dimensionati su di una portata di 23000 m<sup>3</sup>/h (superiore alla portata minima necessaria).

#### COMPARTIMENTO N° 4:

Superficie: 4207,82 m<sup>2</sup>

Dovrà essere installato un dispositivo di estrazione dell'aria della portata:

$$P = 4207,82 \text{ m}^2 \times 6,00 \text{ m} \times 3 = 75740,76 \text{ m}^3/\text{h}$$

Il sistema di ventilazione sarà costituito da ventilatori posizionati a parete nella zona delle rampe, dimensionati su di una portata di 90000 m<sup>3</sup>/h (superiore alla portata minima necessaria).

#### COMPARTIMENTO N° 5:

Superficie: 4191,60 m<sup>2</sup>

Dovrà essere installato un dispositivo di estrazione dell'aria della portata:

$$P = 4191,60 \text{ m}^2 \times 3,00 \text{ m} \times 3 = 37724,40 \text{ m}^3/\text{h}$$

Il sistema di ventilazione sarà costituito da ventilatori posizionati a parete nella zona delle rampe, dimensionati su di una portata di 52000 m<sup>3</sup>/h (superiore alla portata minima necessaria).

### **6.4.2.6 Misure per l'evacuazione in caso di emergenza**

L'attività è dotata di un numero di uscite di sicurezza, tali da permettere la rapida evacuazione di tutti gli occupanti l'edificio in caso di emergenza.

Le uscite di sicurezza sono segnalate anche in caso di spegnimento dell'impianto di illuminazione e mantenute sempre sgombre da materiali o da altri impedimenti che possono ostacolarne l'utilizzazione.

La larghezza delle vie di uscita è multipla del modulo di uscita (0,6 m) e non inferiore a due moduli.

La misurazione delle uscite è stata eseguita nel punto più stretto delle vie di esodo.

Essendo presente per l'attività l'impianto Sprinkler, la posizione delle uscite è tale da consentire il raggiungimento dei luoghi sicuri con percorsi non superiori a 50 m.

Il numero delle uscite è non inferiore a 2 e sono poste in punti ragionevolmente contrapposti.

Tutte le uscite di sicurezza sono munite di infissi, apribili verso l'esterno o luogo sicuro e dotate di maniglioni antipanico, che consentiranno l'apertura delle porte con semplice spinta esercitata dal pubblico.

Le porte che si aprono verso corridoi interni utilizzati come vie di deflusso sono realizzate in modo da non ridurre la larghezza utile dei corridoi stessi.

I maniglioni antipanico sono installati in conformità con quanto stabilito dal D.M. 3 novembre 2004 (G.U. n. 271 del 18/11/2004), in particolare:

- i dispositivi per l'apertura delle porte installate lungo le vie di esodo sono installati in conformità alla EN 179 relativa a "Dispositivi per uscite d'emergenza azionati mediante maniglia a leva o piastra a spinta".

Sulle porte di uscita sono installati cartelli con la scritta "USCITA DI SICUREZZA - APERTURA A SPINTA" ad un'altezza non inferiore a due metri dal suolo.

#### **6.4.2.7 Calcolo dell'affollamento e verifica delle vie di esodo**

Il tipo, il numero, l'ubicazione e la larghezza delle uscite sono determinate in base al massimo affollamento.

##### **- DENSITÀ DI AFFOLLAMENTO**

Si considerano 0,01 persone/m<sup>2</sup> per le autorimesse sorvegliate.

Quindi l'attività avrà un massimo affollamento pari a:

Piano	N° persone nel piano	Totale persone
1° Piano Interrato	147	147

2° Piano Interrato	42	42
--------------------	----	----

**- CAPACITÀ DI DEFLUSSO**

Si considera:

- c.d. = 37,5 per gli edifici sino a tre piani sotterranei

Si ha, quindi, la seguente necessità di moduli, derivante dal calcolo effettuato con la formula:

moduli necessari = (max affollamento del piano) / (capacità di deflusso del piano)

Piano	Moduli necessari	Max affollamento	Capacità deflusso
1° Piano Interrato	4	147	37,5
2° Piano Interrato	2	42	37,5

**- MISURE IN TERMINI DI MODULI E DI MASSIMO AFFOLLAMENTO  
CONSENTITO**

**Elenco uscite**

Ubicazione	Uscita N°	Larghezza (m)	Lunghezza (m)	Adduzione	N° moduli
1° Piano Interrato	1	1,2	7,00	Scala prova fumo interna	2
1° Piano Interrato	2	1,2	7,00	Scala prova fumo interna	2
1° Piano Interrato	3	1,2	7,00	Scala prova fumo interna	2
1° Piano Interrato	4	1,2	7,00	Scala prova fumo interna	2
1° Piano Interrato	5	1,8	19,05	Scala protetta	2
2° Piano Interrato	1	1,2	11,00	Scala prova fumo interna	2
2° Piano Interrato	2	1,2	11,00	Scala prova fumo interna	2
2° Piano Interrato	3	1,2	11,00	Scala prova fumo	2

				interna	
--	--	--	--	---------	--

N.B.: Per ADDUZIONE si intende lo sbocco della via di esodo, mentre per LUNGHEZZA si intende la lunghezza del percorso di esodo fino a luogo sicuro. Inoltre nel computo della larghezza delle uscite sono conteggiate anche le rampe di accesso.

### **Persone evacuabili e max affollamento ipotizzabile**

Piano	N° Totale Moduli	Persone Evacuabili	Max Affoll. Ipotizzabile
1° Piano Interrato	11	413	147
2° Piano Interrato	6	225	42

### **6.4.2.8 Scale e Ascensori**

Ubicazione	N°	Larghezza (m)	Tipologia	Protezione
1° Piano Interrato	Scala N° 1	1,2	Interna	A prova di fumo
1° Piano Interrato	Scala N° 2	1,2	Interna	A prova di fumo
1° Piano Interrato	Scala N° 3	1,2	Interna	A prova di fumo
1° Piano Interrato	Scala N° 4	1,2	Interna	A prova di fumo
1° Piano Interrato	Scala N° 5	1,8	Mobile	Protetta
2° Piano Interrato	Scala N° 1	1,2	Interna	A prova di fumo
2° Piano Interrato	Scala N° 2	1,2	Interna	A prova di fumo
2° Piano Interrato	Scala N° 3	1,2	Interna	A prova di fumo

Essendo l'altezza antincendio minore di 32 m, le scale sono di tipo protetto.

Gli impianti di sollevamento sono conformi alle specifiche disposizioni vigenti.

Descrizione	Lunghezza vano corsa (m)
Ascensore antincendio	7,00
Ascensore antincendio	11

Ascensore antincendio	11
Ascensore antincendio	11

### **6.4.2.9 Impianto elettrico**

Gli impianti elettrici e di messa a terra dell'attività sono realizzati in conformità alle norme di cui alla legge 46 del 1990 e secondo le vigenti norme CEI.

#### **- IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE DI SICUREZZA**

L'attività è dotata di un impianto di illuminazione di sicurezza, alimentato da sorgente di energia indipendente da quella della illuminazione normale.

L'impianto di illuminazione di sicurezza ha le seguenti caratteristiche:

- inserimento automatico e immediato non appena viene a mancare l'illuminazione normale;
- intensità di illuminazione non inferiore a 5 lux.

### **6.4.2.10 Mezzi e impianti di estinzione degli incendi**

Le apparecchiature e gli impianti di estinzione degli incendi sono realizzati a regola d'arte.

#### **- ESTINTORI**

L'attività è dotata di un adeguato numero di estintori portatili.

Gli Estintori sono di tipo omologato dal Ministero dell'Interno ai sensi del D.M. del 7/01/2005 (Gazzetta Ufficiale n. 28 del 4.02.2005) e successive modificazioni.

Sono distribuiti in modo uniforme nell'area da proteggere, e si trovano:

- in prossimità degli accessi;
- in vicinanza di aree di maggior pericolo.

Sono ubicati in posizione facilmente accessibile e visibile. Appositi cartelli segnalatori ne facilitano l'individuazione, anche a distanza.

Questi sono disposti uno ogni cinque autoveicoli per i primi venti autoveicoli; per i rimanenti, fino a duecento autoveicoli, uno ogni dieci autoveicoli.

Infine la capacità estinguente è non inferiore a 21A - 89B.

Piano	N.	Tipo	Classe 1	Classe 2
1° Piano Interrato	72	Anidride carbonica CO2	21A	89B
2° Piano Interrato	28	Anidride carbonica CO2	21A	89B

#### - **IMPIANTO IDRICO ANTINCENDIO**

E' presente un impianto idrico antincendio e gli idranti correttamente corredati sono:

- distribuiti in modo da consentire l'intervento in tutte le aree dell'attività;
- collocati in ciascun piano;
- dislocati in posizione facilmente accessibile e visibile.

Appositi cartelli segnalatori ne agevoleranno l'individuazione a distanza.

Poiché si è in presenza di scale a prova di fumo interne, al fine di agevolare le operazioni di intervento dei Vigili del fuoco, gli idranti sono ubicati all'interno dei filtri a prova di fumo.

La rete di tubazioni è indipendente da quella dei servizi sanitari. Le tubazioni sono protette dal gelo e dagli urti, ove se ne ravveda la necessità.

E' predisposta una vasca di accumulo, opportunamente dimensionata. L'impianto idrico antincendio è alimentato da elettropompa, la quale ha alimentazione elettrica da linea preferenziale esterna indipendente dalle altre utenze elettriche e dal quadro elettrico generale.

#### **Caratteristiche idrauliche (viene applicata la normativa UNI 10779)**

Per la protezione esterna sono presenti idranti DN70, la cui alimentazione è in grado di alimentare in ogni momento contemporaneamente i 4 idranti più sfavoriti. La portata per ognuno non inferiore a 300 l/min, la pressione non inferiore a 3 bar in fase di scarica e l'alimentazione presenta autonomia non inferiore a 60 min.

Per la protezione interna, invece, sono presenti idranti aventi pressione non inferiore a 2 bar in fase di scarica, la cui alimentazione presenta un'autonomia non inferiore a 60 min.

#### **Calcolo volume riserva idrica**

- Area di livello 2 (area di rischio definita da UNI 10779);

- N° idranti = 0 (numero di idranti massimi da considerare contemporaneamente in funzione);
- Volume riserva idrica PRESENTE = 72 m<sup>3</sup>

L'impianto è mantenuto costantemente sotto pressione.

#### - **IMPIANTO SPRINKLER**

Per la protezione antincendio dell'attività, è realizzato un impianto SPRINKLER in conformità alla seguente normativa tecnica:

- UNI EN 12845. Impianti fissi di estinzione automatici a pioggia (SPRINKLER);
- UNI-CNVVF 9491. Apparecchiature per estinzione incendi. Impianti fissi di estinzione automatici a pioggia. Erogatori (SPRINKLER).

La determinazione delle caratteristiche dell'impianto e il calcolo dell'impianto sono effettuati in conformità alle UNI EN 12845. L'impianto è a servizio dell'intera attività.

#### **6.4.2.11 Impianto di rilevazione incendi**

In considerazione dei potenziali rischi di incendio è stata rilevata la necessità di installare un impianto di rilevazione di incendio; questo è progettato e realizzato a regola d'arte, in conformità alla Circolare del Ministero dell'Interno n. 24 del 26/1/1993, e quindi alle norme UNI 9795.

La segnalazione di allarme proveniente da uno qualsiasi dei rivelatori utilizzati determina una segnalazione ottica ed acustica di allarme incendio nella centrale di controllo e segnalazione, la quale è ubicata in ambiente sempre presidiato.

L'impianto consente l'azionamento automatico dei dispositivi di allarmi posti nell'attività entro i seguenti tempi:

- 2 minuti dall'emissione della segnalazione di allarme proveniente da due o più rivelatori o dall'azionamento di un qualsiasi pulsante manuale di segnalazione di incendio;

- 5 minuti dall'emissione di una segnalazione di allarme proveniente da un qualsiasi rivelatore, qualora la segnalazione presso la centrale di allarme non sia tacitata dal personale preposto.

Lungo le vie di esodo e in luoghi presidiati, sono installati dei dispositivi manuali di attivazione del sistema di allarme; questi sono installati sottovetro in contenitori ben segnalati. E' altresì installato un martelletto per permettere l'agevole rottura del vetro di protezione del pulsante di attivazione manuale del sistema di allarme. L'impianto è a servizio dell'intera attività.

#### **6.4.2.12 Impianto di evacuazione di fumo e calore**

Per le esigenze connesse, alla riduzione dei tempi dell'evacuazione delle persone in caso di incendio, è realizzato un impianto di evacuazione del fumo e del calore, conforme alle norme UNI-CNVVF 9494.

La determinazione delle caratteristiche dell'impianto, il calcolo del numero dei singoli EFC, sono effettuati, in conformità alle suddette norme. L'impianto è a servizio dell'intera attività.

Sono installati in particolare i seguenti cartelli:

- divieto di usare fiamme libere;
- divieto di depositare sostanze infiammabili o combustibili;
- divieto di eseguire riparazioni o prove motori;
- divieto di parcheggiare veicoli con perdite anormali di carburante o lubrificante;
- divieto di fumare;
- eventuale divieto di parcheggiare autoveicoli alimentati a gas GPL.

Inoltre nell'attività viene fatto divieto di:

- usare fiamme libere;
- depositare sostanze infiammabili o combustibili;
- eseguire riparazioni o prove di motori;
- parcheggiare autoveicoli con perdite anormali di carburanti o lubrificanti.

Poiché sono presenti piani interrati oltre il primo, è installata all'ingresso dell'attività cartellonistica idonea a segnalare i divieti derivanti dalle limitazioni al parcheggio di autoveicoli alimentati a gas di petrolio liquefatto.

Il parcheggio di tali autoveicoli viene consentito solo fino al primo piano interrato, secondo le disposizioni del D.M. del 22/11/2002.

### **6.4.3 Attività n°49**

L'attività n°49, come sopra detto, rappresenta i gruppi per la produzione di energia elettrica sussidiaria con motori endotermici di potenza complessiva superiore a 25 kW. Il numero di gruppi installati nell'edificio è pari a 1.

Il gruppo è installato in apposito locale inserito nella volumetria del fabbricato ed in particolare è ubicato al 1° Piano Interrato. Poiché il gruppo è ubicato al primo piano interrato, il piano di calpestio è ubicato a quota -7.00 non inferiore a 5 m al di sotto del piano di riferimento.

#### **6.4.3.1 Caratteristiche locale**

Il locale ha le seguenti caratteristiche:

- Almeno una parete, di lunghezza non inferiore al 15% del perimetro;
- Le strutture orizzontali e verticali hanno una resistenza al fuoco di R/REI-EI 120.

L'altezza libera interna dal pavimento al soffitto è pari a 6 m non inferiore, quindi, a 2,50 m con un minimo di 2,00 m sottotrave.

Le distanze tra un qualsiasi punto esterno del gruppo e dei relativi accessori e le pareti verticali ed orizzontali del locale, permettono l'accessibilità agli organi di regolazione, sicurezza e controllo nonché la manutenzione ordinaria e straordinaria secondo quanto prescritto dal costruttore del gruppo.

Le porte del locale sono apribili verso l'esterno, incombustibili e munite di congegno di auto-chiusura del tipo REI 120.

Le aperture di aerazione sono realizzate sul solaio di copertura e hanno superficie non inferiore a 1/20 della superficie del locale:

- Superficie locale = 60,50 m<sup>2</sup>;
- Superficie di aerazione = 3,60 m<sup>2</sup>.

### **6.4.3.2 Caratteristiche gruppo**

Il gruppo è alimentato a Gasolio direttamente da un serbatoio incorporato. L'alimentazione avviene per circolazione forzata. Il serbatoio incorporato presenta una capacità di 200 l, risulta saldamente ancorato all'intelaiatura, protetto contro urti, vibrazioni e calore. Il rifornimento avviene a gruppo fermo. Poiché la capacità del serbatoio del gruppo è superiore a 120 l, ed è installato nella volumetria dei fabbricati, tale rifornimento avviene tramite sistema di tubazioni fisse aventi origine all'esterno dell'edificio. I serbatoi inoltre sono dotati di valvola limatrice di carico al 90% della capacità dei medesimi. Poiché il gruppo è alimentato con carburante di categoria C (olio combustibile) da serbatoio incorporato di capacità inferiore a 120 l, il rifornimento del serbatoio è effettuato con recipienti portatili del tipo approvato secondo la vigente normativa.

Il gruppo è dotato di marcatura CE e di dichiarazione CE di conformità secondo quanto previsto dalle direttive applicabili. I dispositivi e i materiali accessori sono certificati secondo le normative vigenti.

### **6.4.3.3 Impianti**

Gli impianti e i dispositivi d'installazione, sono eseguiti a regola d'arte in base alla normativa tecnica vigente.

Il pulsante di arresto di emergenza del gruppo è duplicato all'esterno del locale, in posizione facilmente raggiungibile ed adeguatamente segnalata, e attiva anche il dispositivo di sezionamento esterno dei circuiti elettrici interni al locale alimentati non a bassissima tensione di sicurezza.

#### **6.4.3.4 Mezzi di estinzione portatili**

Essendo la potenza del gruppo inferiore a 800 kW, è prevista l'installazione in posizione segnalata e facilmente raggiungibile di n° 1 estintori portatili di tipo omologato per fuochi di classe 21-A, 113 B-C con contenuto di agente estinguente non inferiore a 6 kg.

#### **6.4.3.5 Segnaletica di sicurezza**

La segnaletica di sicurezza è conforme al D.Lgs. n. 81/2008. Per concludere si rimanda agli elaborati della presente relazione:

Allegati tavole da 27 a 29

# 7 : Il contesto climatico

## 7.1 Introduzione

Al fine di una buona progettazione è indispensabile uno studio degli andamenti giornalieri e annuali dei parametri climatici per la zona d'insediamento. L'elaborazione dei grafici relativi è quindi da considerarsi basilare per le scelte tecniche e architettoniche successive.

Le specifiche caratteristiche climatiche influiscono, infatti, sulla progettazione di un edificio sotto gli aspetti morfologici, tecnologici, di orientamento e costituiscono un valido spunto per l'utilizzo di sistemi passivi. L'analisi climatica è pertanto finalizzata al raggiungimento del comfort all'interno dell'edificio limitando al minimo l'utilizzo di impianti che comportino un consumo eccessivo di energia proveniente da fonti convenzionali. Per far ciò l'edificio deve quindi rapportarsi con l'ambiente esterno tenendo presente che quest'ultimo varia le proprie condizioni a seconda del sito e del periodo stagionale. Un edificio deve disperdere quantità minime di calore, captare ed accumulare energia solare durante le ore diurne del periodo invernale e respingere le radiazioni solari durante la fase estiva. I parametri di cui si deve tener conto sono quindi: la temperatura dell'aria, il vento, l'umidità relativa, l'irraggiamento solare, la localizzazione e l'orientamento dell'edificio.

## 7.2 Dati geografici del sito di progetto

Località: Tirano

Altitudine: 450 s.l.m.

Latitudine: 46°12'58''68 N

Longitudine: 10°10'8''04 E

Zona climatica: E

## 7.3 Temperature

Estrapolando i dati riguardanti i valori medi mensili della temperatura media giornaliera dalla norma UNI10349 in riferimento alla città di Sondrio, si procede come da normativa alla modifica di tali valori tramite la formula:

$$\theta_e = \theta_{e,r} - (z - z_r) * \delta$$

Dove:

- $\theta_{e,r}$  è la temperatura nella località di riferimento (Sondrio)
- $z$  è l'altitudine s.l.m. della località considerata (Tirano = 450 m.s.l.m.)
- $z_r$  è l'altitudine della località di riferimento (Sondrio = 307 m.s.l.m.)
- $\delta$  è il gradiente verticale della temperatura che nel nostro caso risulta 1/178 [°C/m]

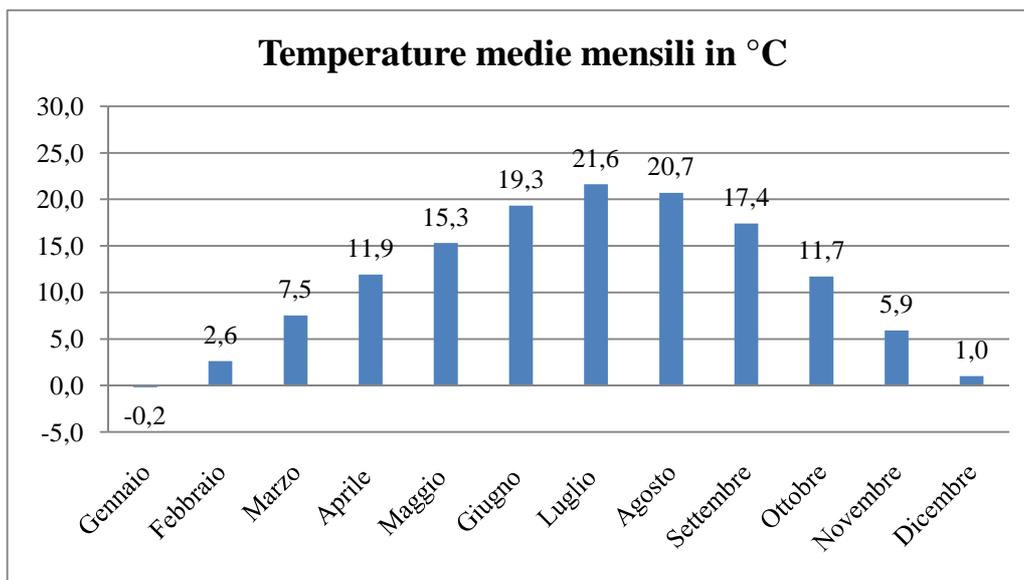


Figura 7.1 - Temperature medie mensili UNI 10349 per il comune di Tirano

Osserviamo su questa curva che la temperatura media mensile conosce prima una fase di crescita, nel primo semestre dell'anno, per raggiungere un massimo nel mese di luglio, e poi segue un andamento decrescente nel secondo semestre, per arrivare ad un minimo in gennaio. I periodi più freddi e quelli più caldi non corrispondono a quelli di massima e minima elevazione solare. Questo si può spiegare con l'inerzia termica della Terra, che si comporta

come un accumulatore di freddo o di caldo, e quindi ritarda i periodi di minima o massima temperatura rispetto ai solstizi in giugno e dicembre.

Inoltre, come si evince dal grafico, il periodo con la temperatura media giornaliera dell'aria esterna al di sopra dei 20° C va da luglio ad agosto; questo è quindi l'intervallo di tempo annuale in cui è necessario cercare di abbassare la temperatura interna mediante opportune schermature e ventilazioni, naturali o forzate. Dall'altra parte vi è il periodo dei mesi fra ottobre e maggio in cui le temperature sono inferiori a quelle di comfort e in cui sarà opportuno minimizzare le dispersioni e aumentare i guadagni solari.

Volendo effettuare un confronto tra le temperature ricavate con la normativa e quelle registrate per il vicino comune di Sondrio per gli anni 2009-2010-2011 si costruisce il seguente grafico:

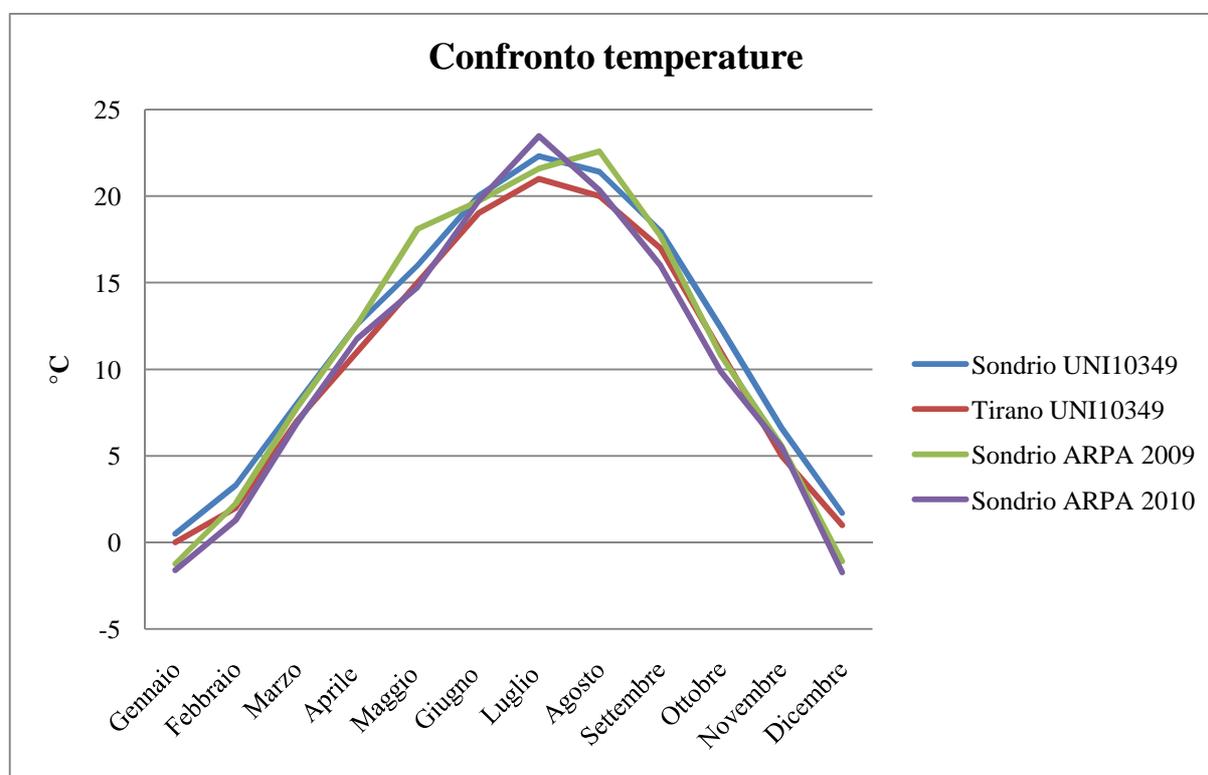


Figura 7.2 - Confronto temperature

Osservando il grafico si può notare come le temperature misurate a Sondrio per gli anni 2009-2010 si discostino di poco da quelle ricavate dalla normativa a meno dei mesi di gennaio e dicembre dove sono state registrate temperature più basse per i rilevamenti ARPA, si potrà comunque far riferimento alla normativa per le successive analisi.

### 7.3.1 Temperature medie mensili

Nel seguente grafico si analizzano le temperature medie massime e minime per la città di Tirano.

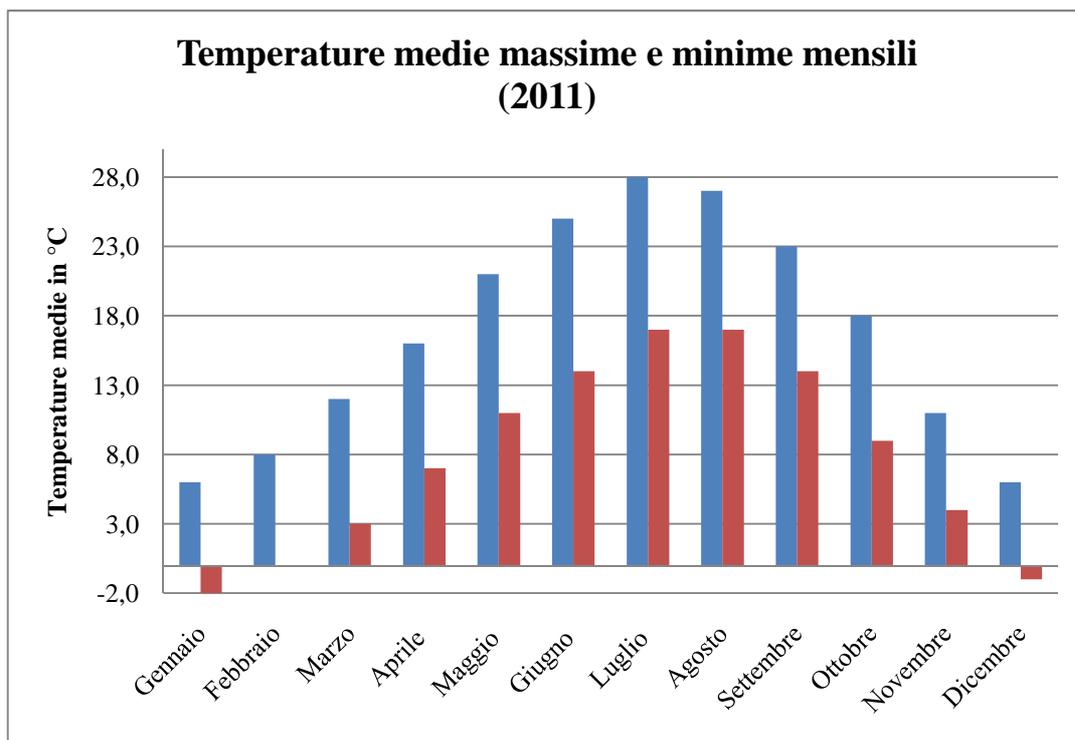


Figura 7.3 - Temperature medie massime e minime per l'anno 2011

Osservando il grafico si evince che la temperatura media più bassa si registra nel mese di gennaio (-2,0 °C). Per dimensionare l'isolamento termico si deve però far riferimento ad una temperatura di -5,0 °C come impone la normativa. I gradi giorno per la città di Tirano sono 2.696 e quindi la fascia climatica di appartenenza è la E.

Per quanto riguarda la progettazione in fase estiva si deve far riferimento alla distribuzione giornaliera delle temperature nella giornata più calda dell'anno.

Attraverso la norma UNI 10349 è possibile calcolare la distribuzione delle temperature all'interno di una giornata conoscendo la temperatura massima e minima e utilizzando la seguente tabella riguardante il fattore di distribuzione  $F(t)$  della temperatura:

<b>Ora</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>F(t)</b>	0,87	0,92	0,96	0,99	1	0,98	0,93	0,84	0,71	0,56	0,39	0,23
<b>Ora</b>	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
<b>F(t)</b>	0,11	0,03	0	0,03	0,1	0,21	0,34	0,47	0,58	0,68	0,76	0,82

Applicando poi la formula:

$$\theta(t) = q_{\max} - F(t) \cdot \Delta q_{\max}$$

Dove:

- $q_{\max}$  è la temperatura massima giornaliera dell'aria esterna
- $\Delta q_{\max}$  è l'escursione giornaliera dell'aria esterna

Si ottiene dunque il seguente grafico che restituisce la distribuzione delle temperature della giornata più calda ( $q_{\max} = 30^{\circ}\text{C}$  e  $\Delta q_{\max} = 14^{\circ}\text{C}$ ):

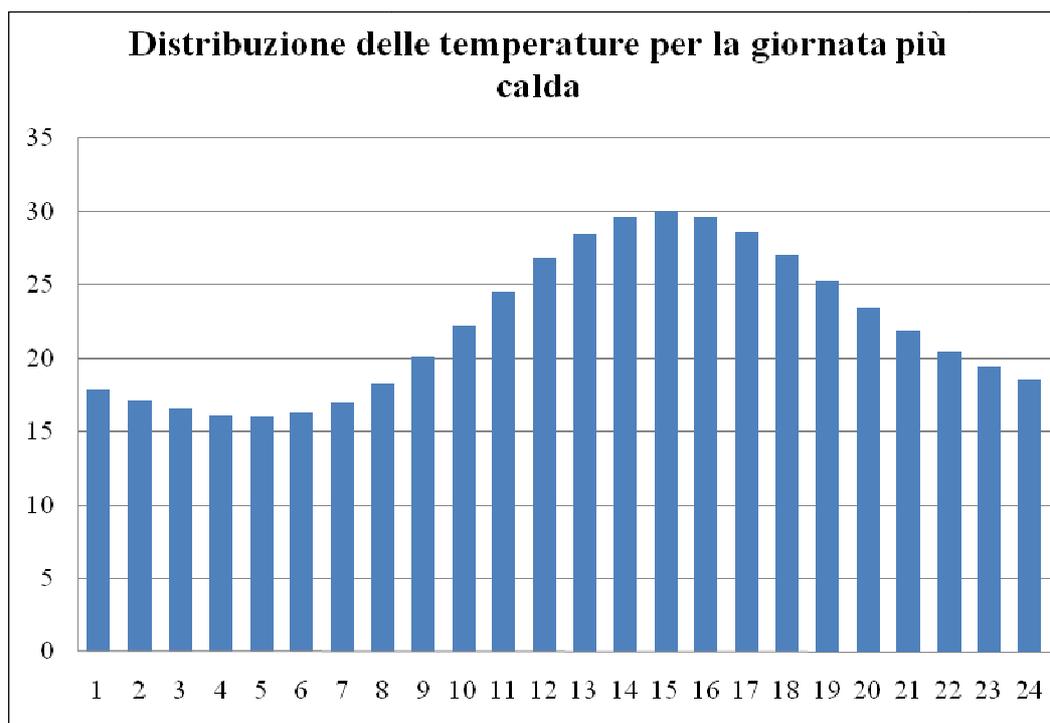


Figura 7.4 - Distribuzione delle temperature per la giornata più calda

## 7.4 Venti

Attraverso la normativa UNI 10349 e il sito di windfinder.com abbiamo ricavato i seguenti dati per il comune di Tirano:

- Zona di vento: 1
- Velocità giornaliera del vento, media annuale: 0,8 [m/s]
- Direzione prevalente: SW

In seguito sono stati inseriti i seguenti grafici relativi all'anno 2011:

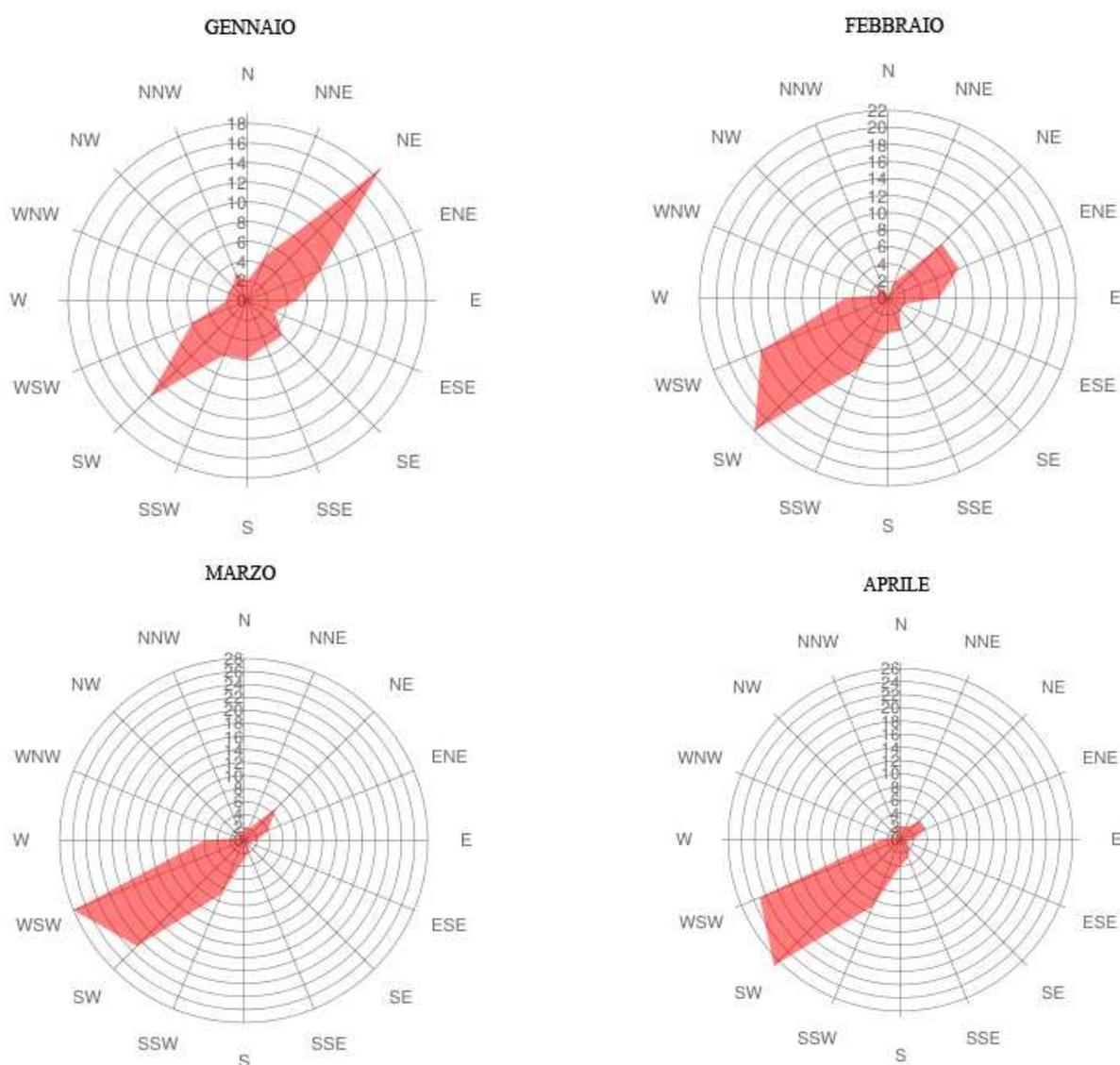


Figura 7.5 - Grafici velocità e direzione vento

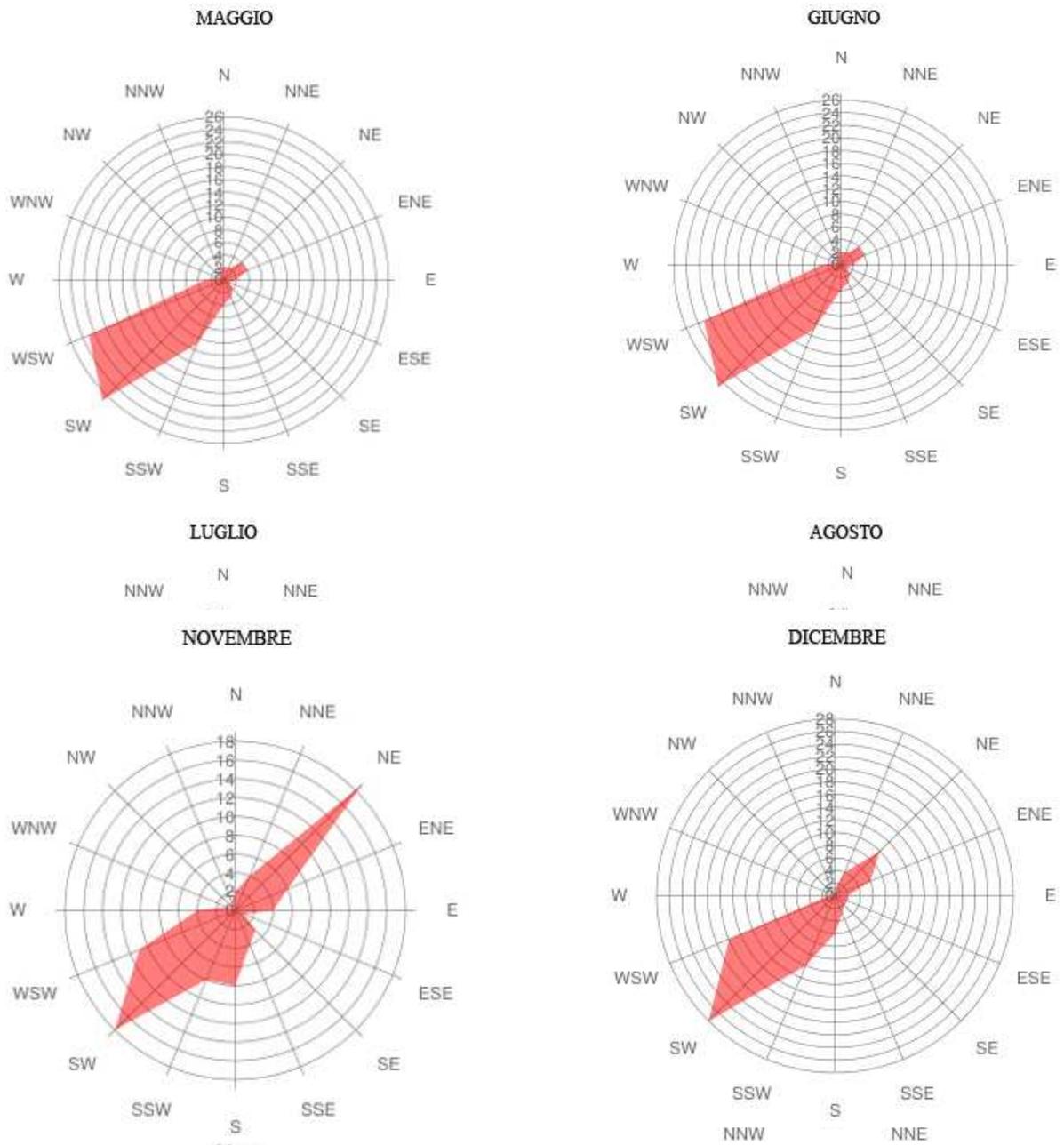


Figura 7.7 - Grafici velocità e direzione vento



la piovosi  
sito dell' /

Figura 7.6 - Grafici velocità e direzione vento

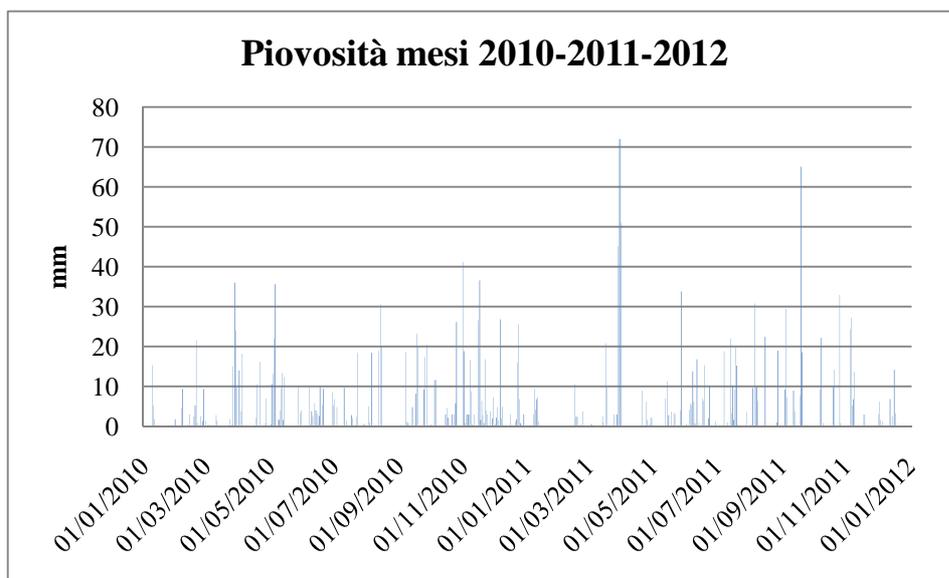


Figura 7.8 - Piovosità nel comune di Sondrio in mm

Per quanto riguarda la neve, in genere si aggira intorno ai 20 cm anche se la nevicata dei giorni che vanno dal 30 Novembre al 1 Dicembre 2010 ha segnato un record di 35 cm.

## 7.6 Umidità relativa

Come si nota dal grafico seguente l'umidità relativa conosce due andamenti distinti nel corso dell'anno, uno decrescente per i mesi che vanno da Novembre ad Aprile ed uno crescente per i mesi da Maggio ad Ottobre.

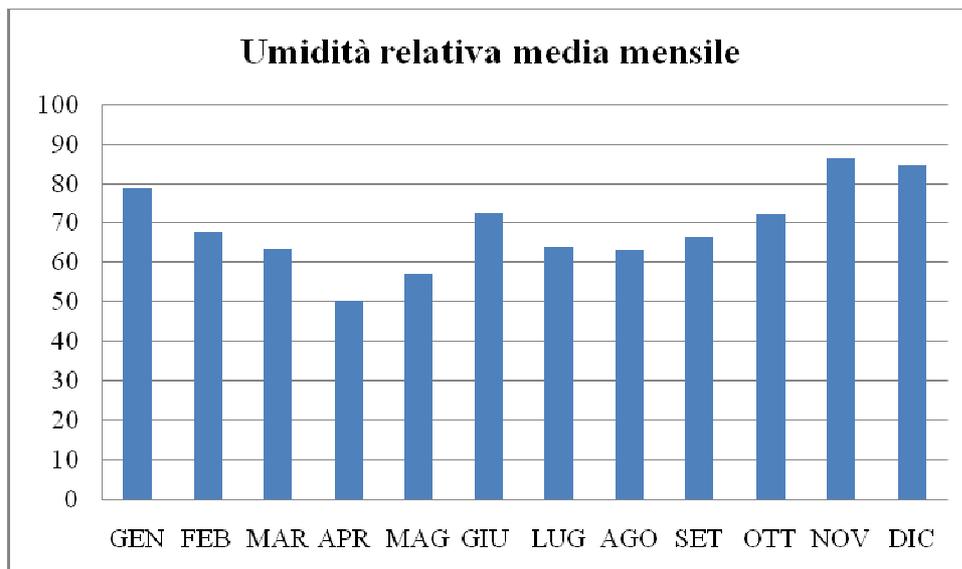


Figura 7.9 - Umidità relativa % giornaliera stazione di Sondrio per l'anno 2011

## 7.7 Irradiazione

Con il termine irradiazione si intende il rapporto tra l'energia radiante incidente su una superficie e la superficie stessa. I dati sono reperibili dalla norma UNI 10349 per le principali città italiane, si farà quindi riferimento alla città di Sondrio, città più vicina.

## 7.7.1 Irradiazione sul piano orizzontale

Dalla normativa UNI 10349 sono stati estrapolati i valori d'irradiazione diretta, diffusa e totale per il vicino comune di Sondrio.

Mesi	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
<b>Hbh (diretta)</b>	3,2	5,7	9,6	11,4	13,8	14,4	14,6	13,4	10,8	6,4	4,2	2,7
<b>Hdh (diffusa)</b>	2,3	3,2	4,6	6,4	7,6	8,2	7,8	6,7	5,1	3,7	2,5	2
<b>Totale</b>	5,5	8,9	14,2	17,8	21,4	22,6	22,4	20,1	15,9	10,1	6,7	4,7

Tabella 7.1 - Valori d'irradiazione diretta, diffusa e totale per il comune di Sondrio

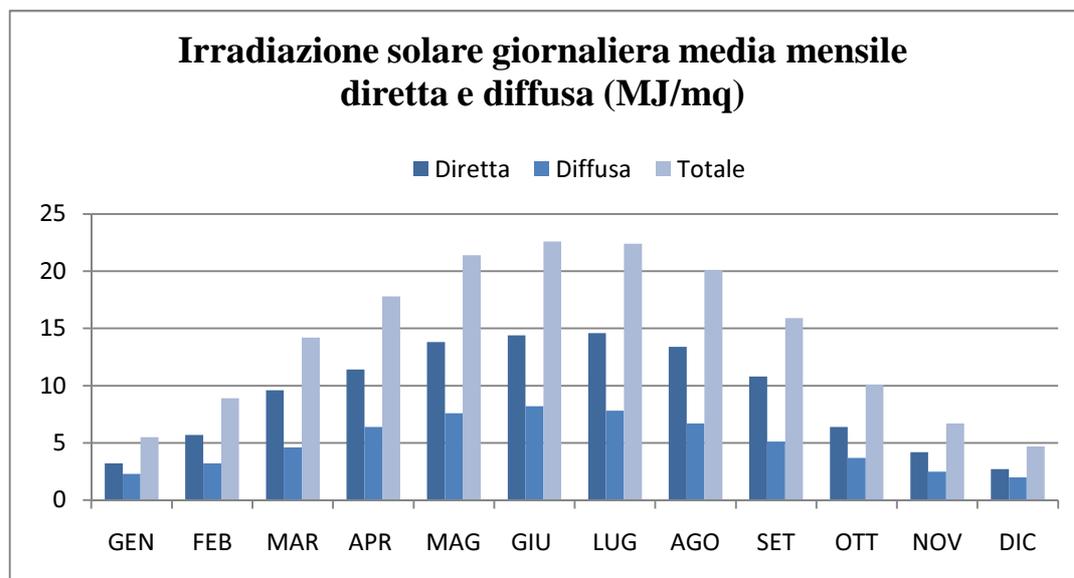


Figura 7.10 - Andamento dell'irradiazione solare giornaliera media mensile diretta e diffusa sul piano

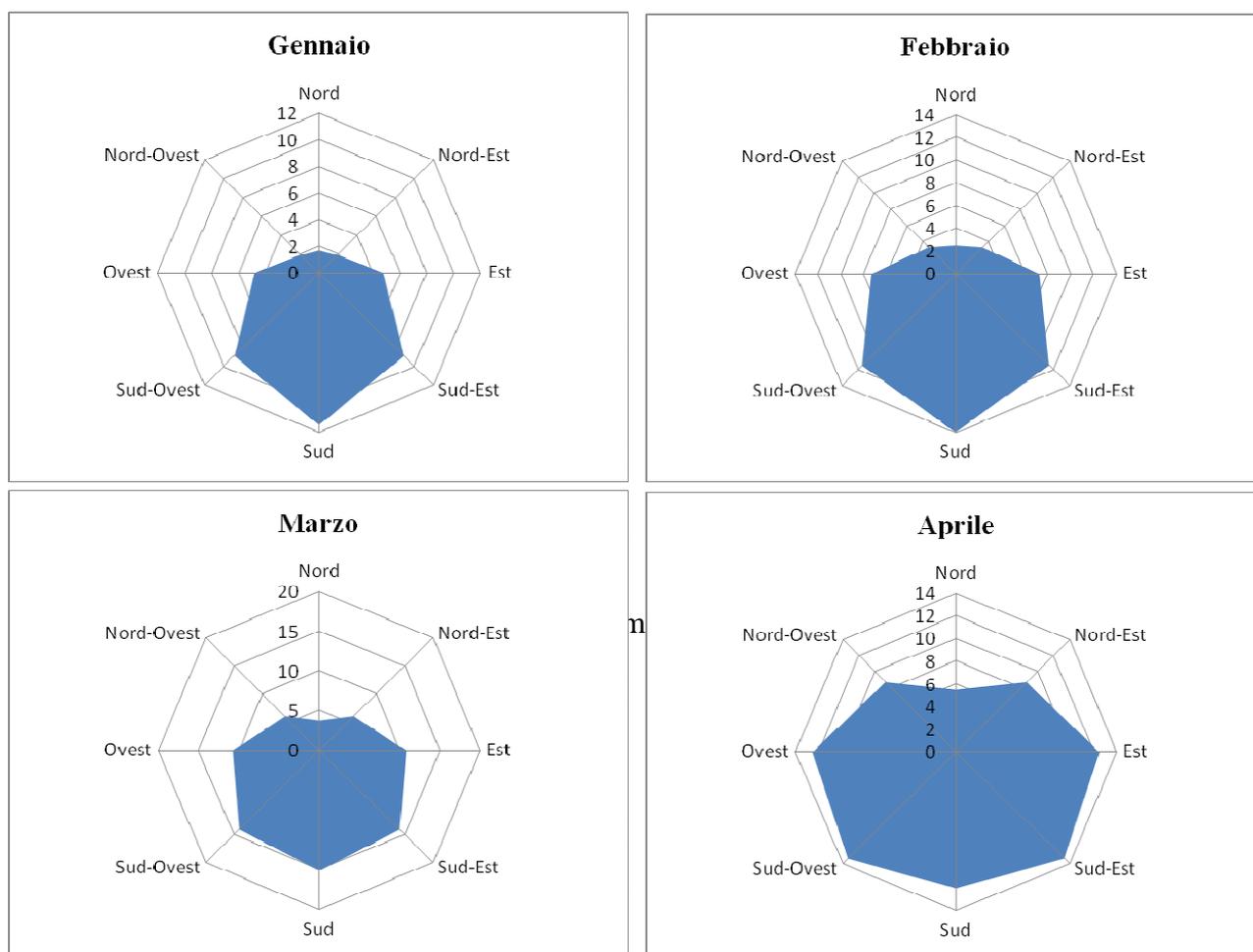
Come si evince dal grafico il mese con l'irradiazione diretta maggiore è giugno in quanto il sole si trova in una posizione più alta nel cielo.

## 7.7.2 Irradiazione sul piano verticale

Dai dati forniti dalla normativa abbiamo costruito la seguente tabella riassuntiva ed i rispettivi grafici.

MJ/mq	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
<b>Nord</b>	1,7	2,5	3,7	5,5	8	9,5	8,9	6,5	4,2	2,9	1,9	1,5
<b>Nord-Est</b>	1,9	3,3	6	8,7	11,3	12,4	12,1	10,1	7,1	4	2,3	1,6
<b>Est</b>	4,8	7,3	10,8	12,5	14,3	14,7	14,8	13,9	11,8	8	5,8	4,1
<b>Sud-Est</b>	8,9	11,5	14,1	13,3	13,3	12,8	13,2	13,9	14,2	11,7	10,5	7,9
<b>Sud</b>	11,5	14	15,1	12	10,7	10	10,4	11,9	14,1	13,8	13,5	10,3
<b>Sud-Ovest</b>	8,9	11,5	14,1	13,3	13,3	12,8	13,2	13,9	14,2	11,7	10,5	7,9
<b>Ovest</b>	4,8	7,3	10,8	12,5	14,3	14,7	14,8	13,9	11,8	8	5,8	4,1
<b>Nord-Ovest</b>	1,9	3,3	6	8,7	11,3	12,4	12,1	10,1	7,1	4	2,3	1,6

Tabella 7.2 - Valori di irradiazione solare sul piano verticale per ogni orientamento



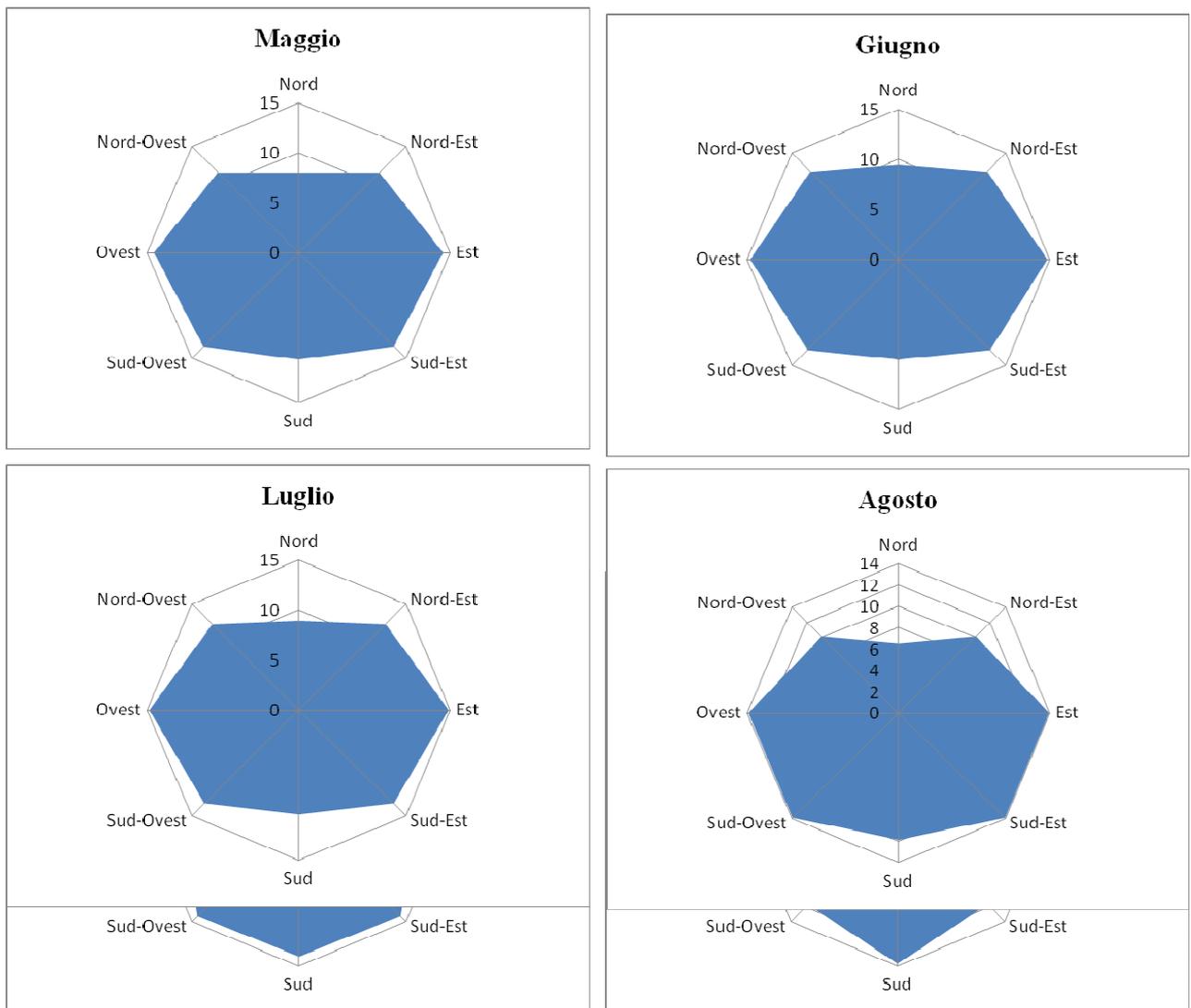


Figura 7.12 – Grafici irradiazione media mensile su ogni orientamento

Come si evince dai vari grafici i valori di irradiazione, per effetto della diversa elevazione solare e quindi della diversa traiettoria compiuta dal sole nel cielo, variano durante l'anno. Nella fase da settembre-ottobre a marzo infatti le superfici più irradiate sono quelle esposte a Sud mentre nei mesi compresi fra aprile e settembre le superfici esposte a una maggiore

irradiazione sono quelle a Ovest e a Est. Ovviamente le superfici a Nord risultano essere quelle meno irradiate in tutto il corso dell'anno.

## **8 : Progettare l'Involucro**

### **8.1 Introduzione**

Se si analizzano le normative europee relative al risparmio energetico e si valutano le efficienze energetiche degli edifici realizzati con tecniche latero cementizie a umido, si desume facilmente la necessità di nuove soluzioni il cui fine sia quello di realizzare edifici realmente sostenibili e poco energivori.

La progettazione architettonica mediante la tecnologia stratificata a secco consente di proporre metodologie progettuali e costruttive più vicine alle attuali esigenze.

Tale tecnologia si pone come alternativa efficace ai tradizionali sistemi costruttivi a umido di tipo blocco su blocco, cassero e riempimento e più in generale ai sistemi ibridi, quali i sistemi latero cementizi.

La costruzione stratificata a secco, denominata anche S/R (Struttura-Rivestimento), minimizza l'uso dei materiali, consente una progettazione mirata ai reali requisiti di qualità ed alte prestazioni di risparmio energetico, fa uso di prodotti di derivazione industriale di alta qualità e certificati, e consente una grande libertà di espressione architettonica ed estetica, libera da vincoli di sistemi prefabbricati.

In particolare la stratificazione a secco permette di realizzare una tecnologia d'involucro più avanzata dal punto di vista dei nessi funzionali. L'involucro è, infatti, la porzione dell'organismo edilizio che maggiormente si presta ad essere indagato per la complessità dei temi progettuali coinvolti. In esso è compreso il problema della giunzione tra telaio e tamponamento, della coibentazione termica e acustica, dell'impermeabilità, della captazione solare attiva e passiva, della resistenza meccanica e della stabilità. L'assemblaggio a secco, grazie alle sue estese possibilità combinatorie e alla vastità di proposte provenienti dal mercato dell'industria edilizia, permette di sviluppare un'ampia campionatura di soluzioni tecniche e facilita la costituzione di un metodo di progettazione integrata che può proporre soluzioni tecniche combinatorie.

Dalla crisi energetica degli anni '70, sulla relazione tra edificio e clima si sono succedute diverse fasi di ricerca, sperimentazione e applicazione, che hanno visto integrarsi progressivamente l'applicazione di principi fisici con le caratteristiche dei luoghi, i materiali, le forme e le configurazioni edilizie al fine di raggiungere situazioni ottimali di microclima interno agli edifici, riducendo al minimo l'applicazione dei sistemi impiantistici tradizionali. Le tecnologie e i sistemi sperimentali messi a punto, erano verificati con metodologie basate su calcoli e regole di matrice matematica e fisica, orientate esclusivamente per formulare valutazioni di tipo energetico, economico, e sostanzialmente riferibili ai consumi di gestione. Dagli anni '80 si è iniziato a parlare di approccio ecosostenibile, non solo bioclimatico. In tale ottica anche il processo di valutazione ha assunto, quindi, un carattere più completo e complesso, e ad oggi esistono diversi metodi e strumenti di valutazione basati sull'approccio esigenziale – prestazionale, che prende in considerazione, quale parametro misurabile di valutazione:

- La salvaguardia ambientale;
- L'uso razionale delle risorse;
- Benessere, igiene, salute

Le esigenze sono divise in base alle fasi del processo:

- Fase di produzione fuori opera;
- Fase di produzione in opera;
- Fase funzionale.

Più precisamente, le prestazioni a cui si presterà particolare attenzione sono quelle connesse a:

- resistenza meccanica e stabilità;
- igiene, salute ed ambiente (impermeabilità, temperatura superficiale, ecc) ;
- protezione dal rumore;
- risparmio energetico;
- uso razionale delle risorse idriche;
- controllo delle caratteristiche nocive dei materiali da costruzione

Particolare riguardo sarà riservato alla delicata relazione tra involucro edilizio, impianti per il comfort interno e risparmio energetico.

Quindi le soluzioni di assemblaggio a secco sono caratterizzate da:

- Sicurezza e durevolezza;
- Elevata compatibilità costruttiva rispetto a strutture a telaio in c.a.;
- Costo finale, comprensivo di gestione e smaltimento, competitivo con tecnologia equivalente a umido;
- Maggiore valore ambientale in termini di salvaguardia dell'ambiente e uso razionale delle risorse;
  
- Riduzione della produzione di detriti e scarti di lavorazione;
- Utilizzo di materiali riciclati o riciclabili;
- Maggiore versatilità nel ciclo di vita dell'immobile;
- Elevata possibilità di innovazione e scambio con le aziende produttrici;
- Sensibilizzazione di tutti gli attori del processo edilizio sul tema della sostenibilità ambientale;
- Tempi di messa in opera più rapidi.

Il paradigma della costruzione stratificata a secco prevede tre stadi funzionali:

- Struttura
- Involucro esterno
- Involucro interno

e una forte integrazione con l'impiantistica dell'edificio.

Per quanto concerne la struttura si predilige una struttura portante in carpenteria metallica, non solo per le capacità statiche e di leggerezza, ma anche per un semplice e contenuto inserimento degli impianti, isolamenti termici e acustici.

Inoltre la progettazione a monte della struttura e degli involucri permette la predisposizione agli impianti riducendo tempi e costi rispetto alle costruzioni tradizionali in latero-cemento.

## **8.2 Stratigrafie**

Nei confronti delle azioni energetiche esterne, le costruzioni S/R si comportano come edifici sostenibili. Questo perché le varie stratigrafie progettate con questa metodologia ci

consentono un comportamento attivo che riesce a sfruttare l'elasticità dei pacchetti e la conformazione dei singoli materiali che lo compongono. Oltre a questo, l'utilizzo di materiali isolanti naturali quali la fibra di legno e la fibra di canapa, conferiscono un ottimo isolamento termico ma anche traspirabilità, caratteristica che riduce sensibilmente l'accumulo di condensa interstiziale. Dal punto di vista dell'ecosostenibilità, l'uso di materiali isolanti naturali riduce l'impatto ambientale sia dell'opera edilizia che del sistema produttivo in se. In questo modo, il nuovo paradigma costruttivo si traduce in una sorta di "tecnologia organica", in cui la struttura di un edificio evoca lo scheletro portante di un organismo.

Una delle caratteristiche principali degli involucri S/R è quello di essere molto leggeri e ben isolati, quindi perfetti per strategie invernali conservative. Inoltre, la rapidità di posa in opera, diminuisce le tempistiche di cantiere rendendo più efficiente il processo costruttivo. Nonostante si pensi che gli involucri S/R abbiano una scarsa inerzia termica, a causa della loro totale assenza di massa, essi presentano anche un ottimo comportamento in condizioni climatiche calde, raggiungendo tranquillamente valori di sfasamento di circa 12 ore, valore sicuramente di eccezionale risultato.

### 8.3 Descrizione pacchetti

In base a questo si possono quindi spiegare le scelte che hanno portato alla progettazione dell'involucro dell'intero fabbricato viaggiatori. Per quanto riguarda la tecnologia costruttiva adottata nei due blocchi viaggiatori, questi sono entrambi costituiti da un vano laterale in calcestruzzo armato, al cui interno sono posizionati i corpi scala, e da una maglia di pilastri portanti sempre in calcestruzzo armato che portano i solai e le due coperture.

Le chiusure verticali e orizzontali, opache e trasparenti, si differenziano a seconda delle necessità architettoniche ed energetiche. Per entrambi i blocchi della stazione ferroviaria e della stazione dei pullman si fa uso di tecnologie stratificate miste che vedono l'utilizzo di parti a secco e cemento armato gettato in opera. Entrando nello specifico, i blocchi della stazione ferroviaria e della stazione dei pullman presentano chiusure vetrate e opache costituite, nel primo caso, da un doppio vetro con gas argon in intercapedine sostenuto da reggi vetro a spider e montanti in acciaio tipo Metra, nel secondo caso, da un rivestimento esterno in fogli di rame ossidato tipo Tecu con un doppio strato di sostegno in pannelli di fibrocemento tipo Aquapanel e Tyvek interposto al fine di proteggere gli strati interni dall'acqua piovana e contemporaneamente far evaporare l'eventuale condensa generata dai cicli di caldo e freddo. A garantire il necessario isolamento termico vi è un primo strato continuo di isolante in fibra di legno tipo Hofatex Therm e un secondo strato continuo di isolante in fibra di canapa tipo La Maison Verte, di densità inferiore, posizionato tra una doppia orditura di profili a C ed U in alluminio. Infine, il rivestimento interno presenta una doppia lastra di cartongesso tipo Knauf GKB con barriera al vapore in fogli di alluminio interposta in modo da bloccare la condensa generata nei mesi invernali. I solai contro terra sono costituiti da un vespaio areato, che permette la ventilazione e le eventuali risalite d'acqua data la natura alluvionale del terreno, da uno strato portante in c.a. gettato in opera con rete elettrosaldata, uno strato di isolante termico in polistirene espanso estruso tipo UrsaFoam N III con barriera al vapore in fogli di alluminio posta al di sopra, un getto di redistribuzione dei carichi in cls alleggerito ed infine una pavimentazione sopraelevata tipo Teknofloor per consentire il passaggio degli impianti. I solai d'interpiano sono costituiti da una travatura portante in acciaio con lamiera e getto collaborante con isolante acustico nell'intercapedine generata dal controsoffitto, uno strato in cls alleggerito per passaggio impianti e uno strato di pavimentazione in piastrelle incollate su di un triplo strato in gesso rivestito tipo Knauf Pavilastra su sabbia essiccata. Per quanto riguarda la copertura vi sono tre tipologie di

pacchetto: una vetrata, una opaca non calpestabile e una opaca calpestabile. La tipologia di copertura vetrata presenta lo stesso tipo di vetro termo isolato delle pareti esterne con reggi vetro a spider portati da un'orditura di traversi in acciaio. La seconda tipologia presenta un rivestimento esterno in fogli di rame ossidato tipo Tecu, una doppia orditura di travetti in legno con isolante in fibra di legno tipo Hofatex Therm protetta da Tyvek, uno strato portante in lamiera grecata e pannelli OSB e barriera al vapore, infine un rivestimento interno in cartongesso sospeso tramite un sistema di controsoffitto con isolante in fibre di canapa tipo La Maison Verte. L'ultima tipologia, invece, è costituita da una pavimentazione in piastrelle su massetto alleggerito impermeabilizzato con guaina bituminosa, uno strato portante in lamiera e getto collaborante, un sistema di controsoffitto tipo Knauf D114 riempito d'isolante in fibra di legno tipo Hofatex Therm e isolante in fibra di canapa tipo La Maison Verte e infine un rivestimento in lastre di cartongesso.

Le partizioni interne nei due blocchi sono di due tipi, una semplice per le pareti divisorie interne ai vari locali e una con intercapedine impiantistica per le pareti che si affacciano sui rispettivi atri; entrambe sono realizzate interamente a secco con la parte portante in profili di alluminio a C ed U due doppie lastre in cartongesso a chiusura. L'isolamento acustico è garantito dalla presenza di uno strato di fibra di canapa di minimo 7,5 cm per le partizioni verticali semplici e le partizioni orizzontali fino ad un massimo di 15 cm per le partizioni verticali ad intercapedine. Il valore di assordimento acustico da impatto è 19 db, mentre la capacità fonoassorbente è compresa tra i 51 e i 55 dB.

Grazie alle scelte tecnologiche prese, quali i pavimenti sopraelevati, i controsoffitti e le intercapedini ricavate all'interno delle partizioni verticali, si è riusciti a nascondere la quasi totalità del sistema impiantistico al fine di creare un complesso tecnologico che rispettasse i desideri di qualità architettonica voluti. Fanno unica eccezione i volumi sospesi (Pad) sul lato Ovest della stazione ferroviaria dove, per motivi di tipo architettonico si è dovuto far scendere dall'alto le rete impiantistica di riscaldamento e raffrescamento.

## **8.4 Metodologia di calcolo**

Prima di mostrare le varie stratigrafie che compongono l'edificio, è bene spiegare le metodologie di calcolo utilizzate per l'ottenimento dei valori caratteristici di ognuna. Per quanto riguarda il valore di trasmittanza unitaria del singolo pacchetto, è stato ottenuto tramite la formula:

$$U = \frac{1}{\left(\frac{1}{h_i}\right) + \sum \left(\frac{s}{\lambda}\right) + \left(\frac{1}{h_e}\right)}$$

Dove

$\lambda$  = conducibilità materiale

$s$  = spessore dello strato

$h_i$  = coefficiente liminare interno

$h_e$  = coefficiente liminare esterno

Essa risulta fondamentale per i successivi calcoli delle dispersioni e dei guadagni, che hanno permesso un'ottimizzazione dell'involucro, come successivamente spiegato. Il valore dell'energia grigia non rinnovabile dell'intero pacchetto è stato ottenuto invece sommando l'energia grigia di ogni materiale, moltiplicata per lo spessore del proprio strato. Infine, i valori di sfasamento, attenuazione e la verifica per la presenza di condensa sono stati ottenuti tramite l'utilizzo di software adeguati come J-Vap e J-Tempest. Per quanto riguarda invece il rispetto dei valori dei vari pacchetti che compongono l'edificio, secondo il Dlgs 311-06 è necessario rispettare determinati valori di trasmittanza termica delle varie chiusure. Essendo situato a Tirano, i valori da rispettare, che sono quelli per la zona climatica di fascia E, sono:

- U C.O.V.  $\leq 0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$
- U C.T.V.  $\leq 1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$
- U C.O.O. COPERTURA  $\leq 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$
- U C.O.O. PAVIMENTI  $\leq 0,33 \text{ W/m}^2\text{K}$

Oltre a questo, gli altri riferimenti normativi sono stati:

UNI EN ISO 10355 :1994 Murature e solai. Valori della resistenza termica e metodo di calcolo;

UNI EN ISO 6946: 1999 Resistenza termica e trasmittanza termica, metodo di calcolo;

## 8.5 Pacchetti

Vengono quindi allegare tutte le principali stratigrafie dell'edificio, con i valori di tutti i parametri spiegati prima:

- C.T.V.01 – Chiusura Trasparente Verticale isolata blocchi stazione e pullman
- C.O.V.01 – Chiusura Opaca Verticale composita con rivestimento in fogli di rame
- C.O.V.02 – Chiusura Opaca Verticale in c.a. con rivestimento in fogli di rame vani scala
- C.O.V.03 – Chiusura Opaca Verticale composita con rivestimento in fogli di rame Pad
- C.T.O. 01 – Chiusura Trasparente Orizzontale isolata blocchi stazione e pullman
- C.O.O.01 – Chiusura Opaca Orizzontale contro terra areata blocchi stazione e pullman
- C.O.O.02 – Chiusura Opaca Orizzontale composita con rivestimento in fogli di rame Pad
- C.O.O.03 – Chiusura Opaca Orizzontale composita su spazi aperti Pad
- C.O.O.04 – Chiusura Opaca Orizzontale composita con rivestimento in fogli di rame blocchi stazione e pullman
- C.O.O.05 – Chiusura Opaca Orizzontale composita su spazi aperti blocchi stazione e pullman
- C.O.O.06 – Chiusura Opaca Orizzontale composita su spazi aperti blocco stazione
- P.O.V.01 – Partizione Opaca Verticale in cartongesso doppia orditura con intercapedine
- P.O.V.02 – Partizione Opaca Verticale in cartongesso semplice
- P.O.V.03 – Partizione Opaca Verticale in c.a. con contro parete in cartongesso vani scala
- P.O.V.04 – Partizione Opaca Verticale in cartongesso doppia orditura con intercapedine e rivestimento in pietra
- P.O.V.05 – Partizione Opaca Verticale composita con rivestimento in fogli di rame Pad
- P.O.O.01 – Partizione Opaca Verticale composita zona ristorante
- P.O.O.02 – Partizione Opaca Verticale composita con rivestimento in rame locali biglietteria, wc e negozio scarpe

## 8.6 Certificazione energetica

Date le attuali modifiche riguardanti l'efficienza energetica degli edifici quali il Dgls. del 3 marzo 2011, n. 28, si è ritenuto importante determinare la classe energetica di appartenenza di almeno uno dei due blocchi attraverso il calcolo del fabbisogno energetico espresso in Kwh/m<sup>2</sup> annuo. Il blocco scelto è stato quello della stazione ferroviaria (blocco nord) essendo quello con la maggior superficie vetrata e la maggior esposizione solare. Per effettuare i calcoli è stato utilizzato il software di Casa Clima. Di sotto sono riportati i principali valori di superfici, volumetrie e ricambi d'aria orari.

Superficie utile lorda [m <sup>2</sup> ]	Superficie utile netta [m <sup>2</sup> ]	N° ricambi d'aria all'ora
802	762	0,5

Volume utile lordo [m <sup>3</sup> ]	Volume utile netto [m <sup>3</sup> ]
7699	6159

Di seguito è riportata la tabella riassuntiva dedotta dai dati ricavati dal programma.

# CERTIFICAZIONE ENERGETICA

Oggetto	E.1.1(1)2) - Edificio Purifamiliare		
Utilizzo Edificio	Costruzione Leggera		
Tipo di Costruzione	LECCO LC (Italia)		
Dati Climatici Comune			
Differenza di Altitudine Rispetto al Municipio	m	AH	0
Superficie lorda riscaldata nei piani	m <sup>2</sup>	BGF <sub>B</sub>	802
Superficie netta riscaldata nei piani	m <sup>2</sup>	NSF <sub>B</sub>	792
Volume lordo riscaldato dell'edificio	m <sup>3</sup>	V <sub>B</sub>	7899
Volume netto riscaldato dell'edificio	m <sup>3</sup>	V <sub>N</sub>	6159
Peso specifico dell'aria	kg/m <sup>3</sup>	P <sub>a</sub>	1,225
Capacità termica specifica dell'aria	J/kgK	C <sub>a</sub>	1006
Numero giorni riscaldamento (periodo riscaldamento)	de	HT	183
Temperatura media interna	°C	θ <sub>i</sub>	20
Temperatura esterna di progetto	°C	θ <sub>e</sub>	-10
Temperatura media esterna (periodo riscaldamento)	°C	θ <sub>me</sub>	3
Gradigono (periodo riscaldamento)	Kd/a	HGT	2755
Potenza termica media degli apporti di calore interni	W/m <sup>2</sup>	q <sub>i</sub>	3,5
Grado di utilizzo degli apporti di calore		η	0,9
Numero Minimo di Persone		n	21
Capacità termica specifica dell'acqua	KJ/kgK	C <sub>p,wa</sub>	4,186
Consumo di Acqua Calda in litri per Persona e Giorno		f <sub>wa</sub>	25

EFFICIENZA INVOLUCRO			
<b>Involucro edilizio</b>			
Superficie disperdente cell/involucro	A <sub>s</sub> =	0,9	m <sup>2</sup>
Rapporto superficie disperdente cell/involucro / volume lordo riscaldato	A <sub>V</sub> =		1/m
<b>Coefficiente medio di trasmissione</b>			
Coefficiente medio di trasmissione dell'involucro cell/edificio	U <sub>m</sub> =	0,6	W/(m <sup>2</sup> K)
<b>Guadagni e perdite energetiche riferite al comune di ubicazione</b>			
Perdita di calore per trasmissione durante il periodo di riscaldamento	Q <sub>T</sub> =	76876	KWh/a
Perdita di calore per ventilazione durante il periodo di riscaldamento	Q <sub>V</sub> =	66526	KWh/a
Guadagni per carichi interni durante il periodo di riscaldamento	Q <sub>I</sub> =	27300	KWh/a
Guadagni termici solari durante il periodo di riscaldamento	Q <sub>S</sub> =	76876	KWh/a
Rapporto tra guadagni termici e perdite di calore	Y =	52	%
<b>Fabbisogno energetico e potenza termica</b>			
	Scordic (Italia)	<b>CasaClima Standard</b>	
Grado di utilizzo degli apporti di calore	n =	0,9	0,9
Fabbisogno di calore per riscaldamento nel periodo di riscaldamento	Q <sub>h</sub> =	29180	KWh/a
Potenza di riscaldamento dell'edificio	P <sub>req</sub> =	234	KW
Potenza specifica di riscaldamento riferita alla superficie netta	P <sub>req</sub> <sup>1</sup> =	304	W/m <sup>2</sup>
Fabbisogno di calore per riscaldamento specifico riferito alla superficie netta	H <sub>WB,NSF,wh</sub> =	49,8	KWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>EFFICIENZA INVOLUCRO</b>			
CasaClima			
<b>Oro</b>			
CasaClima			
<b>A</b>			
CasaClima			
<b>B</b>			
Standard minimo			
<b>C</b>			
Standard casa esistenti			
<b>D</b>			
Standard casa esistenti			
<b>E</b>			
Standard casa esistenti			
<b>F</b>			
Standard casa esistenti			

B KWh/(m<sup>2</sup>a)  
 Classe certificazione non sottile con i dati tecnici energetici

# 9 : Analisi illuminotecnica

## 9.1 Introduzione

La progettazione della quantità e della qualità della luce in modo tecnico, programmato e non empirico è recente, anche se in realtà già con la cultura barocca, si può parlare di illuminotecnica, in quanto il legame esistente tra architettura e luce, intesa come elemento scenografico è molto profondo. Si tratta, però, in questo caso, di un'illuminotecnica intuitiva, legata all'esperienza acquisita dall'ingegnere-architetto e alla sua sensibilità. Lo sviluppo sempre più intenso delle sorgenti luminose con la conseguente realizzazione di una gamma estremamente ampia di apparecchi di illuminazione hanno contribuito a trasformare una componente marginale del progetto in una disciplina completamente autonoma affrontata da specialisti.

L'illuminotecnica deriva i suoi principi fondamentali e le grandezze in gioco dalla fotometria, disciplina che studia la luce in funzione dello stimolo prodotto sull'occhio umano. Queste sono le grandezze fondamentali da conoscere:

a) Flusso luminoso [lm]: Questa grandezza indica la quantità di energia luminosa emessa nell'unità di tempo (1 secondo) da una sorgente. Per energia luminosa si intende, per convenzione, quella emessa nell'intervallo da 380 a 780 nm.

b) Intensità luminosa [candela [cd = lm / sr]]: Indica la quantità di flusso luminoso emessa da una sorgente all'interno dell'angolo solido unitario in una direzione data.

c) Illuminamento [ lux (lx = lm / m<sup>2</sup>) ] : È il rapporto tra il flusso luminoso ricevuto da una superficie e l'area della superficie stessa. In altre parole indica la quantità di luce che colpisce un'unità di superficie.

d) Luminanza [ Unità di misura: candela / m<sup>2</sup> (cd / m<sup>2</sup>) ] : È il rapporto tra l'intensità luminosa emessa da una superficie in una data direzione e l'area apparente di tale superficie. L'area apparente è la proiezione della superficie su un piano normale alla direzione considerata. In pratica indica la sensazione di luminosità che si riceve da una sorgente luminosa primaria o secondaria. (Si dice sorgente primaria un corpo che emette direttamente radiazioni; si dice sorgente secondaria un corpo che riflette le radiazioni emesse da una sorgente primaria). È importante avere ben chiara la differenza esistente tra illuminamento e luminanza. Se la prima grandezza indica la quantità di luce, emessa da una sorgente, che colpisce la superficie

considerata, la seconda indica la sensazione di luminosità che riceviamo da questa superficie; ciò vuol dire che su due superfici, una bianca e l'altra nera, possiamo avere lo stesso valore di illuminamento, ad esempio 500 lux, ma la sensazione di luminosità ricevuta, e quindi la luminanza, sarà completamente differente, in quanto quelle due superfici riflettono la luce in modo diverso. Nella progettazione illuminotecnica è necessario conoscere adeguatamente le une e le altre. L'efficacia di un progetto di illuminazione è il risultato ottenuto dallo sviluppo di due differenti analisi: o quantitativa, data dalla determinazione del numero di sorgenti luminose e loro posizionamento; o qualitativa, data dalla scelta del tipo di luce più adatto a svolgere una determinata attività e dalla sua distribuzione nello spazio.

La luce non è sempre uguale. Può essere più o meno bianca, fredda oppure calda. I colori delle cose appaiono differenti, variando il tipo di sorgente luminosa utilizzata.

## 9.2 Condizioni del cielo

La luminanza del cielo è una delle caratteristiche di base da prendere in considerazione quando si studia le condizioni pre-esistenti del sito. Il clima locale, con i relativi gradi associati dell'annuvolamento, è un fattore decisivo. Ci sono diversi possibili modelli per la luminanza del cielo da prendere in considerazione, come le condizioni ambientali preesistenti di un posto. Come approccio di analisi si sono considerati due casi fondamentali:

CIE cielo coperto: Questo è un modello standard per cieli coperti, che provvedono un migliore approccio con la realtà, in quando la luminanza varia con l'altezza.

Cielo sereno: Nel caso di un cielo sereno, la migliore strategia è considerare solo le incidenze dirette del sole, con intensità nell'ordine di  $100,000 \text{ cd/m}^2$  e la posizione corrispondente al periodo dell'anno ed il giorno.

### 9.3 Gli obiettivi

Al contrario della luce artificiale, progettare con la luce naturale è molto più complesso e imprevedibile. La luce naturale non solo varia in funzione delle ore del giorno e del periodo dell'anno, ma è strettamente vincolata alle forme architettoniche e all'orientamento dell'edificio.

L'obiettivo che ci si è posto, è quello di un'analisi in scala sempre più accurata, che inizia con uno studio delle ombre dell'intero fabbricato viaggiatori, per poi andare sempre più nel dettaglio concentrandosi sui principali locali interni come i volumi sospesi (Pad). Nonostante non sia possibile, tramite la simulazione, fornire risultati perfettamente fedeli alla realtà, il calcolo di verifica puntuale è in grado di creare modelli che valutano matematicamente le condizioni di luce naturale di ogni singola stanza, e determinare l'impatto della luce sia dal punto di vista architettonico, sia dal punto di vista del comfort visivo.

L'obiettivo della verifica di calcolo è quello di dimostrare come nei Pad la presenza di luce naturale in ingresso sia funzionale e restituisca una soluzione ambientale confortevole per i fruitori del locale oggetto di verifica.

La luce naturale deve concretizzarsi come l'illuminazione di fondo del locale al fine di creare un'atmosfera confortevole. A tal fine risulta indispensabile la considerazione di diversi fattori quali il FLDm, l'Em distribuito sul piano utile di lavoro, la presenza di aree omogenee di illuminamento e la mancanza di zone di abbagliamento molesto.

Occorre però osservare che essendo il valore di FLDm un parametro puramente geometrico, che non tiene conto dell'esposizione e della variabilità della radiazione luminosa nell'arco della giornata e delle stagioni, esso è solo parzialmente significativo. Il fattore medio di illuminazione diurna FLDm rappresenta infatti il rapporto tra l'illuminamento medio dell'ambiente e l'illuminamento che si otterrebbe nelle stesse condizioni su una superficie orizzontale esterna che riceve luce dall'intera volta celeste senza irraggiamento diretto. Il livello di illuminamento da luce naturale Em in ambienti confinati dipende invece dalla località, dall'orientamento dell'edificio, dalle caratteristiche delle superfici vetrate, dalle caratteristiche di riflessione interne e da elementi ostruenti esterni. Da ciò si desume che, qualora il requisito normativo (FLDm) non sia pienamente soddisfatto, possano comunque verificarsi durante l'anno (nei giorni di massimo soleggiamento e minimo soleggiamento) situazioni in cui il comfort luminoso all'interno del locale risulta comunque accettabile e viceversa.

Qualora il requisito non sia pienamente soddisfatto occorre valutare dunque se la distribuzione dell'illuminamento risulti comunque confortevole, soprattutto se posta a confronto con una situazione di illuminamento esclusivamente artificiale, considerando uno stretto rapporto di integrazione e uso congiunto di luce naturale ed artificiale.

## **9.4 Software per il calcolo**

I calcoli e le analisi sono stati eseguiti con l'impiego dei software illuminotecnici Ecotect e Daylight Visualizer. Questi permettono di valutare ciascun parametro per il calcolo dell'apporto puntuale di luce naturale nella situazione di minima insolazione invernale e nella situazione di massimo soleggiamento nella stagione estiva. Con l'immissione della longitudine, della latitudine, della data e dell'ora è possibile determinare in modo realistico la posizione del sole per l'ombreggiatura, per poter così studiare gli effetti del sole, dell'illuminazione e delle ombre in qualsiasi momento della giornata, e tutti gli altri apporti attraverso le finestre, in relazione al grado di trasmissione luminosa fornito dalla lastra di vetro. Allo stesso modo, per simulare i materiali e le relative componenti di riflessione si inseriscono nella valutazione di calcolo le proprietà fondamentali dei materiali come la trasparenza e la riflessione. I diagrammi di output documentano quindi la distribuzione dell'illuminamento o della luminanza nell'ambiente. La simulazione quantitativa fornisce un adeguato supporto all'analisi della progettazione illuminotecnica, con valori numerici fisicamente corretti per determinati compiti visivi. Il rispetto delle prescrizioni presenti nelle normative, quali l'omogeneità della distribuzione dell'illuminamento, possono essere dunque rilevati puntualmente con la simulazione, mentre per una restituzione più chiara delle distribuzioni si utilizzano anche le rappresentazioni a falsi colori.

## **9.5 Analisi delle ombre**

La prima analisi che si è sviluppata ha riguardato uno studio delle ombre. Essendo il progetto situato in una zona centrale ma priva di edifici di altezze che possano creare problemi di ombreggiamento, questa analisi è stata fatta all'interno dell'edificio stesso. Infatti, l'intero fabbricato viaggiatori, è caratterizzato da numerosi "pieni e vuoti" oltre alla grande copertura

che corre lungo tutto l'edificio, che possono creare zone di ombreggiamento indesiderato frutto di una cattiva progettazione. Al fine di evitare questo problema, è stato quindi verificato che le parti più critiche a sbalzo e quelle sottostanti la copertura, creino ombreggiamenti voluti e misurati per una corretta scelta di soluzioni architettoniche e, di conseguenza, un maggiore comfort per viaggiatori e dipendenti. Quindi, tramite l'aiuto del software Ecotect dell'Autodesk, è stato possibile, dopo aver creato un modello del progetto in scala, studiare le ombre che si vengono a creare in un determinato giorno di un determinato mese ad una determina ora. Sono stati quindi studiati i quattro giorni più critici dell'anno:

- Solstizio d'inverno: 21 – Dicembre, h 12:00
- Solstizio d'estate: 21 – Giugno, h 12:00
- Equinozio di primavera: 21 – Marzo, h 12:00
- Equinozio d'autunno: 21 – Settembre, h 12:00

Durante il corso dell'anno, infatti, la durata delle ore di luce ed il percorso del sole subiscono delle modifiche al variare delle stagioni: essa è massima nell'emisfero Nord al solstizio d'estate (21 giugno) giorno in cui, alle ore 12, il sole raggiunge il punto più alto nel cielo nel corso di tutto l'anno; il caso opposto si verifica al solstizio d'inverno (21 dicembre), e tutto all'opposto all'emisfero Sud, mentre ai due equinozi di primavera(21 marzo) e di autunno (21 settembre) l'altezza del sole alle 12 è intermedia tra la massima e la minima e le durate del giorno e della notte sono esattamente pari a 12 ore in tutto il globo. La posizione del sole rispetto ad un punto sulla terra è determinata dall'angolo di altezza solare  $\alpha$  e dall'angolo azimutale  $\gamma$ . Il primo è l'angolo verticale che la direzione collimata al sole forma con il piano orizzontale; il secondo è l'angolo orizzontale tra il piano verticale passante per il sole e la direzione del sud, ed è positivo verso est e negativo verso ovest. Questi due angoli dipendono a loro volta dalla declinazione  $\delta$ , dalla latitudine e dall'angolo orario  $\omega$ . La declinazione è l'angolo formato dalla direzione del sole con il piano dell'equatore; essa varia durante l'anno da un valore massimo di  $-23^{\circ}27'$  in inverno ad un valore di  $23^{\circ}27'$  in estate. La latitudine è l'angolo formato dalla congiungente al punto di osservazione con il centro della terra e il piano dell'equatore. Essa assume valore  $0^{\circ}$  all'orizzonte a  $90^{\circ}$  al polo. L'angolo orario è l'angolo formato dal piano meridiano passante per il sole con il meridiano di riferimento ed assume valori compresi tra  $-180^{\circ}$  e  $180^{\circ}$  variando di  $15^{\circ}$  ogni ora.

Definite queste grandezze, l'obiettivo che ci si è posto è stato quello di verificare che non si venissero a creare ombreggiature spiacevoli tra i "pieni e "vuoti" del progetto. Con questi

ultimi, si intendono soprattutto i ritagli terrazzati in copertura dove il pubblico può trovare un luogo di ristoro all'aria aperta pur trovandosi in sommità di un edificio.

Un'altra verifica importante riguarda le facciate Sud-Est e Nord-Ovest che, essendo quasi completamente vetrate, ricevono molta luce nelle prime e ultime ore della giornata.

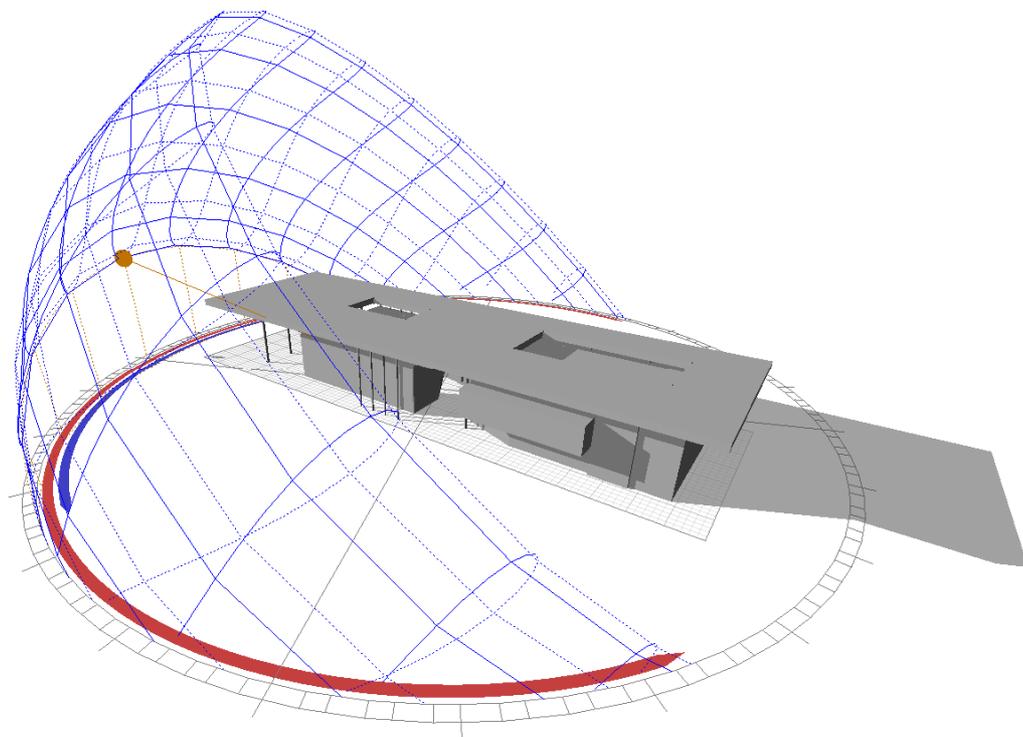


Figura 9.1 - Studio ombre al 21 dicembre ore 12:00

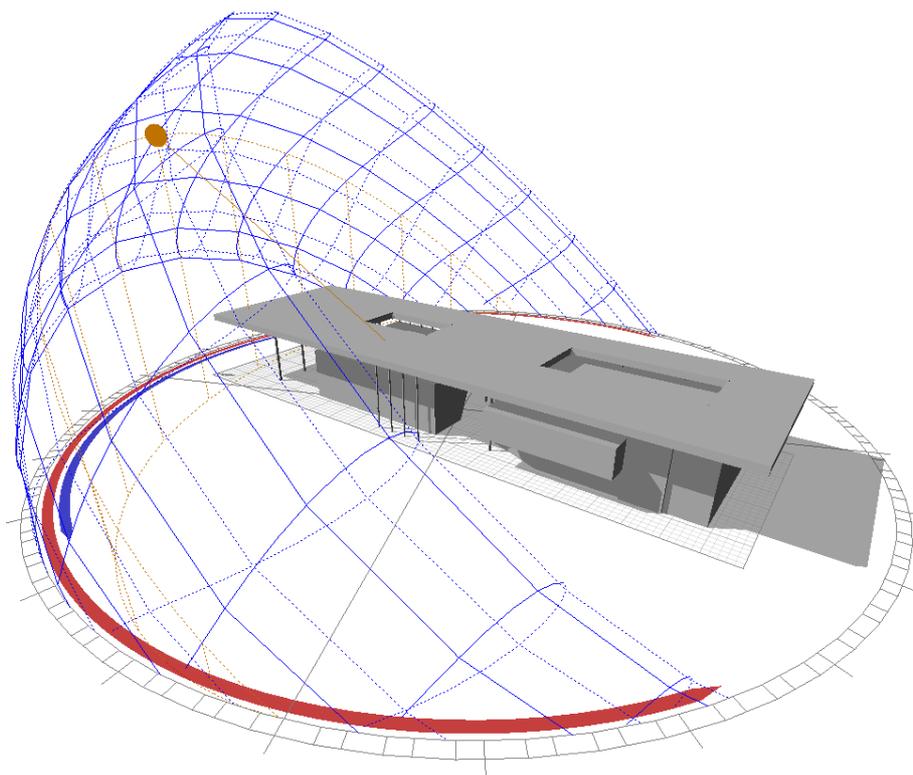


Figura 9.2 - Studio ombre al 21 marzo ore 12:00

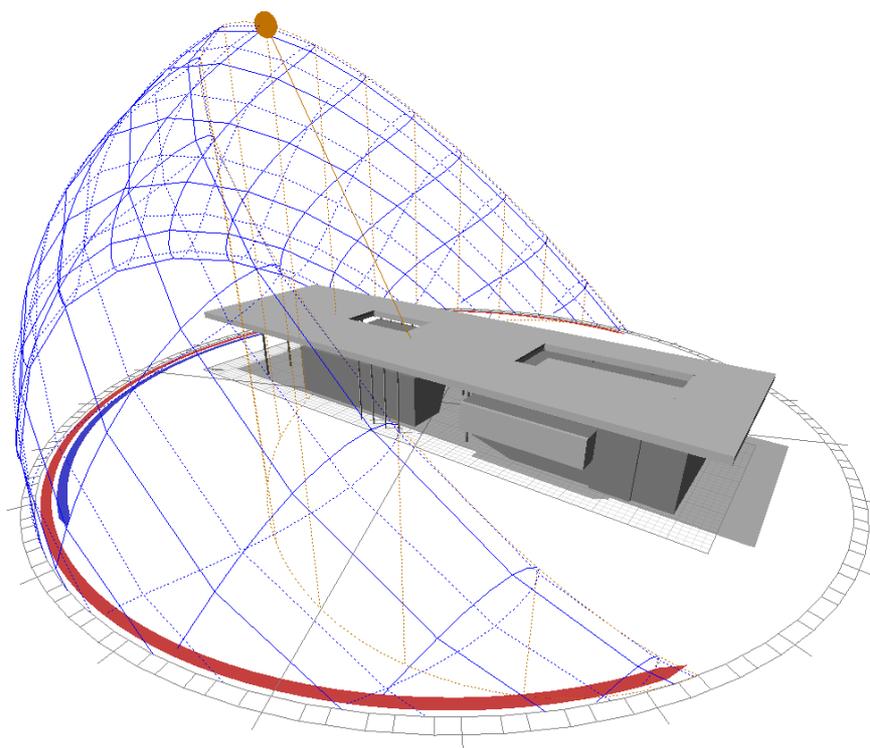


Figura 9.3 - Studio ombre al 21 giugno ore 12:00

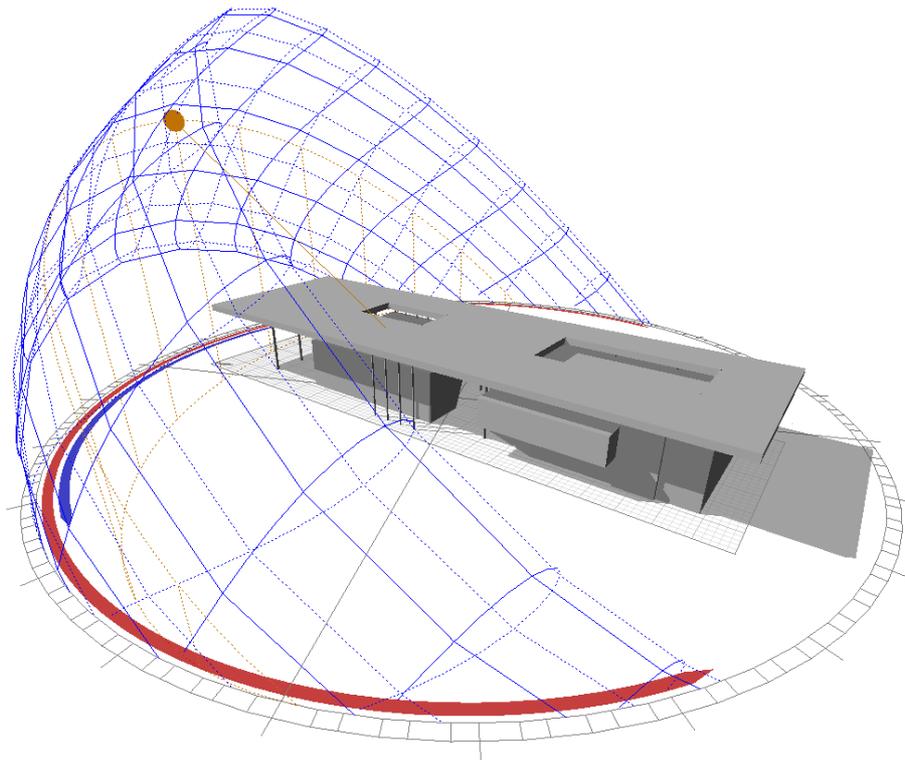


Figura 9.4 - Studio ombre al 21 settembre ore 12:00

I risultati ottenuti sono stati positivi e si è potuto così verificare che non ci fossero incongruenze per una corretta progettazione architettonica. Si è quindi deciso di procedere verso un'analisi più dettagliata concentrata sui locali interni dei Pad.

## 9.6 Analisi illuminotecnica locali

La luce nei vari locali deve soddisfare due esigenze diverse, quelle del personale addetto, che richiede un'illuminazione ottimale per il lavoro quotidiano, e quella dei viaggiatori, i quali desiderano un tipo d'illuminazione che garantisca all'ambiente un preciso potere comunicativo attraverso le immagini che esso produce.

Uno degli aspetti più rilevanti per realizzare un ambiente adeguato è quello illuminotecnico, che si configura come uno dei fattori più importanti nell'interazione con l'ambiente. Pertanto, un'illuminazione soddisfacente non deve limitarsi a procurare un sufficiente livello di luminosità, ma deve soprattutto creare un ambiente soddisfacente con la luce. Una adeguata gestione della luce, capace di trasformare l'illuminazione statica in processo dinamico di luce

che varia a seconda delle esigenze, acquista importanza sempre maggiore, soprattutto in relazione alla stretta integrazione tra apporto di luce naturale e artificiale.

L'illuminazione deve essere progettata tenendo conto delle diverse esigenze connesse alle persone presenti, rappresentate dai viaggiatori e dal personale di servizio, e alle funzioni svolte. Una progettazione illuminotecnica accurata che sia in grado di calibrare i diversi e variabili apporti di luce naturale ed artificiale deve tendere alla creazione di ambienti confortevoli.

## 9.7 Il quadro normativo

In ambito ospedaliero è opportuno fare riferimento alle disposizioni fornite da:

- UNI EN 12665 (2004), “Luce e illuminazione. Termini fondamentali e criteri per i requisiti illuminotecnici” che stabilisce il valore di luce media diurna da rispettare nei diversi ambienti in relazione ai differenti compiti visivi che vi si svolgono:
  - o Sale di attesa, locali accessori, spazi di distribuzione: 1% di FLDm consigliati
  - o Uffici: 2% di FLDm consigliati
- UNI EN 12464 (2004): “Luce e illuminazione. Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro in interni”
- Norma Uni 10380 (1994) e aggiornamento A1 “Illuminotecnica - Illuminazione di interni con luce artificiale”.

Il rapporto aeroilluminante di 1/8, solitamente ritenuto valido in fase progettuale, risulta spesso essere un parametro insufficiente e impreciso per garantire un adeguato livello di illuminazione degli ambienti. Appare chiaro che a parità di fattore di forma e dimensione, è opportuno calcolare anche quale sia la distribuzione interna degli illuminamenti tramite una rappresentazione delle linee isolux sul piano utile di lavoro nelle situazioni limite, valutazione che permette di tener conto sia di dati geometrici del locale, sia delle ostruzioni esterne, che dell'orientamento delle aperture.

La norma Uni 10380 fissa per i vari tipi di locali per edifici di cura i requisiti illuminotecnici più importanti secondo cui calibrare gli impianti di illuminazione artificiale, valori limite con

i quali è possibile confrontare i valori raggiunti con il solo contributo di luce naturale, in modo tale da rendere piacevole e confortevole la transizione tra gli apporti variabili di luce naturale e artificiale, quando quest'ultima viene impiegata. L'illuminazione naturale e artificiale degli ambienti quali gli uffici e i negozi deve essere realizzata in modo da assicurare un adeguato livello di illuminazione, prevedendo anche la presenza di livelli accettabili di disuniformità di luminanza, al fine di garantire la protezione dai fenomeni di abbagliamento.

I valori minimi dei livelli di illuminazione naturale e artificiale sono indicati nella tabella seguente:

- Illuminazione sul piano di lavoro negli uffici: 200 lux
- Illuminazione in spazi per riunioni, ecc., misurati su piano ideale posto a m. 0,60 dal pavimento: 100 lux.
- Illuminazione nei corridoi, scale, servizi igienici, atri, ecc., misurati su un piano ideale posto a m.1,00 dal pavimento: 80 lux.

Le condizioni di illuminamento dovranno essere assicurate in qualsiasi situazione di cielo e in ogni punto del piano di lavoro utile considerato, mediante uno stretto rapporto di integrazione dell'illuminazione naturale con quella artificiale. Particolare cura deve essere posta per evitare fenomeni di abbagliamento sia diretto che indiretto.

## **9.8 Progettare la luce**

Dallo studio delle ombre sull'intero fabbricato viaggiatori si è poi passati ad un'analisi più dettagliata dei locali principali. Tra questi si è scelto di analizzare i volumi sospesi dei Pad.

L'analisi è stata fatta per un ufficio "tipo" ed è stata fatta nei due giorni più critici dell'anno con le condizioni di cielo sereno e coperto:

- Solstizio d'inverno: 21 – dicembre, ore 12:00 e 16:00
- Solstizio d'estate: 21 – giugno, ore 12:00 e 16:00

Questa scelta di orario è stata presa tenendo conto che, essendo l'esposizione dei volumi a nord-ovest, le ore pomeridiane sono quelle che apportano la maggior parte della luce.

Seguono quindi le varie immagini, ottenute dal software, fatte con lo studio dell'illuminanza, espresso in lux, all'interno dell'ufficio tipo.

Si comincia con i casi di cielo sereno e successivamente con quelli di cielo coperto.

Illuminanza con cielo sereno:

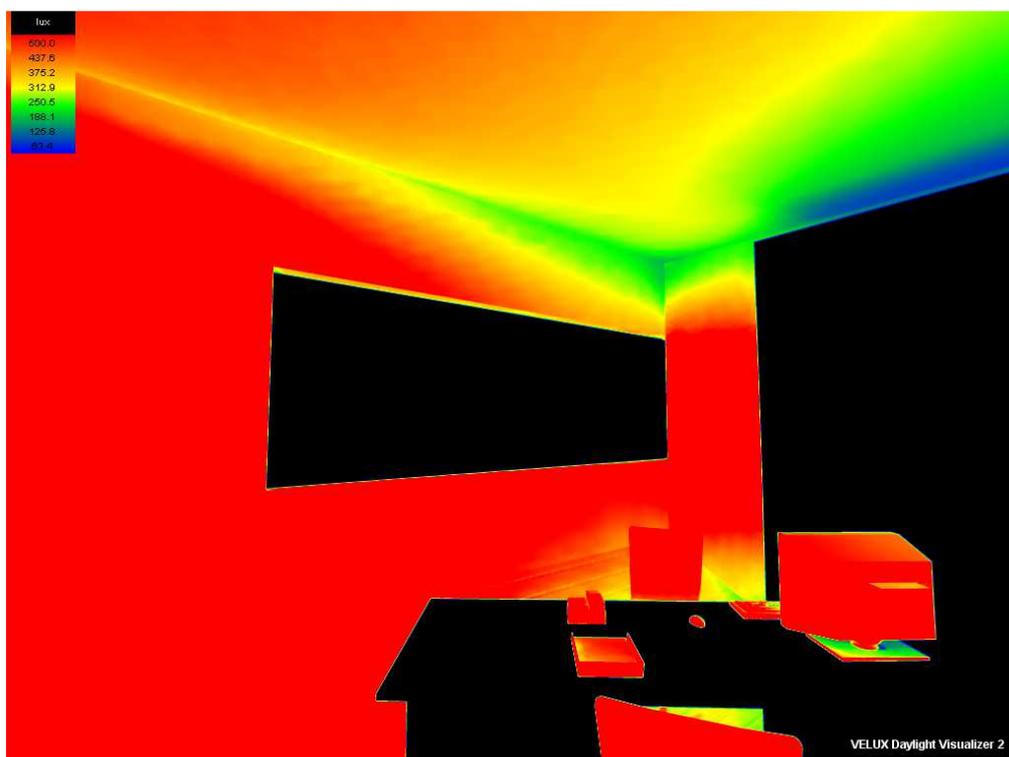


Figura 9.5 - Illuminanza al 21 dicembre ore 12:00 (cielo sereno)

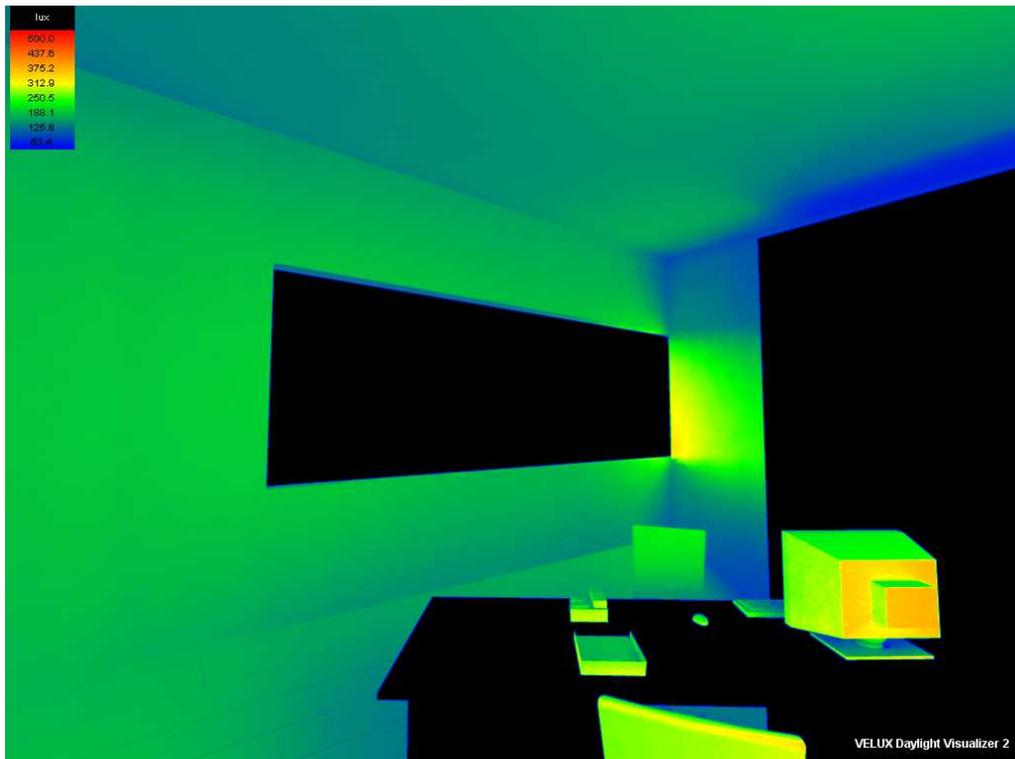


Figura 9.6 - Illuminanza al 21 dicembre ore 16:00 (cielo sereno)

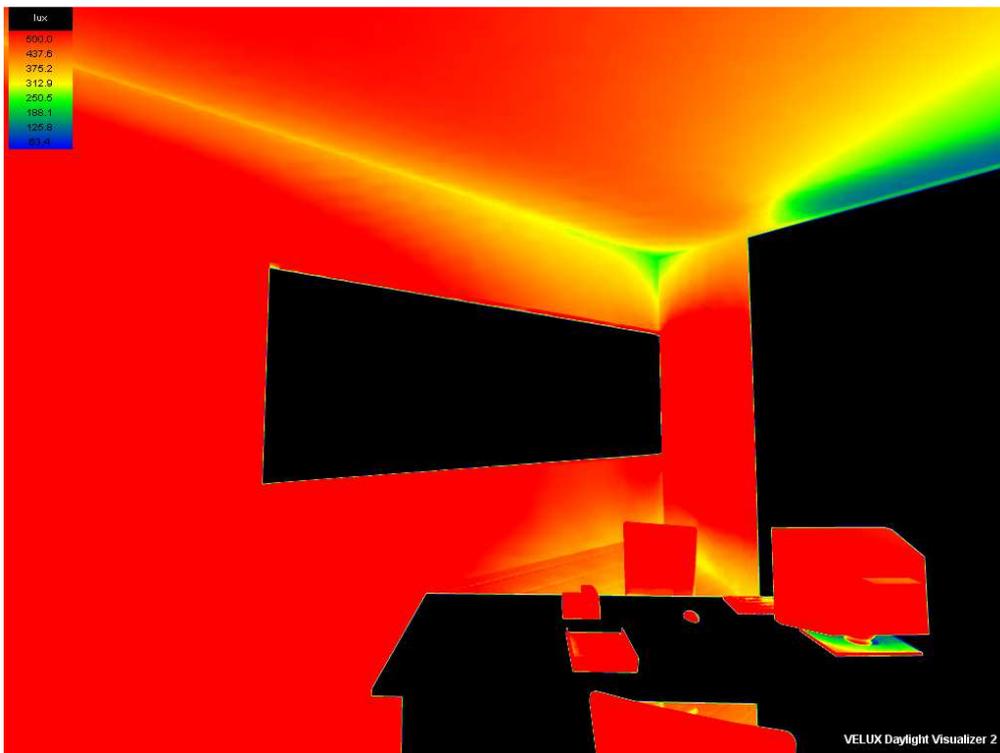


Figura 9.7 - Illuminanza al 21 giugno ore 12:00 (cielo sereno)



Figura 9.8 - Illuminanza al 21 giugno ore 16:00 (cielo sereno)

Illuminanza con cielo coperto:

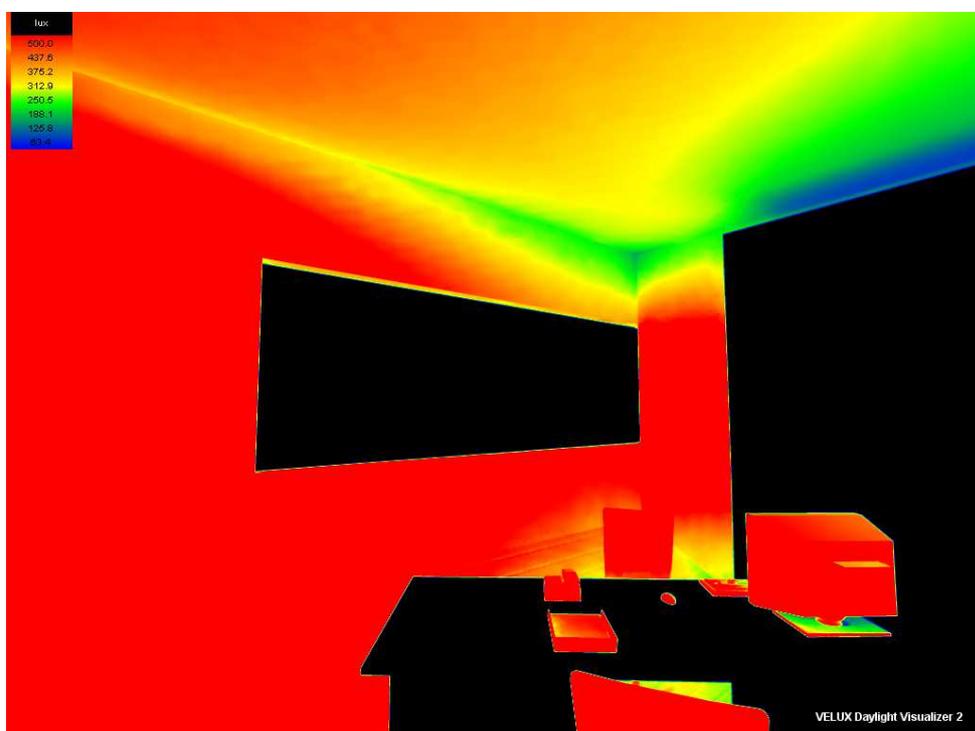


Figura 9.9 - Illuminanza al 21 dicembre ore 12:00 (cielo coperto)



Figura 9.10 - Illuminanza al 21 dicembre ore 16:00 (cielo coperto)

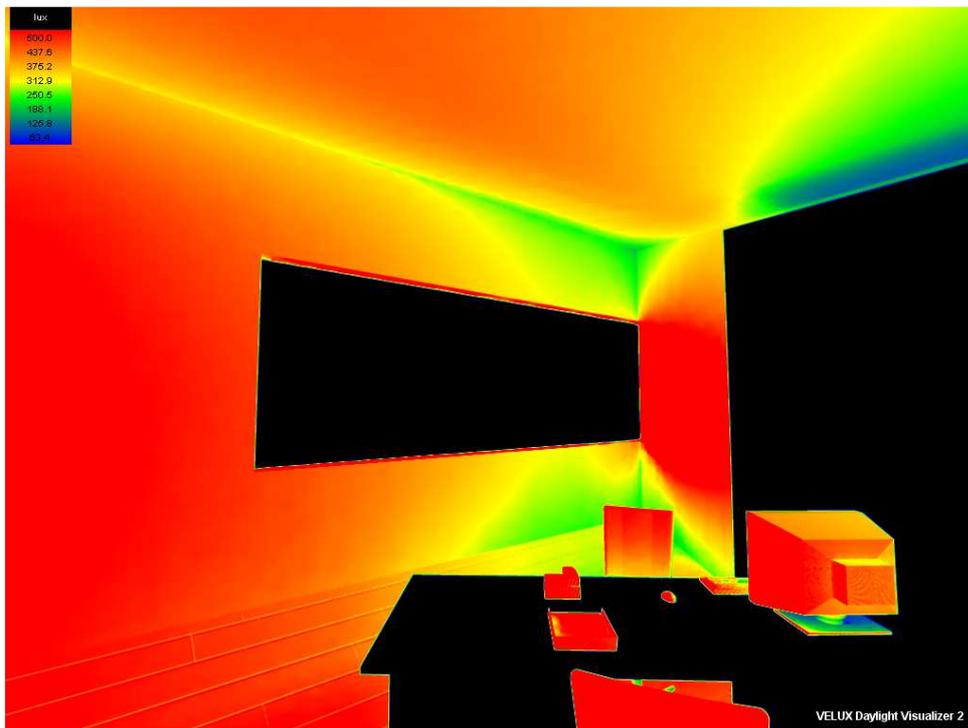


Figura 9.11 - Illuminanza al 21 giugno ore 12:00 (cielo coperto)

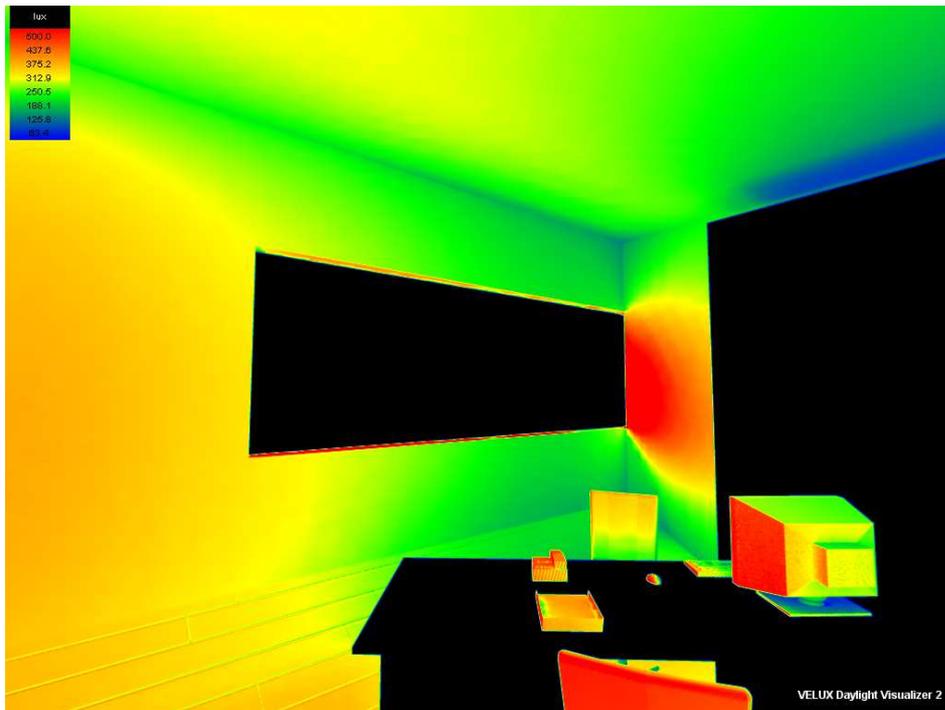


Figura 9.12 - Illuminanza al 21 giugno ore 16:00 (cielo coperto)

Dopo aver effettuato le analisi di illuminanza si mostrano i risultati di luminanza con le relative immagini a falsi colori nel caso di cielo sereno:



Figura 9.13 - Luminanza al 21 dicembre ore 12:00 (cielo sereno)

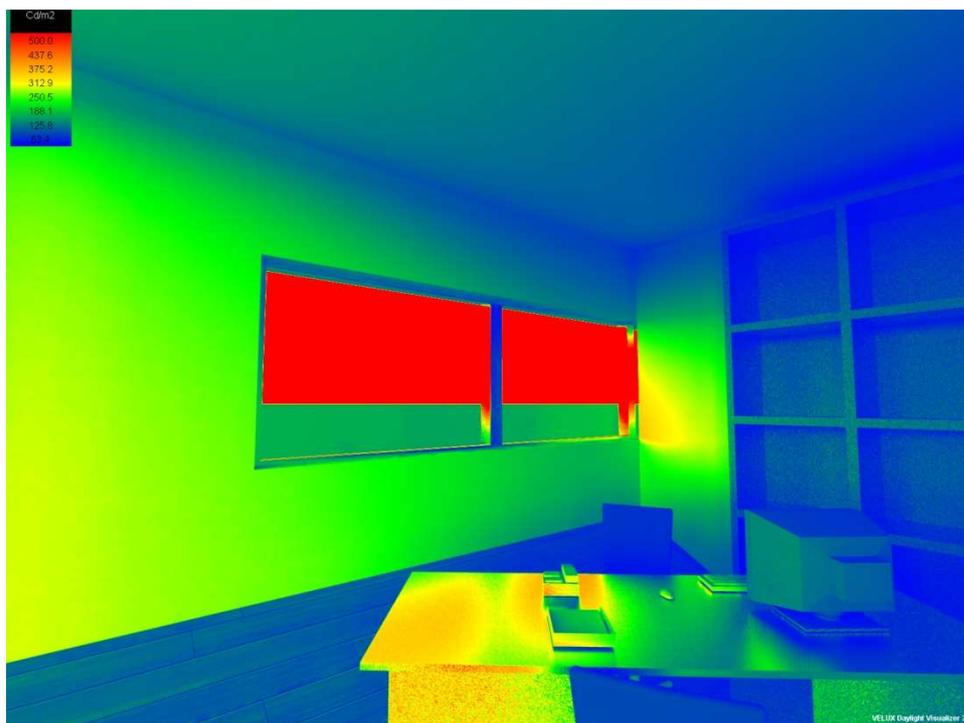


Figura 9.14 - Luminanza in falsi colori al 21 dicembre ore 12:00 (cielo sereno)



Figura 9.15 - Luminanza al 21 dicembre ore 16:00 (cielo sereno)

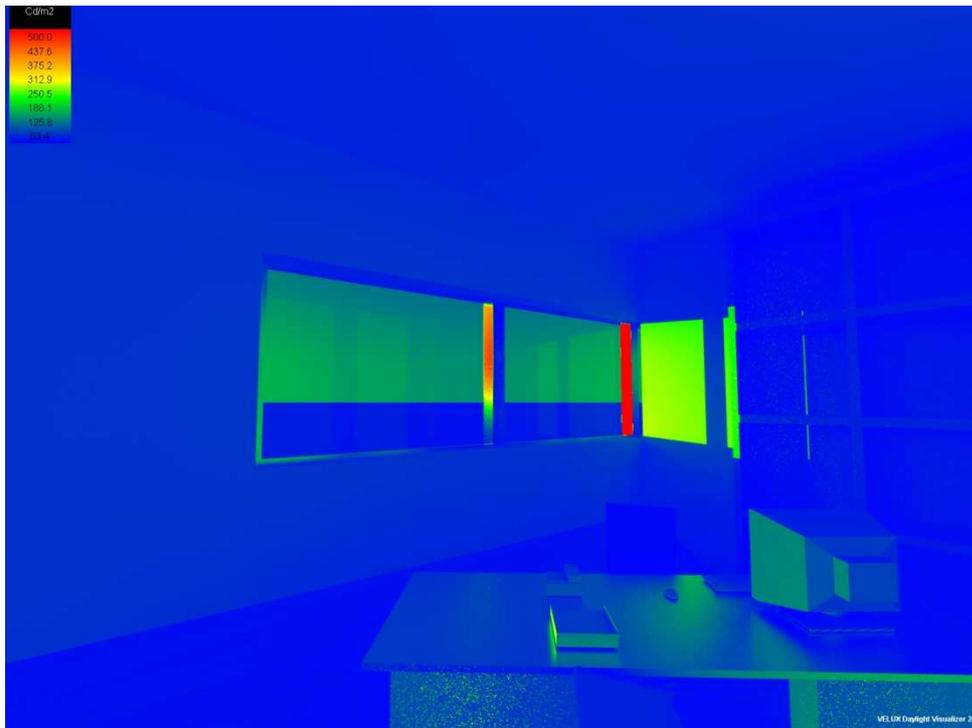


Figura 9.16 - Luminanza in falsi colori al 21 dicembre ore 16:00 (cielo sereno)



Figura 9.17 - Luminanza al 21 giugno ore 12:00 (cielo sereno)

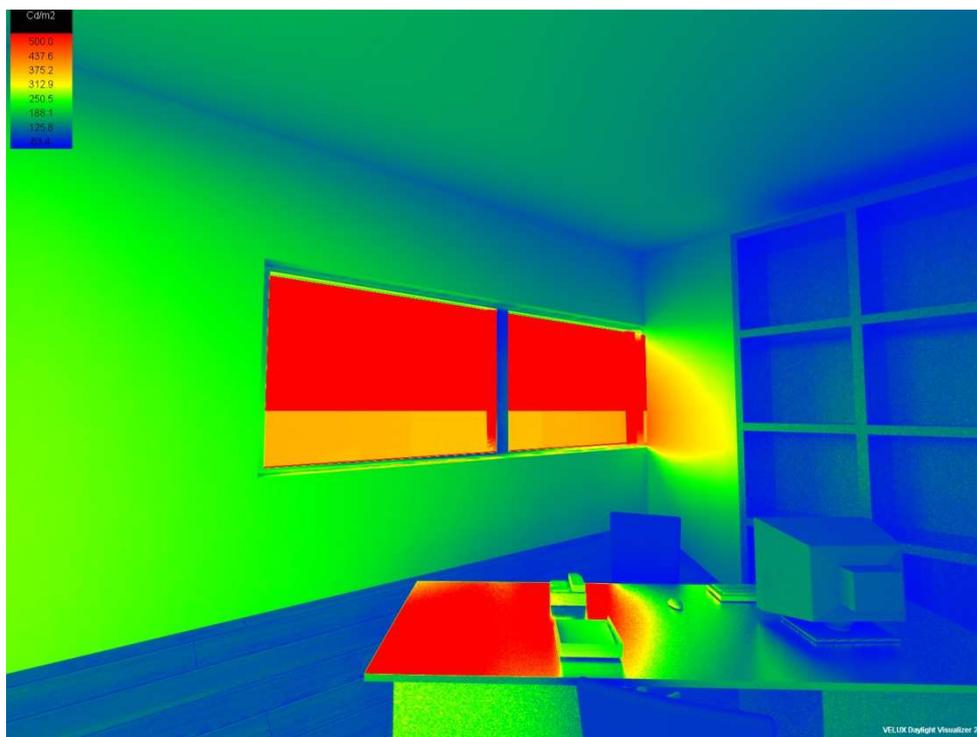


Figura 9.18 - Luminanza in falsi colori al 21 giugno ore 12:00 (cielo sereno)



Figura 9.19 - Luminanza al 21 giugno ore 16:00 (cielo sereno)

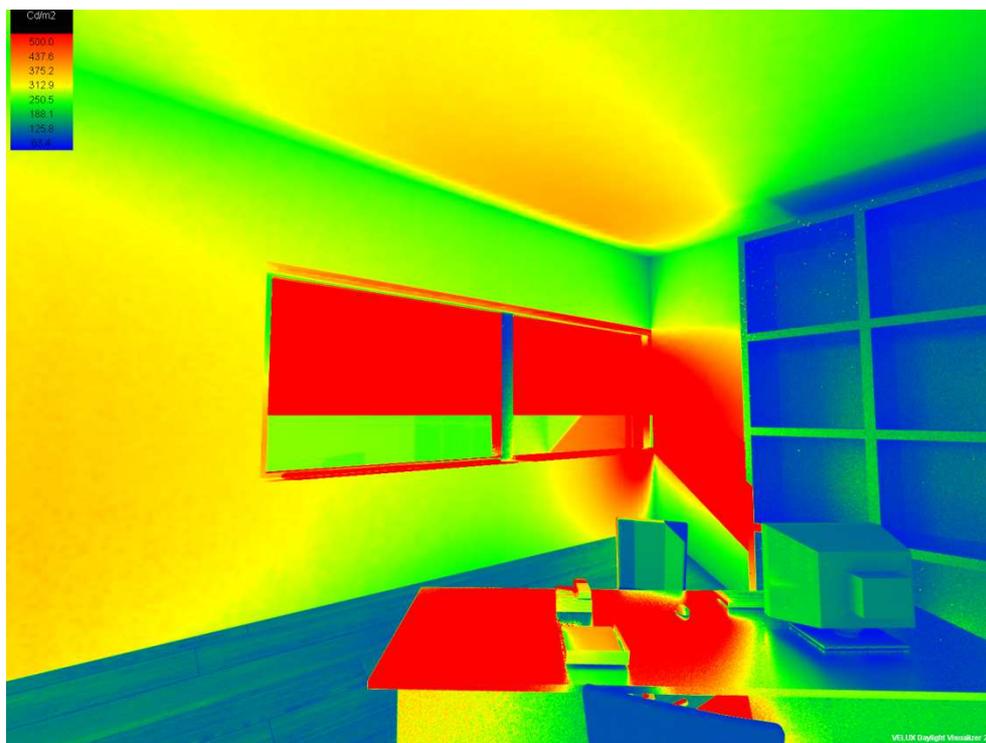


Figura 9.20 - Luminanza in falsi colori al 21 giugno ore 16:00 (cielo sereno)

Dato che le immagini restituite dal programma per il 21 giugno alle ore 16:00 mostrano valori di illuminamento troppo alte si è effettuata una seconda analisi, per lo stesso giorno, con l'inserimento di tende a veneziana in modo da schermare l'ingresso eccessivo della luce. Di seguito si riportano i risultati di luminanza ed illuminanza con le modifiche apportate:



Figura 9.21 - Luminanza al 21 giugno ore 16:00 (cielo sereno) con tende

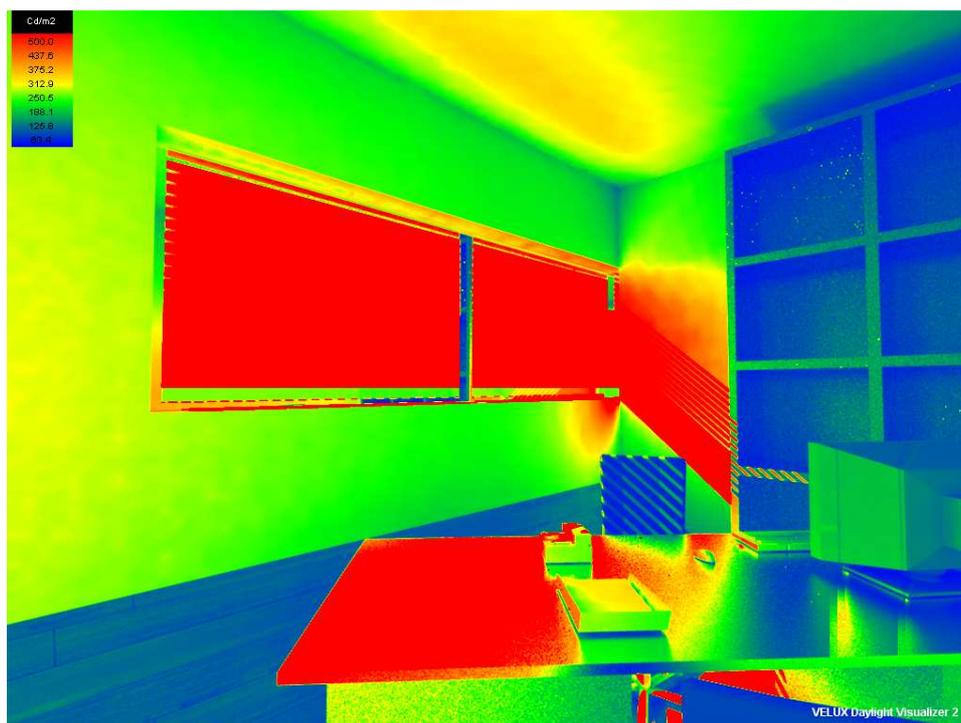


Figura 9.22 - Luminanza in falsi colori al 21 giugno ore 16:00 (cielo sereno) con tende



Figura 9.23 - Illuminanza al 21 giugno ore 16:00 (cielo sereno) con tende

Per ottenere il parametro fondamentale FLDm da confrontare con quello minimo da normativa ci siamo avvalsi nuovamente del software Daylight Visualizer per l'intero Pad ottenendo il seguente risultato:

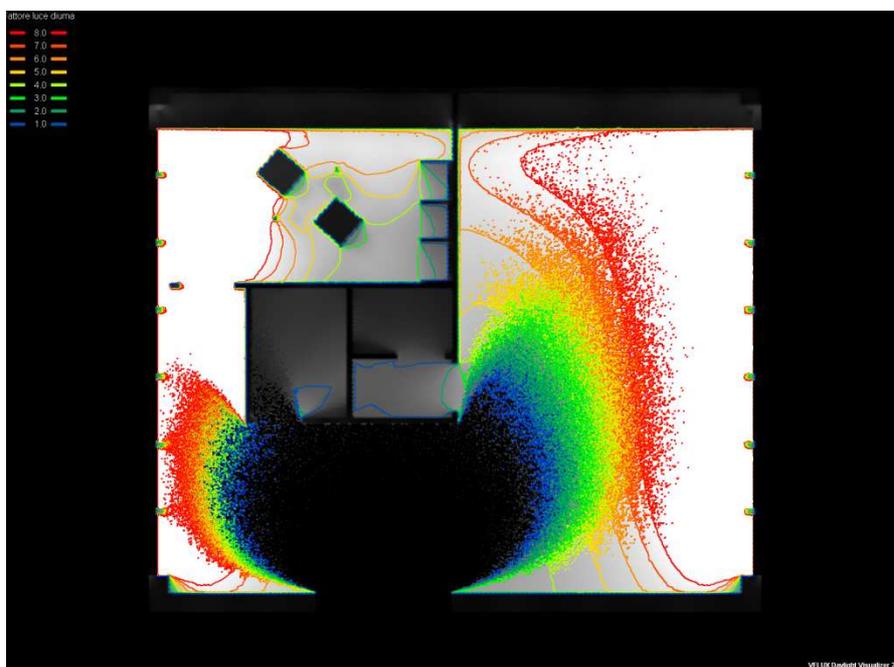


Figura 9.24 - Fattore di luce diurna medio Pad

Come si può notare il Pad risulta ben illuminato in tutti gli ambienti a meno dei bagni e il valore di FLDm risulta essere 7 nei punti vicino alle pareti e 5 procedendo verso il centro.

## **9.9 Conclusione**

In questo capitolo si è visto come si è riusciti ad integrare una progettazione architettonica con una illuminotecnica. Si è partiti con un'analisi dei "pieni e vuoti" dell'intero fabbricato viaggiatori, al fine di verificare non si creassero zone d'ombra fastidiose all'interno dei vari spazi dell'edificio. Si è poi concentrati su uno studio dell'interno, per soddisfare le esigenze del personale addetto e dei viaggiatori. Si è scelto quindi di analizzare i volumi sospesi dei Pad, risultando questi i più critici per l'esposizione a nord-ovest che nei mesi estivi apporta una notevole quantità di luce soprattutto nelle ore pomeridiane.

Durante l'analisi si è riscontrato un eccessivo ingresso di luce per il giorno 21 giugno alle ore 16:00 e si è proceduto a controllarne il flusso tramite l'introduzione di tende a veneziana e, come si è potuto notare, è stato risolto il problema.

# 10 : Progetto strutturale

## 10.1 Introduzione

La struttura del polo intermodale si presenta sdoppiata: una parte costituita dal blocco Nord (stazione ferroviaria) e un'altra costituita dal blocco Sud (stazione dei pullman). Entrambi i blocchi presentano una struttura portante in acciaio con solai in lamiera e getto collaborante a parte le partizioni orizzontali dei Pad e della copertura dei locali ristorante e dei negozi al primo piano del blocco della stazione. La copertura complessiva che copre tutti e due i blocchi, invece, presenta una struttura reticolare spaziale costituita da elementi in acciaio collegati tra loro tramite giunti sferici. Quest'ultima è sostenuta da una maglia di pilastri in acciaio che forniscono l'appoggio delle travi che sostengono i vari impalcati. A fornire rigidità all'intera struttura vi sono due nuclei di controvento e vano scala in c.a. localizzati in ciascuno dei due blocchi e di cui solo quello del blocco stazione arriva in copertura. Per quanto riguarda i vari piani interrati, la struttura portante risulta costituita da travi prefabbricate in c.a. e pilastri gettati in c.a.. Data la dimensione dell'intero intervento, i piani interrati sono stati solo ipotizzati e non calcolati. Per effettuare i calcoli si è fatto riferimento alla normativa vigente ovvero il D.M. del 14 gennaio 2008.

## 10.2 Analisi dei carichi

Al fine di definire i carichi agenti sull'intera struttura si è partiti dai pesi dei vari pacchetti tecnologici:

Strati	Unità tecnologica	C.O.O. 02	Peso	
Tecu			0,05	kN/m <sup>2</sup>
Lastre in fibrocemento			0,77	kN/m <sup>2</sup>
Isolante in fibra di legno			0,15	kN/m <sup>2</sup>
Pannelli OSB			0,07	kN/m <sup>2</sup>
Isolante in fibra di canapa			0,06	kN/m <sup>2</sup>
Pannelli OSB			0,07	kN/m <sup>2</sup>
Sistema di controsoffitto con lastre in cartongesso			0,10	kN/m <sup>2</sup>
		TOT	<b>1,27</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

Tabella 10.1 - Peso solaio di copertura pad

Strati Unità tecnologica	P.O.O. 02	Peso	
Tecu		0,05	kN/m <sup>2</sup>
Isolante in fibra di canapa		0,02	kN/m <sup>2</sup>
Pannelli OSB		0,07	kN/m <sup>2</sup>
Lamiera grecata		0,13	kN/m <sup>2</sup>
Sistema di controsoffitto con isolante in fibra di canapa		0,13	kN/m <sup>2</sup>
	TOT	<b>0,41</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

Tabella 10.2 - Peso solaio di chiusura biglietteria, bagni e negozi blocco stazione

Strati Unità tecnologica	C.O.O. 03	Peso	
Pavimento in parquet		0,03	kN/m <sup>2</sup>
Pannelli OSB		0,07	kN/m <sup>2</sup>
Isolante acustico		0,08	kN/m <sup>2</sup>
Profili a C in acciaio		2,84	kN/m <sup>2</sup>
Lastre in fibrocemento		0,77	kN/m <sup>2</sup>
Tecu		0,05	kN/m <sup>2</sup>
	TOT	<b>3,84</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

Tabella 10.3 - Peso solaio pad

Strati Unità tecnologica	C.O.O. 04	Peso	
Tecu		0,05	kN/m <sup>2</sup>
Guaina impermeabilizzante		0,01	kN/m <sup>2</sup>
Isolante con seconda orditura di travetti in legno		0,25	kN/m <sup>2</sup>
Isolante con prima orditura di travetti in legno		0,25	kN/m <sup>2</sup>
Pannelli OSB		0,07	kN/m <sup>2</sup>
Lamiera grecata		0,10	kN/m <sup>2</sup>
Sistema di controsoffitto con isolante in fibra di canapa		0,13	kN/m <sup>2</sup>
	TOT	<b>0,85</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

Tabella 10.4 - Peso copertura blocchi stazione e pullman

Strati Unità tecnologica	C.O.O. 05	Peso	
Piastrelle		0,20	kN/m <sup>2</sup>
Guaina impermeabilizzante		0,01	kN/m <sup>2</sup>
Sabbia essiccata		0,05	kN/m <sup>2</sup>
Massetto in cls alleggerito		0,30	kN/m <sup>2</sup>
Isolante in polistirene espanso		0,33	kN/m <sup>2</sup>
Solaio in lamiera grecata e getto collaborante		2,40	kN/m <sup>2</sup>
Sistema di controsoffitto con isolante in fibra di canapa		0,13	kN/m <sup>2</sup>
	TOT	<b>3,42</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

Tabella 10.5 - Peso solaio di copertura calpestabile blocco stazione

Strati Unità tecnologica	C.O.O. 06	Peso	
Piastrelle		0,20	kN/m <sup>2</sup>
Pavilastre		0,78	kN/m <sup>2</sup>
Sabbia essiccata		0,05	kN/m <sup>2</sup>
Massetto in cls alleggerito		0,30	kN/m <sup>2</sup>
Solaio in lamiera grecata e getto collaborante		2,40	kN/m <sup>2</sup>
Isolante in fibra di canapa		0,05	kN/m <sup>2</sup>
Isolante in fibra di legno		0,15	kN/m <sup>2</sup>
Sistema di controsoffitto con rame		0,20	kN/m <sup>2</sup>
	TOT	<b>4,13</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

Tabella 10.6 - Peso solaio interpiano isolato blocco stazione

Strati Unità tecnologica	P.O.O. 06	Peso	
Piastrelle		0,20	kN/m <sup>2</sup>
Pavilastre		0,78	kN/m <sup>2</sup>
Sabbia essiccata		0,05	kN/m <sup>2</sup>
Massetto in cls alleggerito		0,30	kN/m <sup>2</sup>
Solaio in lamiera grecata e getto collaborante		2,40	kN/m <sup>2</sup>
Isolante in fibra di canapa e controsoffitto		0,15	kN/m <sup>2</sup>
	TOT	<b>3,88</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

Tabella 10.7 - Peso solaio interpiano blocchi stazione e pullman

Strati Unità tecnologica	Peso	
Pavilastre rivestite	0,25	kN/m <sup>2</sup>
Pannelli OSB	0,07	kN/m <sup>2</sup>
Isolante acustico	0,02	kN/m <sup>2</sup>
Solaio in lamiera grecata	0,13	kN/m <sup>2</sup>
Sistema di controsoffitto con lamiera metallica	0,07	kN/m <sup>2</sup>
<b>TOT</b>	<b>0,54</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

Tabella 10.8 - Peso solaio passerella di collegamento tra i due blocchi

Strati Unità tecnologica	Peso	
Vetro	0,25	kN/m <sup>2</sup>
Reggivetro a spider	0,20	kN/m <sup>2</sup>
<b>TOT</b>	<b>0,45</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

Tabella 10.9 - Peso copertura in vetro

Per dimensionare la lamiera grecata utilizzata per i solai collaboranti si è fatto riferimento alle tabelle e agli schemi statici proposti dai profilari, in particolare si è scelta una lamiera grecata in acciaio tipo Marcegaglia modello EGB210 dello spessore di 0,7 mm, altezza 55 mm e interasse tra le greche di 150 mm, a cui corrisponde un peso di 0,0916 kN/m<sup>2</sup>. Per la lamiera grecata dell'unità tecnologica interamente a secco si scelta una lamiera tipo Caiman System modello OR 75/570 dello spessore di 0,7 mm, altezza 75 mm e interasse tra le greche 150 mm, a cui corrisponde un peso di 0,1650 kN/m<sup>2</sup>.

Dopo aver calcolato il peso di ogni pacchetto si è proceduto al loro inserimento nelle combinazioni di carico presenti nella normativa vigente N.T.C. 2008, insieme al carico da neve ed ai sovraccarichi.

Il carico da neve è stato calcolato tramite la formula:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

Dove:

$q_s$ : carico sulla copertura

$\mu_i$ : coefficiente di forma

Tabella 3.4.II – Valori del coefficiente di forma

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

Figura 10.1 - Valori del coefficiente di forma secondo le N.T.C. 2008

$q_{sk}$ : valore caratteristico di riferimento del carico da neve al suolo per un periodo di ritorno di 50 anni e dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione, considerata la variabilità delle precipitazioni nevose sul territorio.

<b>Zona I - Alpina</b>		
Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbania, Vercelli, Vicenza:		
	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2$	$a_s < 200 \text{ m}$
	$q_{sk} = 1,39 [1 + (a_s/728)^2] \text{ kN/m}^2$	$a_s > 200 \text{ m}$

(3.3.8)

Figura 10.2 - Valori di  $q_{sk}$  da N.T.C. 2008

La formula utilizzata quella riquadrata in rosso, essendo il Comune di Tirano ad un'altezza di 450 m s.l.m..

$C_E$ : coefficiente di esposizione

Tabella 3.4.I – Valori di  $C_E$  per diverse classi di topografia

Topografia	Descrizione	$C_E$
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti.	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

Figura 10.3 - Valori del coefficiente di esposizione da N.T.C. 2008

$C_t$ : è il coefficiente termico che considera lo scioglimento della neve e il rispettivo abbattimento del carico; tale coefficiente si basa sull'isolamento termico che fornisce la copertura e in mancanza di dati più certi è posto unitario.

Determinazione carico da neve $q_s$		RIFERIMENTI NTC 2008
<b>Località: Tirano</b>		
Coefficiente di forma della copertura	$\mu_i = 0,8$ [ADIM.]	(tab. 3.4.II)
Quota sul livello del mare	$a_s = 450$ [m]	
<b>Zona di riferimento: ZONA 1</b>		
Valore caratteristico al suolo per t=50 anni per $a_s > 200$ m (slm)	$q_{sk} = 1,9$ [KN/m <sup>2</sup> ]	(§ 3.4.2)
Coefficiente di esposizione	$C_E = 1,0$ [ADIM.]	(tab. 3.4.I)
Coefficiente termico	$C_t = 1$ [ADIM.]	
Carico da neve agente sulla copertura $q_s = \mu_i \times q_{sk} \times C_E \times C_t$	$q_s = 1,52$ [KN/m <sup>2</sup> ]	

Tabella 10.10 - Determinazione del carico da neve

Oltre al carico da neve sono stati considerati i sovraccarichi in esercizio secondo i valori forniti dalle N.T.C. 2008.

Tabella 3.1.II – Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici

Cat.	Ambienti	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]	$H_k$ [kN/m]
A	<b>Ambienti ad uso residenziale.</b> Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi. (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento)	2,00	2,00	1,00
B	<b>Uffici.</b> Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	2,00 3,00	2,00 2,00	1,00 1,00
C	<b>Ambienti suscettibili di affollamento</b> Cat. C1 Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole Cat. C2 Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, stazioni ferroviarie, sale da ballo, palestre, tribune libere, edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune	3,00 4,00 5,00	2,00 4,00 5,00	1,00 2,00 3,00
D	<b>Ambienti ad uso commerciale.</b> Cat. D1 Negozi Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini, librerie...	4,00 5,00	4,00 5,00	2,00 2,00
E	<b>Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale.</b> Cat. E1 Biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri Cat. E2 Ambienti ad uso industriale, da valutarsi caso per caso	≥ 6,00 —	5,00 —	1,00* —
F-G	<b>Rimesse e parcheggi.</b> Cat. F Rimesse e parcheggi per il transito di automezzi di peso a pieno carico fino a 30 kN Cat. G Rimesse e parcheggi per transito di automezzi di peso a pieno carico superiore a 30 kN: da valutarsi caso per caso	2,50 —	2 x 10,00 —	1,00** —
H	<b>Coperture e sottotetti</b> Cat. H1 Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione Cat. H2 Coperture praticabili Cat. H3 Coperture speciali (impianti, eliporti, altri) da valutarsi caso per caso	0,50 — —	1,20 — —	1,00 secondo categoria di appartenenza —
* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati				
** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso				

Figura 10.4 - Valori dei sovraccarichi di esercizio secondo le N.T.C. 2008

I valori di sovraccarico di esercizio sopra individuati sono da riferirsi:

- 2 kN/m<sup>2</sup> per i locali dei pad e i negozi
- 3 kN/m<sup>2</sup> per i locali adibiti a ristorante
- 5 kN/m<sup>2</sup> per tutti gli altri ambienti suscettibili di affollamento quali passaggi e passerelle

La normativa fornisce le combinazioni di carico e i relativi coefficienti necessari:

### 2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto A<sub>d</sub> (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

Figura 10.5 - Combinazioni di carico secondo le N.T.C. 2008

**Tabella 2.5.I** – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	$\Psi_{0j}$	$\Psi_{1j}$	$\Psi_{2j}$
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Figura 10.6 - Valori dei coefficienti di combinazione da N.T.C. 2008

**Tabella 2.6.I** – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup>Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Nella Tab. 2.6.I il significato dei simboli è il seguente:

- $\gamma_{G1}$  coefficiente parziale del peso proprio della struttura, nonché del peso proprio del terreno e dell'acqua, quando pertinenti;
- $\gamma_{G2}$  coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;
- $\gamma_{Qi}$  coefficiente parziale delle azioni variabili.

Figura 10.7 - Coefficienti parziali per le azioni da N.T.C. 2008

I coefficienti utilizzati sono quelli sfavorevoli.

Combinazione fondamentale (SLU)									
	$G_2$	$\gamma_{g2}$	$Q_{k1}$	$\gamma_{Q1}$	$Q_{k2}$	$\gamma_{Q2}$	$\psi_{02}$	$F_d$	
Copertura in vetro	0,25	1,5	0,5	1,5	0	1,5	0,7	1,29	[kN/m <sup>2</sup> ]
Copertura praticabile esposta	1,02	1,5	5,0	1,5	1,52	1,5	0	11,67	[kN/m <sup>2</sup> ]
Copertura non praticabile esposta	0,68	1,5	0,5	1,5	1,52	1,5	0,5	3,49	[kN/m <sup>2</sup> ]
Copertura non praticabile riparata	0,68	1,5	0,5	1,5	0	1,5	0	1,96	[kN/m <sup>2</sup> ]
Solaio copertura biglitteria, Wc, negozio	0,28	1,5	0,5	1,5	0	1,5	0	1,31	[kN/m <sup>2</sup> ]
Solaio di copertura pad	0,28	1,5	0,5	1,5	0	1,5	0	1,31	[kN/m <sup>2</sup> ]
Solaio pad	1,00	1,5	2,0	1,5	0	1,5	0	4,64	[kN/m <sup>2</sup> ]
Solaio interpiano collaborante ristorante	1,33	1,5	3,0	1,5	0	1,5	0,7	9,14	[kN/m <sup>2</sup> ]
Solaio interpiano collaborante passerelle	1,00	1,5	5,0	1,5	0	1,5	0,7	12,12	[kN/m <sup>2</sup> ]
Solaio interpiano passerella di coll.	0,34	1,5	5,0	1,5	0	1,5	0,7	8,15	[kN/m <sup>2</sup> ]

Tabella 10.11 – Combinazioni di carico all'S.L.U.

Combinazione caratteristica, rara (SLE)						
	$G_2$	$Q_{k1}$	$Q_{k2}$	$\psi_{02}$	$F_d$	
Copertura in vetro	0,25	0,5	0	0,7	0,95	[kN/m <sup>2</sup> ]
Copertura praticabile esposta	1,02	5,0	1,52	0,7	8,42	[kN/m <sup>2</sup> ]
Copertura non praticabile esposta	0,68	0,5	1,52	0,7	2,37	[kN/m <sup>2</sup> ]
Copertura non praticabile riparata	0,68	0,5	0	0,7	1,35	[kN/m <sup>2</sup> ]
Solaio copertura biglitteria, Wc, negozio	0,28	0,5	0	0,7	0,91	[kN/m <sup>2</sup> ]
Solaio di copertura pad	1,13	0,5	0	0,7	1,77	[kN/m <sup>2</sup> ]
Solaio pad	1,00	2,0	0	0,7	3,13	[kN/m <sup>2</sup> ]
Solaio interpiano collaborante ristorante	1,33	3,0	0	0,7	6,73	[kN/m <sup>2</sup> ]
Solaio interpiano collaborante passerelle	1,00	5,0	0	0,7	8,43	[kN/m <sup>2</sup> ]
Solaio interpiano passerella di coll.	0,34	5,0	0	0,7	5,47	[kN/m <sup>2</sup> ]

Tabella 10.12 - Combinazioni di carico all'S.L.E.

### 10.3 Dimensionamento travi secondarie blocco Nord

Si è scelto di dimensionare le travi già in condizione di verifica; partendo dall'analisi della prima soletta si sceglie una trave secondaria, si considera il carico gravante su essa considerando come peso distribuito del solaio quello che risulta dalla combinazione dei

carichi allo S.L.U. e allo S.L.E. e si distribuisce linearmente il carico considerando metà dell'interasse tra la trave presa in esame e le travi vicine.

## 10.4 Verifiche allo S.L.U.

L'analisi compiuta allo S.L.U. è stata effettuata confrontando il momento flettente agente  $M_{Ed}$  con quello resistente  $M_{c,Rd}$  in una condizione di appoggio appoggio.

Il valore di  $M_{Ed}$  in caso di carico distribuito nella condizione sopra scritta vale:

$$M_{Ed} = pl^2/8$$

Il valore di  $M_{c,Rd}$  invece si calcola come da normativa:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} \quad \text{Per le sezioni di classe 1 e 2}$$

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} \quad \text{Per le sezioni di classe 3}$$

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{eff,min} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} \quad \text{Per le sezioni di classe 4}$$

Per determinare la classe delle varie sezioni si è fatto riferimento alle seguenti tabelle:

Tabella 4.2.1 - Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse

		Parti interne compresse				
		Inflessione intorno all'asse		Inflessione intorno all'asse		
Classe	Parte soggetta a flessione	Parte soggetta a compressione	Parte soggetta a flessione e a compressione			
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
1	$c/t \leq 72\epsilon$	$c/t \leq 33\epsilon$	quando $\alpha > 0,5: c/t \leq \frac{396\epsilon}{13\alpha-1}$ quando $\alpha \leq 0,5: c/t \leq \frac{36\epsilon}{\alpha}$			
2	$c/t \leq 83\epsilon$	$c/t \leq 38\epsilon$	quando $\alpha > 0,5: c/t \leq \frac{456\epsilon}{13\alpha-1}$ quando $\alpha \leq 0,5: c/t \leq \frac{41,5\epsilon}{\alpha}$			
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
3	$c/t \leq 124\epsilon$	$c/t \leq 42\epsilon$	quando $\psi > -1: c/t \leq \frac{42\epsilon}{0,67+0,33\psi}$ quando $\psi \leq -1: c/t \leq 62\epsilon(1-\psi)\sqrt{-\psi}$			
$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	$f_{yk}$	235	275	355	420	460
	$\epsilon$	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

\*)  $\psi \leq -1$  si applica se la tensione di compressione  $\sigma \leq f_{yk}$  o la deformazione a trazione  $\epsilon_y > f_{yk}/E$

Figura 10.8 - Tabella per definire la classe delle sezioni secondo le N.T.C. 2008

Tabella 11.3.IX – Laminati a caldo con profili a sezione aperta

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t \leq 40$ mm		$40 \text{ mm} < t \leq 80$ mm	
	$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550
UNI EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
UNI EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
UNI EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490

Figura 10.9 - Determinazione della tensione caratteristica a snervamento  $f_{yk}$  secondo le N.T.C. 2008

Si è scelto dunque un acciaio tipo S275 e quindi un range di travi IPE da profilario di cui è stata calcolata la classe corrispondente.

Per scegliere il profilo adeguato a sopportare il momento agente calcolato è stato determinato il modulo di resistenza minimo per la singola sezione tramite la formula:

$$W = M_{Ed} / f_{yd}$$

Si è poi andato a verificare nel profilario che tale modulo fosse inferiore a quello del profilo scelto e si è calcolato il momento resistente in modo che anch'esso fosse inferiore al momento agente, soletta per soletta.

$$M_{Ed} / M_{c,rd} \leq 1$$

## 10.5 Verifiche allo S.L.E.

L'analisi compiuta allo S.L.E. è stata effettuata, invece, confrontando le deformabilità delle travi con i limiti imposti dalla normativa sotto l'effetto dei soli carichi permanenti ( $\delta_1$ ) e dei soli carichi variabili ( $\delta_2$ ).

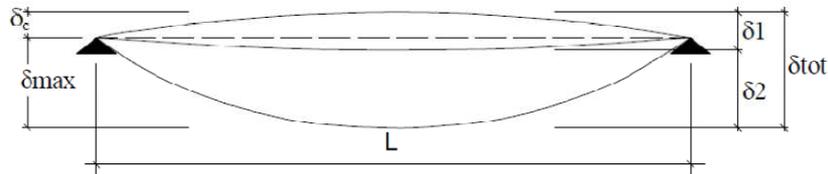


Figura 4.2.1 - Definizione degli spostamenti verticali per le verifiche in esercizio

Figura 10.10 - Schema di determinazione della freccia

Sarà dunque necessario verificare il rispetto dei seguenti limiti:

Tabella 4.2.X Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie

Elementi strutturali	Limiti superiori per gli spostamenti verticali	
	$\frac{\delta_{max}}{L}$	$\frac{\delta_2}{L}$
Coperture in generale	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{250}$
Coperture praticabili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai in generale	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{350}$
Solai che supportano colonne	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{500}$
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	$\frac{1}{250}$	

*In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.*

Figura 10.11 - Limiti di freccia imposti da normativa

Nel caso di solai in genere i limiti da confrontare con i valori di freccia per carichi permanenti sono:

$$f = \frac{l}{250}$$

Mentre per i solai di copertura:

$$f = \frac{l}{200}$$

Per quanto riguarda i carichi variabili:

$$f = \frac{l}{300}$$

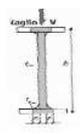
Di seguito sono riportati rispettivamente un esempio di calcolo di una trave secondaria di interpiano e una di copertura con il successivo elenco di tutte le altre travi.

		Predimensionamento travi secondarie interpiano passerella (B47a8 - B17a8)				RIFERIMENTI NTC 2008
Trave	Luce	L	=	5,6	[m]	(tab. 4.2.V)
	Larghezza area di influenza	l	=	2,2	[m]	
	Carico al m <sup>2</sup>		=	12,12	[kN/m <sup>2</sup> ]	
	Azione agente di progetto	F <sub>d</sub>	=	26,37	[kN/m]	
	Reazione vincolare su trave primaria	R	=	73	[kN]	
	Tensione di snervamento di progetto: $f_{yd}=f_{yk}/\gamma_{M0}$	f <sub>yd</sub>	=	262	[N/mm <sup>2</sup> ]	
	Coefficiente di sicurezza	γ <sub>M0</sub>	=	1,05	[ADIM.]	
	Momento massimo agente	M <sub>max</sub>	=	101,53	[kN×m]	
	Modulo di resistenza: $W=M_{max}/f_{yd}$	W	=	387,67	[cm <sup>3</sup> ]	
 Caratteristiche del profilo scelto	Profilo tipo: <b>IPE 300</b>					
	Base	b	=	150	[mm]	
	Altezza	h	=	300	[mm]	
	Spessore anima	a	=	7,1	[mm]	
	Spessore ali	e	=	10,7	[mm]	
	Raggio	r	=	15	[mm]	
	Peso	p	=	422	[N/m]	
	Area profilo	A	=	5.381	[mm <sup>2</sup> ]	
	Momenti d'inerzia assi x e y	J <sub>x</sub>	=	8.356	[cm <sup>4</sup> ]	
		J <sub>y</sub>	=	604	[cm <sup>4</sup> ]	
	Moduli di resistenza elastici assi x e y	W <sub>el,x</sub>	=	557	[cm <sup>3</sup> ]	
		W <sub>el,y</sub>	=	80,5	[cm <sup>3</sup> ]	
	Moduli di resistenza plastici assi x e y	W <sub>pl,x</sub>	=	628,36	[cm <sup>3</sup> ]	
		W <sub>pl,y</sub>	=	125,22	[cm <sup>3</sup> ]	
Raggi d'inerzia assi x e y	i <sub>x</sub>	=	9,97	[cm]		
	i <sub>y</sub>	=	3,35	[cm]		
Fattore di rigidezza torsionale	J <sub>t</sub>	=	-	[cm <sup>4</sup> ]		
Costante d'ingobbamento	J <sub>w</sub>	=	-	[ADIM.]		

**VERIFICHE [SLU]**

Classe della sezione	Verifica flessione monoassiale	$M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$		RIFERIMENTI NTC 2008	
		(SLU)	(U.M.)		
	Classe sezione: <b>CLASSE 1</b>				
	Classe anima	$72 \times \epsilon = 66,56$ $c/t = 35,01$ $c/t < 72\epsilon$		(tab. 4.2.I)	
	Classe ala	$9 \times \epsilon = 8,32$ $c/t = 5,28$ $c/t < 9\epsilon$		(tab. 4.2.II)	
verifica flessione trave	Combinazione carico SLU	$F_{d,SLU} =$	26,37	[kN×m]	
	Reazione vincolare SLU	$R_{SLU} =$	73,18	[kN]	
	Momento flettente di calcolo	$M_{Ed} =$	101,53	[kN×m]	
	Resistenza di calcolo a flessione retta	$M_{c,Rd} = W_{pl,x} \times f_{yk} / \gamma_{M0}$ (form. 4.2.13)	$M_{c,Rd} =$	164,57	[kN×m]
	NB: se uso $W_{el} = W_{pl}$ (tracce classe 4) sono a favore di sicur.				<b>VERIFICATO</b>

Trave	Verifica a taglio	$V_{Ed} \leq V_{c,Rd}$		Area resistente a taglio	
		(SLU)	(U.M.)		
	Taglio massimo di progetto	$V_{Ed} =$	73	[kN]	
	Area resistente al taglio (form.4.2.19)	$A_v =$	2567,97	[mm <sup>2</sup> ]	
	Taglio resistente di progetto	$V_{c,Rd} = (A_v \times f_{yk}) / (\sqrt{3} \times \gamma_{M0})$ (form.4.2.18)	$V_{c,Rd} =$	388,30	[kN]
				<b>VERIFICATO</b>	



**VERIFICHE [SLE]**

Trave	Verifica deformabilità	$M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$		RIFERIMENTI NTC 2008
		(SLE)	(U.M.)	
	Luce dell'elemento	$L =$	5,6	[m]
	Combinazione rara			
	$F_{d,tot} = g_{solaio} \times l_{interasse} + q_{solaio} \times l_{interasse}$	$=$	18,34	[kN/m]
	$F_{d,2} = q_{sovraccarico} \times l_{interasse}$	$=$	4,35	[kN/m]
	Reazione vincolare $F_{d,tot}$	$=$	52,05	[kN]
	Reazione vincolare $F_{d,2}$	$=$	12,07	[kN]
	Spostamento dovuto ai carichi variabili	$d_2 =$	3,06	[mm]
		$l/300 =$	18,50	mm
				<b>VERIFICATO</b>
	Spostam. stato finale (meno la monta iniz.)	$d_{max} =$	12,91	[mm]
		$l/250 =$	22,2	mm
				<b>VERIFICATO</b>

Predimensionamento travi secondarie passerella (B166a - B466a)					RIFERIMENTI NTC 2008
Trave	Luce	L	=	2,4	[m]
	Larghezza area di influenza	l	=	3,5	[m]
	Carico al m <sup>2</sup>		=	11,67	[kN/m <sup>2</sup> ]
	Azione agente di progetto	F <sub>d</sub>	=	40,25	[kN/m]
	Reazione vincolare su trave primaria	R	=	49	[kN]
	Tensione di snervamento di progetto: $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{M0}$	f <sub>yd</sub>	=	262	[N/mm <sup>2</sup> ]
	Coefficiente di sicurezza	$\gamma_{M0}$	=	1,05	[ADIM.]
	Momento massimo agente	M <sub>max</sub>	=	29,95	[kN×m]
	Modulo di resistenza: $W = M_{max} / f_{yd}$	W	=	114,36	[cm <sup>3</sup> ]
Caratteristiche del profilo scelto	Profilo tipo: <b>IPE 180</b>				
	Base	b	=	91	[mm]
	Altezza	h	=	180	[mm]
	Spessore anima	a	=	5,3	[mm]
	Spessore ali	e	=	8	[mm]
	Raggio	r	=	9	[mm]
	Peso	p	=	188	[N/m]
	Area profilo	A	=	2.395	[mm <sup>2</sup> ]
	Momenti d'inerzia assi x e y	J <sub>x</sub>	=	1.317	[cm <sup>4</sup> ]
		J <sub>y</sub>	=	101	[cm <sup>4</sup> ]
	Moduli di resistenza elastici assi x e y	W <sub>el,x</sub>	=	146	[cm <sup>3</sup> ]
		W <sub>el,y</sub>	=	22,16	[cm <sup>3</sup> ]
	Moduli di resistenza plastici assi x e y	W <sub>pl,x</sub>	=	166,41	[cm <sup>3</sup> ]
		W <sub>pl,y</sub>	=	34,60	[cm <sup>3</sup> ]
Raggi d'inerzia assi x e y	i <sub>x</sub>	=	7,42	[cm]	
	i <sub>y</sub>	=	2,05	[cm]	
Fattore di rigidezza torsionale	J <sub>t</sub>	=	-	[cm <sup>4</sup> ]	
Costante d'ingobbamento	J <sub>w</sub>	=	-	[ADIM.]	

### VERIFICHE [SLU]

Classe della sezione	Verifica flessione monoassiale		M <sub>Ed</sub> ≤ M <sub>c,Rd</sub>		RIFERIMENTI NTC 2008
	(SLU)	(U.M.)	(SLU)	(U.M.)	
	Classe sezione: <b>CLASSE 1</b>				
	Classe anima				
		72 × ε	=	66,56	
	c/t	=	27,55		
	c/t < 72ε				(tab. 4.2.I)
	Classe ala				
		9 × ε	=	8,32	
		c/t	=	4,23	
	c/t < 9ε				(tab. 4.2.II)
verifica flessione trave	Combinazione carico SLU	F <sub>d,SLU</sub>	=	40,25	[kN×m]
	Reazione vincolare SLU	R <sub>SLU</sub>	=	49,10	[kN]
	Momento flettente di calcolo	M <sub>Ed</sub>	=	29,95	[kN×m]
	Resistenza di calcolo a flessione retta	M <sub>c,Rd</sub>	=	43,58	[kN×m]
	NB: se uso W <sub>pl</sub> = W <sub>pl</sub> (tranne classe 4) sono a favore di sicur.		<b>VERIFICATO</b>		

Trave	Verifica a taglio		V <sub>Ed</sub> < V <sub>c,Rd</sub>		Area resistente a taglio
	(SLU)	(U.M.)	(SLU)	(U.M.)	
	Taglio massimo di progetto	V <sub>Ed</sub>	=	49	[kN]
	Area resistente al taglio (form.4.2.19)	A <sub>v</sub>	=	1125,40	[mm <sup>2</sup> ]
	Taglio resistente di progetto	V <sub>c,Rd</sub>	=	170,17	[kN]
	V <sub>c,Rd</sub> = (A <sub>v</sub> × f <sub>yk</sub> ) / (√3 × γ <sub>M2</sub> ) (form.4.2.18)		<b>VERIFICATO</b>		

**VERIFICHE [SLE]**

	<b>Verifica deformabilità</b>					RIFERIMENTI NTC 2008
				(SLE)	(U.M.)	
Trave	Luce dell'elemento	L	=	2,4	[m]	
	Combinazione rara					
	$F_{d,tot} = g_{solain} \times I_{interasse} + q_{solain} \times I_{interasse}$		=	40,25	[kN/m]	
	$F_{d,2} = q_{sovraccarico} \times I_{interasse}$		=	17,25	[kN/m]	
	Reazione vincolare $F_{d,tot}$		=	49,33	[kN]	
	Reazione vincolare $F_{d,2}$		=	21,05	[kN]	
	Spostamento dovuto ai carichi variabili	$d_2$	=	2,88	[mm]	
		$l/300$	=	8,13	mm	
				<b>VERIFICATO</b>		
	Spostam. stato finale (meno la monta iniz.)	$d_{max}$	=	6,72	[mm]	
	$l/250$	=	9,76	mm		
			<b>VERIFICATO</b>			

C.F.R.(4.2.4.2.1)

Dimensionamento travi secondarie blocco stazione												
Trave	Profilo	lunghezza [m]	P distribuito [kN/m <sup>2</sup> ]	P lineare [kN/m]	M <sub>ed</sub> [kNm]	M <sub>c,Rd</sub> [kNm]	freccia $\delta_2$ [mm]	1/300 [mm]	1/250 [mm]	freccia $\delta_{max}$ [mm]	1/250 [mm]	1/200 [mm]
Travi piano ammezzato												
A0B78 A1B78	IPE 120	4,7	1,31	1,78	4,91	15,9	6,4	15,6	-	10,4	18,8	-
A1B67 A0A167	IPE 100	4,2	1,31	1,78	3,92	10,32	7,6	14	-	12,3	16,8	-
Travi piano 1												
5bCF 5cCF 5aCF	IPE 500	10,8	8,23	24,7	356,74	574,65	10,3	35,8	-	34,7	43,0	-
6CD 6bCD 6cCD 6dCD	IPE 400	6,4	9,14	27,41	138,13	342,35	3,9	21,2	-	11,9	25,4	-
6DF 6bDF 6cDF 6dDF	IPE 240	4,5	9,14	27,41	70,29	96,03	6,4	15,1	-	13,5	18,1	-
B17a8 B47a8	IPE 300	5,6	12,12	26,37	101,53	154,67	3,1	18,5	-	12,9	22,2	-
B166a B466a	IPE 160	2,4	8,43	29,1	21,64	32,44	1,7	8,1	-	7,4	9,8	-
Travi piano 2												
5bCF 5cCF 5aCF	IPE 300	10,8	1,96	5,87	84,75	164,57	14,8	-	43,2	40,1	-	54
6CD 6bCD 6cCD 6dCD	IPE 200	6,4	1,96	5,87	29,57	57,79	7,8	-	25,6	20,9	-	32
6DF 6bDF 6cDF 6dDF	IPE 160	4,5	1,96	5,87	15,05	32,44	4,5	-	18	12,2	-	22,5
B166a B466a	IPE 180	2,4	11,67	40,25	29,95	43,58	2,9	8	-	6,7	9,6	-
B277a	IPE 240	5,1	32	16	51,01	96,03	2,6	17	-	14	20,4	-
B377a	IPE 270	5,1	11,67	19,83	63,22	126,76	5,9	17	-	13,8	20,4	-
B35b5c B45b5c B15b5c B25b5c	IPE 160	3	38,67	19,33	21,75	32,44	1,4	10	-	11,1	12	-
Travi copertura in vetro	Tubo 250x120x5	9,5	1,28	1,92	21,66	74,12	13,8	-	38	35,8	-	47,5
Travi copertura	Tubo 250x120x5	6,35	1,28	1,9	9,68	37,98	7,2	-	25,4	19,4	-	31,75

in vetro													
Cordolo di copertura	Tube 250x140x5	12	0,95	0,66	16,84	81	13,8	-	48	26,3	-	60	

Si specifica che il carico distribuito agente sulle travi B35b5c, B45b5c, B15b5c, B25b5c tiene conto del carico delle vasiere da 3 tonnellate ciascuna.

## 10.6 Dimensionamento travi secondarie blocco Sud

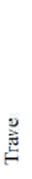
		Predimensionamento travi secondarie interpiano ristorante (1aBC - 1bBC)				RIFERIMENTI NTC 2008
Trave	Luce	L	=	9,5	[m]	(tab. 4.2.V)
	Larghezza area di influenza	l	=	3	[m]	
	Carico al m <sup>2</sup>		=	9,14	[kN/m <sup>2</sup> ]	
	Azione agente di progetto	F <sub>d</sub>	=	27,42	[kN/m]	
	Reazione vincolare su trave primaria	R	=	130	[kN]	
	Tensione di snervamento di progetto: $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{M0}$	f <sub>yd</sub>	=	262	[N/mm <sup>2</sup> ]	
	Coefficiente di sicurezza	γ <sub>M0</sub>	=	1,05	[ADIM.]	
	Momento massimo agente	M <sub>max</sub>	=	309,3319	[kN·m]	
	Modulo di resistenza: $W = M_{max} / f_{yd}$	W	=	1181,09	[cm <sup>3</sup> ]	
 Caratteristiche del profilo scelto	Profilo tipo: <b>YPE 450</b>					
	Base	b	=	190	[mm]	
	Altezza	h	=	450	[mm]	
	Spessore anima	a	=	9,4	[mm]	
	Spessore ali	e	=	14,6	[mm]	
	Raggio	r	=	21	[mm]	
	Peso	p	=	776	[N/m]	
	Area profilo	A	=	9 882	[mm <sup>2</sup> ]	
	Momenti d'inerzia assi x e y	J <sub>x</sub>	=	33.740	[cm <sup>4</sup> ]	
		J <sub>y</sub>	=	1.676	[cm <sup>4</sup> ]	
	Moduli di resistenza elastici assi x e y	W <sub>el,x</sub>	=	1500	[cm <sup>3</sup> ]	
		W <sub>el,y</sub>	=	176,4	[cm <sup>3</sup> ]	
	Moduli di resistenza plastici assi x e y	W <sub>pl,x</sub>	=	1701,79	[cm <sup>3</sup> ]	
		W <sub>pl,y</sub>	=	276,38	[cm <sup>3</sup> ]	
Raggi d'inerzia assi x e y	i <sub>x</sub>	=	18,48	[cm]		
	i <sub>y</sub>	=	4,12	[cm]		
Fattore di rigidezza torsionale	J <sub>t</sub>	=	-	[cm <sup>4</sup> ]		
Costante d'ingobbamento	J <sub>w</sub>	=	-	[ADIM.]		

## VERIFICHE [SLU]

Classe della sezione	Verifica flessione monoassiale		$M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$		RIFERIMENTI NTC 2008
			(SLU)	(U.M.)	
	Classe sezione: <b>CLASSE 1</b>				(tab. 4.2.I)
	Classe anima		$72 \times \varepsilon = 66,56$ $c/t = 40,30$ $c/t < 72\varepsilon$		
	Classe ala		$9 \times \varepsilon = 8,32$ $c/t = 4,75$ $c/t < 9\varepsilon$		(tab. 4.2.II)
	verifica flessione trave		Combinazione carico SLU $F_{d,SLU} = 27,42$ [kN×m] Reazione vincolare SLU $R_{SLU} = 130,25$ [kN] Momento flettente di calcolo $M_{Ed} = 309,33$ [kN×m] Resistenza di calcolo a flessione retta $M_{c,Rd} = W_{pl,x} \times f_{yk} / \gamma_{M0}$ (form. 4.2.13) $M_{c,Rd} = 445,71$ [kN×m] NB: se uso $W_{el} = W_{pl}$ (tranne classe 4) sono a favore di sicur.		<b>VERIFICATO</b>

Trave	Verifica a taglio		$V_{Ed} \leq V_{c,Rd}$		Area resistente a taglio
			(SLU)	(U.M.)	
	Taglio massimo di progetto $V_{Ed} = 130$ [kN]				<b>VERIFICATO</b>
	Area resistente al taglio (form.4.2.19) $A_c = 5084,44$ [mm <sup>2</sup> ]				
	Taglio resistente di progetto $V_{c,Rd} = (A_c \times f_{tk}) / (\sqrt{3} \times \gamma_{M0})$ (form.4.2.18) $V_{c,Rd} = 768,82$ [kN]				

## VERIFICHE [SLE]

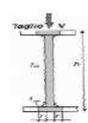
Trave	Verifica deformabilità		$(SLE)$ (U.M.)		RIFERIMENTI NTC 2008
			(SLE)	(U.M.)	
	Luce dell'elemento $L = 9,5$ [m]				C.F.R.(4.2.4.2.1)
	Combinazione rara				
	$F_{d,tot} = g_{solaio} \times l_{interasse} + q_{solaio} \times l_{interasse}$		$= 20,19$	[kN/m]	
	$F_{d,2} = q_{sovraccarico} \times l_{interasse}$		$= 9,00$	[kN/m]	
	Reazione vincolare $F_{d,rea}$		$= 99,59$	[kN]	
	Reazione vincolare $F_{d,2}$		$= 42,75$	[kN]	
	Spostamento dovuto ai carichi variabili $d_2$		$= 13,47$	[mm]	
			$= 31,6/$	mm	
			<b>VERIFICATO</b>		
	Spostam. stato finale (meno la monta iniz.) $d_{mv}$		$= 30,22$	[mm]	
		$= 38$	mm		
		<b>VERIFICATO</b>			

Predimensionamento travi secondarie copertura ristorante (3BC - 3aBC)					RIFFERIMENTI NTC 2008
Trave	Luce	L	=	9,5	[m]
	Larghezza area di influenza	l	=	3,0	[m]
	Carico al m <sup>2</sup>		=	1,96	[kN/m <sup>2</sup> ]
	Azione agente di progetto	F <sub>d</sub>	=	5,87	[kN/m]
	Reazione vincolare su trave primaria	R	=	28	[kN]
	Tensione di snervamento di progetto: $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_{M0}$	f <sub>yd</sub>	=	262	[N/mm <sup>2</sup> ]
	Coefficiente di sicurezza	γ <sub>M0</sub>	=	1,05	[ADIM.]
	Momento massimo agente	M <sub>max</sub>	=	66,19	[kN×m]
	Modulo di resistenza: $W = M_{max}/f_{yd}$	W	=	252,72	[cm <sup>3</sup> ]
 Caratteristiche del profilo scelto	Profilo tipo: <b>IPE 300</b>				
	Base	b	=	150	[mm]
	Altezza	h	=	300	[mm]
	Spessore anima	a	=	7,1	[mm]
	Spessore ali	e	=	10,7	[mm]
	Raggio	r	=	15	[mm]
	Peso	p	=	422	[N/m]
	Area profilo	A	=	5.381	[mm <sup>2</sup> ]
	Momenti d'inerzia assi x e y	J <sub>x</sub>	=	8.356	[cm <sup>4</sup> ]
		J <sub>y</sub>	=	604	[cm <sup>4</sup> ]
	Moduli di resistenza elastici assi x e y	W <sub>el,x</sub>	=	557	[cm <sup>3</sup> ]
		W <sub>el,y</sub>	=	80,5	[cm <sup>3</sup> ]
	Moduli di resistenza plastici assi x e y	W <sub>pl,x</sub>	=	628,36	[cm <sup>3</sup> ]
		W <sub>pl,y</sub>	=	125,22	[cm <sup>3</sup> ]
	Raggi d'inerzia assi x e y	i <sub>x</sub>	=	12,46	[cm]
i <sub>y</sub>		=	3,35	[cm]	
Fattore di rigidezza torsionale	J <sub>t</sub>	=	-	[cm <sup>4</sup> ]	
Costante d'ingobbamento	J <sub>v</sub>	=	-	[ADIM.]	

(tab. 4.2.V)

### VERIFICHE [SLU]

Classe della sezione	Verifica flessione monoassiale	M <sub>Ed</sub> ≤ M <sub>c,Rd</sub>		RIFERIMENTI NTC 2008
		(SLU)	(U.M.)	
	Classe sezione: <b>CLASSE 1</b>			(tab. 4.2.I)
	Classe anima	72 × ε = 66,56	c/t = 35,01	
	c/t < 72ε			
	Classe ala	9 × ε = 8,32	c/t = 5,28	(tab. 4.2.II)
	c/t < 9ε			
	verifica flessione trave	Combinazione carico SLU	F <sub>d,SLU</sub> = 5,87	
	Reazione vincolare SLU	R <sub>SLU</sub> = 27,87	[kN]	
	Momento flettente di calcolo	M <sub>Ed</sub> = 66,19	[kN×m]	
	Resistenza di calcolo a flessione retta	M <sub>c,Rd</sub> = W <sub>pl,x</sub> × f <sub>yk</sub> / γ <sub>M0</sub> (form. 4.2.13)	164,57 [kN×m]	
	NB: se uso W <sub>el</sub> = W <sub>pl</sub> (tranne classe 4) sono a favore di sicur.		<b>VERIFICATO</b>	

Trave	Verifica a taglio	V <sub>Ed</sub> ≤ V <sub>c,Rd</sub>		Area resistente a taglio
		(SLU)	(U.M.)	
	Taglio massimo di progetto	V <sub>Ed</sub> = 28	[kN]	
	Area resistente al taglio (form. 4.2.19)	A <sub>v</sub> = 2567,97	[mm <sup>2</sup> ]	
	Taglio resistente di progetto	V <sub>c,Rd</sub> = (A <sub>v</sub> × f <sub>yk</sub> ) / (√3 × γ <sub>M0</sub> ) (form. 4.2.18)	388,30 [kN]	
			<b>VERIFICATO</b>	

**VERIFICHE [SLE]**

	Verifica deformabilità			RIFERIMENTI NTC 2008		
		(SLE)	(U.M.)			
Trave	Luce dell'elemento	L =	9,5	[m]		
	Combinazione rara					
	$F_{d,tot} = g_{solai} \times l_{interasse} + q_{solai} \times l_{interasse}$	=	4,04	[kN/m]		
	$F_{d,2} = q_{sovraccarico} \times l_{interasse}$	=	1,50	[kN/m]		
	Reazione vincolare $F_{d,tot}$	=	21,21	[kN]		
	Reazione vincolare $F_{d,2}$	=	7,13	[kN]		
	Spostamento dovuto ai carichi variabili	$d_2$	=	9,07	[mm]	
		1/250	=	38,00	mm	
				<b>VERIFICATO</b>		
	Spostam. stato finale (meno la monta iniz.)	$d_{max}$	=	24,44	[mm]	C.F.R.(4.2.4.2.1)
	1/200	=	47,5	mm		
			<b>VERIFICATO</b>			

**Dimensionamento travi secondarie blocco pullman**

Trave	Profilo	lunghezza [m]	P distribuito [kN/m <sup>2</sup> ]	P lineare [kN/m]	$M_{ed}$ [kNm]	$M_{c,Rd}$ [kNm]	freccia $\delta_2$ [mm]	1/300 [mm]	1/250 [mm]	freccia $\delta_{max}$ [mm]	1/250 [mm]	1/200 [mm]
Travi piano 1												
1aAB												
1aCD												
1bAB												
1bCD												
2CD												
2aCD	IPE 400	6,35	9,14	27,41	138,13	342,35	3,9	21,2	-	11,9	25,4	-
1aBC												
1bBC	IPE 450	9,5	9,14	27,42	309,33	445,71	13,5	31,7	-	30,2	38,0	-
AA122a												
AA122b												
AA122c												
2B2C												
2aB2C												
2cB2C	IPE 240	4,5	9,14	27,41	70,29	96,03	6,0	15,1	-	13,5	18,1	-
1BC	IPE 450	9,5	9,14	16,47	185,82	445,71	6,7	31,7	-	15,1	38	-
1AB												
1CD	IPE 400	6,4	9,14	16,47	83,02	342,35	1,9	21,2	-	6	25,4	-
Travi piano 2												
1aAB												
1aCD												
1bAB												
1bCD												
2CD												
2aCD												
2bCD	IPE 200	6,4	1,96	5,87	29,57	57,79	7,8	-	25,6	21	-	32
3BC												
3aBC	IPE 300	9,5	1,96	5,87	66,19	164,57	9,1	-	38	24,4	-	47,5
2cB2C	IPE 160	4,7	3,49	10,46	28,26	57,79	6,8	-	18,8	15,6	-	23,5
B322a												
B422a	IPE 180	3	28,52	14,26	16,04	32,44	0,4	-	12	7,8	-	15
1BC	IPE 300	9,5	1,96	2,93	33,09	164,57	4,5	-	38	12,2	-	47,5

Cordolo di copertura	IPE 220	10	1,96	1,37	17,11	74,75	13,3	-	40	30,6	-	50
Travi copertura in vetro	Tubo 250x120x5	6,35	1,28	1,9	9,68	37,98	7,2	-	25,4	19,4	-	31,8

Si specifica che, anche in questo caso, il carico distribuito agente sulle travi B322a, B422a, tiene conto del carico delle vasiere da 3 tonnellate ciascuna.

## 10.7 Dimensionamento travi primarie blocco stazione

Per dimensionare le travi primarie vanno posti dei carichi concentrati in corrispondenza delle travi secondarie, come in figura; i carichi agli appoggi si ipotizza che vengano assorbiti direttamente dai pilastri.

Per il dimensionamento allo S.L.U. si determina il momento massimo in corrispondenza della mezzeria, pari alla somma dei momenti generati dai carichi concentrati. Per la verifica all'S.L.E., invece, data la variabilità dell'entità dei carichi concentrati ci siamo avvalsi del software gratuito Ftool.



Figura 10.12 - Schema statico di riferimento della trave primaria

Come fatto precedentemente si mostrano due esempi di calcolo di travi primarie seguiti da una tabella riassuntiva di tutte le altre travi.

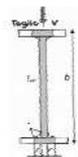
Predimensionamento trave primaria interpiano (D67)				RIFERIMENTI NTC 2008
Trave	Luce	L =	10,5	[m]
	Azione agente di progetto da trave secondaria 1	R1 =	149,08	[kN]
	Azione agente di progetto da trave secondaria 2	R2 =	149,08	[kN]
	Azione agente di progetto da trave secondaria 3	R3 =	149,08	[kN]
	Azione agente di progetto da trave secondaria 4	R4 =	-	[kN]
	Reazione vincolare su pilastro	R =	223,62	[kN]
	Tensione di snervamento di progetto: $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{Mc}$	$f_{yd} =$	262	[N/mm <sup>2</sup> ]
	Coefficiente di sicurezza	$\gamma_{M0} =$	1,05	[ADIM.]
	Momento massimo agente	$M_{max} =$	735	[kN×m]
Modulo di resistenza. $W = M_{max} / f_{yd}$	W =	2806	[cm <sup>3</sup> ]	
 Caratteristiche del profilo scelto	Profilo tipo: <b>IPE 600</b>			
	Base	b =	220	[mm]
	Altezza	h =	600	[mm]
	Spessore anima	a =	12	[mm]
	Spessore ali	e =	19	[mm]
	Raggio	r =	24	[mm]
	Peso	p =	1220	[N/m]
	Area profilo	A =	15600	[mm <sup>2</sup> ]
	Momenti d'inerzia assi x e y	$J_x =$	92.080	[cm <sup>4</sup> ]
		$J_y =$	3.387	[cm <sup>4</sup> ]
	Moduli di resistenza elastici assi x e y	$W_{el,x} =$	3.069	[cm <sup>3</sup> ]
		$W_{el,y} =$	307,9	[cm <sup>3</sup> ]
	Moduli di resistenza plastici assi x e y	$W_{pl,x} =$	3512,40	[cm <sup>3</sup> ]
		$W_{pl,y} =$	485,65	[cm <sup>3</sup> ]
Raggi d'inerzia assi x e y	$i_x =$	24,3	[cm]	
	$i_y =$	4,66	[cm]	
Fattore di rigidezza torsionale	$J_t =$	-	[cm <sup>4</sup> ]	
Costante d'ingobbamento	$J_w =$	-	[ADIM.]	

(tab. 4.2.V)

### VERIFICHE [SLU]

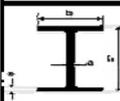
Classe della sezione	Verifica flessione monoassiale	$M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$		RIFERIMENTI NTC 2008
		(SLU)	(U.M.)	
	Classe sezione: <b>CLASSE 1</b>			
  verifica flessione trave	Classe anima	$72 \times \epsilon = 66,56$ $c/t = 42,83$ $c/t < 72\epsilon$		(tab. 4.2.I)
	Classe ala	$9 \times \epsilon = 8,32$ $c/t = 4,21$ $c/t < 9\epsilon$		(tab. 4.2.II)
	Carichi agenti concentrati, entità:	$R_{sLU} =$	223,62	[kN×m]
	Momento flettente di calcolo	$M_{Ed} =$	735	[kN×m]
	Resistenza di calcolo a flessione retta $M_{c,Rd} = W_{pl,x} \times f_{yk} / \gamma_{Mc}$ (form. 4.2.13)	$M_{c,Rd} =$	920	[kN×m]
	NB: se uso $W_{el} = W_{pl}$ (tranne classe 4) sono a favore di sicur.			<b>VERIFICATO</b>

Trave	Verifica a taglio	$V_{Ed} \leq V_{c,Rd}$		Area resistente a taglio
		(SLU)	(U.M.)	
	Taglio massimo di progetto	$V_{Ed} =$	225,0	[kN]
	Area resistente al taglio (form. 4.2.19)	$A_v =$	8380,00	[mm <sup>2</sup> ]
	Taglio resistente di progetto $V_{c,Rd} = (A_v \times f_{yk}) / (\sqrt{3} \times \gamma_{Mc})$ (form. 4.2.18)	$V_{c,Rd} =$	1267,15	[kN]
				<b>VERIFICATO</b>



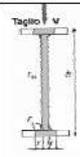
**VERIFICHE [SLE]**

Trave	Verifica deformabilità			RIFERIMENTI NTC 2008
		(SLE)	(U.M.)	
	Luce dell'elemento	L =	10 [m]	C.F.R. (4.2.4.2.1)
	Spostamento dovuto ai carichi variabili	$d_2$ =	16,70 [mm]	
		l/300 =	34,83 mm	
			<b>VERIFICATO</b>	
	Spostam. stato finale (meno la monta. iniz.)	$d_{max}$ =	35,8 [mm]	
		l/250 =	41,8 mm	
			<b>VERIFICATO</b>	

Trave	Predimensionamento trave primaria passerella ultimo (6BC)			RIFERIMENTI NTC 2008
	Luce	L =	9,5 [m]	(tab. 4.2.V)
	Azione agente di progetto da trave secondaria 1	R1 =	32,00 [kN]	
	Azione agente di progetto da trave secondaria 2	R2 =	32,00 [kN]	
	Azione agente di progetto da trave secondaria 3	R3 =	49,10 [kN]	
	Azione agente di progetto da trave secondaria 4	R4 =	49,10 [kN]	
	Carico agente su solaio	$F_p$ =	17,50 [kN/m]	
	Reazione vincolare su pilastro	R =	202,28 [kN]	
	Tensione di snervamento di progetto: $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{M0}$	$f_{yd}$ =	262 [N/mm <sup>2</sup> ]	
	Coefficiente di sicurezza	$\gamma_{M0}$ =	1,05 [ADIM.]	
	Momento massimo agente	$M_{max}$ =	373 [kN×m]	
	Modulo di resistenza: $W = M_{max} / f_{yd}$	W =	1474 [cm <sup>3</sup> ]	
 Caratteristiche del profilo scelto	Profilo tipo: <b>HEM 300</b>			
	Base	b =	340 [mm]	
	Altezza	h =	310 [mm]	
	Spessore anima	a =	21 [mm]	
	Spessore ali	e =	39 [mm]	
	Raggio	r =	27 [mm]	
	Peso	p =	2379 [N/m]	
	Area profilo	A =	30.308 [mm <sup>2</sup> ]	
	Momenti d'inerzia assi x e y	$J_x$ =	59.201 [cm <sup>4</sup> ]	
		$J_y$ =	19.403 [cm <sup>4</sup> ]	
	Moduli di resistenza elastici assi x e y	$W_{el,x}$ =	3.482 [cm <sup>3</sup> ]	
		$W_{el,y}$ =	1.252 [cm <sup>3</sup> ]	
	Moduli di resistenza plastici assi x e y	$W_{pl,x}$ =	4077,67 [cm <sup>3</sup> ]	
		$W_{pl,y}$ =	1913,18 [cm <sup>3</sup> ]	
Raggi d'inerzia assi x e y	$i_x$ =	14 [cm]		
	$i_y$ =	8 [cm]		
Fattore di rigidezza torsionale	$J_t$ =	- [cm <sup>4</sup> ]		
Costante d'ingobbamento	$J_w$ =	- [ADIM.]		

**VERIFICHE [SLU]**

Classe della sezione	Verifica flessione monoassiale	$M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$		RIFERIMENTI NTC 2008
		(S.L.U.)	(U.M.)	
	Classe sezione: <b>CLASSE 1</b> Classe anima $72 \times e = 66,56$ $c/t = 8,48$ $c/t < 72e$			(tab. 4.2.I)
	Classe ala $9 \times e = 8,32$ $c/t = 3,40$ $c/t < 9e$			(tab. 4.2.II)
verifica flessione trave 	Carichi agenti concentrati, entità:	$R_{SLU}$	202,23	[kN×m]
	Momento flettente di calcolo	$M_{Ed}$	373	[kN×m]
	Resistenza di calcolo a flessione retta $M_{c,Rd} = W_{pl,y} \times f_{yk} / \gamma_{M0}$ (form. 4.2.13)	$M_{c,Rd}$	1068	[kN×m]
	NB: se uso $W_{el} = W_{pl}$ (trame classe 4) sono a favore di secur.		<b>VERIFICATO</b>	

Trave	Verifica a taglio	$V_{Ed} \leq V_{t,Rd}$		RIFERIMENTI NTC 2008
		(S.L.U.)	(U.M.)	
Taglio massimo di progetto Area resistente al taglio (form.4.2.19) Taglio resistente di progetto $V_{t,Rd} = (A_v \times f_{yk}) / (\sqrt{3} \times \gamma_{M0})$ (form.4.2.18)	$V_{Ed} =$	186,5	[kN]	Area resistente a taglio 
	$A_v =$	6713,00	[mm <sup>2</sup> ]	
	$V_{t,Rd} =$	1015,08	[kN]	
	<b>VERIFICATO</b>			

**VERIFICHE [SLE]**

Trave	Verifica deformabilità			RIFERIMENTI NTC 2008
		(S.L.E.)	(U.M.)	
	Luce dell'elemento	L	9,50	[m]
	Spostamento dovuto ai carichi variabili	$d_2$	4,30	[mm]
		1/300	31,67	mm
	<b>VERIFICATO</b>			
	Spostam. stato finale (meno la monta iniz.)	$d_{max}$	29	[mm]
		1/250	38	mm
<b>VERIFICATO</b>				

Dimensionamento travi primarie blocco stazione																							
Trave	Profilo	luce [m]	P distribuito [kN/m <sup>2</sup> ]	P concentrati [kN]										V <sub>max</sub> al pilastro [kN]	M <sub>ed</sub> [kNm]	M <sub>c,Rd</sub> [kNm]	freccia δ <sub>2</sub> [mm]	1/300 [mm]	1/250 [mm]	freccia δ <sub>max</sub> [mm]	1/250 [mm]	1/200 [mm]	
Travi piano ammezzato																							
A166c0	IPE 220	6,8	0,5	7,47	7,47	7,47	7,47	-	-	-	-	-	-	-	17,60	30,1	75	1,9	22,7	-	23	27,2	-
A17a8	IPE 220	6,8	0,5	7,47	7,47	7,47	7,47	-	-	-	-	-	-	-	17,60	30,1	75	1,9	22,7	-	23	27,2	-
Travi piano 1																							
D67	IPE 600	10,5	3,0	149,08	149,08	149,08	-	-	-	-	-	-	-	-	225,00	735	920	16,7	34,8	-	35,8	41,8	-
C67	IPE 600	10,5	9,1	87,01	87,01	87,01	-	-	-	-	-	-	-	-	198,70	530,7	920	2,5	34,8	-	31,0	41,8	-
B67	IPE 450	10,5	12,1	17	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44,20	237,3	342,35	11,3	34,8	-	38,0	41,8	-
B78	IPE 450	10,5	12,1	17	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44,20	237,3	342,35	11,3	34,8	-	38,0	41,8	-
6aB1B4	IPE 300	4,4	15,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	41,80	68,9	165,57	1,36	14,5	-	7,8	17,4	-
8BC	IPE 500	9,5	5,0	73,18	73,18	73,18	-	-	-	-	-	-	-	-	129,60	405	575	5,4	31,7	-	37,6	38	-
6BC	IPE 500	9,5	5,0	35,48	40,61	40,61	35,48	-	-	-	-	-	-	-	97,10	289,6	575	5,5	31,7	-	28,2	38	-
7aB1B4	IPE 300	4,4	9,8	73,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	71,8	123,70	165	1,4	14,6	-	12,4	17,6	-
B356 B256	IPE 400	11,9	6,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40,60	120,93	342,35	10,8	39,7	-	45,5	47,6	-
Travi piano 2																							
D67	IPE 400	10,5	0,5	31,92	31,92	31,92	-	-	-	-	-	-	-	-	57,6	155,5	342	1,6	-	42,0	37,7	-	52,5
6BC	IPE 550	9,5	11,7	24,31	24,31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	190,6	457,4	730	27,1	31,7	-	32,1	38,0	-
B67	IPE 500 IPE 600	10,4	11,7	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	-	-	-	-	92	240,6	575	8,2	34,7	-	28,2	41,6	-
6aB1B4	IPE 300	4,4	14,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64,3	79,4	165	1,3	14,7	-	9,7	17,6	-
C67	IPE 500 IPE 600	10,5	11,7	18,63	18,63	18,63	-	-	-	-	-	-	-	-	109,5	286	575	8	35,0	-	33	42,0	-
5cBC	HEM 300	9,5	11,7	24	24	24	24	-	-	-	-	-	-	-	221,8	501,3	1068	4,3	31,7	-	37	38,0	-
6BC	HEM 300	9,5	11,7	32	32	49,1	49,1	-	-	-	-	-	-	-	168,5	373	1068	4,3	31,7	-	29	38,0	-
B56	HEM 500 HEM 550	11,9	0,5	6,1	6,1	214,24	6,1	6,1	198,2	6,1	55	6,1	6,1	6,1	304,2	1114	1858	1,1	39,7	-	46,5	47,6	-
7B1B4	IPE 300	4,4	5,0	50,4	50,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	67,8	84,9	165	1,4	14,7	-	8,8	17,6	-
6a7aB4	IPE 600	13,3	11,7	45,24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	152,5	518,7	920	10	44,3	-	50	53,2	-
C5a5b	IPE 200 IPE 400	2,9	0,5	9,12	55,41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31,9	42,6	58	0,1	-	11,6	7,5	-	14,5
C55a	IPE 200 IPE 400	2,9	0,5	13,68	31,54	18,24	-	-	-	-	-	-	-	-	40,4	38,1	58	0,1	-	11,6	7,3	-	14,5
5bBC	HEM 300	9,5	11,7	32	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	68	171,7	1068	4,3	31,7	-	35	38,0	-
Travi copertura in vetro	Tube 400x150x6	12,0	0,5	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10	-	-	21,8	62,2	206	4,8	-	48,0	34,8	-	60,0

I profili indicati in colore rosso sono stati scelti al posto di quelli neri per questioni di assemblaggio.

## 10.8 Dimensionamento travi primarie blocco Sud

Come fatto sopra si procede a mettere in evidenza due esempi e la successiva tabella riassuntiva.

		Predimensionamento trave primaria interpiano ristorante (B12 - C12)			RIFERIMENTI NTC 2008
Trave	Luce	L =	9,0	[m]	(tab. 4.2.V)
	Azione agente di progetto da trave secondaria 1	R1 =	217,26	[kN]	
	Azione agente di progetto da trave secondaria 2	R2 =	217,26	[kN]	
	Azione agente di progetto da trave secondaria 3	R3 =	-	[kN]	
	Azione agente di progetto da trave secondaria 4	R4 =	-	[kN]	
	Reazione vincolare su pilastro	R =	217,26	[kN]	
	Tensione di snervamento di progetto: $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{M0}$	$f_{yd}$ =	262	[N/mm <sup>2</sup> ]	
	Coefficiente di sicurezza	$\gamma_{M0}$ =	1,05	[ADIM.]	
Momento massimo agente	$M_{max}$ =	681,4	[kN×m]		
Modulo di resistenza: $W = M_{max} / f_{yd}$	W =	2602	[cm <sup>3</sup> ]		
 Caratteristiche del profilo scelto	Profilo tipo: <b>TPF 600</b>				
	Base	b =	220	[mm]	
	Altezza	h =	600	[mm]	
	Spessore anima	a =	17	[mm]	
	Spessore ali	e =	19	[mm]	
	Raggio	r =	24	[mm]	
	Peso	p =	1220	[N/m]	
	Area profilo	A =	15600	[mm <sup>2</sup> ]	
	Momenti d'inerzia assi x e y	$J_x$ =	92.080	[cm <sup>4</sup> ]	
		$J_y$ =	3.387	[cm <sup>4</sup> ]	
	Moduli di resistenza elastici assi x e y	$W_{el,x}$ =	3.059	[cm <sup>3</sup> ]	
		$W_{el,y}$ =	307,9	[cm <sup>3</sup> ]	
	Moduli di resistenza plastici assi x e y	$W_{pl,x}$ =	3512,40	[cm <sup>3</sup> ]	
$W_{pl,y}$ =		485,65	[cm <sup>3</sup> ]		
Raggi d'inerzia assi x e y	$i_x$ =	74,3	[cm]		
	$i_y$ =	4,66	[cm]		
Fattore di rigidità torsionale	$J_t$ =	-	[cm <sup>4</sup> ]		
Costante d'ingobbamento	$J_w$ =	-	[ADIM.]		

**VERIFICHE [SLU]**

Classe della sezione	Verifica flessione monoassiale	$M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$		RIFERIMENTI NTC 2008
		(SLU)	(U.M.)	
	Classe sezione: <b>CLASSE 1</b>			(tab. 4.2.I)
	Classe anima	$72 \times \varepsilon = 66,56$ $c/t = 42,83$ $c/t < 72\varepsilon$		
	Classe ala	$9 \times \varepsilon = 8,32$ $c/t = 4,21$ $c/t < 9\varepsilon$		(tab. 4.2.II)
	Carichi agenti concentrati, entità:	$R_{SLU} = 217,26$	[kN×m]	
verifica flessione trave	Momento flettente di calcolo	$M_{Ed} = 681$	[kN×m]	
	Resistenza di calcolo a flessione retta	$M_{c,Rd} = 920$	[kN×m]	
	$M_{c,Rd} = W_{pl,x} \times f_{yk} / \gamma_{M0}$ (form. 4.2.13)			
	NB: se uso $W_{el} = W_{pl}$ (tranne classe 4) sono a favore di secur.	<b>VERIFICATO</b>		

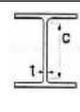
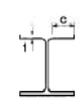
Trave	Verifica a taglio	$V_{Ed} \leq V_{c,Rd}$		Area resistente a taglio	
		(SLU)	(U.M.)		
	Taglio massimo di progetto	$V_{Ed} = 230,5$	[kN]		Area resistente a taglio
	Area resistente al taglio (form.4.2.19)	$A_v = 8380,00$	[mm <sup>2</sup> ]		
	Taglio resistente di progetto	$V_{c,Rd} = 1267,15$	[kN]		
	$V_{c,Rd} = (A_v \times f_{yk}) / (\sqrt{3} \times \gamma_{M0})$ (form.4.2.18)				
		<b>VERIFICATO</b>			

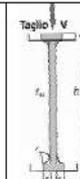
**VERIFICHE [SLE]**

Trave	Verifica deformabilità			RIFERIMENTI NTC 2008
		(SLE)	(U.M.)	
	Luce dell'elemento	$L = 9$	[m]	C.F.R.(4.2.4.2.1)
	Spostamento dovuto ai carichi variabili	$d_2 = 1,38$	[mm]	
		$l/300 = 30,00$	mm	
		<b>VERIFICATO</b>		
	Spostam. stato finale (meno la monta iniz.)	$d_{max} = 31$	[mm]	
		$l/250 = 36$	mm	
		<b>VERIFICATO</b>		

		Predimensionamento trave primaria copertura ristorante (B12 - C12 - C23)			RIFERIMENTI NTC 2008
Trave	Luce	L =	9,0	[m]	(tab. 4.2.V)
	Azione agente di progetto da trave secondaria 1	R1 =	68,30	[kN]	
	Azione agente di progetto da trave secondaria 2	R2 =	68,30	[kN]	
	Azione agente di progetto da trave secondaria 3	R3 =	-	[kN]	
	Azione agente di progetto da trave secondaria 4	R4 =	-	[kN]	
	Reazione vincolare su pilastro	R =	68,30	[kN]	
	Tensione di snervamento di progetto: $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{M0}$	$f_{yd}$ =	262	[N/mm <sup>2</sup> ]	
	Coefficiente di sicurezza	$\gamma_{M0}$ =	1,05	[ADIM.]	
	Momento massimo agente	$M_{max}$ =	220,3	[kN×m]	
Modulo di resistenza: $W = M_{max} / f_{yd}$	W =	841	[cm <sup>3</sup> ]		
 Caratteristiche del profilo scelto	Profilo tipo: <b>IPE 450</b>				
	Base	b =	190	[mm]	
	Altezza	h =	450	[mm]	
	Spessore anima	a =	9,4	[mm]	
	Spessore ali	e =	14,6	[mm]	
	Raggio	r =	21	[mm]	
	Peso	p =	776	[N/m]	
	Area profilo	A =	9 887	[mm <sup>2</sup> ]	
	Momenti d'inerzia assi x e y	$J_x$ =	33 740	[cm <sup>4</sup> ]	
		$J_y$ =	1.676	[cm <sup>4</sup> ]	
	Moduli di resistenza elastici assi x e y	$W_{el,x}$ =	1.500	[cm <sup>3</sup> ]	
		$W_{el,y}$ =	176,4	[cm <sup>3</sup> ]	
	Moduli di resistenza plastici assi x e y	$W_{pl,x}$ =	1701,79	[cm <sup>3</sup> ]	
		$W_{pl,y}$ =	276,38	[cm <sup>3</sup> ]	
Raggi d'inerzia assi x e y	$i_x$ =	18,48	[cm]		
	$i_y$ =	4,12	[cm]		
Fattore di rigidità torsionale	$J_t$ =	-	[cm <sup>4</sup> ]		
Costante d'ingobbamento	$J_w$ =	-	[ADIM.]		

### VERIFICHE [SLU]

Classe de la sezione	Verifica flessione monoassiale	$M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$		RIFERIMENTI NTC 2008
		(SLU)	(U.M.)	
	Classe sezione: <b>CLASSE 1</b>			(tab. 4.2.I)
	Classe anima	$72 \times e = 66,56$ $c/t = 40,30$ $c/t < 72e$		
		Classe ala	$9 \times e = 8,32$ $c/t = 4,75$ $c/t < 9e$	(tab. 4.2.II)
verifica flessione trave	Carichi agenti concentrati, entità:	$R_{SLU} =$	68,30	[kN×m]
	Momento flettente di calcolo	$M_{Ed} =$	220	[kN×m]
	Resistenza di calcolo a flessione retta $M_{c,Rd} = W_{pl,x} \times f_{yk} / \gamma_{M0}$ (form. 4.2.13)	$M_{c,Rd} =$	446	[kN×m]
	NB: se uso $W_{el} = W_{pl}$ (tranne classe 4) sono a favore di sicur.	<b>VERIFICATO</b>		

Trave	Verifica a taglio	$V_{Ed} \leq V_{c,Rd}$		Area resistente a taglio 
		(SLU)	(U.M.)	
	Taglio massimo di progetto	$V_{Ed} =$	75,1	[kN]
	Area resistente al taglio (form 4.2.19)	$A_v =$	5084	[mm <sup>2</sup> ]
	Taglio resistente di progetto $V_{c,Rd} = (A_v \times f_{yk}) / (\sqrt{3} \times \gamma_{M0})$ (form.4.2.18)	$V_{c,Rd} =$	768,82	[kN]
<b>VERIFICATO</b>				

**VERIFICHE [SLE]**

	<b>Verifica deformabilità</b>				RIFERIMENTI NTC 2008	
			(SLE)	(U.M.)		
Trave	Luce dell'elemento	L =	9	[m]	C.F.R.(4.2.4.2.1)	
	Spostamento dovuto ai carichi variabili	$d_2$ =	1,38	[mm]		
		$l/250$ -	36,00	mm		
				<b>VERIFICATO</b>		
	Spostam. stato finale (meno la monta iniz.)	$d_{max}$ =	31	[mm]		
		$l/200$ =	45	mm		
			<b>VERIFICATO</b>			

Dimensionamento travi primarie blocco pullman																				
Trave	Profilo	luce [m]	P distribuito [kN/m <sup>2</sup> ]	P concentrati [kN]								V <sub>max</sub> al pilastro [kN]	M <sub>ed</sub> [kNm]	M <sub>c,Rd</sub> [kNm]	freccia δ <sub>2</sub> [mm]	1/300 [mm]	1/250 [mm]	freccia δ <sub>max</sub> [mm]	1/250 [mm]	1/200 [mm]
Travi piano 1																				
B12 C12	IPE 600	9	3,0	217,26	217,26	-	-	-	-	-	-	230,50	681,4	920	1,4	30,0	-	31,0	36,0	-
D12	IPE 450	9	3,0	87,1	87,1	-	-	-	-	-	-	81,00	291	446	1,4	30,0	-	13,0	36,0	-
C23	IPE 500	9	3,0	149,1	24,36	62,07	-	-	-	-	-	145,30	422,4	575	2,6	30,0	-	34,0	36,0	-
3BC	IPE 500	9,5	3,0	59,36	82,26	-	-	-	-	-	-	86,90	268,2	575	3,3	31,7	-	25,0	38,0	-
3AB	IPE 240	9,5	3,0	13,62	36,74	-	-	-	-	-	-	46,30	44,2	96	8,1	31,7	-	25,0	38	-
CB333e	IPE 400	7,7	9,1	-	-	-	-	-	-	-	-	52,00	100,5	342,35	2,8	25,5	-	11,7	30,6	-
Travi piano 2																				
B12 C12 C23	IPE 450	9	0,5	68,3	68,3	-	-	-	-	-	-	75,1	220,3	446	1,9	-	36,0	27,7	-	45,0
1BC	IPE 300	9,5	1,96	-	-	-	-	-	-	-	-	14	33,1	164,6	4,5	-	38,0	12,2	-	47,5
D12 D23	IPE 300	9,0	0,5	18,63	18,63	-	-	-	-	-	-	20,9	60,9	165	2,5	-	36,0	30,6	-	45,0
C34	IPE 400	9,0	0,5	6,1	6,1	27,87	6,1	6,1	27,87	6,1	6,1	43,6	114	342	7,8	-	36,0	19,2	-	45,0
2B2c 2aB2c	IPE 300	4,5	0,5	21,39	21,39	-	-	-	-	-	-	103,4	117,3	165	0,4	-	18,0	13	-	22,5
Cordolo di copertura	IPE 220	10,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	7	17,11	74,75	13,3	-	40,0	30,6	-	50,0
Travi di contorno vetro	Tubo 300x100x5	9,0	0,5	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10	-	-	15,7	33	108	3,6	-	36,0	25	-	45,0

## 10.9 Dimensionamento Pad sospesi

Di seguito si mostrano i dimensionamenti delle travi secondarie che costituiscono il solaio dei volumi sospesi (Pad) all'interno del blocco stazione.

Predimensionamento solaio				
Solaio	Luce	L	=	1,8 [m]
	Sovraccarico: $p = g + q$	p	=	4,64 [kN/m <sup>2</sup> ]
	CARATTERISTICHE DEL SOLAIO (da tabella produttori)			
	Spessore lamiera	s	=	1 [mm]
	Altezza lamiera grecata + getto	h	=	10 [mm]

Predimensionamento travi solaio pad					RIFERIMENTI N1C 2008
Trave	Luce	L	=	3,2 [m]	(tab. 4.2.V)
	Larghezza area di influenza	l	=	1,8 [m]	
	Carico al m <sup>2</sup>		=	4,64 [kN/m <sup>2</sup> ]	
	Azione agente di progetto	F <sub>d</sub>	=	8,12 [kN/m]	
	Reazione vincolare su trave primaria	R	=	13 [kN]	
	Tensione di snervamento di progetto: $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{M0}$	f <sub>yd</sub>	=	410 [N/mm <sup>2</sup> ]	
	Coefficiente di sicurezza	γ <sub>M0</sub>	=	1,05 [ADIM.]	
	Momento massimo agente	M <sub>max</sub>	=	10,39 [kN×m]	
	Modulo di resistenza: $W = M_{max} / f_{yd}$	W	=	25,38 [cm <sup>3</sup> ]	
Caratteristiche del profilo scelto	Profilo tipo: <b>HEB 140</b>				
		Base	b	=	140 [mm]
		Altezza	h	=	140 [mm]
		Spessore anima	a	=	7 [mm]
		Spessore ali	e	=	12 [mm]
		Raggio	r	=	12 [mm]
		Peso	p	=	337 [N/m]
		Area profilo	A	=	4.296 [mm <sup>2</sup> ]
		Momenti d'inerzia assi x e y	J <sub>x</sub>	=	1.509 [cm <sup>4</sup> ]
			J <sub>y</sub>	=	550 [cm <sup>4</sup> ]
		Moduli di resistenza elastici assi x e y	W <sub>el,x</sub>	=	216 [cm <sup>3</sup> ]
			W <sub>el,y</sub>	=	78,52 [cm <sup>3</sup> ]
		Moduli di resistenza plastici assi x e y	W <sub>pl,x</sub>	=	245,43 [cm <sup>3</sup> ]
		W <sub>pl,y</sub>	=	119,78 [cm <sup>3</sup> ]	
	Raggi d'inerzia assi x e y	i <sub>x</sub>	=	5,93 [cm]	
		i <sub>y</sub>	=	3,58 [cm]	
	Fattore di rigidità torsionale	J <sub>t</sub>	=	- [cm <sup>4</sup> ]	
	Costante d'ingobbamento	J <sub>w</sub>	=	- [ADIM.]	

## VERIFICHE [SLU]

Classe della sezione	Verifica flessione monoassiale		$M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$		RIFERIMENTI NTC 2008	
			(SLU)	(U.M.)		
	Classe sezione: <b>CLASSE 1</b>					
	Classe anima	$72 \times \varepsilon$	=	53,23	(tab. 4.2.I)	
		$c/t$	=	13,14		
		$c/t < 77\varepsilon$				
	Classe ala	$9 \times \varepsilon$	=	6,65	(tab. 4.2.II)	
		$c/t$	=	1,51		
		$c/t < 9\varepsilon$				
verifica flessione trave	Combinazione carico SLU	$F_{d,SLU}$	=	8,12 [kN×m]		
	Reazione vincolare SLU	$R_{SLU}$	=	12,99 [kN]		
	Momento flettente di calcolo	$M_{Ed}$	=	10,39 [kN×m]		
	Resistenza di calcolo a flessione retta	$M_{c,Rd} = W_{pl,x} \times f_{yk} / \gamma_{M0}$ (form. 4.2.13)	$M_{c,Rd}$	=	100,51 [kN×m]	
	NB: se uso $W_{el} = W_{pl}$ (tranne classe 4) sono a favore di sicur.				<b>VERIFICATO</b>	

Trave	Verifica a taglio		$V_{Ed} \leq V_{c,Rd}$		Area resistente a taglio
			(SLU)	(U.M.)	
	Taglio massimo di progetto	$V_{Ed}$	=	13 [kN]	
	Area resistente al taglio (form.4.2.19)	$A_v$	=	1308,00 [mm <sup>2</sup> ]	
	Taglio resistente di progetto	$V_{c,Rd} = (A_v \times f_{yk}) / (\sqrt{3} \times \gamma_{M0})$ (form.4.2.18)	$V_{c,Rd}$	=	309,76 [kN]
					<b>VERIFICATO</b>

## VERIFICHE [SLE]

Trave	Verifica deformabilità		$\Delta \leq \Delta_{lim}$		RIFERIMENTI NTC 2008
			(SLE)	(U.M.)	
	Luce dell'elemento	$L$	=	3,2 [m]	
	Combinazione rara				
	$F_{d,tot} = q_{solai} \times l_{interasse} + q_{colai} \times l_{interasse}$		=	8,12 [kN/m]	
	$F_{d,2} = q_{sovraccarico} \times l_{interasse}$		=	3,50 [kN/m]	
	Reazione vincolare $F_{d,tot}$		=	13,53 [kN]	
	Reazione vincolare $F_{d,2}$		=	5,6 [kN]	
	Spostamento dovuto ai carichi variabili	$d_2$	=	3,92 [mm]	
		$l/300$	=	10,67 mm	
				<b>VERIFICATO</b>	
	Spostam. stato finale (meno la monta iniz.)	$d_{max}$	=	9,10 [mm]	C.F.R.(4.2.4.2.1)
		$l/250$	=	12,8 mm	
				<b>VERIFICATO</b>	

Per quanto riguarda la struttura portante che costituisce lo scheletro dei Pad si è fatto riferimento al seguente schema statico elaborato con Ftool:

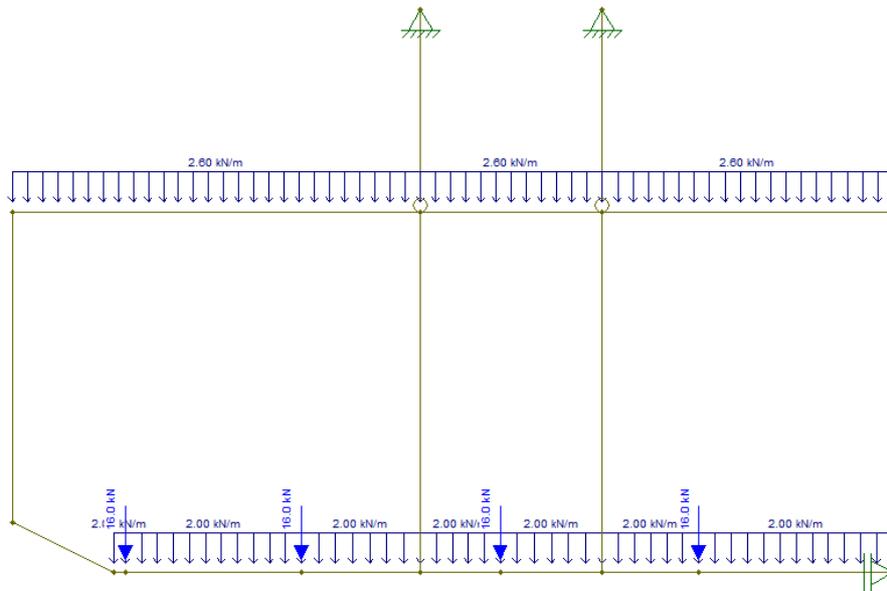


Figura 10.13 - Schema statico pad

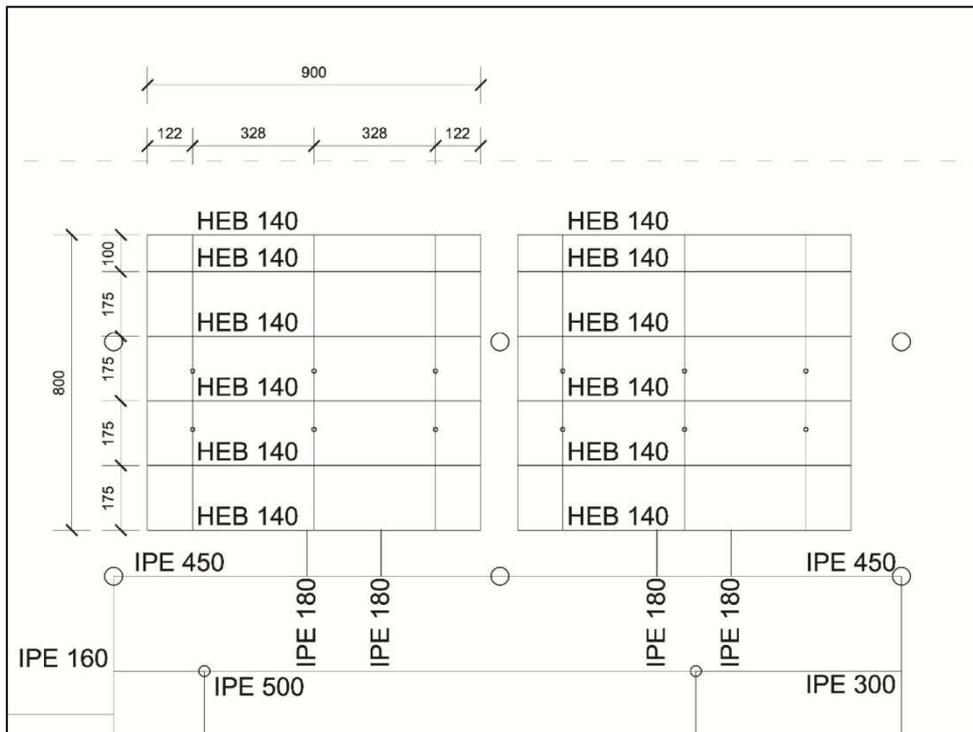


Figura 10.14 - Estratto pianta primo piano

Come si osserva sopra, i Pad sono stati pensati come una serie di telai portanti, preassemblati e portati in cantiere, accoppiati ai lati e con un singolo telaio in mezzeria. A garantire la sospensione di ogni singolo Pad sono state posizionate tre file di tiranti, saldati all'interno e collegati in corrispondenza del solaio di copertura con giunti cardanici e infine connessi alla copertura complessiva con i giunti sferici della reticolare spaziale. La scelta dei giunti cardanici è stata presa al fine di garantire gli eventuali spostamenti permettendo di considerare dei vincoli a cerniera nello schema statico. Per garantire la stabilità e il controventamento, invece, si è scelto di vincolare i singoli Pad alla passerella del primo piano costituendo così un vincolo a carrello che permette la rotazione e il solo scorrimento verticale.

Grazie ad Ftool è stata individuata, in modo iterativo, la sezione adatta al nostro telaio e questa risulta essere una HEB 200. I diagrammi sottostanti mostrano l'involuppo dei momenti flettenti, delle azioni taglianti, delle azioni assiali e la deformata allo S.L.U. e allo S.L.E..

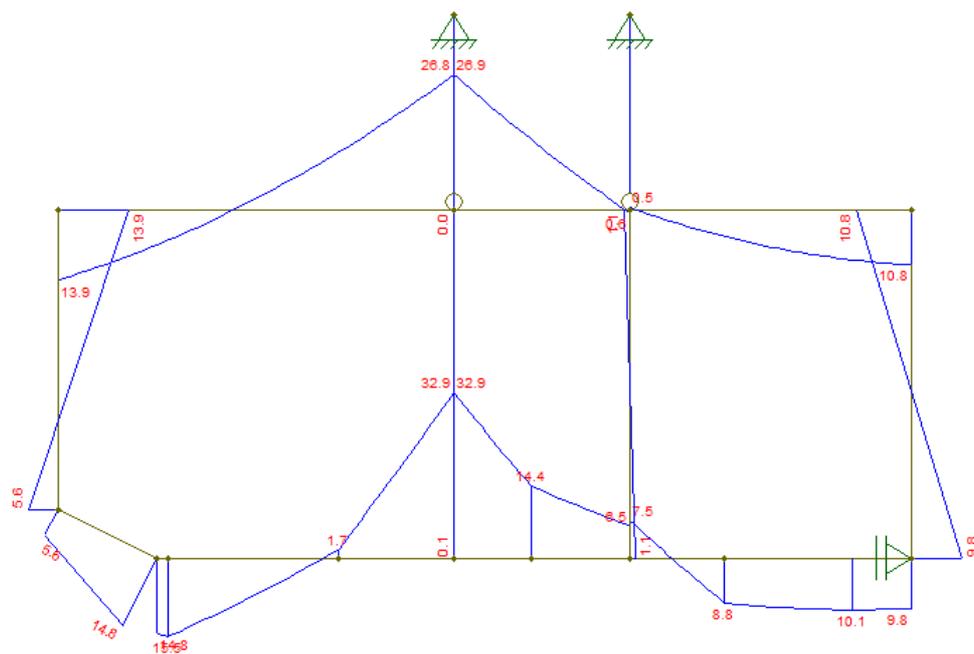


Figura 10.15 - Andamento dei momenti flettenti nel singolo telaio

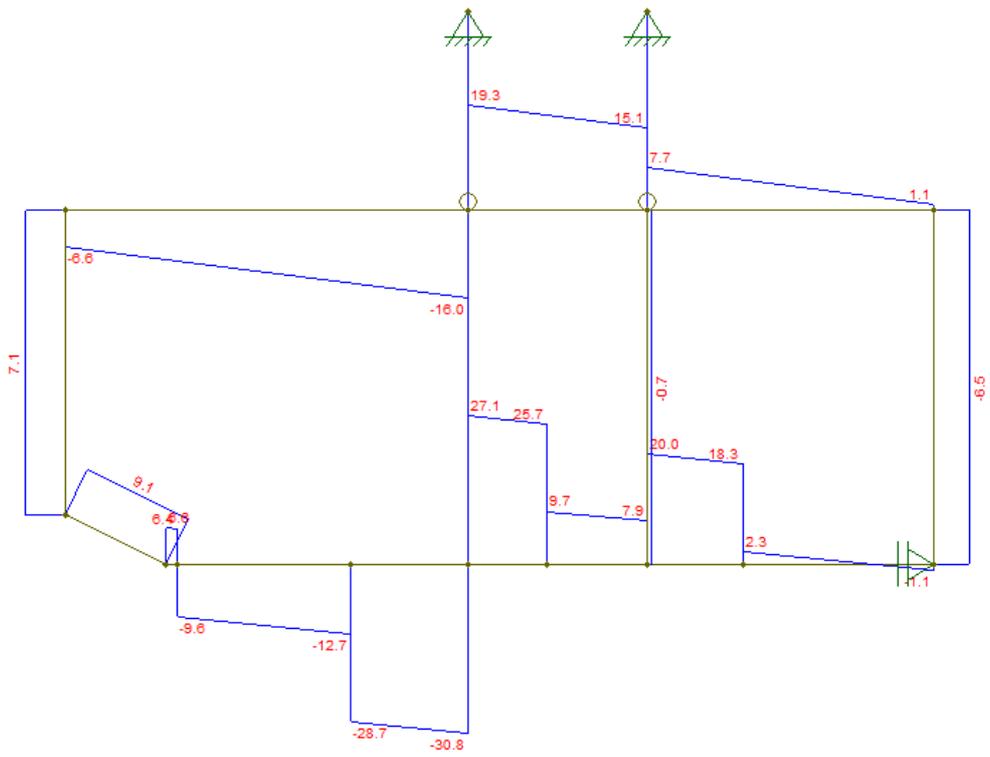


Figura 10.16 - Andamento del taglio nel singolo telaio

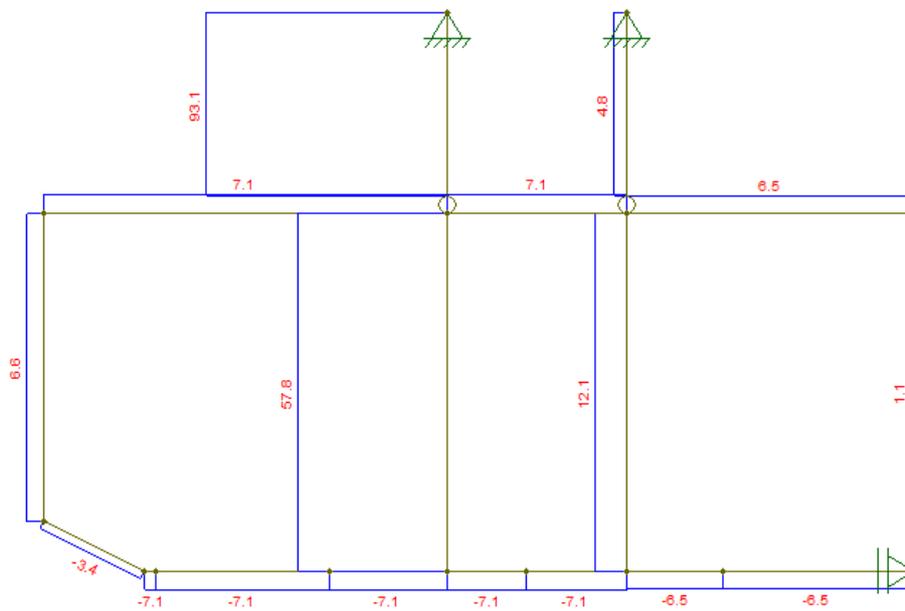


Figura 10.17 - Andamento delle azioni assiali nel singolo telaio

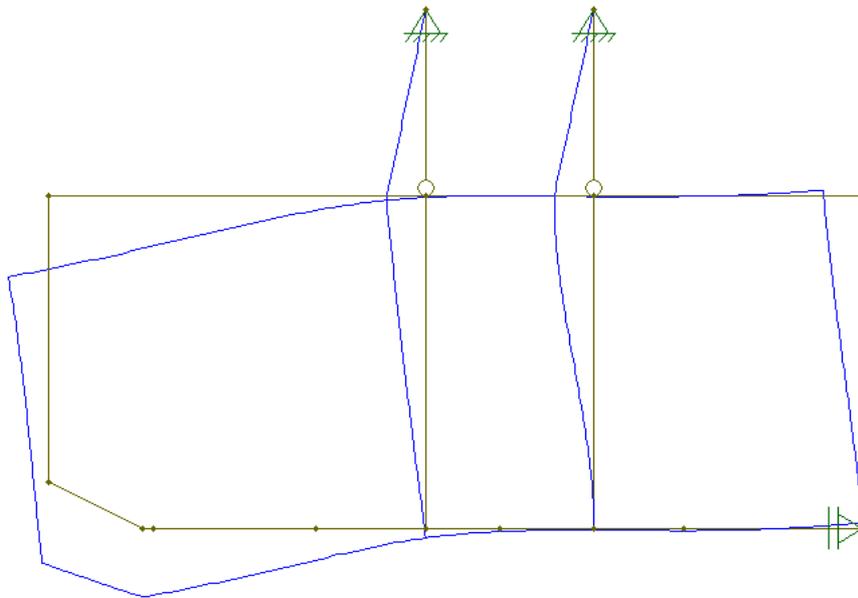


Figura 10.18 - Deformata qualitativa allo S.L.U. del singolo telaio

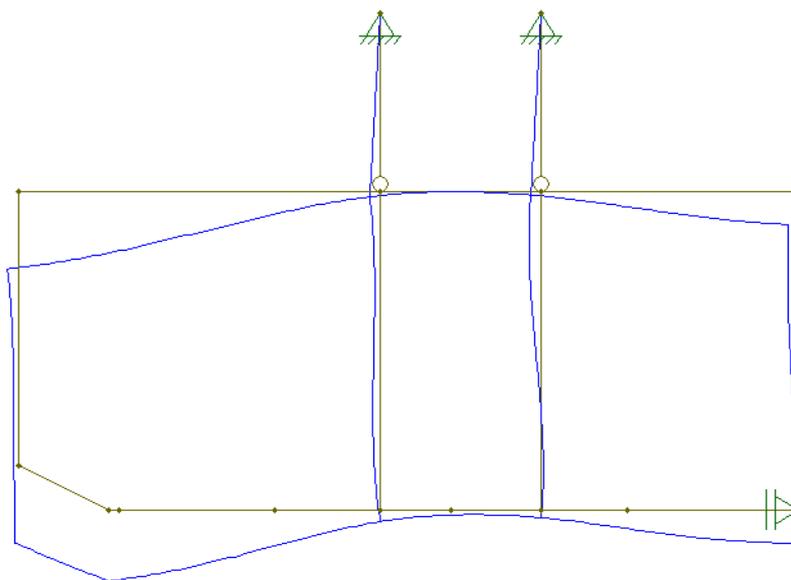
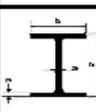


Figura 10.19 – Deformata qualitativa allo S.L.E. del singolo telaio

Nella tabella sottostante si riassumono i principali valori che ci hanno permesso di scegliere la sezione del telaio:

		Predimensionamento sezione telaio pad			RIFERIMENTI NTC 2008
Trave	Luce elemento più lungo	L	=	3,5	[m]
	Tensione di snervamento di progetto: $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{M0}$	$f_{yd}$	=	410	[N/mm <sup>2</sup> ]
	Coefficiente di sicurezza	$\gamma_{M0}$	=	1,05	[ADIM.]
	Momento massimo agente da Ftool	$M_{max}$	=	32,90	[kN×m]
	Modulo di resistenza: $W = M_{max} / f_{yd}$	W	=	80,34	[cm <sup>3</sup> ]
 Caratteristiche del profilo scelto	Profilo tipo: <b>HEB 200</b>				
	Base	b	=	200	[mm]
	Altezza	h	=	200	[mm]
	Spessore anima	a	=	9	[mm]
	Spessore ali	e	=	15	[mm]
	Raggio	r	=	18	[mm]
	Peso	p	=	612,9	[N/m]
	Area profilo	A	=	7.808	[mm <sup>2</sup> ]
	Momenti d'inerzia assi x e y	$I_x$	=	5.969	[cm <sup>4</sup> ]
		$I_y$	=	7.003	[cm <sup>4</sup> ]
	Moduli di resistenza elastici assi x e y	$W_{el,x}$	=	570	[cm <sup>3</sup> ]
		$W_{el,y}$	=	200,34	[cm <sup>3</sup> ]
	Moduli di resistenza plastici assi x e y	$W_{pl,x}$	=	642,55	[cm <sup>3</sup> ]
		$W_{pl,y}$	=	305,81	[cm <sup>3</sup> ]
Raggi d'inerzia assi x e y	$i_x$	=	8,54	[cm]	
	$i_y$	=	5,07	[cm]	
Fattore di rigidezza torsionale	$J_t$	=	-	[cm <sup>4</sup> ]	
Costante d'ingobbamento	$J_w$	=	-	[ADIM.]	

### VERIFICHE [SLU]

Classe della sezione	Verifica flessione monoassiale	$M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$		RIFERIMENTI NTC 2008	
		(SLU)	(U.M.)		
 Classe sezione: <b>CLASSE I</b>	Classe anima			(tab. 4.2.I)	
	$l/t \times \epsilon$	=	53,23		
	$c/t$	=	14,89		
		$c/t < 72\epsilon$			
 Classe ala	$9 \times \epsilon$	=	6,65	(tab. 4.2.II)	
	$c/t$	=	5,17		
			$c/t < 9\epsilon$		
	Momento flettente di calcolo	$M_{Ed}$	=	32,90	[kN×m]
	Resistenza di calcolo a flessione retta				
	$M_{c,Rd} = W_{pl,x} \times f_{yk} / \gamma_{M0}$ (form. 4.2.13)	$M_{c,Rd}$	=	263,14	[kN×m]
	NB: se uso $W_{pl,y}$ (tranne classe 4) sono a favore di sicur.				<b>VERIFICATO</b>

Trave	Verifica a taglio	$V_{Ed} \leq V_{c,Rd}$		Area resistente a taglio	
		(SLU)	(U.M.)		
	Taglio massimo di progetto	$V_{Ed}$	=	31	[kN]
	Area resistente al taglio (form. 4.2.19)	$A_v$	=	2483,00	[mm <sup>2</sup> ]
	Taglio resistente di progetto				
	$V_{c,Rd} = (A_v \times f_{yk}) / (\sqrt{3} \times \gamma_{M0})$ (form. 4.2.18)	$V_{c,Rd}$	=	587,08	[kN]
					<b>VERIFICATO</b>

**VERIFICHE [SLE]**

	<b>Verifica deformabilità</b>				RIFERIMENTI NTC 2008
			(SLE)	(U.M.)	
Trave	Luce dell'elemento	L =	3,5	[m]	C.F.R.(4.2.4.2.1)
	Spostamento dovuto ai carichi variabili	d <sub>2</sub> =	1,20	[mm]	
		l/300 =	11,67	mm	
				VERIFICATO	
	Spostam. stato finale (meno la monta iniz.)	d <sub>max</sub> =	12,10	[mm]	
		l/250 =	14	mm	
			VERIFICATO		

Come si può osservare, il parametro che più di tutti ha condizionato la scelta del profilo è stato la deformazione. Per tenerci a favore di sicurezza è stato scelto l'elemento più lungo all'interno del telaio e si è dimensionato il profilo che è stato quindi applicato a tutti gli altri elementi. Tale scelta è stata oltremodo dettata da una questione di facilità di assemblaggio del telaio.

Di seguito si mostra il dimensionamento dei tiranti con la verifica di stabilità delle aste tese. La verifica alle aste tese è stata effettuata confrontando l'azione assiale agente nei singoli tiranti con la resistenza di calcolo a trazione che risulta essere il minimo tra la resistenza plastica della sezione lorda (N<sub>pl,Rd</sub>) e la resistenza a rottura della sezione netta (N<sub>u,Rd</sub>).

Con

$$N_{pl,Rd} = A \times f_{yk} / \gamma_{M0}$$

$$N_{u,Rd} = 0,9 \times A \times f_{tk} / \gamma_{M2}$$

	<b>Predimensionamento tirante T<sub>1</sub> pad</b>				RIFERIMENTI NTC 2008
Trave	Luce	L =	7,0	[m]	(tab. 4.2.V)
	Tensione di snervamento di progetto. f <sub>yd</sub> =f <sub>yk</sub> /γ <sub>M0</sub>	f <sub>yd</sub> =	262	[N/mm <sup>2</sup> ]	
	Coefficiente di sicurezza	γ <sub>M0</sub> =	1,05	[ADIM.]	
	Azione assiale massima agente di trazione	N <sub>max</sub> =	132	[kN]	
Caratteristiche del profilo scelto	Profilo tipo: <b>Tubo 100x4</b>				
	Diametro	d =	100	[mm]	
	Spessore profilo	t =	4	[mm]	
	Peso	p =	94,7	[N/m]	
	Area profilo	A =	1210	[mm <sup>2</sup> ]	
	Momenti d'inerzia assi x e y	J <sub>x</sub> =	139	[cm <sup>4</sup> ]	
		J <sub>y</sub> =	139	[cm <sup>4</sup> ]	
	Moduli di resistenza elastici assi x e y	W <sub>el,x</sub> =	27,8	[cm <sup>3</sup> ]	
		W <sub>el,y</sub> =	27,8	[cm <sup>3</sup> ]	
	Moduli di resistenza plastici assi x e y	W <sub>pl,x</sub> =	36,9	[cm <sup>3</sup> ]	
		W <sub>pl,y</sub> =	36,9	[cm <sup>3</sup> ]	
	Raggi d'inerzia assi x e y	i <sub>x</sub> =	3,4	[cm]	
i <sub>y</sub> =		3,4	[cm]		
Fattore di rigidezza torsionale	J <sub>t</sub> =	-	[cm <sup>4</sup> ]		
Modulo di torsione	J <sub>w</sub> =	-	[cm <sup>3</sup> ]		

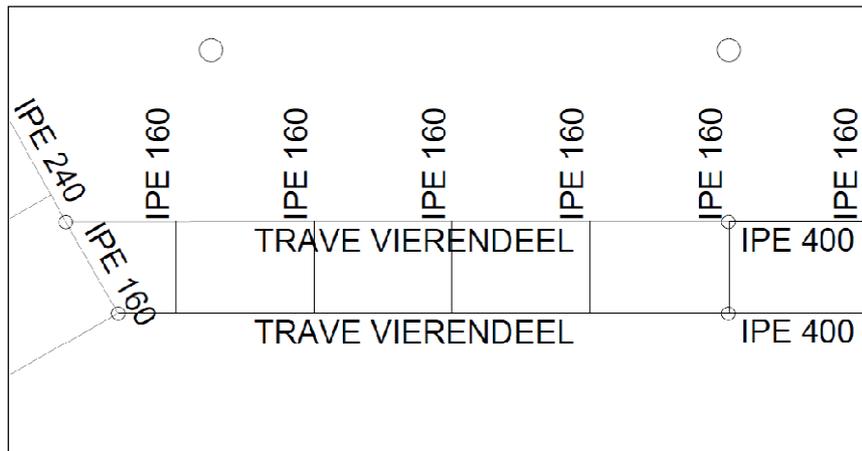
Verifiche alla stabilità delle aste tese				VERIFICHE	RIFERIMENTI NTC 2008	
Caratteristiche materiale	Modulo Elastico	$E =$	210000	[MPa]	(tab. 4.2.V)	
	Momento d'inerzia minimo della sezione	$I_{\min} =$	139	[cm <sup>4</sup> ]		
	Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} =$	275	[MPa]		
	Tensione caratteristica a rottura	$f_{tk} =$	430	[MPa]		
	Tensione di snervamento di progetto	$f_{yd} =$	262	[MPa]		
	Coefficienti di sicurezza	$\gamma_{M0} =$	1,05	[ADIM.]		
	Coefficienti di sicurezza	$\gamma_{M1} =$	1,05	[ADIM.]		
	Coefficienti di sicurezza	$\gamma_{M2} =$	1,25	[ADIM.]		
Trave reticolare - Asta tesa	<b>ASTE TESE</b>					
	Azione assiale agente di trazione	$N_{Ed} =$	132,2	[kN]	(form. 4.2.7)	
	Area minima resistente: $A = N_{Ed}/f_{yd}$	$A_{\min} =$	504,84	[mm <sup>2</sup> ]		
	Profilo scelto:		Tubo 100x4			
	Spessore profilo	$t =$	4	[mm]		
	Area profilo	$A =$	1210	[mm <sup>2</sup> ]		
	Resistenza di calcolo a trazione:					
	$N_{t,Rd} = \min(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd})$	$N_{t,Rd} =$	316,90	[kN]		(form. 4.2.7)
	Resistenza plastica sezione lorda					
	$N_{pl,Rd} = A \times f_{yk} / \gamma_{M0}$	$N_{pl,Rd} =$	316,90	[kN]		(form. 4.2.8)
Resistenza a rottura sezione netta						
$N_{u,Rd} = 0,9 \times A \times f_{tk} / \gamma_{M2}$	$N_{u,Rd} =$	374,62	[kN]	(form. 4.2.8)		
Per la gerarchia delle resistenze (az. sismiche):				$N_{Ed} \leq N_{t,Rd}$	VERIFICATO	(form. 4.2.6)
				$N_{pl,Rd} \leq N_{u,Rd}$	VERIFICATO	(form. 4.2.9)

Predimensionamento tirante $T_2$ pad				RIFERIMENTI NTC 2008	
Trave	Luce	$L =$	7,0	[m]	(tab. 4.2.V)
	Tensione di snervamento di progetto: $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{M0}$	$f_{yd} =$	262	[N/mm <sup>2</sup> ]	
	Coefficiente di sicurezza	$\gamma_{M0} =$	1,05	[ADIM.]	
	Azione assiale massima agente di trazione	$N_{\max} =$	40	[kN]	
 Caratteristiche del profilo scelto	Profilo tipo: <b>Tubo 88,9x4 ma scelto Tubo 100x4 per motivi di sicurezza</b>				
	Diameiro	$d =$	88,9	[mm]	
	Spessore profilo	$t =$	4	[mm]	
	Peso	$p =$	83,8	[N/m]	
	Area profilo	$A =$	1070	[mm <sup>2</sup> ]	
	Momenti d'inerzia assi x e y		$J_x =$	96,3	[cm <sup>4</sup> ]
			$J_y =$	96,3	[cm <sup>4</sup> ]
	Moduli di resistenza elastici assi x e y		$W_{el,x} =$	21,7	[cm <sup>3</sup> ]
			$W_{el,y} =$	21,7	[cm <sup>3</sup> ]
	Moduli di resistenza plastici assi x e y		$W_{pl,x} =$	28,9	[cm <sup>3</sup> ]
			$W_{pl,y} =$	28,9	[cm <sup>3</sup> ]
	Raggi d'inerzia assi x e y		$i_x =$	3	[cm]
		$i_y =$	3	[cm]	
Fattore di rigidità torsionale		$J_t =$	-	[cm <sup>4</sup> ]	
Modulo di torsione		$J_w =$	-	[cm <sup>3</sup> ]	

Caratteristiche materiale	Verifiche alla stabilità delle aste tese			VERIFICHE	RIFERIMENTI NTC 2008	
	Modulo Elastico	E =	210000			[MPa]
Momento d'inerzia minimo della sezione	I <sub>min</sub> =	96	[cm <sup>4</sup> ]			
Tensione caratteristica di snervamento	f <sub>yk</sub> =	275	[MPa]			
Tensione caratteristica a rottura	f <sub>tk</sub> =	430	[MPa]			
Tensione di snervamento di progetto	f <sub>yd</sub> =	262	[MPa]			
Coefficienti di sicurezza	γ <sub>M0</sub> =	1,05	[ADIM.]		(tab. 4.2.V)	
Coefficienti di sicurezza	γ <sub>M1</sub> =	1,05	[ADIM.]			
Coefficienti di sicurezza	γ <sub>M2</sub> =	1,25	[ADIM.]		(tab. 4.2.V)	
Trave reticolare - Aste tese	<b>ASTE TESE</b>					
	Azione assiale agente di trazione	N <sub>Ed</sub> =	40,5	[kN]		
	Area minima resistente: A = N <sub>Ed</sub> /f <sub>yd</sub>	A <sub>min</sub> =	154,24	[mm <sup>2</sup> ]		
	Profilo scelto:		Tubo 100x4			
	Spessore profilo	t =	4	[mm]		
	Area profilo	A =	1070	[mm <sup>2</sup> ]		
	Resistenza di calcolo a trazione:					
	N <sub>t,Rd</sub> = min(N <sub>pl,Rd</sub> ; N <sub>u,Rd</sub> )	N <sub>t,Rd</sub> =	280,24	[kN]		
	Resistenza plastica sezione lorda					
	N <sub>pl,Rd</sub> = A × f <sub>yk</sub> / γ <sub>M0</sub>	N <sub>pl,Rd</sub> =	280,24	[kN]	(form. 4.2.7)	
Resistenza a rottura sezione netta						
N <sub>u,Rd</sub> = 0,9 × A × f <sub>tk</sub> / γ <sub>M2</sub>	N <sub>u,Rd</sub> =	331,27	[kN]	(form. 4.2.8)		
Per la gerarchia delle resistenze (az. sismiche):				N <sub>Ed</sub> ≤ N <sub>t,Rd</sub>	VERIFICATO	(form. 4.2.6)
				N <sub>pl,Rd</sub> ≤ N <sub>u,Rd</sub>	VERIFICATO	(form. 4.2.9)

## 10.10 Dimensionamento passerella di collegamento vierendeel

A connessione dei blocchi stazione e pullman è stata pensata una passerella sopraelevata che per motivi architettonici si è scelto di realizzare con due travi parete tipo vierendeel sostenute da due file di pilastri tubolari in acciaio.



10.20 - Estratto pianta piano primo del passaggio di collegamento sopraelevato

Lo schema statico utilizzato è stato risolto con Ftool e risulta il seguente:

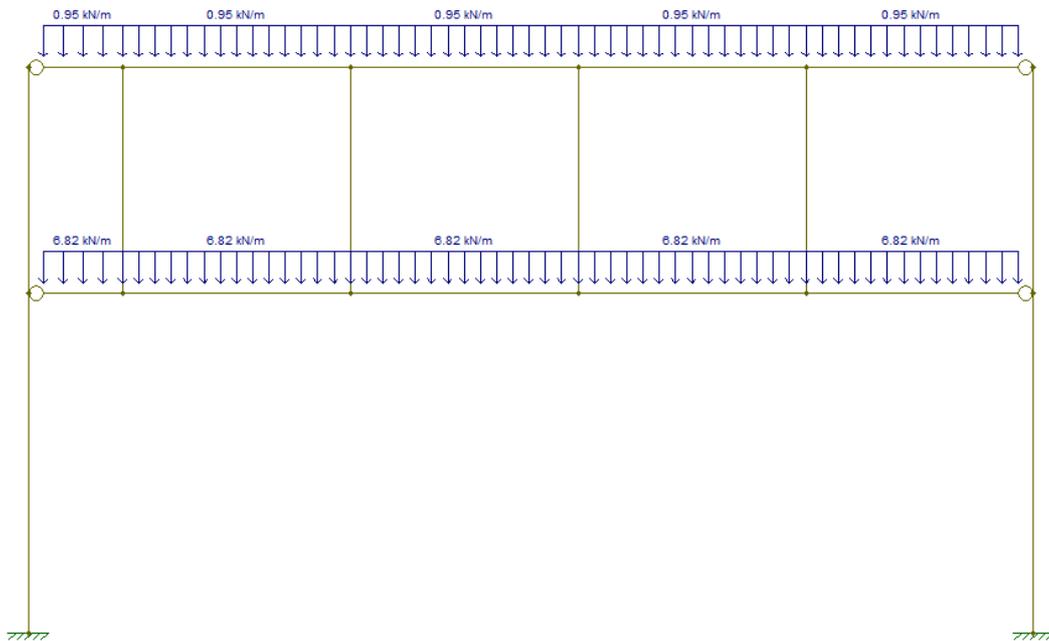


Figura 10.21 - Schema statico trave vierendeel con combinazione allo S.L.U.

Dalla risoluzione del telaio si sono ricavati i seguenti diagrammi che ci hanno fornito i valori necessari a calcolare i correnti superiori ed inferiori nonché i calastrelli. Di seguito si riportano i diagrammi estrapolati dal software:

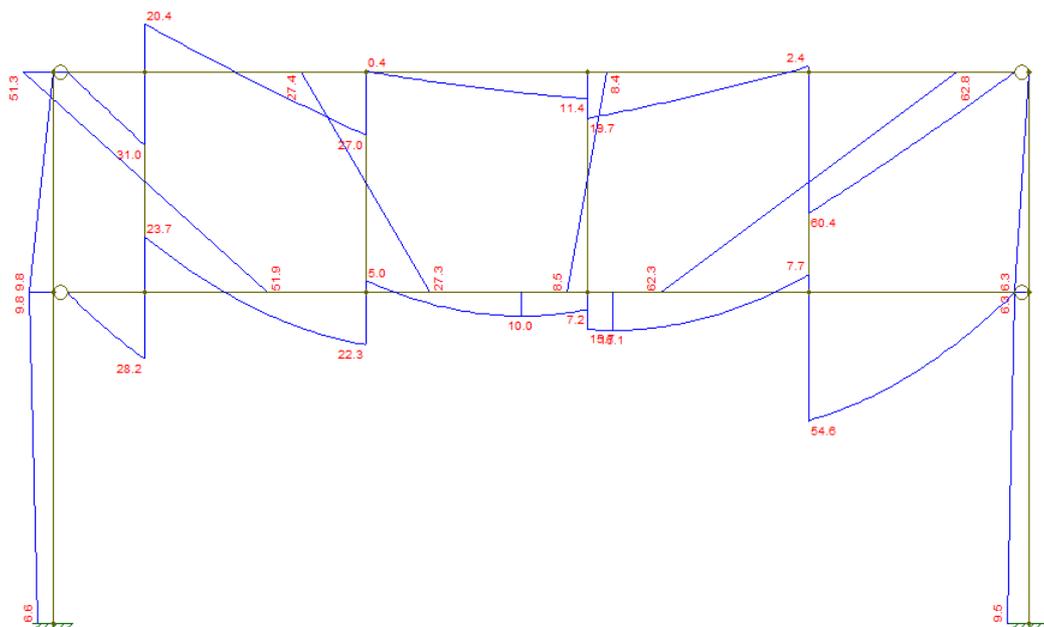


Figura 10.22 - Diagramma dei momenti flettenti agenti sulla trave vierendeel

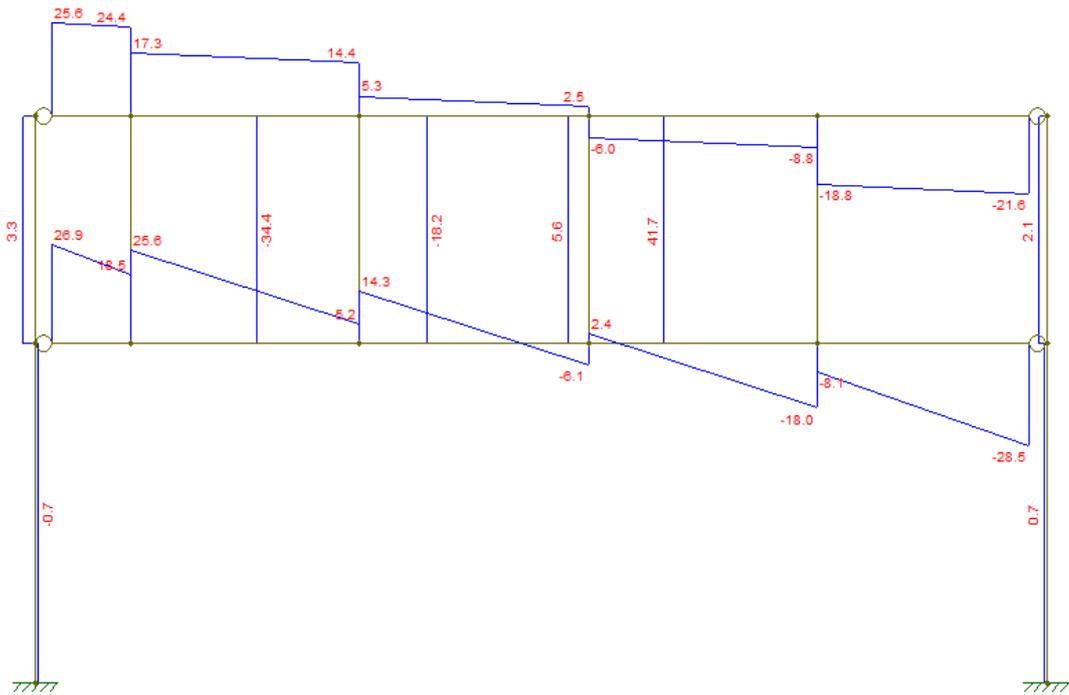


Figura 10.23 – Diagramma del taglio agente sulla trave vierendeel

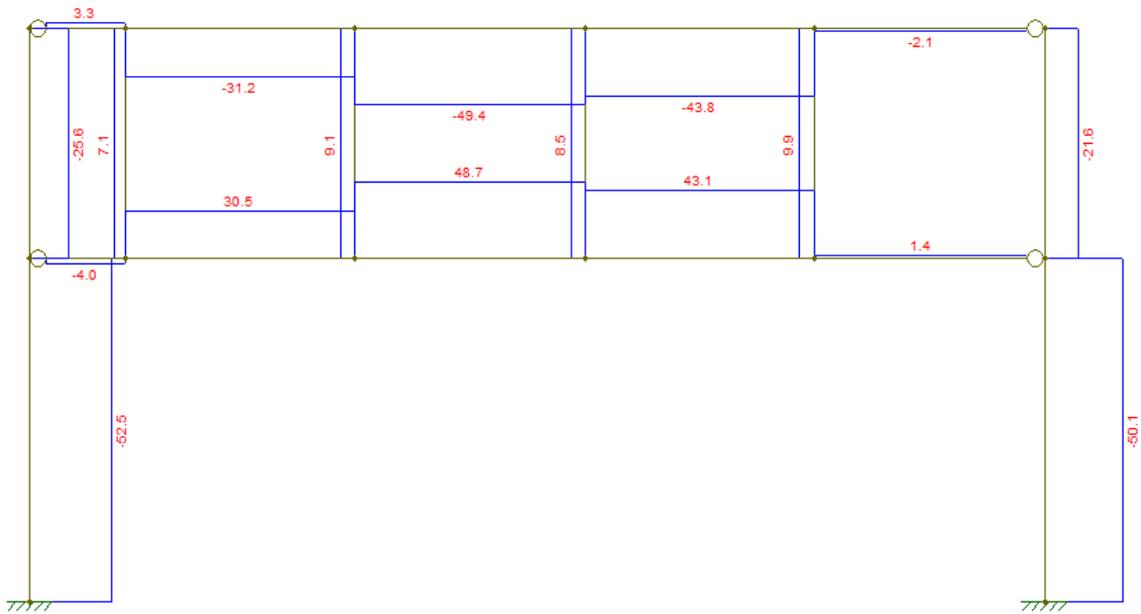


Figura 10.24 - Diagramma delle azioni assiali agenti sulla trave vierendeel

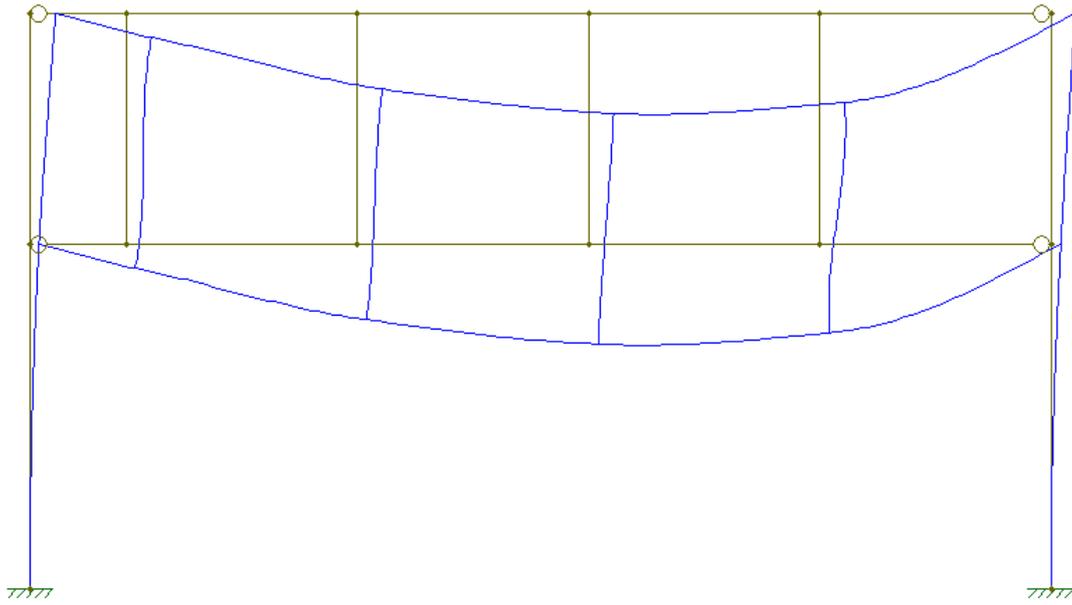


Figura 10.25 - Deformata qualitativa allo S.L.U. della trave vierendeel

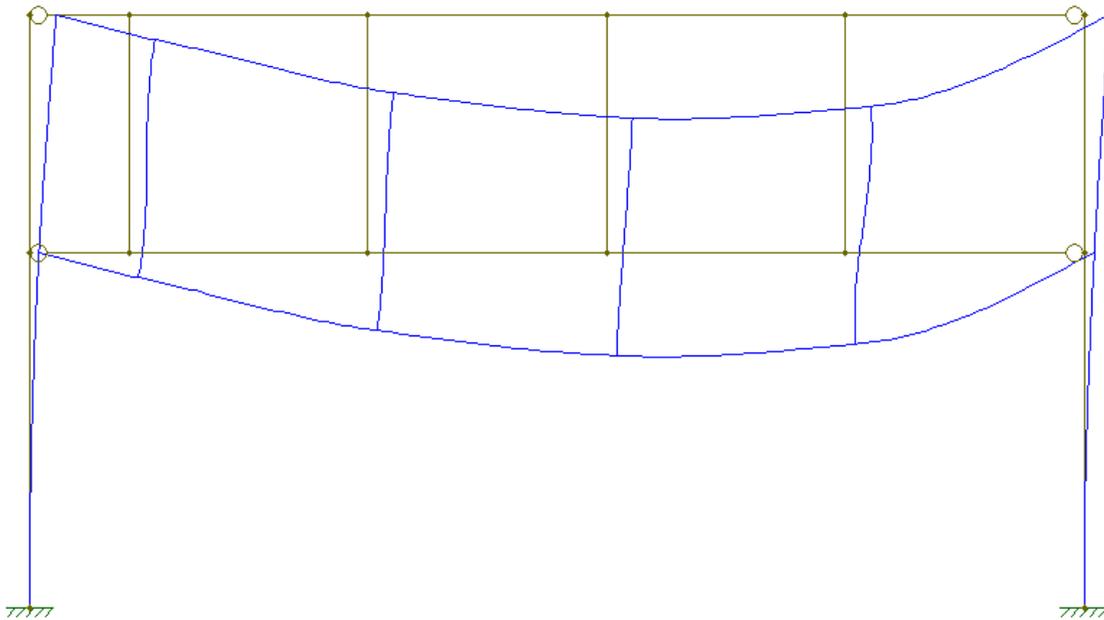
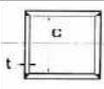


Figura 10.26 - Deformata qualitativa allo S.L.E. della trave vierendeel

Si mostrano infine le tabelle con il dimensionamenti dei vari elementi costituenti la trave vierendeel:

Predimensionamento correnti inferiori trave vierendeel				RIFERIMENTI NTC 2008
Trave	Luce	$L =$	13,2	[m]
	Reazione vincolare su pilastro	$R =$	45,01	[kN]
	Tensione di snervamento di progetto: $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{M0}$	$f_{yd} =$	262	[N/mm <sup>2</sup> ]
	Coefficiente di sicurezza	$\gamma_{M0} =$	1,05	[ADIM]
	Momento massimo agente	$M_{max} =$	54,6	[kN×m]
	Modulo di resistenza: $W = M_{max} / f_{yd}$	$W =$	208	[cm <sup>3</sup> ]
 Caratteristiche del profilo scelto	Profilo tipo	Tubo 200x200x5		
	Base	$b =$	200	[mm]
	Altezza	$h =$	200	[mm]
	Spessore profilo	$t =$	5	[mm]
	Peso	$p =$	301	[N/m]
	Area profilo	$A =$	3840	[mm <sup>2</sup> ]
	Momenti d'inerzia assi x e y	$J_x =$	2.410	[cm <sup>4</sup> ]
		$J_y =$	2.410	[cm <sup>4</sup> ]
	Moduli di resistenza elastici assi x e y	$W_{el,x} =$	241	[cm <sup>3</sup> ]
		$W_{el,y} =$	241	[cm <sup>3</sup> ]
	Moduli di resistenza plastici assi x e y	$W_{pl,x} =$	279,00	[cm <sup>3</sup> ]
		$W_{pl,y} =$	279,00	[cm <sup>3</sup> ]
	Raggi d'inerzia assi x e y	$i_x =$	7,93	[cm]
$i_y =$		7,93	[cm]	
Fattore di rigidità torsionale	$J_t =$	-	[cm <sup>4</sup> ]	
Costante d'ingobbamento	$J_w =$	-	[ADIM]	

(tab. 4.2.V)

### VERIFICHE [SLU]

Classe della sezione	Verifica flessione monoassiale	$M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$		RIFERIMENTI NTC 2008
		(SLU)	(U.M.)	
	Classe sezione: <b>CLASSE 1</b>			(tab. 4.2.I)
	Classe anima			
	$72 \times \epsilon = 66,56$ $c/t = 36,00$ $c/t < 72\epsilon$			
verifica flessione trave	Carichi agenti concentrati, entità:	$R_{SLU} =$	45,01	[kN×m]
	Momento flettente di calcolo	$M_{Ed} =$	55	[kN×m]
	Resistenza di calcolo a flessione retta $M_{c,Rd} = W_{pl,x} \times f_{yk} / \gamma_{M0}$ (form. 4.2.13)	$M_{c,Rd} =$	73	[kN×m]
	NB: se uso $W_{el} = W_{pl}$ (tranne classe 4) sono a favore di segur.	<b>VERIFICATO</b>		

Trave	Verifica a taglio	$V_{Ed} \leq V_{c,Rd}$		Area resistente a taglio
		(SLU)	(U.M.)	
	Taglio massimo di progetto	$V_{Ed} =$	28,5	[kN]
	Area resistente al taglio (form. 4.2.23)	$A_v =$	1920	[mm <sup>2</sup> ]
	Taglio resistente di progetto $V_{c,Rd} = (A_v \times f_{tk}) / (\sqrt{3} \times \gamma_{M0})$ (form. 4.2.18)	$V_{c,Rd} =$	290,32	[kN]
		<b>VERIFICATO</b>		

### VERIFICHE [SLE]

Trave	Verifica deformabilità	$(SLE)$ (U.M.)		RIFERIMENTI NTC 2008
		(SLE)	(U.M.)	
	Luce dell'elemento	$L =$	13	[m]
	Spostamento dovuto ai carichi variabili	$d_2 =$	39	[mm]
		$1/300 =$	44,0	mm
		<b>VERIFICATO</b>		
	Spostam. stato finale (meno la monta iniz.)	$d_{max} =$	52	[mm]
		$1/250 =$	52,8	mm
		<b>VERIFICATO</b>		

C.F.R.(4.2.4.2.1)

Predimensionamento correnti superiori trave viereendeel				RIFERIMENTI NTC 2008
Trave	Luce	$L =$	13,2	[m]
	Reazione vincolare su pilastro	$R =$	6,27	[kN]
	Tensione di snervamento di progetto: $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{M0}$	$f_{yd} =$	262	[N/mm <sup>2</sup> ]
	Coefficiente di sicurezza	$\gamma_{M0} =$	1,05	[ADIM.]
	Momento massimo agente	$M_{max} =$	60,4	[kN×m]
	Modulo di resistenza: $W = M_{max} / f_{yd}$	$W =$	231	[cm <sup>3</sup> ]
Caratteristiche del profilo scelto	Profilo tipo: <b>Tubo 200x200x5</b>			
	Base	$b =$	200	[mm]
	Altezza	$h =$	200	[mm]
	Spessore profilo	$t =$	5	[mm]
	Peso	$p =$	301	[N/m]
	Area profilo	$A =$	3840	[mm <sup>2</sup> ]
	Momenti d'inerzia assi x e y	$J_x =$	2410	[cm <sup>4</sup> ]
		$J_y =$	2410	[cm <sup>4</sup> ]
	Moduli di resistenza elastici assi x e y	$W_{el,x} =$	241	[cm <sup>3</sup> ]
		$W_{el,y} =$	241	[cm <sup>3</sup> ]
	Moduli di resistenza plastici assi x e y	$W_{pl,x} =$	279	[cm <sup>3</sup> ]
		$W_{pl,y} =$	279	[cm <sup>3</sup> ]
	Raggi d'inerzia assi x e y	$i_x =$	7,93	[cm]
		$i_y =$	7,93	[cm]
Fattore di rigidità torsionale	$J_t =$	-	[cm <sup>4</sup> ]	
Costante d'ingobbamento	$J_w =$	-	[ADIM.]	

### VERIFICHE [SLU]

Classe della sezione	Verifica flessione monoassiale	$M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$		RIFERIMENTI NTC 2008	
		(SLU)	(U.M.)		
	Classe sezione: <b>CLASSE 1</b>			(tab. 4.2.I)	
verifica flessione trave	Classe anima	$396 \times e / (13a-1) =$	66,56		
		$c/t =$	36,00		
		$c/t < 396 \times e / (13a-1)$			
	Carichi agenti concentrati, entità:	$R_{SLU} =$	6,27		[kN×m]
	Momento flettente di calcolo	$M_{Ed} =$	60		[kN×m]
	Resistenza di calcolo a flessione retta $M_{c,Rd} = W_{pl,x} \times f_{yk} / \gamma_{M0}$ (form. 4.2.13)	$M_{c,Rd} =$	73	[kN×m]	
NB: se uso $W_{el} = W_{pl}$ (tranne classe 4) sono a favore di sicur.		VERIFICATO			

Trave	Verifica a taglio	$V_{Ed} \leq V_{c,Rd}$		Area resistente a taglio
		(SLU)	(U.M.)	
	Taglio massimo di progetto	$V_{Ed} =$	25,6	[kN]
	Area resistente al taglio (form.4.2.23)	$A_v =$	1920	[mm <sup>2</sup> ]
	Taglio resistente di progetto $V_{c,Rd} = (A_v \times f_{yk}) / (\sqrt{3} \times \gamma_{M0})$ (form.4.2.18)	$V_{c,Rd} =$	290,32	[kN]
		VERIFICATO		

### VERIFICHE [SLE]

Trave	Verifica deformabilità			RIFERIMENTI NTC 2008	
		(SLE)	(U.M.)		
	Luce dell'elemento	$L =$	13	[m]	
	Spostamento dovuto ai carichi variabili	$d_2 =$	23	[mm]	
		1/300	44,00	mm	
		VERIFICATO		C.F.R.(1.2.4.2.1)	
	Spostat. stato finale (meno la monta iniz.)	$d_{max} =$	52		[mm]
		1/250	57,8		mm
		VERIFICATO			

Predimensionamento calastrelli trave vierendeel				RIFERIMENTI NTC 2008
Trave	Luce	$L =$	3,5	[m]
	Estensione di snervamento di progetto: $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{M0}$	$f_{yd} =$	262	[N/mm <sup>2</sup> ]
	Coefficiente di sicurezza	$\gamma_{M0} =$	1,05	[ADIM.]
	Momento massimo agente	$M_{max} =$	67,8	[kN×m]
	Modulo di resistenza: $W = M_{max} / f_{yd}$	$W =$	240	[cm <sup>3</sup> ]
 Caratteristiche del profilo scelto	Profilo tipo: <b>Tubo 200x200x5</b>			
	Base	$b =$	200	[mm]
	Altezza	$h =$	200	[mm]
	Spessore profilo	$t =$	5	[mm]
	Peso	$p =$	301	[N/m]
	Area profilo	$A =$	3840	[mm <sup>2</sup> ]
	Momenti d'inerzia assi x e y	$J_x =$	2410	[cm <sup>4</sup> ]
		$J_y =$	2410	[cm <sup>4</sup> ]
	Moduli di resistenza elastici assi x e y	$W_{el,x} =$	241	[cm <sup>3</sup> ]
		$W_{el,y} =$	241	[cm <sup>3</sup> ]
	Moduli di resistenza plastici assi x e y	$W_{pl,x} =$	279	[cm <sup>3</sup> ]
		$W_{pl,y} =$	279	[cm <sup>3</sup> ]
	Raggi d'inerzia assi x e y	$i_x =$	7,93	[cm]
$i_y =$		7,93	[cm]	
Fattore di rigidità torsionale	$J_t =$	-	[cm <sup>4</sup> ]	
Modulo di torsione	$J_w =$	-	[cm <sup>3</sup> ]	

### VERIFICHE [SLU]

Classe della sezione	Verifica flessione monoassiale	$M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$		RIFERIMENTI NTC 2008	
		(SLU)	(U.M.)		
	Classe sezione: <b>CLASSE 1</b>			(tab. 4.2.D)	
verifica flessione trave	Classe anima	$396 \times \epsilon / (13\alpha - 1) =$	66,56		
		$c/t =$	36,00		
		$c/t \leq 396 \times \epsilon / (13\alpha - 1)$			
	Carichi agenti concentrati, entità.	$R_{SLU} =$	-		[kN×m]
	Momento flettente di calcolo	$M_{Ed} =$	63		[kN×m]
	Resistenza di calcolo a flessione retta $M_{c,Rd} = W_{pl,x} \times f_{yk} / \gamma_{M0}$ (form. 4.2.13)	$M_{c,Rd} =$	73		[kN×m]
NB: se uso $W_{el} = W_{pl}$ (tranne classe 4) sono a favore di sicur.		<b>VERIFICATO</b>			

Trave	Verifica a taglio	$V_{Ed} \leq V_{c,Rd}$		Area resistente a taglio
		(SLU)	(U.M.)	
	Taglio massimo di progetto	$V_{Ed} =$	41,7	[kN]
	Area resistente al taglio (form. 4.2.23)	$A_v =$	1920	[mm <sup>2</sup> ]
	Taglio resistente di progetto $V_{c,Rd} = (A_v \times f_{yk}) / (\sqrt{3} \times \gamma_{M0})$ (form. 4.2.18)	$V_{c,Rd} =$	290,32	[kN]
		<b>VERIFICATO</b>		

Dopo aver predimensionato tutti gli elementi si è proceduto alla loro verifica alla stabilità delle aste tese e compresse.

		Verifiche alla stabilità delle aste tese			VERIFICHE
Caratteristiche materiale	Modulo Elastico	E =	210000	[MPa]	
	Momento d'inerzia minimo della sezione	$I_{min}$ =	2.410	[cm <sup>4</sup> ]	
	Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$ =	275	[MPa]	
	Tensione caratteristica a rottura	$f_{tk}$ =	430	[MPa]	
	Tensione di snervamento di progetto	$f_{yd}$ =	262	[MPa]	
	Coefficienti di sicurezza	$\gamma_{M0}$ =	1,05	[ADIM.]	
	Coefficienti di sicurezza	$\gamma_{M1}$ =	1,05	[ADIM.]	
	Coefficienti di sicurezza	$\gamma_{M2}$ =	1,25	[ADIM.]	
Trave reticolare - Asta tesa	<b>ASTE TESE</b>				
	Azione assiale agente di trazione	$N_{Ed}$ =	48,7	[kN]	
	Area minima resistente: $A = N_{Ed}/f_{yd}$	$A_{min}$ =	185,95	[mm <sup>2</sup> ]	
	Profilo scelto:		<b>Tubo 200x200x5</b>		
	Spessore profilo	t =	5	[mm]	
	Area profilo	A =	3840	[mm <sup>2</sup> ]	
	Resistenza di calcolo a trazione:	$N_{t,Rd} = \min(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd})$	$N_{t,Rd}$ =	1005,71	[kN]
	Resistenza plastica sezione lorda	$N_{pl,Rd} = A \times f_{yk} / \gamma_{M0}$	$N_{pl,Rd}$ =	1005,71	[kN]
	Resistenza a rottura sezione netta	$N_{u,Rd} = 0,9 \times A \times f_{tk} / \gamma_{M2}$	$N_{u,Rd}$ =	1188,86	[kN]
					$N_{Ed} \leq N_{t,Rd}$
Per la gerarchia delle resistenze (az. sismiche):				$N_{pl,Rd} \leq N_{u,Rd}$	VERIFICATO

		Verifiche alla stabilità delle aste compresse			VERIFICHE	
Trave reticolare - Asta compressa	<b>ASTE COMPRESSE</b>					
	Azione assiale agente di compressione	$N_{Ed}$ =	49,4	[kN]		
	Area: $A = N_{Ed}/f_{yd}$	$A$ =	188,62	[mm <sup>2</sup> ]		
	Profilo scelto:		<b>Tubo 200x200x5</b>			
	Spessore profilo	t =	5	[mm]		
	Area profilo	A =	3840	[mm <sup>2</sup> ]		
	Curva di instabilità:		<b>d</b>			
	Resistenza di calcolo a compressione	$N_{c,Rd} = A \times f_{yk} / \gamma_{M0}$	$N_{c,Rd}$ =	1005,71	[kN]	
					$N_{Ed} \leq N_{c,Rd}$	VERIFICATO
					$N_{Ed} < N_{c,Rd}$	VERIFICATO
	<b>VERIFICA DI INSTABILITA'</b>					
	Resistenza all'instabilità nell'asta compressa	$N_{b,Rd} = (\chi \times A \times f_{yk}) / \gamma_{M1}$	$N_{b,Rd}$ =	211,70	[kN]	
	Lunghezza libera d'inflessione	$l_0$ =	13200	[mm]		
	Azione assiale critica: $N_{cr} = (\pi^2 \times EI) / l_0^2$	$N_{cr}$ =	287	[kN]		
snellezza: $\lambda = \sqrt{(A \times f_{yk} / N_{cr})}$	$\lambda$ =	1,92	[ADIM.]			
Fattore di imperfezione	$\alpha$ =	0,49	[ADIM.]			
$\phi = 0,5[1 + \alpha(\lambda - 0,2) + \lambda^2]$	$\phi$ =	2,76	[ADIM.]			
$\chi = 1 / \phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}$	$\chi$ =	0,21	[ADIM.]			
				$N_{Ed} < N_{b,Rd}$	VERIFICATO	

Per la verifica alle aste compresse si è fatto riferimento alle seguenti formule presenti nel D.M. 14 gennaio 2008. Nello specifico si è verificato che l'azione assiale agente di compressione fosse inferiore o uguale a quella resistente all'instabilità nell'asta compressa.

$$N_{b,Rd} = (\chi \times A \times f_{yk}) / \gamma_{M1}$$

Con

$$\chi = 1 / \Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda^2)} \quad (\text{coefficiente che dipende dal tipo di sezione})$$

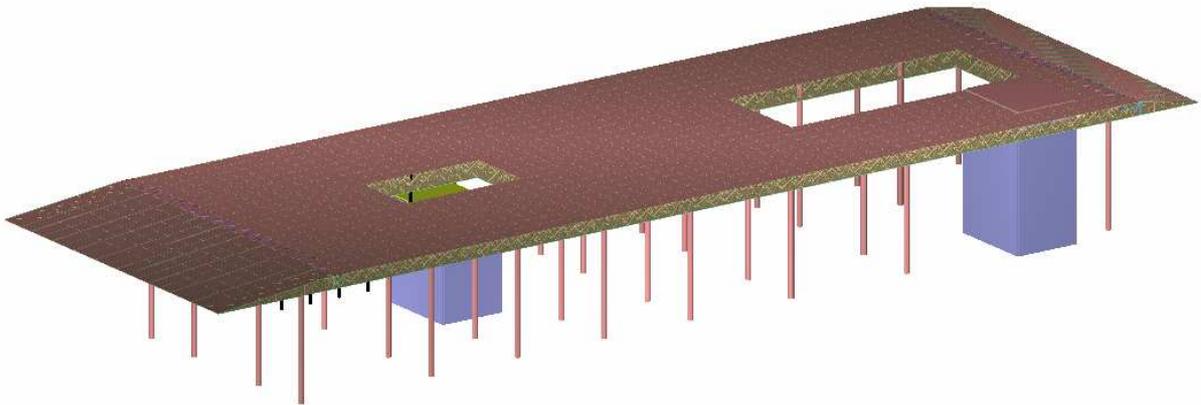
$$\Phi = 0,5[1 + \alpha(\lambda - 0,2) + \lambda^2] \quad (\text{fattore di imperfezione})$$

$$\lambda = \sqrt{(A \times f_{yk} / N_{cr})} \quad (\text{snellezza})$$

$$N_{cr} = (\pi^2 \times EI) / l_o^2 \quad (\text{azione assiale critica secondo Eulero})$$

## 10.11 Predimensionamento copertura complessiva

A coprire i blocchi stazione e pullman vi è una copertura lunga 100 m, larga 32 m e spessa 1,2 m che presenta due aperture in corrispondenza della parte centrale ciascuno dei due corpi. A livello strutturale questa si presenta come una trave reticolare spaziale costituita (assimilabile ad una piastra) da tetraedri in tubi d'acciaio giuntati tra loro grazie a una connessione di tipo sferico che permette la mutua rotazione tra le aste.



10.27 - Renderizzazione copertura con ProSap

Per definire l'altezza della trave reticolare spaziale si è considerato 1/10 della luce massima tra i pilastri.

Data la complessità e il notevole numero dei calcoli si è deciso di studiare solo la parte di copertura che aggetta sulla piazza che da su via Calcagno e che misura 12,4 m.

Per realizzare l'aggetto si è scelto di posizionare delle travi reticolari rastremate in modo che i correnti inferiori scarichino le azioni di compressione lungo le aste inferiori dei tetraedri. Tale scelta ci ha però obbligato ad introdurre dei tiranti a "v" localizzati nella parte superiore dei tetraedri in modo da trasferire le azioni di trazione generate nei correnti superiori delle travi reticolari rastremate.

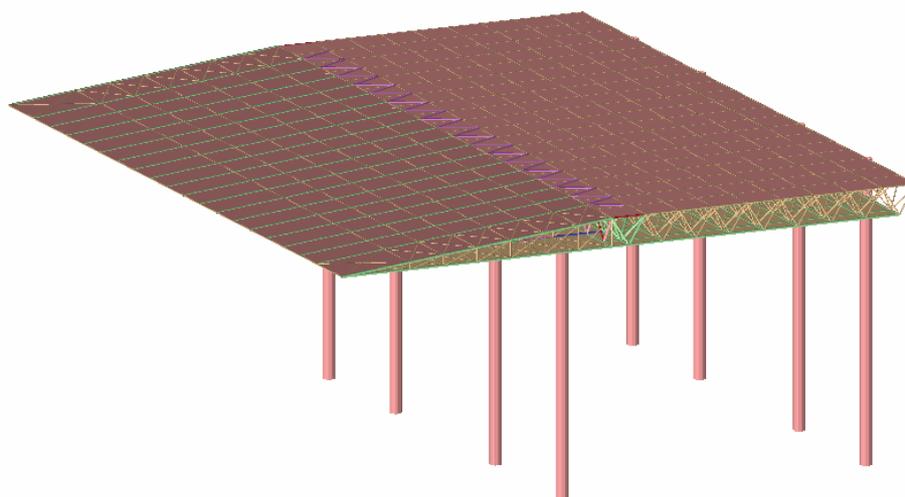


Figura 10.28 - Renderizzazione copertura aggettante con ProSap

Per predimensionare le aste e i correnti delle travi si è fatto riferimento al seguente schema statico ad aste incerniate e con il lato di congiunzione con la reticolare spaziale incernierato esternamente.

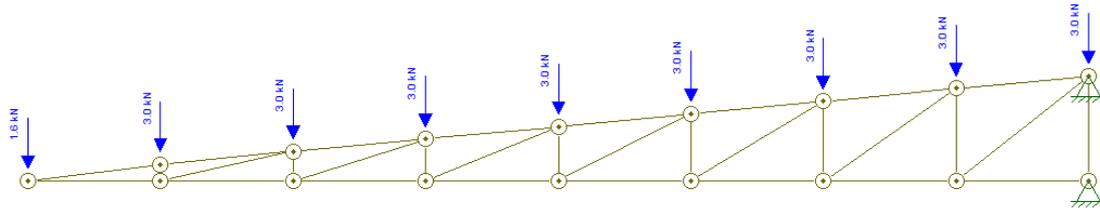


Figura 10.29 - Schema statico copertura aggettante

Per risolvere lo schema statico ci siamo avvalsi di Ftool che ci ha fornito le azioni agenti e i diagrammi sottostanti.

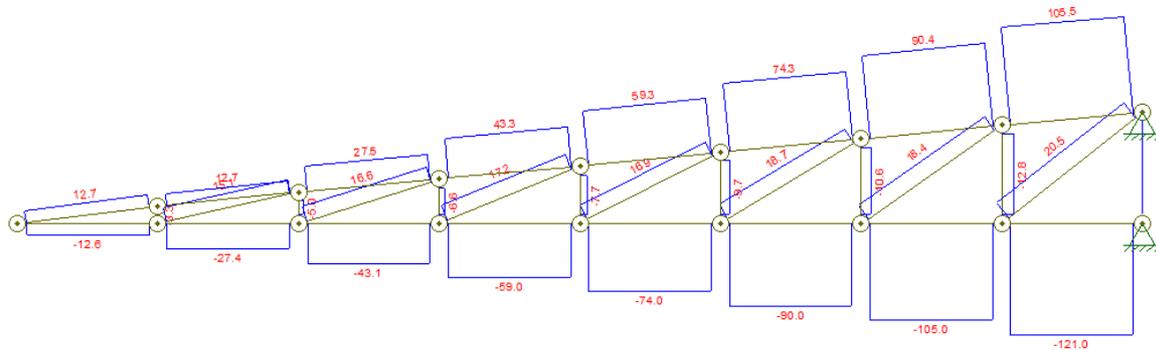


Figura 10.30 - Diagramma azioni assiali agenti sulla copertura aggettante allo S.L.U.

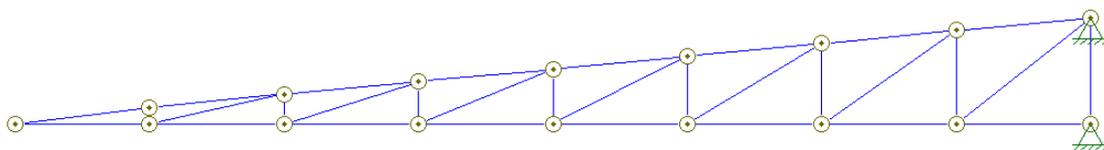


Figura 10.31 - Diagramma dei momenti flettenti agenti sulla copertura aggettante allo S.L.U.

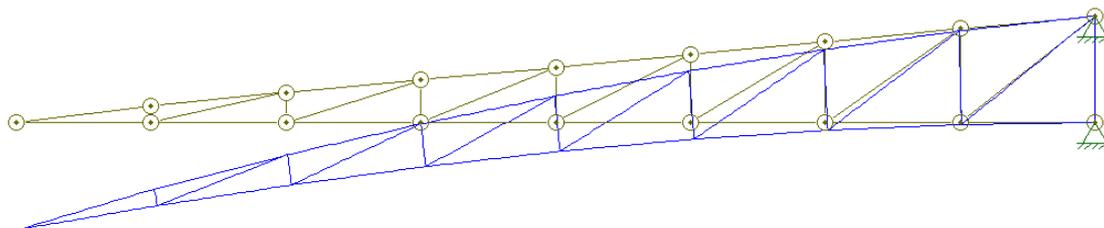


Figura 10.32 - Deformata qualitativa della copertura agente allo S.L.U.

Grazie ai risultati ottenuti con Ftool si è proceduto a predimensionare e verificare gli elementi costituenti la trave reticolare.

		Predimensionamento e verifiche trave reticolare		VERIFICHE	RIFERIMENTI NTC 2008
Caratteristiche materiale	Modulo Elastico	$E$	= 210000 [MPa]		
	Momento d'inerzia minimo della sezione	$I_{min}$	= 394 [cm <sup>4</sup> ]		
	Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	= 275 [MPa]		
	Tensione caratteristica a rottura	$f_{tk}$	= 430 [MPa]		
	Tensione di snervamento di progetto	$f_{yd}$	= 261,9 [MPa]		
	Coefficienti di sicurezza	$\gamma_{M0}$	= 1,05 [ADIM.]		(tab. 4.2.V)
	Coefficienti di sicurezza	$\gamma_{M1}$	= 1,05 [ADIM.]		(tab. 4.2.V)
 Trave reticolare - Asta tesa	<b>ASTE TESE</b>				
	Azione assiale agente di trazione	$N_{Ed}$	= 105,7 [kN]		
	Area minima resistente: $A = N_{Ed}/f_{yd}$	$A_{min}$	= 403,58 [mm <sup>2</sup> ]		
	Profilo scelto:	<b>Tubo 60x2,9 mm</b>			
	Spessore profilo	$t$	= 2,9 [mm]		
	Area profilo	$A$	= 520 [mm <sup>2</sup> ]		
	Area netta	$A_{net}$	= 462 [mm <sup>2</sup> ]		
	Resistenza di calcolo a trazione:	$N_{t,Rd}$	= 136,19 [kN]		
	Resistenza plastica sezione lorda	$N_{pl,Rd}$	= 136,19 [kN]		(form. 4.2.7)
	Resistenza a rottura sezione netta	$N_{u,Rd}$	= 143,04 [kN]		(form. 4.2.8)
	Per la gerarchia delle resistenze (az. sismiche):		$N_{Ed} \leq N_{t,Rd}$	VERIFICATO	(form. 4.2.6)
			$N_{pl,Rd} \leq N_{u,Rd}$	VERIFICATO	(form. 4.2.9)

		Predimensionamento e verifiche trave reticolare		VERIFICHE	RIFERIMENTI NTC 2008
 Trave reticolare - Asta compressa	<b>ASTE COMPRESSE</b>				
	Azione assiale agente di compressione	$N_{Ed}$	= 121 [kN]		
	Area: $A = N_{Ed}/f_{yd}$	$A$	= 462,00 [mm <sup>2</sup> ]		
	Profilo scelto:	<b>Tubo 60x2,9 mm</b>			
	Spessore profilo	$t$	= 2,9 [mm]		
	Area profilo	$A$	= 520 [mm <sup>2</sup> ]		
	Area netta	$A_{net}$	= 462 [mm <sup>2</sup> ]		
	Curva di instabilità:	<b>b</b>			(tab. 4.2.VI)
	Resistenza di calcolo a compressione	$N_{c,Rd}$	= 136,19 [kN]		(form. 4.2.11)
			$N_{Ed} \leq N_{c,Rd}$	VERIFICATO	(form. 4.2.10)
			$N_{Ed} < N_{c,Rd}$	VERIFICATO	
	<b>VERIFICA DI INSTABILITA'</b>				
Resistenza all'instabilità nell'asta compressa	$N_{b,Rd}$	= 136,26 [kN]		(form. 4.2.43)	
Lunghezza libera d'inflexione	$l_0$	= 1500 [mm]			
Azione assiale critica: $N_{cr} = (\pi^2 \times EI)/L_0^2$	$N_{cr}$	= 3629,38 [kN]			
snellezza: $\lambda = \sqrt{(A \times f_{yk}/N_{cr})}$	$\lambda$	= 0,70 [ADIM.]		(form. 4.2.46)	
Fattore di imperfezione	$\alpha$	= 0,34 [ADIM.]		(tab. 4.2.VI)	
$\phi = 0,5[1 + \alpha(\lambda, 0,2) + \lambda^2]$	$\phi$	= 0,52 [ADIM.]			
$\chi = 1/\phi + \sqrt{(\phi^2 - \lambda^2)}$	$\chi$	= 1,00 [ADIM.]		(form. 4.2.45)	
		$N_{Ed} < N_{b,Rd}$	VERIFICATO		

Dopo aver individuato i tipo di profilo si è realizzato un modello tridimensionale con il software ad elementi finiti ProSap a siamo andati a verificare il nostro telaio cercando inoltre di ottimizzare il più possibile la dimensione dei profili. Si premette che, data la scelta di studiare solo una parte della copertura, le azioni risultanti dall'analisi ad elementi finiti devono essere prese come qualitative in quanto, in caso di dissimmetrie di carico da neve per esempio, si potrebbero verificare dei problemi di instabilità locali che nel caso da noi considerato non risultano evidenti. Inoltre non è stata effettuata una verifica antisismica sulla struttura sempre per la stessa ragione e dunque solo allo S.L.U..

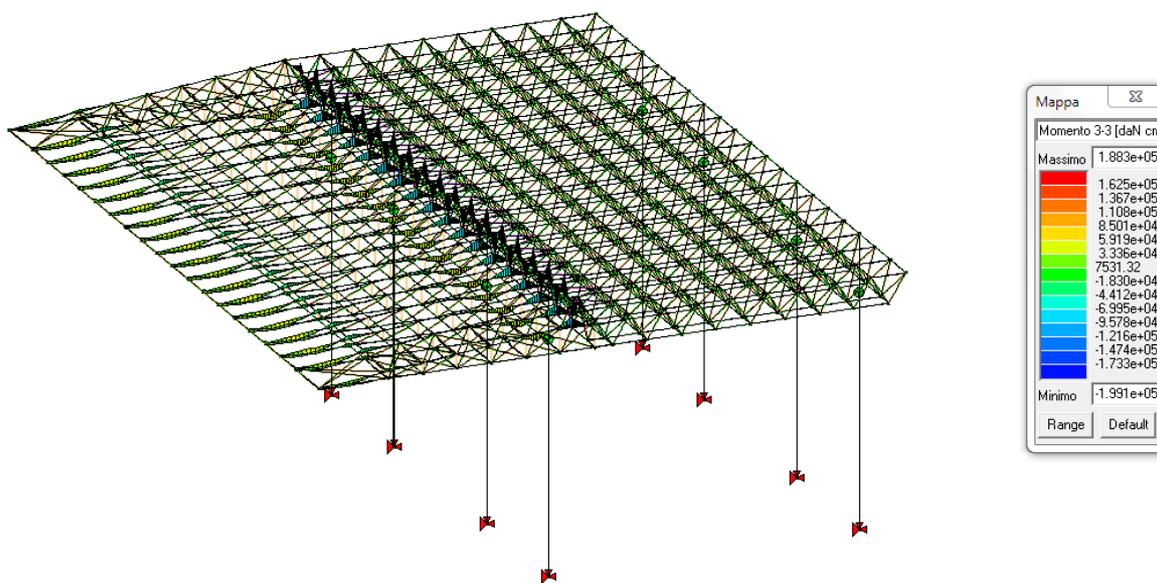


Figura 10.33 - Diagramma dei momenti flettenti agenti in copertura allo S.L.U.

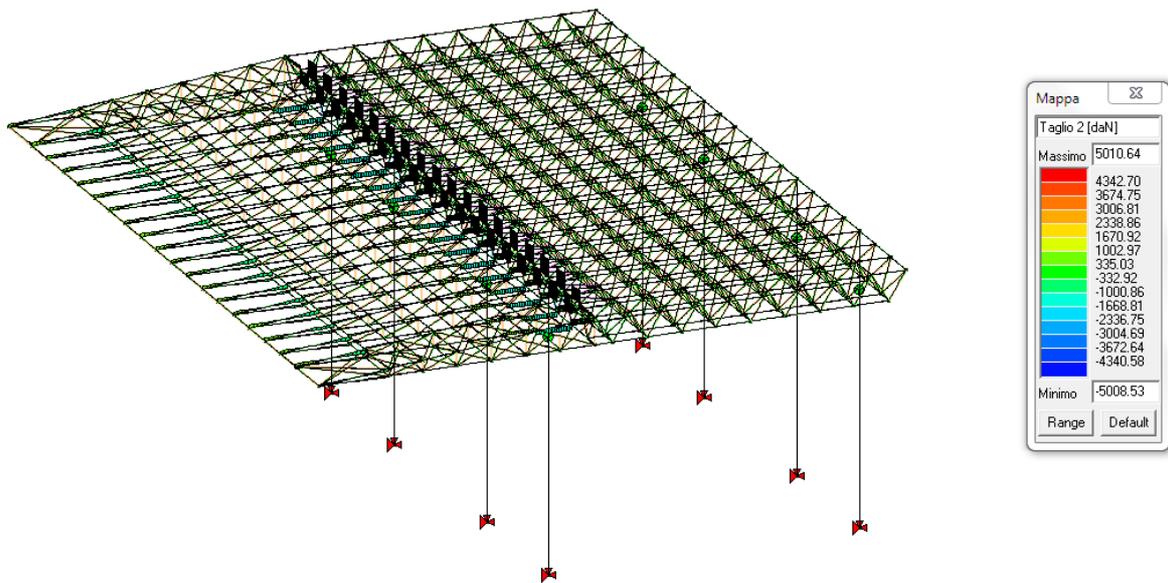


Figura 10.34 - Diagramma del taglio agente in copertura allo S.L.U.

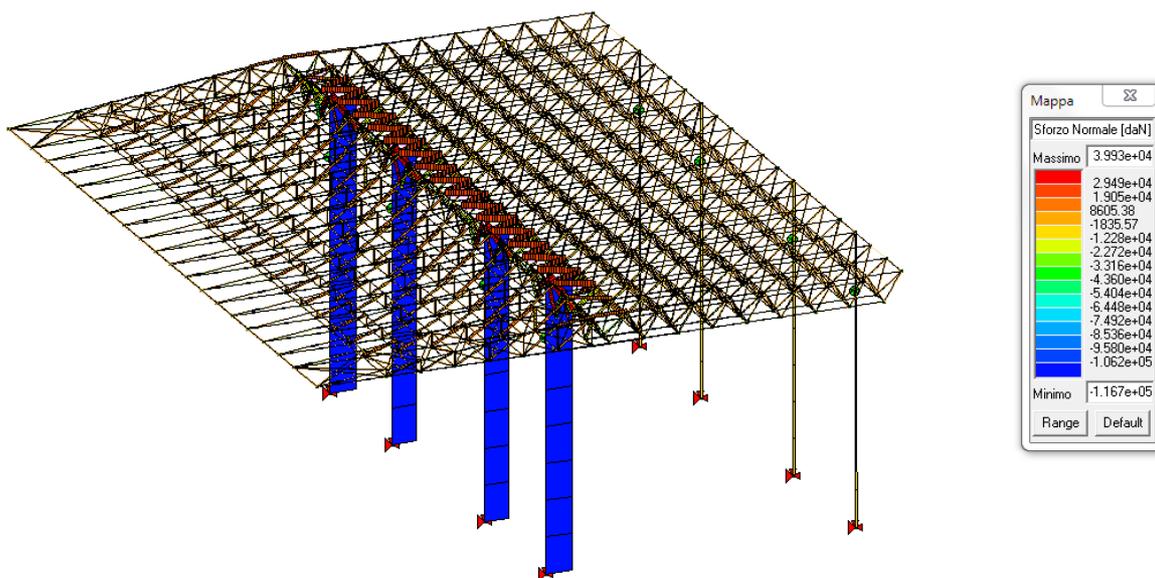


Figura 10.35 - Diagramma delle azioni assiali agenti in copertura allo S.L.U.

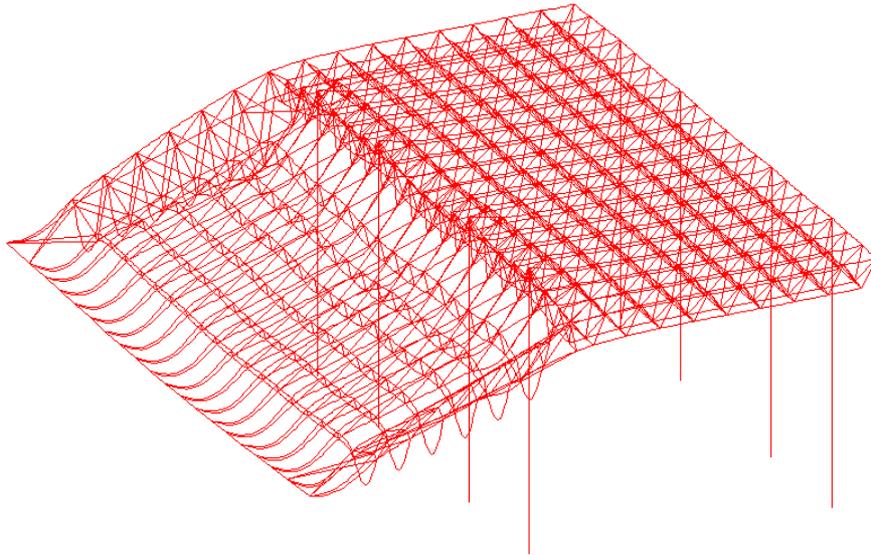


Figura 10.36 - Deformata qualitativa della copertura allo S.L.U.

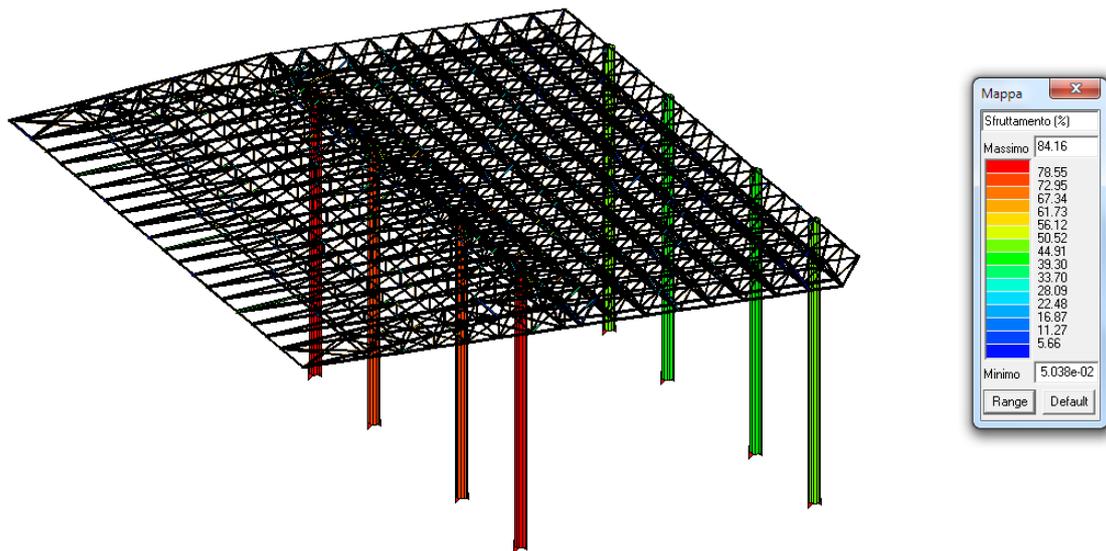


Figura 10.37 - Diagramma dello sfruttamento % degli elementi

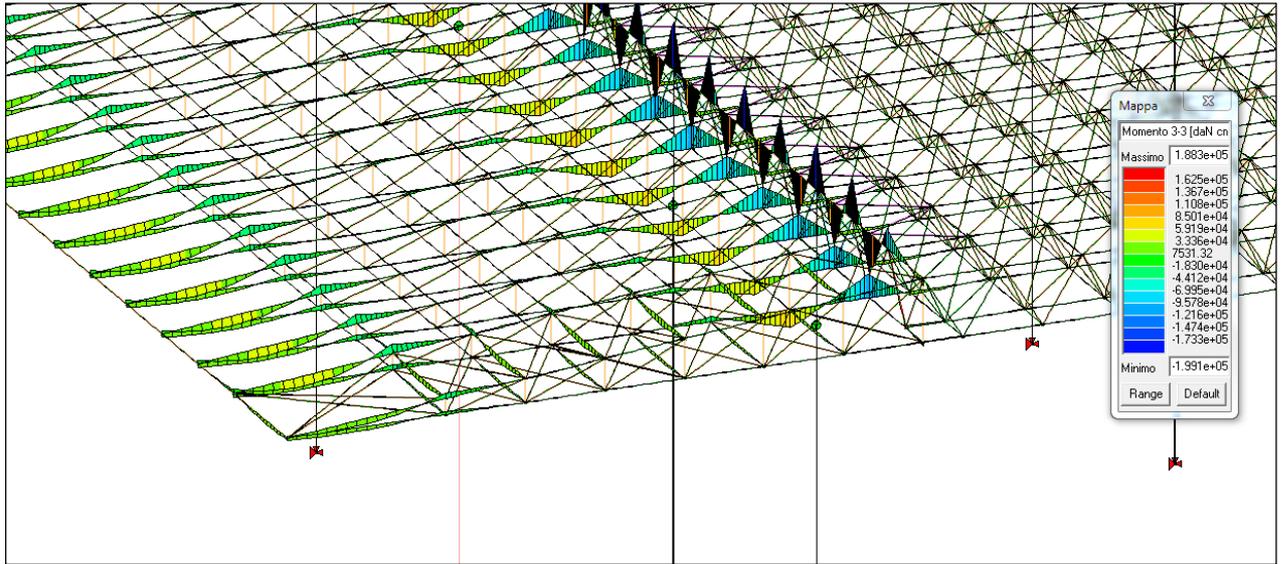


Figura 10.38 - Zoom momenti agenti allo S.L.U.

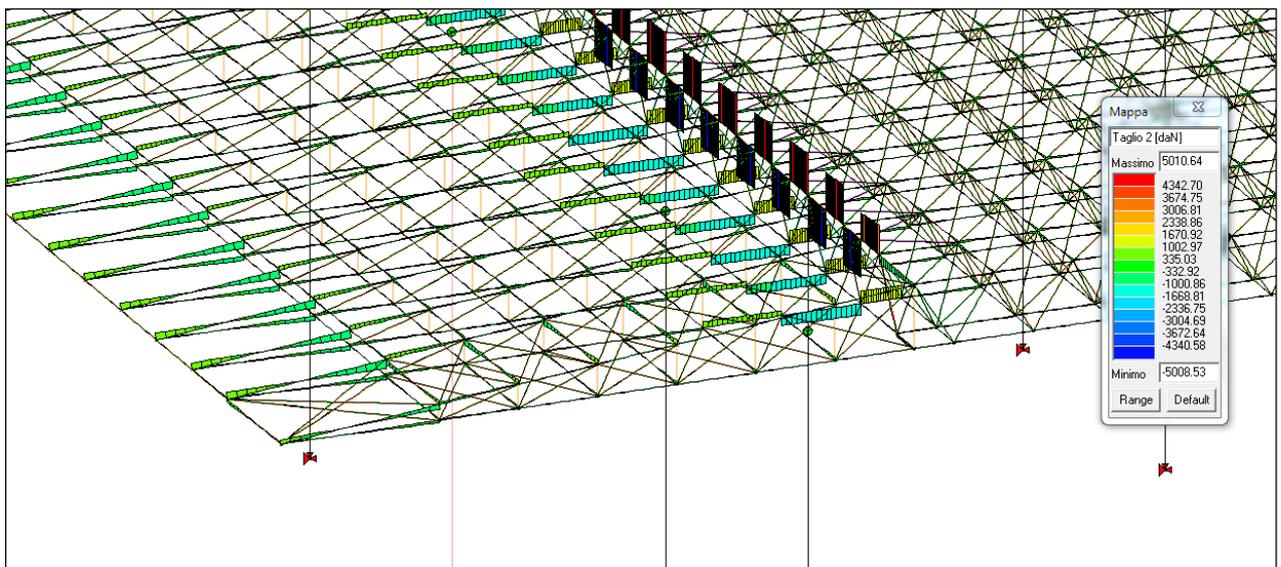


Figura 10.39 – Zoom taglio agente allo S.L.U.

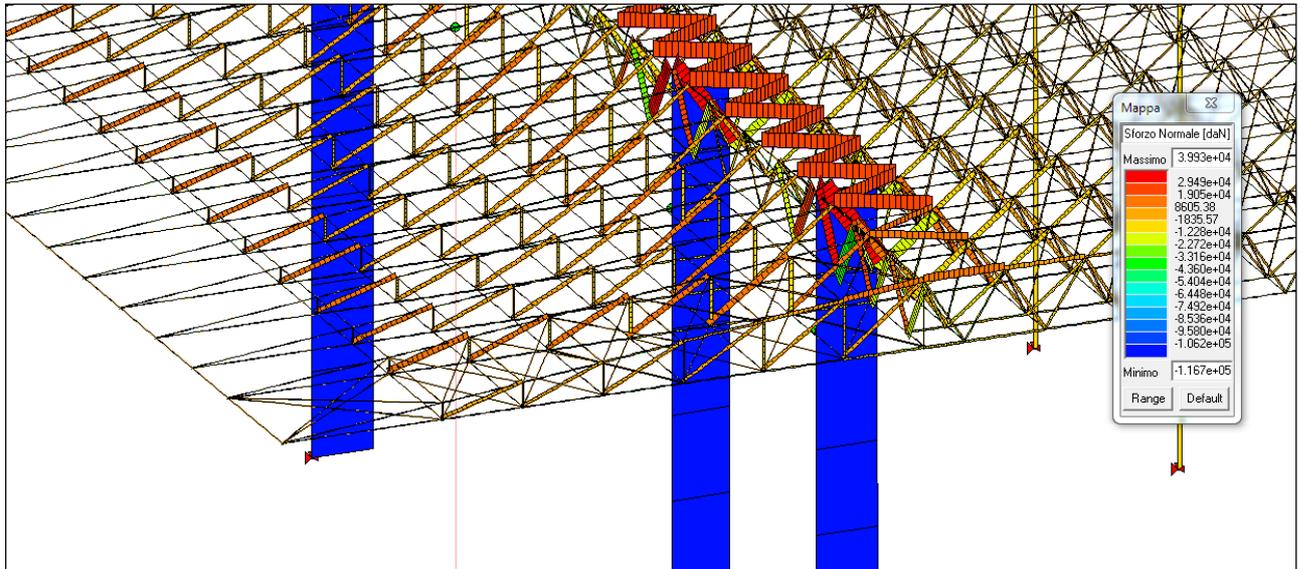


Figura 10.40 - Zoom azioni assiali agenti allo S.L.U.

Osservando i risultati, in particolare i momenti flettenti, si evince che il comportamento ipotizzato con il nostro schema statico non risulta pienamente corretto. Questo perché nel modello, dove i tetraedri si agganciano ai correnti inferiori della reticolare rastremata vi sono delle aste che collegano i correnti inferiori con quelli superiori facendo sì che nella parte finale dei correnti inferiori si generi del momento. Per capire tale comportamento si è pensato un nuovo schema statico considerando un vincolo a pattino sul lato inferiore in continuità con la copertura.

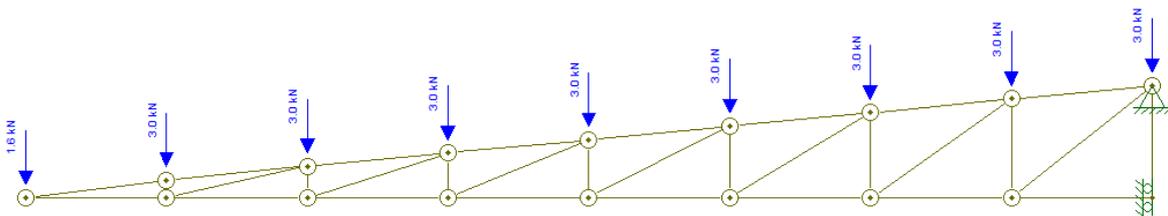


Figura 10.41 - Schema statico trave reticolare rastremata con vincoli cerniera-pattino

Questo ha prodotto i nuovi grafici sottostanti:

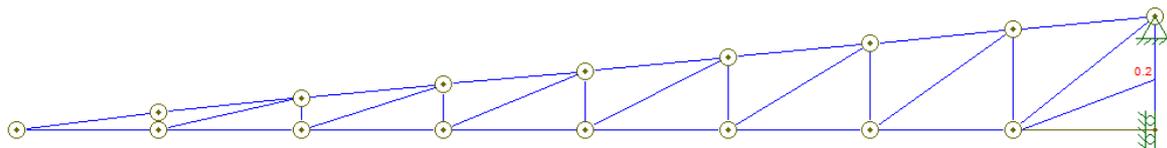


Figura 10.42 - Diagramma momenti flettenti della trave reticolare rastremata con vincoli cerniera-pattino

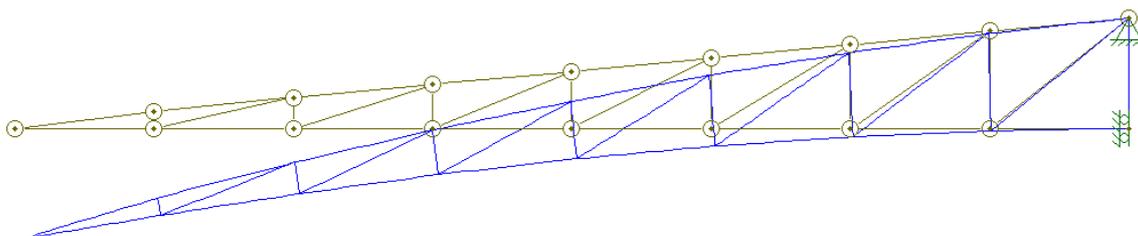


Figura 10.43 - Deformata qualitativa della trave reticolare con vincoli cerniera-pattino

Dal nuovo diagramma dei momenti flettenti è possibile capire il motivo per il quale si genera momento lungo la parte in continuità con la copertura e il funzionamento.

Spiegando tale funzionamento si può affermare che gli elementi che collegano tra loro correnti inferiori e superiori della parte in continuità entrano in trazione, per effetto del carico agente, inflettendo superiormente quelli inferiori generando così momento flettente.

Per avere un'idea complessiva delle azioni agenti e del comportamento della struttura ci siamo serviti del software di analisi a elementi finiti ProSap. Di seguito si mostrano dunque i diagrammi e la deformata ottenuti dal programma che devono essere presi solo come qualitativi.

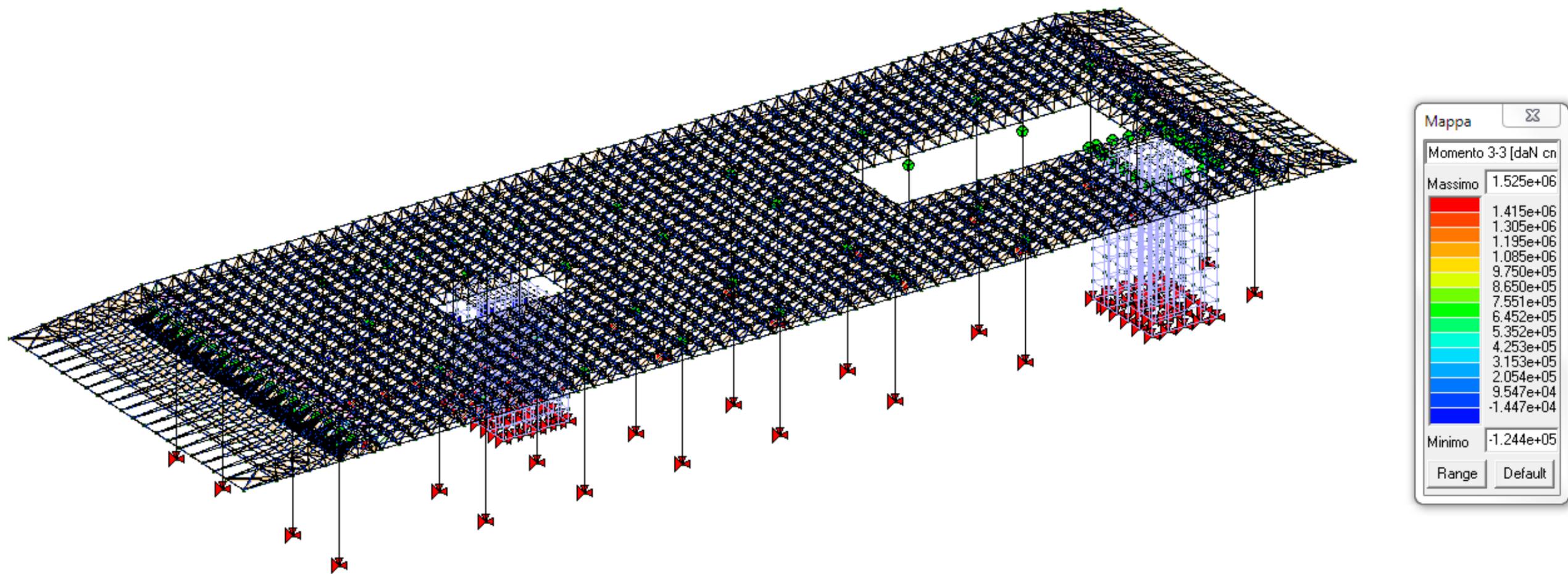


Figura 10.44 - Diagramma dei momenti flettenti agenti in copertura allo S.L.U.

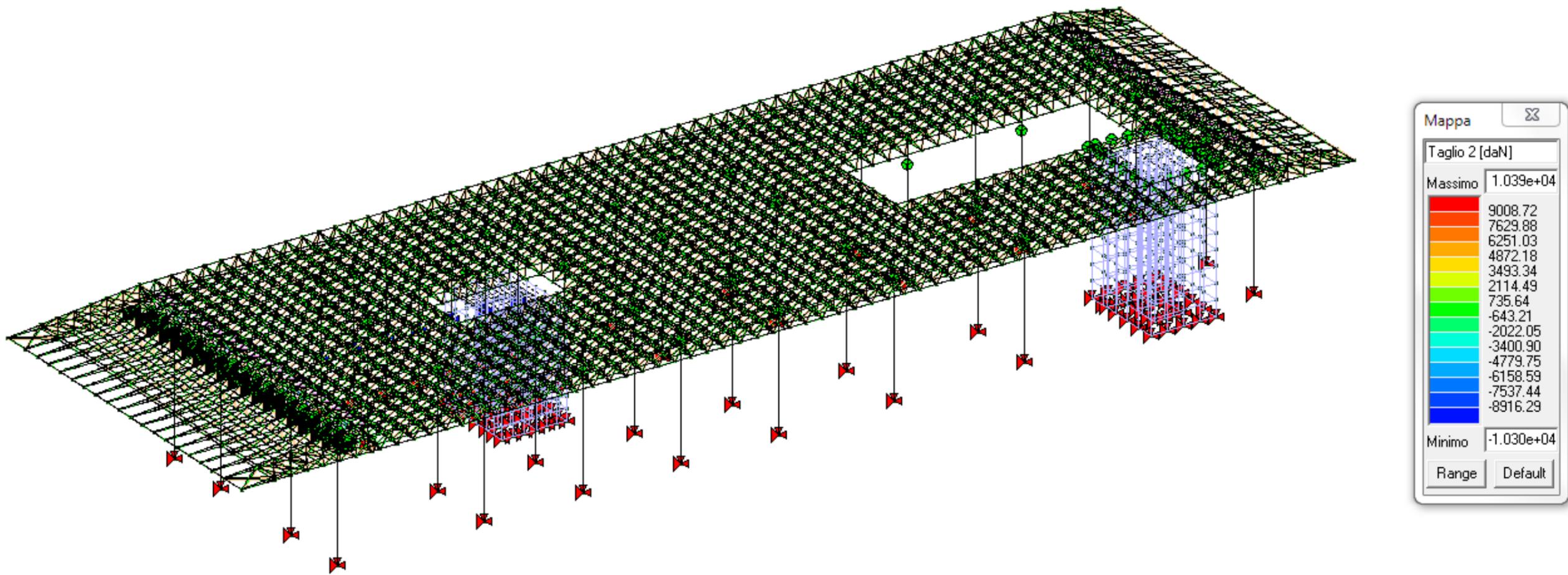


Figura 10.45 - Diagramma del taglio agente in copertura allo S.L.U.

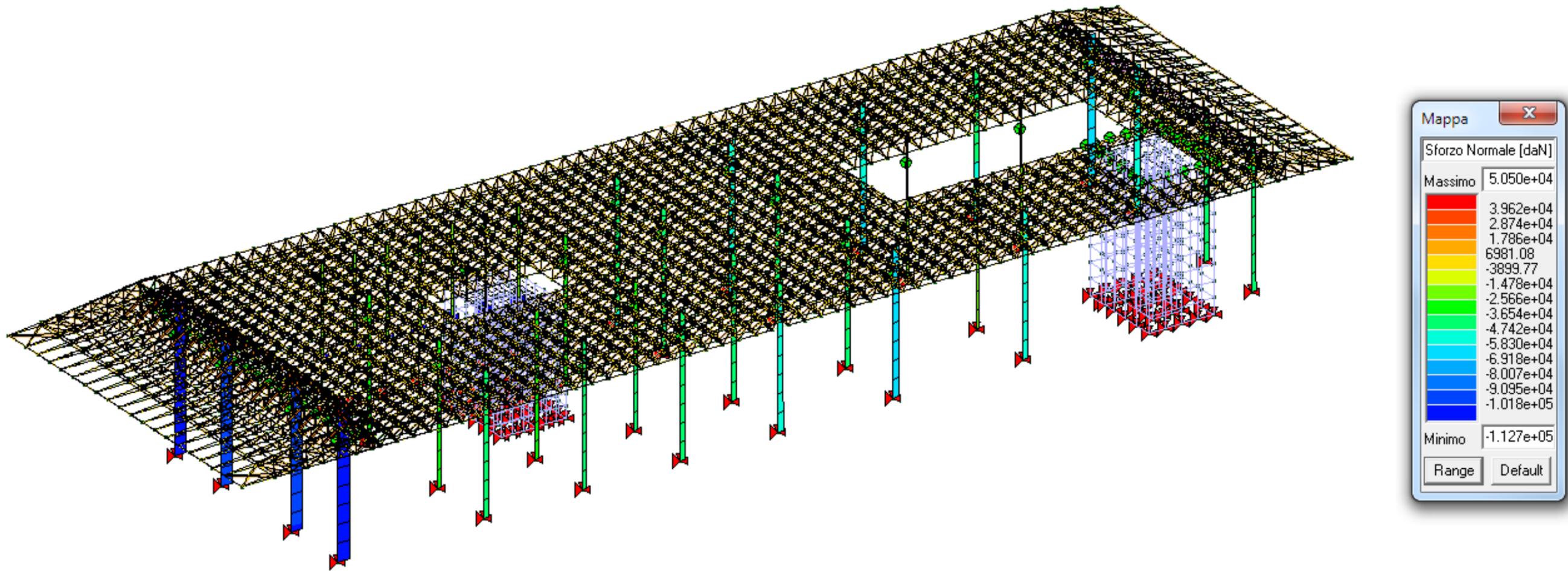


Figura 10.46 - Diagramma delle azioni assiali agenti in copertura allo S.L.U.

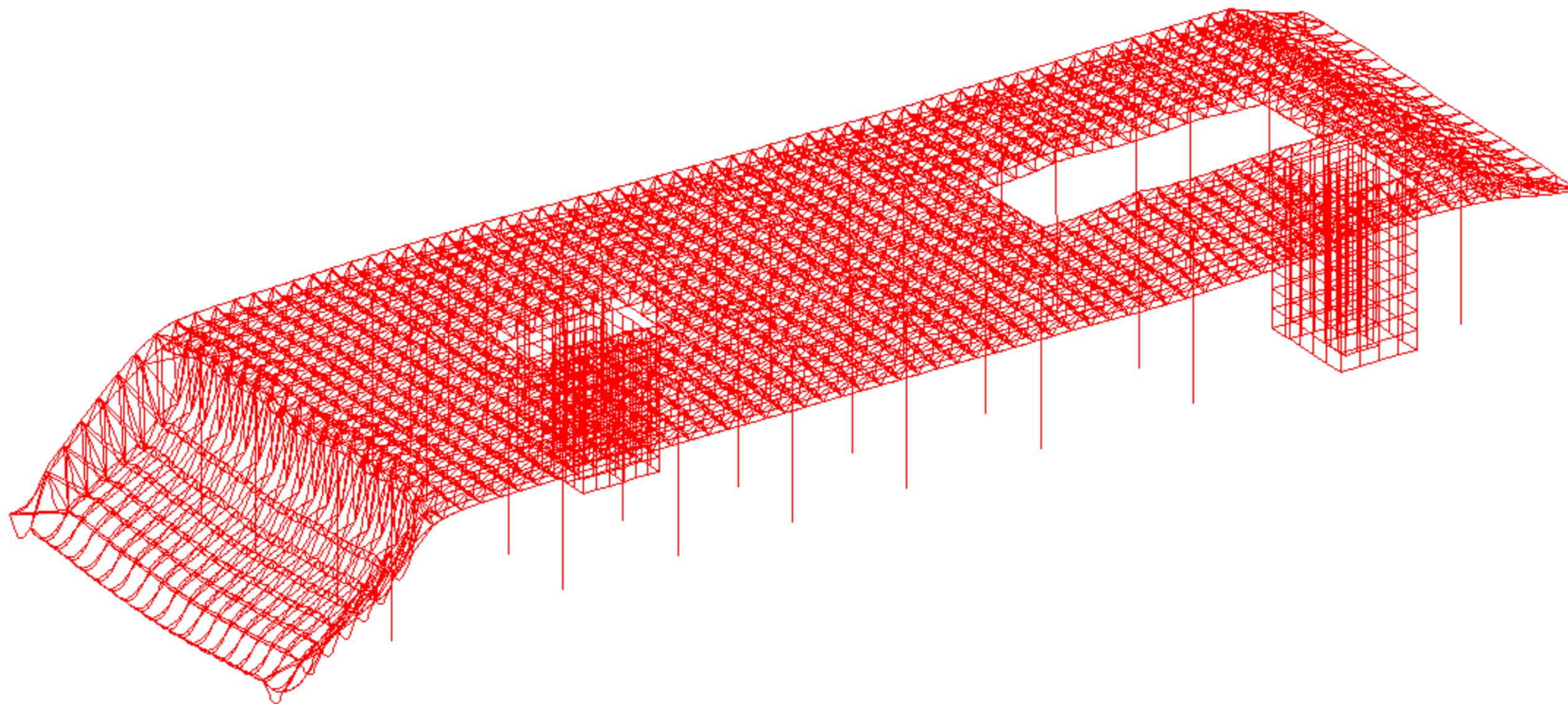


Figura 10.47 - Deformata qualitativa allo S.L.U. della copertura

## 10.12 Predimensionamento pilastri

Per dimensionare i pilastri che sostengono sia gli impalcati che la copertura complessiva si è scelto quello più sollecitato e lo si è verificato a compressione e all'instabilità delle aste compresse. Il pilastro di cui abbiamo effettuato il dimensionamento è quello che è risultato più sollecitato rispetto a gli altri. Si è dunque scelto il pilastro PB6 localizzato nel blocco stazione.

Il calcolo è stato effettuato allo S.L.U. considerando l'area d'influenza del suddetto con applicato il carico della copertura e, successivamente, considerando gli scarichi delle primarie degli impalcati sottostanti e gravanti su di esso.

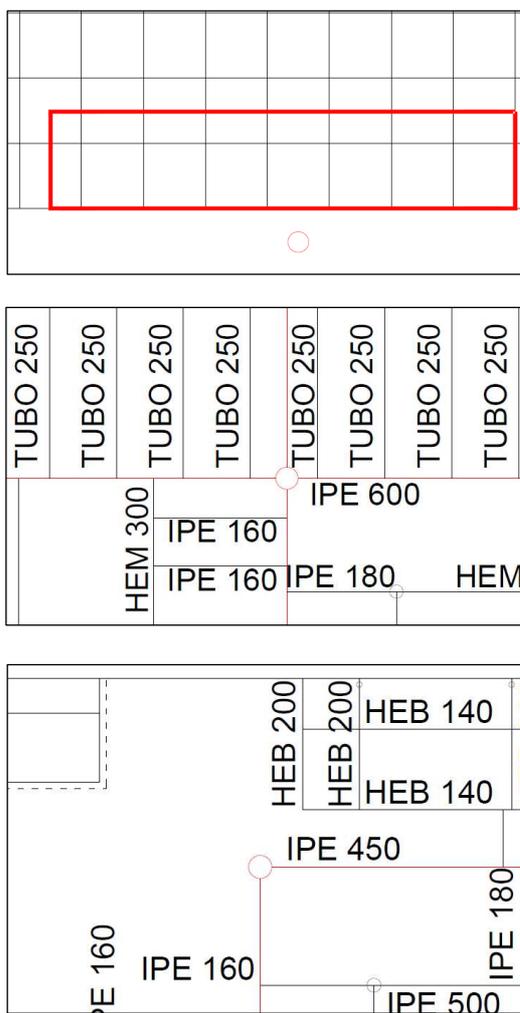


Figura 10.48 - Estratti piante blocco stazione

Si è giunti dunque all'elaborazione delle seguenti tabelle:

**PILASTRO PB6**

Caratteristiche del materiale	Caratteristiche del materiale ACCIAIO			RIFERIMENTI NTC 2008
	Acciaio tipo:	S275 H		
Tensione nominale caratteristica a snervamento	$f_{yk}$	=	275 [MPa]	(tab. 11.3.IX)
Tensione nominale caratteristica a rottura	$f_{tk}$	=	430 [MPa]	
Modulo elastico	E	=	210000 [Mpa]	(tab. 4.2.V)
Modulo di elasticità tangenziale: $G = E/[2(1+\nu)]$	G	=	80769 [Mpa]	
Coefficienti di sicurezza	$\gamma_s$	=	1,15 [ADIM.]	

Analisi dei carichi	Analisi dei carichi agenti sul piastrino			RIFERIMENTI NTC 2008
	Carico agente piano primo	$P_1$	=	
Carico agente piano secondo	$P_2$	=	598,28 [KN]	
Carico agente copertura	$P_c$	=	84,26 [KN]	
Carico agente totale	$P_{tot}$	=	839,72 [KN]	

Pilastro	Predimensionamento pilastro			RIFERIMENTI NTC 2008
	Luce	L	=	
Tensione di snervamento di progetto: $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{M0}$	$f_{yd}$	=	262 [N/mm <sup>2</sup> ]	(tab. 4.2.V)
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_{M0}$	=	1,05 [ADIM.]	
Azione assiale massima agente	$N_{max}$	=	839,72 [kN×m]	
Modulo di resistenza: $W = M_{max} / f_{yd}$	W	=	3206 [cm <sup>3</sup> ]	
 Caratteristiche del profilo scelto	Profilo tipo: <b>Tubo S00x12,5</b>			
	Diametro	d	=	500 [mm]
	Spessore profilo	t	=	12,5 [mm]
	Peso	p	=	1500 [N/m]
	Area profilo	A	=	19100 [mm <sup>2</sup> ]
	Momenti d'inerzia assi x e y	$J_x$	=	56909 [cm <sup>4</sup> ]
		$J_y$	=	56909 [cm <sup>4</sup> ]
	Moduli di resistenza elastici assi x e y	$W_{el,x}$	=	2276 [cm <sup>3</sup> ]
		$W_{el,y}$	=	2276 [cm <sup>3</sup> ]
	Moduli di resistenza plastici assi x e y	$W_{pl,x}$	=	2971 [cm <sup>3</sup> ]
		$W_{pl,y}$	=	2971 [cm <sup>3</sup> ]
	Raggi d'inerzia assi x e y	$i_x$	=	17,2 [cm]
	$i_y$	=	17,2 [cm]	
Fattore di rigidità torsionale	$J_t$	=	- [cm <sup>4</sup> ]	
Modulo di torsione	$J_w$	=	- [cm <sup>3</sup> ]	

Per identificare la classe ci si è avvalsi della tabella fornita dalle N.T.C. 2008 per profili tubolari a sezione cava:

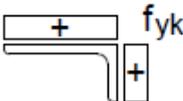
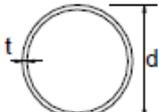
Classe	Sezione in compressione					
Distribuzione delle tensioni sulla sezione (compressione positiva)						
3	$h/t \leq 15\epsilon$		$\frac{b+h}{2t} \leq 11,5\epsilon$			
<b>Sezioni Tubolari</b> 						
Classe	Sezione inflessa e/o compressa					
1	$d/t \leq 50\epsilon^2$					
2	$d/t \leq 70\epsilon^2$					
3	$d/t \leq 90\epsilon^2$ (Per $d/t > 90\epsilon^2$ vedere EN 1993-1-6)					
$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	$f_{yk}$	235	275	355	420	460
	$\epsilon$	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71
	$\epsilon^2$	1,00	0,85	0,66	0,56	0,51

Figura 10.49 - Definizione della classe di sezione secondo le N.T.C. 2008

VERIFICHE [SLU]				
Classe della sezione	<b>Verifica flessione monoassiale</b>		$M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$ (SLU) (U.M.)	RIFERIMENTI NTC 2008  (tab. 4.2.I)
	Classe sezione: <b>CLASSE 2</b>			
	Classe minima			
	$70 \epsilon^2 = 46,20$ $d/t = 40,00$ $c/t < 70 \epsilon^2$			

La classe scelta è dunque la 2.

Verifiche alla stabilità delle aste compresse				VERIFICHE	
Trave reticolare - Asta compressa	<b>ASTE COMPRESSE</b>				
	Azione assiale agente di compressione	$N_{Ed}$	=	839,72 [kN]	
	Arca: $A = N_{Ed}/f_{yd}$	$A$	=	3206,19 [mm <sup>2</sup> ]	
	Profilo scelto:		Tubo 500x12,5		
	Spessore profilo	$s$	=	12,5 [mm]	
	Area profilo	$A$	=	19100 [mm <sup>2</sup> ]	
	Curva di instabilità:		$c$		
	Resistenza di calcolo a compressione				
	$N_{e,Rd} = A \times f_{yk}/\gamma_{M0}$	$N_{e,Rd}$	=	5002,38 [kN]	
				$N_{Ed} \leq N_{e,Rd}$	VERIFICATO
				$N_{Ed} < N_{e,Rd}$	VERIFICATO
	<b>VERIFICA DI INSTABILITA'</b>				
	Resistenza all'instabilità nell'asta compressa				
	$N_{b,Rd} = (c \times A \times f_{yk})/\gamma_{M1}$	$N_{b,Rd}$	=	3934,97 [kN]	
	Lunghezza libera d'inflexione	$l_0$	=	8960 [mm]	
Azione assiale critica: $N_{cr} = (\pi^2 \times EI)/l_0^2$	$N_{cr}$	=	14692 [kN]		
snellezza: $\lambda = \sqrt{(A \times f_{yk}/N_{cr})}$	$\lambda$	=	0,60 [ADIM.]		
Fattore di imperfezione	$\alpha$	=	0,49 [ADIM.]		
$\phi = 0,5[1 + \alpha(\lambda - 0,2) + \lambda^2]$	$\phi$	=	0,78 [ADIM.]		
$\chi = 1/\phi + \sqrt{(\phi^2 - \lambda^2)}$	$\chi$	=	0,79 [ADIM.]		
			$N_{Ed} < N_{b,Rd}$	VERIFICATO	

Si giunge alla conclusione che tutti i pilastri risultano essere dei profili tubolari a sezione cava di dimensioni 500x12,5 mm.

## 10.13 Bullonature e giunti

In questa parte si mostrano i calcoli e i disegni di una congiunzione tra pilastro a trave e dei giunti cardanici localizzati nei Pad. Si mostra inoltre un disegno di possibile giunzione sferica tra le aste della trave reticolare spaziale.

### 10.13.1 Bullonatura tra pilastro PC6 e trave primaria C67

Per il dimensionamento del nodo di connessione imbullonato tra il pilastro tubolare PC6 e la trave primaria C67 si è ipotizzato il numero e la dimensione dei bulloni oltre alla classe (6.8). Abbiamo così ricavato le distanze tra i vari fori, l'area resistente e quindi la resistenza a taglio dei singoli bulloni tramite la formula 4.2.58 del D.M. 14 gennaio 2008:

$$F_{v,Rd} = 0,6 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2}, \text{ bulloni classe 4.6, 5.6 e 8.8;} \quad (4.2.57)$$

$$F_{v,Rd} = 0,5 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2}, \text{ bulloni classe 6.8 e 10.9;} \quad (4.2.58)$$

$$F_{v,Rd} = 0,6 f_{tr} A_0 / \gamma_{M2}, \text{ per i chiodi.} \quad (4.2.59)$$

Figura 10.50 - Formule di calcolo della resistenza a taglio dei bulloni da normativa

Grazie alla formula

$$F_{V,Ed} = V_{max}/n_b * n$$

Con

$V_{max}$  = taglio massimo agente scaricato dalla trave primaria

$n_b$  = numero dei bulloni

$n$  = numero dei piani di taglio per bullone

si è calcolato il taglio agente e lo si è confrontato con quello resistente imponendo che:

$$F_{V,Ed} < F_{V,Rd}$$

Bullonatura tra il pilastro PC6 e la trave primaria C67		
n° bulloni	3	
classe	6,8	
tensione di snervamento	480	[MPa]
tensione di rottura	600	[MPa]
diametro bullone	18	[mm]
$A_{res}$	254,47	[mm <sup>2</sup> ]
$V_{max}$	105,35	[kN]
$\gamma_{M2}$	1,25	

Dati geometrici connessione			
Diametro bullone	d	18	[mm]
Diametro foro	$d_0$	19	[mm]
Area resistente	$A_{res}$	254,47	[mm <sup>2</sup> ]
Spessore piastra	t	5	[mm]
Numero bulloni	$n_b$	3	
Numero piani di taglio per bullone	n	2	1
Distanza dai bordi e passi			
	$e_1$	50	[mm]
	$e_2$	50	[mm]
	$p_1$	41,8	[mm]
	$p_2$	45,6	[mm]
Resistenza a rottura bullone	$f_{tb}$	600	[MPa]
Resistenza a snervamento bullone	$f_{yb}$	480	[MPa]
Resistenza a rottura piastra	$f_{tk}$	430	[MPa]

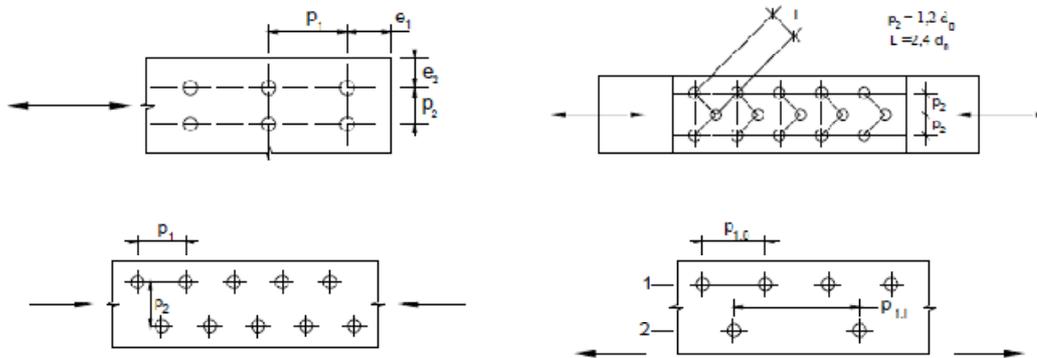


Figura 10.51 - Distanze principali per varie tipologie di bullonatura da normativa

Distanze e interassi (Fig. 4.2.3)	Minimo	Massimo		
		Unioni esposte a fenomeni corrosivi o ambientali	Unioni non esposte a fenomeni corrosivi o ambientali	Unioni di elementi in acciaio resistente alla corrosione (EN10025-5)
$e_1$	$1,2 d_0$	$4t+40\text{mm}$	-	$\max(8t;125\text{mm})$
$e_2$	$1,2 d_0$	$4t+40\text{mm}$	-	$\max(8t;125\text{mm})$
$p_1$	$2,2 d_0$	$\min(14t;200\text{mm})$	$\min(14t;200\text{mm})$	$\min(14t;175\text{mm})$
$p_{1,0}$	-	$\min(14t;200\text{mm})$	-	-
$p_{1,i}$	-	$\min(28t;400\text{mm})$	-	-
$p_2$	$2,4 d_0$	$\min(14t;200\text{mm})$	$\min(14t;200\text{mm})$	$\min(14t;175\text{mm})$

L'instabilità locale del piatto posto tra i bulloni/chiodi non deve essere considerata se  $(p_1/t) < [9(235/f_y)^{0.5}]$ ; in caso contrario si assumerà una lunghezza di libera inflessione pari a  $0.6 \cdot p_1$ .  
t è lo spessore minimo degli elementi esterni collegati.

Figura 10.52 – Modalità di calcolo delle distanze principali da normativa

Verifica di resistenza dei singoli bulloni		
$F_{v,Rd} = 0,5 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2}$	[kN]	61,07
$F_{v,Ed} = V_{max} / n_b \cdot n$	[kN]	17,56
$F_{v,Ed} < F_{v,Rd}$		<b>VERIFICATO</b>

Si è poi passati alla verifica della piastra di collegamento a rifollamento e al punzonamento:

Per la verifica a rifollamento si è fatto riferimento alla formula:

$$F_{b,Rd} = k \alpha f_{tk} d t / \gamma_{M2}$$

Con

$k, \alpha$  = parametri che dipendono dalla posizione dei bulloni

$f_{tk}$  = la resistenza a rottura del materiale della piastra collegata

$d$  = il diametro nominale del gambo del bullone

$t$  = lo spessore della piastra collegata

$\alpha = \min \{e_1 / (3 d_0) ; f_{tb} / f_t ; 1\}$ per bulloni di bordo nella direzione del carico applicato	0,88
$\alpha = \min \{p_1 / (3 d_0) - 0,25 ; f_{tb} / f_t ; 1\}$ per bulloni interni nella direzione del carico applicato	1,0
$k = \min \{2,8 e_2 / d_0 - 1,7 ; 2,5\}$ per bulloni di bordo nella direzione perpendicolare al carico applicato	2,50
$k = \min \{1,4 p_2 / d_0 - 1,7 ; 2,5\}$ per bulloni interni nella direzione perpendicolare al carico applicato	1,66

Verifica a rifollamento			
	b1 trave [kN]	b2 trave [kN]	b3 trave [kN]
$F_{b,Rd}$	67,89	51,39	67,89
$F_{V,Ed} < F_{b,Rd}$	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO

Per la verifica a punzonamento della piastra si è fatto riferimento alla formula:

$$B_{p,Rd} = 0,6 \pi d_m t_p f_{tk} / \gamma_{M2}$$

Con

$d_m$  = minimo tra il diametro del dado e il diametro medio della testa del bullone

$t_p$  = lo spessore del piatto

$f_{tk}$  = la tensione di rottura dell'acciaio del piatto

Verifica al punzonamento della piastra		
$B_{p,Rd}$	58,36	[kN]
$F_{V,Ed}$	17,56	[kN]
$F_{V,Ed} < F_{t,Rd}$	VERIFICATO	

Si è giunti quindi alla verifica del collegamento tra piastra e trave:

Verifica del giunto piastra trave		
$V_{max}$	[kN]	105,35
$e$	[mm]	55
$M$	[kNm]	5,79
$r1$	[mm]	45,6
$r2$	[mm]	0
$r3$	[mm]	45,6
$S_v$	[kN]	35,12
$J_p^*$	[mm <sup>2</sup> ]	4158,72

	$S_i^*$ [kN]	F [kN]
r1	63,53	72,59
r2	0,00	35,12
r3	63,53	72,59

Verifica		
$F_{V,Rd} = \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})$	[kN]	51,39
$F_{V,Ed} = V_{max} / n_b + 1$	[kN]	17,56
$F_{V,Ed} < F_{V,Rd}$		VERIFICATO

Dove

$$S_i^* = (M/J_p^*) * r_i$$

$$J_p^* = \sum_i (r_i^2)$$

Con

$r_i$  = distanza tra il centro di ogni singolo foro e il baricentro dell'insieme dei fori

$J_p^*$  = momento d'inerzia polare

$S_i^*$  = la forza radiale sul singolo bullone

Per finire questa prima parte si è effettuata la verifica a trazione dei singoli bulloni tramite la formula:

$$F_{t,Rd} = 0,9 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2}, \text{ per i bulloni:}$$

$$F_{t,Rd} = 0,6 f_{tr} A_{res} / \gamma_{M2}, \text{ per i chiodi.}$$

Verifica a trazione singoli bulloni		
$F_{t,Rd}$	109,93	[kN]
$F_{V,Ed}$	72,59	[kN]
$F_{V,Ed} < F_{t,Rd}$		VERIFICATO

Per la giunzione pilastro piastra sono state effettuate le stesse verifiche tenendo con conto che il valore del taglio massimo agente scaricato dalla primaria deve essere diviso per due in modo da distribuirlo ugualmente su entrambe le piastre connesse alla trave. Inoltre si è tenuto conto che il numero di piani di taglio per bullone scende da 2 a 1.

Verifica di resistenza dei singoli bulloni		
$F_{v,Rd} = 0,5 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2}$	[kN]	61,07
$F_{V,Ed} = V_{max} / 2n_b + 1$	[kN]	17,56
$F_{V,Ed} < F_{v,Rd}$		VERIFICATO

Verifica del giunto piastra trave		
$V_{max}$	[kN]	52,675
e	[mm]	61
M	[kNm]	3,21
r1	[mm]	45,6
r2	[mm]	0
r3	[mm]	45,6
Sv	[kN]	17,56
$Jp^*$	[mm <sup>2</sup> ]	4158,72

	Si* [kN]	$\mu$ [°]	F [kN]
r1	35,23	0,3	39,36
r2	0,00	0,3	17,56
r3	35,23	0,3	39,36

Verifica		
$F_{v,Rd} = \min(F_{v,Rd} ; F_{b,Rd})$	[kN]	51,39
$F_{V,Ed} = V_{max} / 2n_b \cdot n$	[kN]	17,56
$F_{V,Ed} < F_{v,Rd}$		VERIFICATO

Verifica a trazione singoli bulloni		
$F_{t,Rd}$	109,93	[kN]
$F_{V,Ed}$	39,36	[kN]
$F_{V,Ed} < F_{t,Rd}$		VERIFICATO

### 10.13.2 Giunti cardanici Pad

La necessità di non avere momento flettente nei tiranti dei Pad ci ha portato alla scelta di giunti di tipo cardanico. Tali giunti sono costituiti da un perno singolo di forma cruciforme al quale si uniscono 4 piastre saldate tra loro a pinza. Questo tipo di unione permette la rotazione in due direzioni dello spazio tra loro ortogonali costituendosi così come una doppia cerniera. Per effettuare il predimensionamento si è considerata una semplice unione a perno in modo da ottenere il diametro dei singoli bracci della croce anche se questo procedimento risulta semplificato.

Nelle tabelle sottostanti si mostrano i procedimenti effettuati con le rispettive formule.

Giunti cardanici		
n° perni	1	
classe	6,8	
tensione di snervamento	510	[MPa]
tensione di rottura	600	[MPa]
diametro perno	30	[mm]
$A_{res}$	707	[mm <sup>2</sup> ]
$V_{max}$	132	[kN]
$\gamma_{M2}$	1,25	

Dati geometrici connessione			
Diametro perno	d	30	[mm]
Diametro foro	$d_0$	31	[mm]
Area resistente	$A_{res}$	707	[mm <sup>2</sup> ]
Spessore piastra	t	10	[mm]
Numero perni	$n_b$	1	
Numero piani di taglio per perno	n	2	
Distanza dai bordi e passi			
	$e_1$	37,2	[mm]
	$e_2$	37,2	[mm]
	$p_1$	-	[mm]
	$p_2$	-	[mm]
Resistenza a rottura perno	$f_{tb}$	600	[MPa]
Resistenza a snervamento perno	$f_{yb}$	480	[MPa]
Resistenza a rottura piastra	$f_{tk}$	510	[MPa]
Resistenza di progetto a taglio	$f_{v,Rd}$	288	[MPa]

$F_{v,Rd} = 0,6 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2}$	[kN]	204
$F_{v,Ed} = V_{max} / n_b * n$	[kN]	66,11
$f_{v,Ed} < f_{v,Rd}$		VERIFICATO

Verifica a rottura a taglio del perno			
Carico applicato	V	132	[kN]
Numero di sezioni resistenti	n	1	
Sforzo medio agente	$\tau = V / n_b * A_{res}$	94	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza di progetto a taglio	$f_{v,Rd}$	288	[kN]
$\tau < f_{v,Rd}$			VERIFICATO

Verifica a rifollamento dell'elemento connesso al perno			
Carico applicato	V	132	[kN]
Numero di sezioni resistenti	n	1	
Coefficiente correttivo	$\gamma_{M0}$	1,05	
Spessore elemento	t	10	[mm]
Forza agente	$F_{v,Ed}$	66	[kN]
Resistenza a rifollamento	$F_{B,Rd} = 1,5 * t * d * f_{yk} / \gamma_{M0}$	206	[kN]
$F_{v,Ed} < F_{B,Rd}$			VERIFICATO

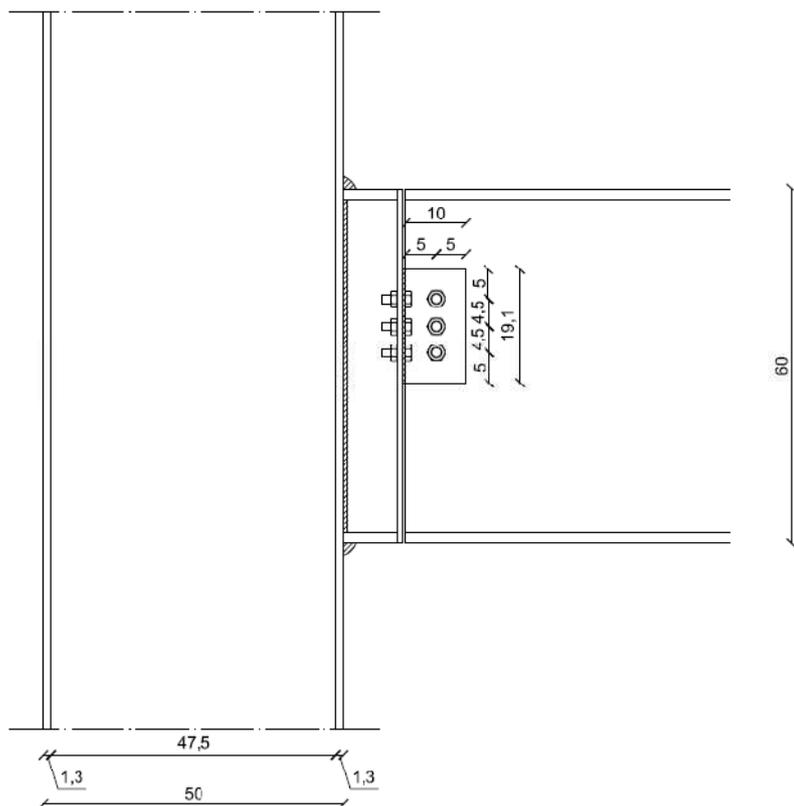


Figura 10.53 - Unione bullonata pilastro PB6 e trave primaria C67

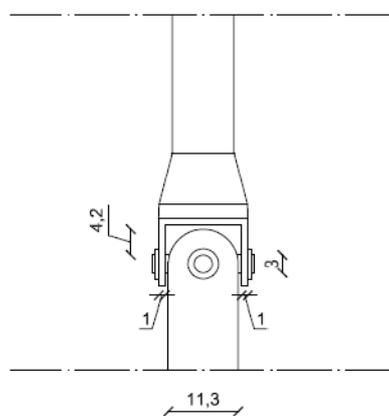


Figura 10.54 - Giunto cardanico pad

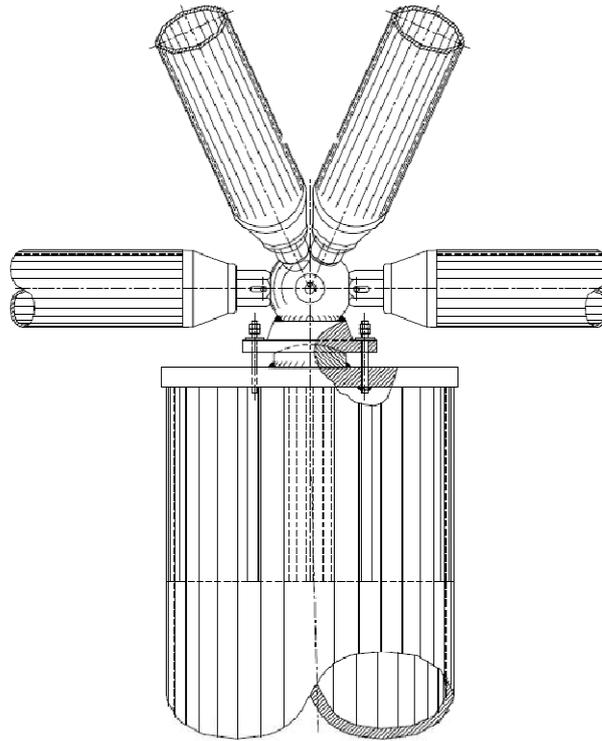


Figura 10.55 - Unione tra giunto sferico, aste tubolari e pilastro in acciaio

Per concludere, si rimanda agli allegati di questa relazione:

Allegati tavole da 50 a 54.

# 11 : Il progetto impiantistico

## 11.1 Premessa

In questo capitolo si descrivono le modalità con cui sono state affrontate le scelte impiantistiche. Si spiega in seguito il dimensionamento dei componenti dell'impianto, la collocazione all'interno dell'edificio e il tipo di sistema di distribuzione.

## 11.2 L'edificio e l'ambiente

Una stazione ferroviaria, nella definizione attuale della tipologia edilizia, rappresenta un polo attrattore sia per cittadini sia per turisti, con una moltitudine di funzioni e servizi che richiedono condizioni differenti di confort climatico, a causa dei possibili differenti carichi interni ed esposizioni che ogni locale può presentare. Da sempre la stazione è un punto nevralgico della città, in cui avvengono incontri tra persone e scambi di merci, un sistema che può e che deve raccogliere le occasioni che questa posizione privilegiata offre. La moltitudine di esigenze sopra citata richiede condizioni differenti di utilizzazione che, a fronte di ogni variazione della condizione sia esterna che interna, possa soddisfare in maniera ottimale ogni utente. La complessità è ulteriormente amplificata dal fatto che il funzionamento dell'edificio non è di tipo continuo, ma è prevalentemente di tipo on – off cioè climatizzato di giorno e spento di notte; infatti, l'idea di progetto è di un'utilizzazione diurna, mentre non saranno disponibili funzioni attive dalla mezzanotte in poi. Inoltre le caratteristiche intrinseche dell'edificio, come l'involucro prevalente vetrato, l'esposizione Est – Ovest, i grandi spazi a tutt'altezza degli atri, impongono che l'organismo edilizio sia in grado di cambiare repentinamente le condizioni interne, garantendo livelli di confort elevati in ogni ambiente.

Dalla relazione climatica si evince che la città di Tirano, presenta un tipico clima da fondovalle alpino, con lunghi rigidi inverni ma estati afose. Si dovranno dunque soddisfare esigenze differenti, garantendo buone schermature nella stagione calda e apporti gratuiti in quella fredda. A questo scopo la copertura sospesa, con grandi aggetti, e i vetri, con diverse gradazioni di satinatura, garantiranno un giusto bilancio tra apporti invernali e carichi termici estivi.

Il fabbricato della nuova stazione ferroviaria, infine, ha una giacitura in direzione longitudinale, NE - SO, mentre in senso trasversale prevalentemente NO - SE. Questi dati influenzano molto il calcolo sia nel caso invernale che in quello estivo.

### **11.3 Il quadro normativo**

1. Direttiva 2002/91/CE: “Direttiva del parlamento e del consiglio europeo sul rendimento energetico in edilizia”;
2. Legge 9 gennaio 1991 n. 10: “Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso nazionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia”;
3. D.P.R. 26 agosto 1993 n. 412: “Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione della L. 9 gennaio 1991, n. 10”;
4. D.P.R. 21 dicembre 1999 n. 551: “Regolamento recante modifiche al D.P.R. 26 agosto 1993, n. 412, in materia di progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti termici degli edifici, ai fini del contenimento dei consumi di energia”;
5. DLgs 19 agosto 2005 n. 192: “Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia”;
6. DLgs 29 dicembre 2006 n. 311: “Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia”;
7. UNI 10349: “Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici”;
8. UNI EN 10339: “Impianti aeraulici a fini di benessere”;
9. UNI/TS 11300: “Prestazione energetica degli edifici – Parte uno: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell’edificio per la climatizzazione estiva ed invernale – Parte due: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria – Parte tre: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva – Parte quattro: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria”.

## 11.4 La tipologia impiantistica

Si è soliti classificare i vari tipi d'impianti di condizionamento che sono realizzati in base al fluido o ai fluidi impiegati per annullare il carico termico sensibile e latente. In base a tale classificazione si suole distinguere:

- Impianti da sola aria.
- Impianti verso l'acqua.
- Impianti misti aria - acqua.

Secondo le considerazioni sopra citate, un impianto di climatizzazione a tutt'aria è il più adatto a rispondere alle esigenze di ventilazione, di riscaldamento e di raffrescamento negli ambienti dell'edificio. Infatti, tale sistema garantisce la possibilità di avere immediatamente le condizioni desiderate in ogni spazio garantendo un'ottima velocità di accensione e spegnimento. In questo caso il compito di trasferire caldo freddo prodotto nell'apposita centrale è affidato all'aria che viene immessa nei singoli locali mediante apposita rete di distribuzione. Riguardo alla velocità dell'aria della rete di distribuzione, è in uso fare una distinzione tra impianti con canali a bassa velocità ed impianti con canali ad alta velocità. Si assume il limite di separazione tra le due categorie pari a 15 m/s intendendo tale velocità sul canale in partenza dalla centrale. Gli impianti ad alta velocità hanno il vantaggio di ridurre notevolmente gli spazi necessari ai canali di distribuzione, ma sono rumorosi e più adatti ad edifici industriali, mentre per contro gli impianti a bassa velocità, sebbene occupino più spazio, sono più silenziosi. Nel nostro caso è adottato un impianto a bassa velocità, la cui velocità di uscita dell'aria nel condotto principale è a 12 m/s. Le velocità nei condotti secondari sono progressivamente diminuite, fino ad arrivare ad una velocità di immissione di 3 m/s. Il sistema garantisce, oltre al controllo completo dei parametri termo – igrometrici, la qualità e la salubrità dell'aria con ricambi meccanizzati secondo le disposizioni di legge. Il recuperatore di calore entalpico ha un'efficienza dell'80% e permette un recupero di calore sia sensibile che latente. A causa delle differenze di utilizzazione degli ambienti e ai volumi in gioco, l'intero edificio è servito da quattro unità di trattamento dell'aria: una per la climatizzazione dell'atrio del blocco Nord, la seconda per gli ambienti commerciali e di servizio dello stesso, la terza per garantire il confort all'interno dei locali di ristorazione, e infine l'ultima per gli spazi rimanenti del blocco Sud.

Tirano è una città il cui riscaldamento è affidato ad un sistema di termovalorizzazione della biomassa a rete (teleriscaldamento), di conseguenza si è scelto di allacciare anche la nuova stazione. L'acqua calda di rete circola nelle batterie di riscaldamento fornendo così l'apporto di calore necessario a scaldare l'aria d'impianto. La presenza di acqua di falda alla profondità di circa 20 m dal piano di campagna fornisce l'acqua necessaria, in concorrenza con il gruppo frigorifero, al raffreddamento estivo, tramite un sistema di free – cooling. Questi aspetti insieme agli accorgimenti architettonici adottati permettono di avere un organismo edilizio certamente più sostenibile sia dal punto di vista sociale che ambientale.



Figura 11.1 - Centrale di teleriscaldamento di Tirano

## **11.5 Calcolo delle dispersioni termiche nel periodo invernale**

### **11.5.1 Premesse**

Il calcolo delle dispersioni termiche viene di norma eseguito considerando condizioni di regime, cioè con temperature costanti sia degli ambienti da riscaldare che dell'aria esterna. Tale ipotesi è giustificata dal fatto che l'escursione termica giornaliera, nel periodo considerato, è molto contenuta. Inoltre, il dimensionamento degli impianti è eseguito in corrispondenza del massimo fabbisogno prevedibile, cioè per condizioni di temperatura esterna minima. Agli effetti del calcolo si trascurano quindi sia gli apporti di calore dovuti all'irraggiamento solare che il ritardo con cui il flusso termico si propaga attraverso le strutture. Inoltre, vengono di norma ignorate anche eventuali sorgenti di calore di carattere saltuario o non determinanti come illuminazione, presenza di persone, ecc..

Le approssimazioni viste vanno comunque a beneficio della sicurezza necessaria in considerazione del fatto che la temperatura minima di progetto, da adottarsi nel calcolo, è una media statistica delle temperature minime verificatesi nella zona in esame quindi evinte dall'analisi climatica.

### **11.5.2 Condizioni e metodo di progetto**

Per il calcolo del carico termico invernale dovranno essere presi in considerazione tutti gli elementi che concorrono alla dispersione del calore per convezione, conduzione o ventilazione. Per quanto concerne le temperature interne da assumere alla base del calcolo, esse dipendono essenzialmente dal tipo di locale considerato. Va comunque rilevato che la temperatura interna massima è fissata 20° C con un'umidità relativa pari al 50%.

La temperatura e l'umidità dell'aria esterna, da considerare ai fini del calcolo, sono normate dalla UNI EN 12831 di cui si riporta l'estratto in dove è evidenziata in rosso la temperatura per la zona di Sondrio.

RO	Rovigo	7	E	2 466	-5	13,3
SA	Salerno	4	C	994	2	18,4
SI	Siena	322	D	1 943	-2	14,0
SO	Sondrio	307	E	2 755	-10	11,9
SP	La Spezia	3	D	1 413	0	14,2
SR	Siracusa	17	B	799	5	18,2
SS	Sassari	225	C	1 185	2	16,1

Figura 11.2 - Temperature invernali esterne di progetto

Per la valutazione del carico termico si fa quindi riferimento alla quantità di calore disperso in regime stazionario dalle pareti perimetrali dei locali in esame e dalla quantità di calore necessaria per il riscaldamento dell'aria esterna immessa nell'ambiente per fenomeni di ventilazione naturale o forzata. Il fabbisogno termico  $Q_t$  risulta quindi dato dalla somma di due termini: il calore trasmesso per conduzione e convezione dalle pareti disperdenti opache e trasparenti  $Q_d$  e il calore necessario per il preriscaldamento dell'aria esterna di ventilazione  $Q_v$ . Risulta quindi:

$$Q_t = Q_d + Q_v$$

La formula che regola lo scambio termico per tre trasmissioni in regime stazionario attraverso una parete è:

$$Q_d = K \cdot S \cdot (t_i - t_e)$$

$K$  coefficiente globale di trasmissione o trasmittanza unitaria della superficie [ $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ ];

$S$  superficie della parete [ $m^2$ ];

$t_i$  temperatura interna [ $^\circ C$ ];

$t_e$  temperatura esterna [ $^\circ C$ ];

Questo calcolo va affrontato per ogni singolo locale avendo così il fabbisogno termico invernale di ogni singola stanza. Sommando tutti i carichi delle varie stanze componenti l'edificio arriviamo ad avere il fabbisogno termico invernale totale. Questa operazione è consentita dal fatto che siamo in regime stazionario, cosa che non può essere fatta nel periodo estivo.

Per il calcolo del carico termico invernale abbiamo preso in considerazione tutti gli elementi

che concorrono alla dispersione del calore per conduzione, che sono:

- superfici delle chiusure opache e di quelle trasparenti;
- i valori di conducibilità termica specifica di ogni elemento tecnologico
- dispersioni da ponti termici
- esposizione delle pareti
- temperatura interna ed esterna

I dati relativi alle trasmittanze di tutte le chiusure sono riportati al Capitolo “ Progettare l’involucro”.

La potenza termica necessaria per il riscaldamento dell’aria di rinnovo deve essere conteggiata e sommata alla potenza termica di dispersione. L’immissione di aria di rinnovo può essere naturale o forzata. Nel nostro caso l’impianto è dotato di un sistema meccanico di rinnovo; sono stati altresì conteggiati le dispersioni dovute alle aperture delle porte automatiche di ingresso alla stazione e quelle dei locali che hanno accessi verso l’esterno, essendo il flusso di persone non trascurabile per la tipologia edilizia considerata. Negli ambienti abitati, avendo produzione di anidride carbonica, odori, fumi, ecc., è opportuno prevedere un certo rinnovo dell’aria al fine di mantenere un ambiente unicamente sano. Il flusso termico  $Q_v$  che si deve fornire all’ambiente per sopperire alle infiltrazioni di aria esterna (sia naturali che artificiali) si può esprimere con:

$$Q_v = 0,33 \cdot n_s \cdot P_{os} \cdot S \cdot (t_a - t_e)$$

0,33 calore specifico dell’aria [Wh/m<sup>3</sup> °C];

$n_s$  indice di affollamento dell’ambiente considerato;

$P_{os}$  portata d’aria specifica [m<sup>3</sup>/h]

$t_a$  temperatura ambiente [°C];

$t_e$  temperatura esterna [°C];

L’indice di ventilazione e la portata d’aria specifica sono stati estrapolati dalla norma UNI EN 10339 sono di seguito riportati.

<i>(seguito del prospetto)</i>			
Categorie di edifici	Portata di aria esterna o di estrazione		Note
	$Q_{00}$ ( $10^{-3}$ m <sup>3</sup> /s per persona)	$Q_{08}$ ( $10^{-3}$ m <sup>3</sup> /s m <sup>2</sup> )	
<b>OSPEDALI, CLINICHE, CASE DI CURA E ASSIMILABILI **</b>			
• degenze (2-3 letti)	11	-	-
• corsie	11	-	-
• camere sterili	11	-	-
• camere per infettivi		-	D
• sale mediche/soggiorni	8,5	-	-
• terapie fisiche	11	-	-
• sale operatorie/sale parto	-		D
• servizi		estrazioni	A
<b>EDIFICI ADIBITI AD ATTIVITÀ RICREATIVE ASSOCIATIVE DI CULTO E ASSIMILABILI</b>			
<b>CINEMA, TEATRI, SALE PER CONGRESSI</b>			
• atri, sale di attesa, bar		estrazioni	-
• platee, loggioni, aree per il pubblico, sale cinematografiche, sale teatrali, sale per riunioni senza fumatori	5,5*	-	-
• palcoscenici, studi TV	12,5*	-	-
• sale riunioni con fumatori	10*	-	-
• servizi		estrazioni	A
• borse titoli	10*	-	-
• sale attesa stazioni e metropolitane, ecc.		estrazioni	A
<b>MOSTRE, MUSEI, BIBLIOTECHE, LUOGHI DI CULTO</b>			
• sale mostre, pinacoteche, musei	6*	-	-
• sale lettura biblioteche	5,5*	-	-
• depositi libri	-	1,5	-
• luoghi di culto	6*	-	-
• servizi		estrazioni	A
<b>BAR, RISTORANTI, SALE DA BALLO</b>			
• bar	11	-	A
• pasticcerie	6	-	A
• sale pranzo ristoranti e self-service	10	-	-
• sale da ballo	16,5*	-	-
• cucine	-	16,5	-
• servizi		estrazioni	A
<b>ATTIVITÀ COMMERCIALI E ASSIMILABILI</b>			
- grandi magazzini - piano interrato	9	-	B
- grandi magazzini - piani superiori	6,5	-	-
- negozi o reparti di grandi magazzini:			
• barbieri, saloni bellezza	14	-	-
• abbigliamento, calzature, mobili, ottici, fioristi, fotografi	11,5	-	-
• alimentari, lavasecco, farmacie	9	-	-
- zone pubblico banche, quartieri fieristici	10	-	-

*(segue prospetto)*

Figura 11.0.3 - Portate d'aria specifiche

<i>(seguito del prospetto)</i>	
Classificazione degli edifici per categorie	$n_g$
<b>ATTIVITÀ COMMERCIALI E ASSIMILABILI</b>	
- grandi magazzini	0,25
- negozi o reparti di grandi magazzini:	
• alimentari, abbigliamento, calzature, mobili, ottici, fioristi, fotografi	0,10
• barbieri, saloni di bellezza, lavasecco, farmacie, zona pubblico banche	0,20
- quartieri fieristici	0,20
<b>EDIFICI PER UFFICI E ASSIMILABILI</b>	
• uffici singoli	0,06
• uffici open space	0,12
• locali riunione	0,60
• centri elaborazione dati	0,08
<b>EDIFICI ADIBITI AD ATTIVITÀ RICREATIVE, ASSOCIATIVE, DI CULTO</b>	
- cinematografi, teatri, sale congressi	
• sale in genere	1,50
• biglietterie, ingressi	0,20 (medio)
• borse titoli e simili	0,50
• sale attesa stazioni e metropolitane, ecc.	1,00
<i>(segue prospetto)</i>	

Figura 11.0.4 - Indice di affollamento

Il fabbisogno termico di un ambiente legato alle infiltrazioni non comprende contemporaneamente i due valori connessi con le infiltrazioni naturali ed artificiali. Dei due valori è sufficiente prendere in considerazione il valore maggiore. Infatti, se per il ricambio artificiale in un ambiente s'introduce una quantità d'aria maggiore di quella dovuta all'infiltrazione naturale, il locale posto in sovrappressione impedisce le infiltrazioni di aria esterna. Gli ambienti sono posti in sovrappressione poiché l'aria ripresa dagli stessi è minore di quella emessa. La maggior quantità d'aria immessa rispetto a quella ripresa dai singoli ambienti si disperderà naturalmente all'esterno a causa della leggera sovrappressione esistente. I servizi ed anche le cucine, invece, conviene mantenerli attraverso la ventilazione forzata in depressione rispetto ad ambienti vicini, così che gli odori non passano trasferirsi in altri spazi.

Per quanto riguarda le esposizioni si sono applicati dei coefficienti correttivi alla formula, in grado di tener conto e di modificare localmente la differenza delle temperature tra interno ed esterno e in modo da rendere più ottimizzata l'analisi.

Nel nostro caso il riscaldamento si attua in modo intermittente. È quindi necessario aumentare la potenzialità dell'impianto al fine di consentire all'inizio del riscaldamento un rapido raggiungimento delle condizioni di temperatura volute. L'utilizzo da noi considerato è nell'ordine delle 16 - 18 ore giornaliere di conseguenza l'incremento di potenza è pari al 15% della potenza totale.

Per mantenere all'interno degli ambienti condizioni di benessere durante il riscaldamento, è opportuno umidificare l'aria. Ciò in quanto, in inverno, l'aria esterna contiene una quantità di vapore minore di quella necessaria all'interno per raggiungere il valore ottimale di umidità relativa. Di inverno, oltre a somministrare calore all'aria, occorre, dunque, somministrare anche vapore acqueo.

Riassumendo si sono considerate le seguenti condizioni:

$$t_e = -10^\circ C$$

$$U_e = 50\%$$

$$t_a = 20^\circ C$$

$$U_a = 60\%$$

### **11.5.3 Calcolo del fabbisogno termico**

Di seguito si riportano le tabelle utilizzate per calcolare il fabbisogno termico durante il periodo invernale di alcuni locali più rappresentativi e la tabella riassuntiva di tutti gli ambienti, necessaria per ottenere il valore totale del fabbisogno dell'intero edificio.

CALCOLO DEL FABBISOGNO TERMICO INVERNALE						
DATI DI RIFERIMENTO						
Uso del locale:	openspace stazione FS	Piano:	0 - 1	Locale n°	10	
Numero utenti locale:	128		Indice di affollamento			
Dati	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Altezza [m]	Volume [m <sup>3</sup> ]	Coef. di ventilazione	Estrazione [m <sup>3</sup> /h]	Esposizioni
Dimensioni e ventilazione	512	9,6	6186		1125,6	NO - NE - SE - SO
Condizioni: [°C]	Esterne	-10	Interne	20	Δt:	30
Denominazione	Superficie [m <sup>2</sup> ] o quantità	Δt °C	Coefficiente K [W/(m <sup>2</sup> K)]	Coefficiente orientamento	Flusso termico [W]	Totale parziale [W]
Trasmissioni - Vetrate						
Vetrate NO	240	30	1	1,15	8280	
Vetrate NE	160	30	1	1,2	5760	
Vetrate SO	205	30	1	1,05	6457,5	
Vetrate SE	204,5	30	1	1,1	6748,5	
Lucernari	426,6	30	1	1	12798	
Trasmissioni - Pareti						
Parete NO	7,2	30	0,16	1,15	39,7	
Parete NE	90,3	30	0,16	1	433,4	
Parete SO		30	0,16	1,05	0	
Parete SE	60	30	0,16	1,1	316,8	
Solaio su spazi aperti o a terra	512	10	0,23	1	1177,6	
Copertura	644,4	30	0,16	1	3093,1	5060,7
Ventilazione	Infiltrazioni naturali [m <sup>3</sup> ]	Coefficiente di apertura infissi	Rendimento recuperatore di calore	Infiltrazione per apertura serramenti [m <sup>3</sup> /h]	Flusso termico per ventilazione naturale	Totale parziale [W]
Dispersioni per ventilazione	1237,248	100	0,8	2700	38978,8	38978,7552
Estrazioni						2649,654
Margine di sicurezza:	0,05					
<b>TOTALE DISPERSIONI:</b>					<b>88287,6</b>	

CALCOLO DEL FABBISOGNO TERMICO INVERNALE						
DATI DI RIFERIMENTO						
Usò del locale:	openspace stazione pullman	Piano:	0 - 1	Locale n°	31	
Numero utenti locale:	68		Indice di affollamento			
Dati	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Altezza [m]	Volume [m <sup>3</sup> ]	Coef. di ventilazione	Estrazioni [m <sup>3</sup> /h]	Esposizioni
Dimensioni e ventilazione	270	4	1357,0		846,8	NO - NE - SE - SO
Condizioni: [°C]	Esterne	-10	Interne	20	Δt:	30
Denominazione	Superficie [m <sup>2</sup> ] o quantità	Δt °C	Coefficiente K [W/(m <sup>2</sup> K)]	Coefficiente orientamento	Flusso termico [W]	Totale parziale [W]
Trasmissioni - Vetrate						
Vetrate NO	23,2	30	1	1,15	800,4	
Vetrate NE	79,4	30	1	1,2	2858,4	
Vetrate SO		30	1	1,05	0	
Vetrate SE	134,6	30	1	1,1	4441,8	
Lucernari	81,6	30	1	1	2448	
Trasmissioni - Pareti						
Parete NO	24	30	0,16	1,15	132,5	
Parete NE		30	0,16	1	0,0	
Parete SO		30	0,16	1,05	0	
Parete SE		30	0,16	1,1	0	
Solaio su spazi aperti o a terra	270	10	0,23	1	621	
Copertura	69	30	0,16	1	331,2	1084,7
Ventilazione	Infiltrazioni naturali [m <sup>3</sup> ]	Coefficiente di apertura infissi	Rendimento recuperatore di calore	Infiltrazione per apertura serramenti [m <sup>3</sup> /h]	Flusso termico per ventilazione naturale	Totale parziale [W]
Dispersioni per ventilazione	271,392	100	0,8	2700	29416,8	29416,7808
Estrazioni						0
Margine di sicurezza:	0,05					
<b>TOTALE DISPERSIONI:</b>					<b>43102,6</b>	

TABELLA RIASSUNTIVA DISPERSIONI TERMICHE INVERNALI

Locale	Trasmissioni [W]	Ventilazione [W]	Coefficiente intermittenza	Ricambio min. [m <sup>3</sup> /h]	Estrazioni [m <sup>3</sup> /h]	Totale [W]
bar - sala	1019,9	2615,7	0,15	1321,1	387,7	4390,0
bar - cucina	49,0	2505,1	0,2	0,0	1248,2	3218,2
bar - wc	312,2	52,3	0,15	0,0	26,4	440,1
edicola	381,4	161,5	0,2	81,6	0,0	684,0
negozio vestiti	1357,2	449,2	0,2	226,9	0,0	2276,0
negozio vestiti - wc	34,5	27,7	0,2	0,0	14,0	78,5
wc	121,2	194,8	0,2	0,0	98,4	398,2
biglietteria	131,6	346,2	0,15	174,9	0,0	577,0
ufficio biglietteria	173,9	42,3	0,2	21,4	0,0	272,4
openspace stazione FS	45104,7	38978,8	0,12	0,0	1125,6	98882,1
alimentari	392,9	445,9	0,2	225,2	0,0	1587,8
alimentare - wc	17,8	29,3	0,2		14,8	59,3
abbigliamento	1421,6	877,1	0,2	443,0	0,0	2896,4
abbigliamento - wc	17,3	28,5	0,2	0,0	14,4	57,7
wc	74,4	122,8	0,12	0,0	62,0	231,9
uffici FS	743,3	557,0	0,2	281,3	0,0	1638,4
uffici FS - wc	17,3	28,5	0,2	0,0	14,4	57,7
calzature	743,3	485,3	0,2	245,1	0,0	1548,0
calzature - wc	17,3	28,5	0,2	0,0	14,4	57,7
agenzia viaggi	2092,5	439,1	0,2	221,8	0,0	3189,8
agenzia viaggi - wc	140,3	24,6	0,2	0,0	12,4	207,7
banca - sportelli	657,2	228,1	0,2	115,2	0,0	1115,5
banca - ufficio	655,4	71,5	0,2	36,1	0,0	915,9
banca - attesa	55,2	342,1	0,2	172,8	0,0	500,7
banca - wc	34,6	57,0	0,2	0,0	28,8	115,4
abbigliamento	2280,0	491,8	0,2	248,4	0,0	3492,5
abbigliamento - wc	439,4	42,0	0,2	0,0	21,2	606,6
deposito bagagli	479,0	396,0	0,15	0,0	200,0	1056,6
libreria	1953,0	647,2	0,2	326,9	0,0	3276,3
libreria - wc	14,4	23,8	0,2	0,0	12,0	48,1
openspace stazione pullman	10563,0	29416,8	0,12	0,0	846,8	48274,9
ristorante - bar	388,8	775,5	0,12	391,7	0,0	2390,4
ristorante - sala	4380,8	8981,3	0,12	4536,0	4368,0	15713,9
ristorante - cucina	288,0	7056,7	0,12	0,0	3516,0	8637,4
ristorante - wc	76,8	126,7	0,12	0,0	64,0	239,3
cucina - wc	36,5	60,2	0,12	0,0	30,4	113,7
	76665,6	97156,9	0,18	9069,1	12119,9	209245,8

## 11.6 Calcolo dei carichi termici nel periodo estivo

### 11.6.1 Premesse

Durante il periodo estivo, al fine di mantenere internamente gli ambienti condizionati e i valori di temperatura ed umidità relativa voluta, si deve sottrarre il calore sensibile e il calore latente, che per trasmissione, infiltrazione e irraggiamento che si trasmettono all'interno dei locali, ed il calore sensibile e latente che sono prodotti all'interno e locali stessi.

### 11.6.2 Condizioni e metodo di progetto

Come per il riscaldamento invernale, anche per il condizionamento estivo, l'impianto verrà dimensionato facendo riferimento a ben precise condizioni per l'aria esterna. Di seguito è riportato l'estratto della UNI EN 10339, da cui si evince la temperatura esterna di progetto nel caso della provincia di Sondrio.

MILANO LINATE	32,0	12,0	48	14,4	103	45° 26'	09° 46'	luglio-agosto
MILANO MALPENSA	30,5	12,0	50	13,7	211	45° 37'	08° 44'	luglio
PAVIA	32,0	12,0	50	15,0	85	45° 11'	11° 08'	luglio
SONDRIO	30,0	14,0	50	13,3	298	46° 10'	09° 51'	luglio
VARESE	29,0	10,0	50	12,6	382	45° 49'	08° 50'	luglio
BOLZANO	31,5	13,0	45	13,0	241	46° 28'	11° 19'	luglio
TRENTO	31,0	12,0	45	12,6	309	46° 04'	11° 06'	luglio

Figura 11.5 - Temperature estiva esterne di progetto

Per quanto riguarda la temperatura interna di confort, secondo normativa, è opportuno scegliere il valore di 26°C. Riassumendo le condizioni alla base del calcolo estivo sono:

$$t_e = 30^\circ C$$

$$U_e = 50\%$$

$$t_a = 26^\circ C$$

$$U_a = 50\%$$

I giorni e le ore dell'anno più sfavoriti a seconda del prospetto di edificio considerato sono:

- per NE a giugno alle ore 7:00;
- per SE a settembre alle ore 9:00;
- per SO a settembre alle ore 15:00;
- per NO a giugno alle ore 17:00;
- per la copertura luglio ore 15:00

Mentre nel caso del riscaldamento non si sono considerate variazioni di temperatura esterna in funzione delle varie ore del giorno, nel caso del condizionamento estivo è opportuno tener conto di queste variazioni. La tabella indica i valori di tali variazioni secondo le diverse ore del giorno a secondo di una data escursione termica giornaliera.

Escursione termica giornaliera (°C)	Temperatura esterna considerata nei calcoli (°C)	ora solare									
		8	10	12	14	15	16	18	20	22	24
5,0	bulbo asciut.	-4,5	-3,5	-2,5	-0,5	0	-0,5	-1,0	-2,5	-4,0	-4,5
	bulbo umido	-1,0	-1,0	-0,5	0	0	0	-0,5	-0,5	-1,0	-1,0
7,5	bulbo asciut.	-6,5	-5,0	-3,0	-0,5	0	-0,5	-1,0	-3,5	-5,0	-7,0
	bulbo umido	-1,5	-1,0	-0,5	0	0	0	-0,5	-0,5	-1,5	-2,0
10,0	bulbo asciut.	-7,5	-5,5	-3,0	-0,5	0	-0,5	-1,5	-3,5	-6,0	-8,5
	bulbo umido	-2,0	-1,5	-0,5	0	0	0	-0,5	-1,0	-1,5	-2,0
12,5	bulbo asciut.	-8,5	-5,5	-3,0	-0,5	0	-0,5	-1,5	-4,0	-6,5	-9,0
	bulbo umido	-2,0	-1,5	-0,5	0	0	0	-0,5	-1,0	-2,0	-2,5
15,0	bulbo asciut.	-9,5	-6,5	-3,0	-0,5	0	-0,5	-2,0	-5,0	-8,0	-10,5
	bulbo umido	-2,5	-1,5	-0,5	0	0	0	-0,5	-1,5	-2,0	-3,0
17,5	bulbo asciut.	-10,5	-7,0	-3,5	-0,5	0	-0,5	-2,5	-6,0	-9,0	-12,0
	bulbo umido	-3,0	-2,0	-1,0	0	0	0	-0,5	-2,0	-2,5	-3,5
20,0	bulbo asciut.	-12,0	-8,0	-4,0	-0,5	0	-0,5	-3,5	-7,5	-10,0	-14,0
	bulbo umido	-3,5	-2,5	-1,0	0	0	0	-1,0	-2,0	-3,0	-4,0

Figura 11.6 - Correzioni delle temperature esterne

Pertanto, nella determinazione del carico termico si considerano le quantità di calore che si trasmettono all'interno degli ambienti ora per ora, l'impianto è dimensionato per far fronte alle condizioni più gravose che avvengono durante il giorno. Per la determinazione nel carico termico sono da computare gli apporti di calore dall'esterno, suddivisi in sensibile e latente, e gli eventuali carichi termici dovuti alla produzione di calore all'interno degli ambienti.

$$Q = Q_i + Q_t + Q_v + Q_c$$

Q carico termico totale dell'ambiente [W];

$Q_i$  carico termico per irraggiamento [W];  
 $Q_t$  carico termico per trasmissione [W];  
 $Q_v$  carico termico per ventilazione [W];  
 $Q_c$  carico termico interno [W].

Le superfici trasparenti trasmettono all'interno dei locali la maggior parte dell'energia solare su di esse incidente. La formula che esprime l'entità del carico per irraggiamento trasmesso attraverso superfici vetrate è:

$$Q_i = S_v \cdot I \cdot C$$

$Q_i$  carico termico per irraggiamento [W];  
 $S_v$  superficie vetrata [m<sup>2</sup>];  
 $I$  potenza massima incidente [W/m<sup>2</sup>];  
 $C$  fattore di correzione.

La norma UNI EN 10349 dà indicazioni riguardo l'irraggiamento per le diverse ore del giorno nelle diverse stagioni suddividendo i valori a seconda che il calcolo avvenga per una località a latitudine Nord oppure a latitudine Sud, considerando un vetro singolo colpito da radiazione solare.

Il fattore di correzione  $C$  è dovuto alla natura del vetro e da eventuali protezioni al vetro stesso. Questo valore si compone di fattori dovuti alle caratteristiche di trasmissione del vetro a seconda di eventuali trattamenti superficiali, alla sua composizione, alle peculiarità della struttura dell'infisso stesso, come la percentuale di telaio oppure la presenza di vetro doppio o triplo, al gas di intercapedine, e di fattori dovuti all'ombreggiamento. Questi si deducono sia dal contesto, cioè dalla presenza o meno di edifici che possano portare ombra, sia dalla presenza di schermature orizzontali che verticali, dalla profondità dell'imbotto ecc.. Questa moltitudine di informazioni viene racchiusa nel fattore correttivo. Le tabelle sotto riportate, ricavate dalla norma UNI EN 10375, danno indicazioni nei riguardi dei coefficienti moltiplicativi.

N°	Tipo di componente	$\tau$	$\rho$
1	vetro sodico-calcico spessore 3 mm	0,88	0,07
2	vetro sodico-calcico spessore 6 mm	0,79	0,06
3	vetro assorbente spessore 6 mm	0,47	0,04
4	vetro riflettente 24-48	0,28	0,19
A	veneziana chiara con alette a 45°	0,34	0,59
B	veneziana scura con alette a 45°	0,34	0,31
C	tenda leggera	0,60	0,30
D	tenda media	0,30	0,25
E	tenda pesante	0,07	0,08

Figura 11.7 - Coefficienti di trasmissione e riflessione solare per incidenza normale

s/h	sud		ovest/est		sud-ovest/sud-est		nord-ovest/nord-est		nord	
	latitudine		latitudine		latitudine		latitudine		latitudine	
	46°	38°	46°	38°	46°	38°	46°	38°	46°	38°
0,2	0,79	0,78	0,89	0,88	0,85	0,85	0,92	0,92	0,98	0,98
0,5	0,67	0,72	0,76	0,75	0,67	0,68	0,85	0,83	0,98	0,98
0,75	0,61	0,72	0,68	0,66	0,61	0,64	0,82	0,80	0,98	0,98
1,0	0,61	0,72	0,63	0,60	0,60	0,64	0,82	0,80	0,98	0,98

Figura 11.8 - Coefficiente di ombreggiamento per schermi orizzontali di dimensione finita

s/h	sud		ovest/est		sud-ovest/sud-est		nord-ovest/nord-est		nord	
	latitudine		latitudine		latitudine		latitudine		latitudine	
	46°	38°	46°	38°	46°	38°	46°	38°	46°	38°
0,2	0,75	0,74	0,88	0,87	0,83	0,83	0,90	0,91	0,96	0,94
0,5	0,50	0,66	0,73	0,73	0,63	0,63	0,79	0,77	0,89	0,88
0,75	0,50	0,66	0,66	0,63	0,50	0,53	0,73	0,70	0,87	0,85
1,0	0,50	0,66	0,56	0,56	0,44	0,48	0,66	0,65	0,86	0,85

Figura 11.9 - Coefficiente di ombreggiamento per schermi orizzontali di dimensione infinita

Il calore di trasmissione tiene conto del flusso termico attraverso le pareti. Tale flusso dipende quindi dalla differenza di temperatura tra le superfici interna ed esterna della parete. Nel periodo estivo, le escursioni della temperatura esterna sono tali da far ritenere che in alcuni casi essa possa essere inferiore alla temperatura dell'ambiente stesso. Per questo motivo non ha senso pensare ad una temperatura esterna media di riferimento. Il flusso termico di trasmissione attraverso una parete opaca è indotto, ovviamente, non solo dall'andamento della differenza di temperatura tra aria

esterna ed aria interna, ma anche dall'irraggiamento solare sulla facciata esterna della struttura. Si può tener conto contemporaneamente di questi due fattori facendo riferimento ad una temperatura dell'aria esterna "fittizia", detta "temperatura solare", che è definita come il valore di temperatura che dovrebbe avere l'aria esterna per indurre in scambio termico per sola assunzione superficiale lo stesso valore di flusso termico entrante dalla superficie esterna della parete dovuto alla concomitanza dei due effetti. È usuale esprimere i risultati delle calcolazione che tengono conto del regime non stazionario del fenomeno con un'espressione formalmente identica a quella relativa alla trasmissione del calore in regime stazionario:

$$Q_t = K \cdot S \cdot \Delta t_e$$

$Q_t$  carico termico per trasmissione [W];

$K$  coefficiente globale di trasmissione o trasmittanza unitaria della superficie [ $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ ];

$S$  superficie della parete [ $m^2$ ];

$\Delta t_e$  differenza di temperatura equivalente [ $^\circ C$ ];

La differenza di temperatura di riferimento, detta differenza di temperatura equivalente, è riportata in opportune tabulazioni, in funzione seguenti parametri:

- latitudine della località considerata;
- ora solare del particolare giorno considerato;
- massa per unità di superficie della struttura considerata;
- orientamento della struttura;
- colore dell'involucro esterno della struttura;
- temperature il progetto esterna e interna, ed escursione termica;

I valori negativi sono generalmente considerati nulli per motivi di sicurezza. Di seguito si riportano le tabelle utilizzate ai fini del calcolo del carico termico per trasmissione.

Parete rivolta a	Peso del muro (kg/m <sup>2</sup> )	ora solare																								
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	
NORD/ EST	100	0,5	3,6	5,5	6,1	6,6	5,7	4,9	5,7	5,9	6,7	7,4	7,2	6,9	5,9	4,8	3,7	2,5	1,4	0,3	-0,3	-1,1	-1,4	-2	-1,4	
	300	-1,3	-1,6	-1,9	0,5	6,6	6,2	5,8	5	4,3	5,1	5,9	6,4	6,9	6,7	6,4	5,6	4,8	3,7	2,5	1,4	0,5	0	-0,5	-1,1	
	500	1,1	0,8	0,9	0,5	0,9	3,7	4,5	4,5	4,4	4,1	3,8	4,3	4,6	4,6	5,4	4,8	4,3	3,7	3,2	2,6	2,2	2	1,7	1,5	
EST	700	1,5	2	1,5	1,5	1,5	1,5	3,7	3,9	3,9	4,8	4,4	4,1	3,8	4	4,3	4,5	4,8	4,5	4,3	3,4	3,2	2,7	2,3	2,1	
	100	-0,7	4,2	8	9,2	10,2	10,6	10,4	7,8	5,9	6,7	7,4	7,2	6,9	5,9	4,8	3,7	2,5	1,4	0,3	-0,3	-0,8	-1,1	-1,7	-1,7	
	300	-1,3	-1,3	-1,3	5,4	8,4	8,9	9,2	6,2	5,4	5,7	5,9	6,4	6,9	6,7	6,4	5,6	4,8	3,7	2,2	1,4	0,8	0	-0,2	-0,9	
SUD/ EST	500	1,5	1,5	1,5	2,2	3,9	5,8	7,1	7,6	7,6	6,5	6,2	5,8	5,2	5,2	6	5,4	4,9	4,3	3,8	3,2	2,9	2,3	1,7		
	700	3,3	3	3,7	2,4	2,2	2,4	3,7	4,3	5,2	5,7	5,7	5,6	5,5	5,2	4,9	5,4	4,9	4,3	3,8	3,2	2,9	2,3	1,7		
	100	2,1	0,8	2,7	4,7	7,1	8,2	9,2	9,6	9,6	8,5	8	7,6	6,9	5,9	4,8	3,7	2,5	1,4	0,3	-0,3	-0,8	-1,4	-1,4		
SUD	300	-0,7	-0,7	-1,3	2,9	5,3	6,9	8,2	8,3	8,8	8,1	7,7	7,1	6,9	6,7	6,4	5,6	4,8	3,7	2,5	1,7	1,1	0,6	0,3	-0,2	
	500	2,1	2,1	1,5	1,5	1,5	3	4,5	5,1	5,7	6,2	6,2	5,8	5,2	4,9	5,4	4,8	4,3	4	3,8	3,2	2,7	2,7	2,1		
	700	2,7	2,4	2,2	2,2	2,2	1,8	1,5	3	3,9	4,5	5	5,9	5,5	5,6	5,4	5,4	5,4	5,1	4,9	4	3,8	3,3	2,7		
SUD/ OVEST	100	-1,3	-1,6	-2,5	-0,7	0,4	4,2	7,4	10	11,4	11,2	11,1	9	7,5	5,9	4,0	3,3	2,5	1,1	0,3	0	-0,2	-0,5	-0,9	-1,1	
	300	-1,3	-1,9	-2,5	-1,9	-1,4	1,6	3,4	6,5	8,5	9,4	10,1	9,5	8,8	7,3	6,4	5,3	4,2	3	1,9	0,8	0,2	0	-0,5	-1,1	
	500	1,1	1,1	0,3	0,3	0,3	0,6	0,9	0,9	0,9	2,3	3,9	5	5,5	6,5	6,6	4,8	4,3	3,7	3,2	2,9	2,6	2	2	1,5	
OVEST	700	2,1	1,3	1,5	1,2	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	2,1	3,3	4,4	4,9	5,6	6	6,3	6	5,1	4,3	3,8	3,2	2,9	2,7	2,1	
	100	-1,6	-2,2	-2,5	-1,6	-0,8	1,1	2,5	7,5	10,1	13,1	15,4	15,5	15,6	11,4	9,1	4,9	2,5	1,4	0,3	0	-0,2	-0,5	-1,1	-1,1	
	300	-1,3	-0,7	-1,3	-0,7	-0,8	-0,2	0,3	2,9	4,9	9,1	12	13,2	13,7	13,4	13,1	8,3	4,8	6,3	2,5	1,7	1,1	0,9	0,3	0,1	
NORD/ OVEST	500	2,1	2	1,5	1,2	0,9	1,2	1,5	2,1	2,7	4,1	4,9	6,7	7,7	8	9,1	8,5	7,9	5,6	3,8	3,5	3,2	2,9	2,7	2,1	
	700	2,4	2,4	2,2	2,2	2,2	1,8	1,5	1,5	2,1	2,7	2,7	3,2	3,9	5,6	6,7	7,2	7,8	5,4	3,7	3,2	2,9	2,7	2,4		
	100	-1,6	-1,9	-2,5	-1,6	-0,8	0,8	2,5	6	8,3	12,5	15,4	16,7	17,3	12,6	8,4	5,4	3,2	1,7	0,3	0	-0,5	-0,5	-1,1	-1,1	
OVEST	300	-1,3	-0,7	-1,3	-0,7	-0,8	0,1	0,9	2,6	4,3	7,5	10,1	12,8	14,9	15,2	13,5	10,7	6,6	4,3	2,5	1,7	1,1	0,6	0,3	-0,2	
	500	2,1	2,1	1,5	1,5	1,5	1,5	2,1	2,7	3,5	4,4	6,2	7,1	8,6	10,5	9,7	9,1	6,7	4,9	4,1	3,8	3,3	2,9	2,4		
	700	3,6	3,3	3,7	2,4	2,2	2,2	2,2	2,4	3,7	3	3,3	3,8	4,4	5,2	6	7,8	8,4	8,5	7,9	6,8	5,9	5	4,8	3,9	
NORD/ OVEST	100	-1,9	-2,2	-2,5	-1,6	-0,8	0,8	2,5	4,8	5,9	8,5	10,5	13,1	14,9	13,5	12,1	6,7	2,5	1,4	0,3	-0,3	-0,8	-0,8	-1,4	-1,4	
	300	-1,6	-1,9	-2,5	-1,9	-1,4	-0,5	0,3	2,2	3,7	4,8	5,9	8,8	11,9	12,2	12,5	8,6	5,4	3,7	2,5	1,4	0,8	0	-0,5	-1,1	
	500	1,5	1,1	0,9	0,9	0,9	0,9	1,1	1,4	2	2,5	3,7	4,6	6,1	7,8	7,8	7,9	7,9	5,2	3,2	2,6	2,6	2	2	1,5	
NORD (Ombra)	700	2,4	2,1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,3	1,3	2	2,6	3,2	3,7	4,3	5,7	7,2	7,2	7,3	5,5	4,4	3,5	3,3	2,7
	100	-1,9	-1,9	-2,5	-1,9	-1,4	0,2	1,9	4,2	5,3	6,4	7,4	6,9	6,4	5,3	4,2	3	1,9	0,8	-0,3	-0,3	-0,8	-0,8	-1,4	-1,4	
	300	-1,9	-1,9	-2,5	-1,9	-1,4	-0,8	-0,3	1,3	3	4,2	5,3	5,8	6,4	6,4	5,3	4,2	3	1,9	0,8	0,2	-0,3	-0,3	-0,8	-1,4	
500	0,2	0,2	0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	0,2	0,8	1,3	1,9	2,5	2,5	2,5	2,5	4,2	3,6	3	2,5	1,9	1,3	1,3	0,8	0,8	0,2	
	700	0,2	0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	0,2	0,9	1,3	1,9	2,5	3	3,6	4,2	3,6	3	1,9	1,3	1,3	0,8	0,8	0,2

Figura 11.10 - Differenze di temperatura equivalente per muri di colore chiaro

Parete rivolta a	**Peso del muro (kg/m²)	ora solare																							
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5
NORD/EST	100	2,5	8,1	11,9	12,5	13,1	10,2	7,4	6,9	6,4	6,9	7,4	7,4	7,4	6,4	5,3	4,2	3	1,9	0,8	-0,3	-1,4	-1,9	-2,5	-1,4
	300	-0,8	-1,4	-1,4	2,5	13,1	11,9	10,8	8,1	5,3	5,8	6,4	6,9	7,4	6,9	6,4	5,8	5,3	4,2	3	1,9	0,8	0,2	-0,3	-0,8
	500	1,9	1,3	1,9	1,9	5,3	8,5	8,1	7,4	6,4	5,3	5,8	6,4	6,4	6,4	5,3	5,3	5,3	4,2	3	1,9	0,8	3	3	2,5
EST	100	0,2	9,2	16,4	16,1	19,7	19,2	17,4	10,8	6,4	6,9	7,4	7,4	7,4	6,4	5,3	4,2	3	1,9	0,8	-0,3	-0,8	-1,4	-1,9	-1,9
	300	-0,8	-0,8	-0,3	11,3	16,4	16,9	16,9	10,2	7,4	6,9	6,4	6,9	7,4	6,9	6,4	5,8	5,3	4,2	3	1,9	0,8	2,5	0,2	-0,3
	500	2,5	2,5	3	4,2	7,4	10,8	13,1	13,6	13,1	13,6	9,7	8,5	7,4	7,4	6,4	6,9	6,4	5,8	5,3	4,7	4,2	3,6	3,6	3
SUD/EST	100	5,3	3	6,9	10,2	14,1	14,7	15,2	14,1	13,1	10,2	8,5	8,1	7,4	6,4	5,3	4,2	3	1,9	0,8	-0,3	-0,8	-1,4	-1,4	-1,4
	300	0,2	0,2	-0,3	6,9	10,8	13,1	15,2	14,1	13,6	11,3	9,7	8,1	7,4	6,9	6,4	5,8	5,3	4,2	3	2,5	1,9	1,3	0,8	0,8
	500	3,6	3,6	3	3	3	5,8	8,5	9,2	9,7	10,2	9,7	8,5	7,4	6,9	6,4	5,8	5,3	4,7	4,2	3	2,5	1,9	1,3	3,6
SUD	100	4,7	4,7	4,2	4,2	4,2	3,6	3	5,8	7,4	8,1	8,5	9,7	8,5	8,1	7,4	6,9	6,4	5,3	3,6	3	1,3	0,8	0,2	4,7
	300	-0,8	-1,4	-2,5	0,2	1,9	7,4	11,9	14,7	16,4	15,2	14,1	10,8	8,5	6,4	5,3	3,6	3	1,3	0,8	0,2	0,2	-0,3	-0,3	-0,8
	500	-0,8	-1,9	-2,5	-1,9	-1,4	3,6	6,4	10,8	13,1	13,6	14,1	12,5	10,8	8,1	6,4	5,3	4,2	3	1,9	0,8	0,2	0,2	-0,3	-0,8
SUD/OVEST	100	3,6	3	3	2,5	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	3,6	5,3	6,9	7,4	8,1	8,5	8,5	7,4	6,4	5,3	4,7	4,2	3,6	3	2,5
	300	-1,4	-2,5	-2,5	-1,4	-0,3	1,9	3	10,2	14,1	18,6	21,9	22,5	23,1	16,4	13,1	6,4	3	1,9	0,8	0,2	0,2	-0,3	-0,8	-0,8
	500	0,8	0,2	-0,3	-0,3	0,2	0,8	4,2	6,4	13,1	17,5	19,2	19,7	19,2	18,6	10,8	5,3	3,6	3	2,5	1,9	1,9	1,3	1,3	1,3
OVEST	100	3,6	2,5	3	2,5	1,9	2,5	3	3,6	4,2	6,4	7,4	10,2	11,9	12,5	13,1	12,5	11,9	8,1	5,3	4,7	4,2	4,2	4,2	3,6
	300	4,2	4,2	4,2	4,2	3,6	3	3	3	3	3,6	4,2	4,7	5,3	8,1	9,7	10,2	10,8	6,9	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
	500	-1,4	-1,9	-2,5	-1,4	-0,3	1,3	3	7,4	10,8	17,5	21,9	24,7	26,3	18,6	11,9	7,4	4,2	2,5	0,8	0,2	-0,3	-0,3	-0,8	-0,8
NORD/OVEST	100	0,8	0,2	-0,3	-0,3	0,8	1,9	3,6	5,3	10,2	14,1	18,6	21,9	22,5	19,7	15,2	8,5	5,3	3	2,5	1,9	1,3	1,3	0,8	0,8
	300	3,6	3,6	3	3	3	3	3,6	4,2	5,3	6,4	9,2	10,8	13,6	15,2	14,7	14,1	10,2	7,4	6,4	5,8	5,3	4,7	4,2	
	500	6,4	5,8	5,3	4,7	4,2	4,2	4,2	4,2	5,3	5,3	5,3	5,8	6,4	7,4	8,5	11,3	11,9	12,5	11,9	10,8	9,7	8,5	6,9	
NORD (Ombr.)	100	-1,9	-1,9	-2,5	-1,9	-1,4	0,2	1,9	4,2	5,3	6,4	7,4	6,9	6,4	5,3	4,2	3	1,9	0,8	-0,3	-0,3	-0,8	-1,4	-1,4	
	300	-1,9	-1,9	-2,5	-1,9	-1,4	-0,8	-0,3	1,3	3	4,2	5,3	5,8	6,4	6,4	5,3	4,2	3	1,9	0,8	0,2	-0,3	-0,8	-1,4	
	500	0,2	0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	0,2	0,8	1,3	1,3	1,9	2,5	2,5	2,5	4,2	3,6	3	2,5	1,9	1,3	1,3	0,8	0,8	
700	0,2	0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	0,2	0,8	0,8	1,3	1,9	2,5	3	3,6	4,2	3,6	3	1,9	1,3	0,8	0,8	

Figura 11.11 - Differenze di temperatura equivalente per muri di colore scuro

TETTO DI COLORE SCURO																										
Tetto	**Peso del tetto (kg/m <sup>2</sup> )	ora solare																								
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	
Esposto al sole	100	-0,3	-0,8	-1,4	-0,8	0,8	4,7	8,5	12,5	16,4	19,7	22,5	23,6	23,6	21,9	19,2	16,4	13,6	10,8	8,1	6,4	4,2	3	1,9	0,8	
	200	1,9	1,3	0,8	1,3	3	5,3	8,5	12,5	15,2	18,1	20,8	21,9	22,5	21,3	19,2	17,5	15,2	13,1	10,8	9,2	6,9	5,8	4,7	3	
	300	4,7	4,2	3	3,6	4,2	5,8	8,5	11,9	14,7	16,9	19,2	20,8	21,3	20,8	19,7	18,6	16,9	15,2	13,6	11,9	9,7	8,5	6,9	5,8	

Figura 11.12 - Differenze di temperatura equivalenti per tetti di colore scuro

CORREZIONI ALLE DIFFERENZE DI TEMPERATURA EQUIVALENTI																				
Temper. esterna ore 15 meno temper. ambiente (°C)	Escursione termica giornaliera (°C)																			
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
3	-1,5	-2	-2,5	-3	-3,5	-4	-4,5	-5	-5,5	-6	-6,5	-7	-7,5	-8	-8,5	-9	-9,5			
4	-0,5	-1	-1,5	-2	-2,5	-3	-3,5	-4	-4,5	-5	-5,5	-6	-6,5	-7	-7,5	-8	-8,5			
5	0,5	0	-0,5	-1	-1,5	-2	-2,5	-3	-3,5	-4	-4,5	-5	-5,5	-6	-6,5	-7	-7,5			
6	1,5	1	0,5	0	-0,5	-1	-1,5	-2	-2,5	-3	-3,5	-4	-4,5	-5	-5,5	-6	-6,5			
7	2,5	2	1,5	1	0,5	0	-0,5	-1	-1,5	-2	-2,5	-3	-3,5	-4	-4,5	-5	-5,5			
8	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0	-0,5	-1	-1,5	-2	-2,5	-3	-3,5	-4	-4,5			
9	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0	-0,5	-1	-1,5	-2	-2,5	-3	-3,5			
10	5,5	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0	-0,5	-1	-1,5	-2	-2,5			
11	6,5	6	5,5	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0	-0,5	-1	-1,5			
12	7,5	7	6,5	6	5,5	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0	-0,5			
13	8,5	8	7,5	7	6,5	6	5,5	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5			
14	9,5	9	8,5	8	7,5	7	6,5	6	5,5	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5			
15	10,5	10	9,5	9	8,5	8	7,5	7	6,5	6	5,5	5	4,5	4	3,5	3	2,5			
16	11,5	11	10,5	10	9,5	9	8,5	8	7,5	7	6,5	6	5,5	5	4,5	4	3,5			
17	12,5	12	11,5	11	10,5	10	9,5	9	8,5	8	7,5	7	6,5	6	5,5	5	4,5			
18	13,5	13	12,5	12	11,5	11	10,5	10	9,5	9	8,5	8	7,5	7	6,5	6	5,5			

Figura 11.13 - Correzioni alle differenze di temperatura equivalenti

Anche nel condizionamento estivo, infiltrazioni di aria esterna, naturali o artificiali, concorrono alla determinazione del carico d'ambiente di un locale. Il metodo è lo stesso di quello adottato nel caso invernale soltanto che durante il condizionamento estivo le infiltrazioni naturali sono ridotte, poiché la differenza di temperatura tra interno esterno è più bassa. L'aria esterna apporta all'ambiente sia calore sensibile, in quanto la temperatura esterna è più elevata di quella interna, sia calore latente perché l'aria esterna ha un contenuto di umidità specifica più elevato di quello dell'aria interna.

Infine sono stati considerati i carichi interni dovuti alle persone, all'illuminazione, ed ad ogni altra fonte di calore che possa aggiungersi a quelle già citate. L'organismo umano, per svolgere le proprie

funzioni vitali, è sede di complesse trasformazioni chimiche mediante le quali l'energia degli alimenti viene trasformata ed utilizzata. L'organismo sviluppa così internamente una quantità di calore che cede all'ambiente esterno. Il calore ceduto dall'organismo è in parte scambiato per convezione ed irraggiamento e in parte dovuto alla cessione di vapore acqueo mediante la respirazione o per evaporazione superficiale. Nella tabella sottostante vengono riportati dei valori di sintesi.

Grado di attività	Applicazioni tipiche	Calore totale medio	Temperatura ambiente (a bulbo secco)									
			28 °C		27 °C		26 °C		24 °C		21 °C	
			kcal/h		kcal/h		kcal/h		kcal/h		kcal/h	
			kcal/h	sensib.	latente	sensib.	latente	sensib.	latente	sensib.	latente	sensib.
Seduto a riposo	Teatro	90	45	45	50	40	55	35	60	30	65	25
Seduto lavoro molto leggero	Scuola superiore	100	45	55	50	50	55	45	60	40	70	30
Impiegato di ufficio in attività moderata	Uffici - alberghi appartamenti	115	45	70	50	65	55	60	60	50	70	40
Persona in piedi o che passeggia lentamente	Grandi empori - negozi di vendita al dettaglio											
Persona seduta o che passeggia	Farmacie		125	45	80	50	75	55	70	65	60	75
Persona in piedi o che passeggia lentamente	Banche											
Lavoro sedentario	Ristorante	140	50	90	55	85	60	80	70	70	80	60
Lavoro legg. al banco	Fabbrica lavoro legg.	190	50	140	55	135	60	130	75	115	90	100
Persona che cammina a 5 km/h	Fabbrica, lavoro abbastanza pesante	250	70	185	75	175	85	170	95	155	115	135
Ballo moderato	Sala da ballo	215	55	160	60	155	70	145	85	130	100	115
Lavoro pesante	Campo di Bowling, fabbrica	380	115	250	120	250	125	245	130	230	155	210

Figura 11.14 - Calore emesso dalle persone

### 11.6.3 Calcolo dei carichi termici

Di seguito si riportano le tabelle utilizzate per calcolare il carico termico durante il periodo estivo, dei locali, di cui si è già riportato il calcolo nel caso invernale, e la tabella riassuntiva di tutti gli ambienti. Una volta ottenuto i valori massimi per ogni spazio confinato dell'edificio secondo la propria esposizione prevalente, è necessario, per ottenere il carico termico dell'intero edificio, analizzare quale sia l'esposizione più sfavorevole per l'intero edificio. Reiterando il processo secondo la nuova giacitura si hanno valori di carico che questa volta possono essere sommati, perché contemporanei, per ottenere il valore totale. Nel caso in esame l'esposizione peggiore è NO, dunque il giorno e l'ora dell'anno per cui è dimensionato l'impianto è il 21 giugno alle ore 17:00. Infatti tale prospetto è quello che presenta una maggiore superficie vetrata, quindi, sono altresì maggiori gli apporti dovuti all'irraggiamento che in questo caso sono dominanti.

MODULO DI CALCOLO DEI CARICHI TERMICI							
DATI DI RIFERIMENTO							
Usso del locale:	openspace stazione FS		Piano:	0 - 1		Locale n°	10
Numero utenti locale:		128		Indice di affollamento			
Dati	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Altezza [m]	Volume [m <sup>3</sup> ]	Coef. di ventilazione	Ventilazione [m <sup>3</sup> /h]	Esposizioni	
Dimensioni e ventilazione	512	9,6	6186		0	NO - NE - SE - SO	
Condizioni: [°C]	Esterne 29,5		Interne 26		Δt: 2,5		
Mese di calcolo:	giugno		Ore:	17		Δt correttivo:	1
Denominazione	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Radiazioni [W/m <sup>2</sup> ] Δt °C	Coefficiente - Trasmittanza [W/(m <sup>2</sup> K)]	Flusso termico [W]	Totale parziale [W]		
Radiazioni solari							
Finestre NO	240	405,2	0,49	55179,6			
Finestre NE	160	31,4	0,65	3815,2			
Finestre SO	205	298,4	0,17	11779,38581			
Finestre SE	205	31,4	0,34	1590,0			
Lucernari		227		0			72364,2
Trasmissioni							
Parete NO	7	18,1	0,16	20,9			
Parete NE	90,3	7,4	0,16	106,9152			
Parete SO		22,5	0,16	0			
Parete SE	60	8,1	0,16	77,76			
Tetto soleggiato	195,4	23,6	0,16	737,8304			
Tetto in ombra	449	6,9	0,96	2967,9246			
Vetrate	1236,6	2,5	1	3091,5			
Locali		2,5	0,23	0	7002,8		
Calore interno							
Persone	128	x	70 W	=	8960,0		
Distributori	10	x	400 W	=	4000		
Illuminazione	512	x	5 W/m <sup>2</sup>		2560		
Bigl. Automat.	5	x	200 W	=	1000		
Altre entrate		x	W	=	0		
Margine di sicurezza	0,05				17346,0		
Calore sensibile ambiente:					96713,0		
Calore latente							
Persone	128	x	70 W	=	8960,0		
		x	W	=	0		
		x	W	=	0		
Altre entrate		x	W	=	0		
Calore latente ambiente:					8960,0		
Ventilazione	Infiltrazioni naturali [m <sup>3</sup> ]	Coefficiente di apertura infissi	Rendimento recuperatore di calore	Infiltrazione per apertura serramenti [m <sup>3</sup> /h]	Flusso termico per ventilazione naturale	Totale parziale	
Dispersioni per ventilazione	160,8	100	0,8	450,0	503,9	503,9	
Estrazioni						2649,7	
<b>CALORE TOTALE GENERALE</b>					<b>106176,9</b>		

MODULO DI CALCOLO DEI CARICHI TERMICI						
DATI DI RIFERIMENTO						
Usso del locale:	openspace stazione pullman	Piano:	0 - 1	Locale n°	31	
Numero utenti locale:		68		Indice di affollamento		
Dati	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Altezza [m]	Volume [m <sup>3</sup> ]	Coef. di ventilazione	Ventilazione [m <sup>3</sup> /h]	Esposizioni
Dimensioni e ventilazione	270	4	1357,0		0	NO - NE - SE - SO
Condizioni: [°C]	Esterne 29		Interne 26		Δt: 3	
Mese di calcolo:	settembre		Ore:	15		Δt correttivo: 0
Denominazione	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Radiazioni [W/m <sup>2</sup> Δt °C]	Coefficiente - Trasmittanza [W/(m <sup>2</sup> K)]	Flusso termico [W]	Totale parziale [W]	
Radiazioni solari						
Finestre NO		65,0	0,39	0,0		
Finestre NE	79,4	33,7	0,27	849,5		
Finestre SO	17,2	509,7	0,18	1857,0		
Finestre SE	134,6	33,7	0,34	1121,3		
Lucernari		237		0	3827,8	
Trasmissioni						
Parete NO	0	10,2	0,16	0,0		
Parete NE	13,1	6,9	0,16	14,5		
Parete SO	0	18,6	0,16	0		
Parete SE	14,1	10,2	0,16	23,0		
Tetto soleggiato	29	19,7	0,16	91,4		
Tetto in ombra	40	6,9	0,96	264,4		
Vetrate	336	3	1	1008,0		
Locali	2	3	0,23	1,38	1402,7	
Calore interno						
Persone	68	x	70 W	=	4725,0	
Distributori	5	x	400 W	=	2000	
Illuminazione	270	x	5 W/m <sup>2</sup>		1350	
Bigl. Automat.	2	x	200 W	=	400	
Altre entrate		x	W	=	0	
Margine di sicurezza	0,05				8898,8	
Calore sensibile ambiente:					14129,2	
Calore latente						
Persone	68	x	70 W	=	4725,0	
		x	W	=	0	
		x	W	=	0	
Altre entrate		x	W	=	0	
Calore latente ambiente:					4725,0	
Ventilazione	Infiltrazioni naturali [m <sup>3</sup> ]	Coefficiente di apertura infissi	Rendimento recuperatore di calore	Infiltrazione per apertura serramenti [m <sup>3</sup> /h]	Flusso termico per ventilazione naturale	Totale parziale
Dispersioni per ventilazione	35,3	26,7	0,8	480,0	510,1	510,1
Estrazioni						1728,8
<b>CALORE TOTALE GENERALE</b>					<b>19364,4</b>	

MODULO DI CALCOLO DEI CARICHI TERMICI (CONTEMPORANEI)						
DATI DI RIFERIMENTO						
Usso del locale:	openspace stazione FS		Piano:	0 - 1	Locale n°	10
Numero utenti locale:	128		Indice di affollamento			
Dati	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Altezza [m]	Volume [m <sup>3</sup> ]	Coef. di ventilazione	Ventilazione [m <sup>3</sup> /h]	Esposizioni
Dimensioni e ventilazione	512	9,6	6186		0	NO - NE - SE - SO
Condizioni: [°C]	Esterne 29,5		Interne 26		Δt: 2,5	
Mese di calcolo:	giugno		Ore:	17	Δt correttivo: 1	
Denominazione	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Radiazioni [W/m <sup>2</sup> ] Δt °C	Coefficiente - Trasmittanza [W/(m <sup>2</sup> K)]	Flusso termico [W]	Totale parziale [W]	
Radiazioni solari						
Finestre NO	240	405,2	0,49	55179,6		
Finestre NE	160	31,4	0,65	3815,2		
Finestre SO	205	298,4	0,17	11779,38581		
Finestre SE	205	31,4	0,34	1590,0		
Lucernari		227		0		
Trasmissioni						
Parete NO	7	18,1	0,16	20,9		
Parete NE	90,3	7,4	0,16	106,9152		
Parete SO		22,5	0,16	0		
Parete SE	60	8,1	0,16	77,76		
Tetto soleggiato	195,4	23,6	0,16	737,8304		
Tetto in ombra	449	6,9	0,96	2967,9246		
Vetrate	1236,6	2,5	1	3091,5		
Locali		2,5	0,23	0	7002,8	
Calore interno						
Persone	128	x	70 W	=	8960,0	
Distributori	10	x	400 W	=	4000	
Illuminazione	512	x	5 W/m <sup>2</sup>		2560	
Bigl. Automat.	5	x	200 W	=	1000	
Altre entrate		x	W	=	0	
Margine di sicurezza	0,05				17346,0	
Calore sensibile ambiente:					96713,0	
Calore latente						
Persone	128	x	70 W	=	8960,0	
		x	W	=	0	
		x	W	=	0	
Altre entrate		x	W	=	0	
Calore latente ambiente:					8960,0	
Ventilazione	Infiltrazioni naturali [m <sup>3</sup> ]	Coefficiente di apertura infissi	Rendimento recuperatore di calore	Infiltrazione per apertura serramenti [m <sup>3</sup> /h]	Flusso termico per ventilazione naturale	Totale parziale
Dispersioni per ventilazione	160,8	100	0,8	450,0	503,9	503,9
Estrazioni						2649,7
<b>CALORE TOTALE GENERALE</b>					<b>106176,9</b>	

MODULO DI CALCOLO DEI CARICHI TERMICI (CONTEMPORANEI)						
DATI DI RIFERIMENTO						
Usò del locale:	openspace stazione pullman	Piano:	0 - 1	Locale n°	31	
Numero utenti locale:		68		Indice di affollamento		
Dati	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Altezza [m]	Volume [m <sup>3</sup> ]	Coef. di ventilazione	Ventilazione [m <sup>3</sup> /h]	Esposizioni
Dimensioni e ventilazione	270	4	1357,0		0	NO - NE - SE - SO
Condizioni: [°C]	Esterne 29,5		Interne 26		Δt:	2,5
Mese di calcolo:	giugno		Ore:	17	Δt correttivo: 1	
Denominazione	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Radiazioni [W/m <sup>2</sup> Δt °C]	Coefficiente - Trasmittanza [W/(m <sup>2</sup> K)]	Flusso termico [W]	Totale parziale [W]	
Radiazioni solari						
Finestre NO		405,2	0,39	0,0	2922,0	
Finestre NE	79,4	31,4	0,27	790,9		
Finestre SO	17,2	298,4	0,18	1087,2		
Finestre SE	134,6	31,4	0,34	1044,0		
Lucernari		227		0		
Trasmissioni						
Parete NO	0	18,1	0,16	0,0	1248,8	
Parete NE	13,1	7,4	0,16	15,5		
Parete SO	0	22,5	0,16	0		
Parete SE	14,1	8,1	0,16	18,3		
Tetto soleggiato	29	23,6	0,16	109,5		
Tetto in ombra	40	6,9	0,96	264,4		
Vetrate	336	2,5	1	840,0		
Locali	2	2,5	0,23	1,15		
Calore interno						
Persone	68	x	70 W	=	4725,0	
Distributori	5	x	400 W	=	2000	
Illuminazione	270	x	5 W/m <sup>2</sup>		1350	
Bigl. Automat.	2	x	200 W	=	400	
Altre entrate		x	W	=	0	
Margine di sicurezza	0,05				8898,8	
Calore sensibile ambiente:					13069,6	
Calore latente						
Persone	68	x	70 W	=	4725,0	
		x	W	=	0	
		x	W	=	0	
Altre entrate		x	W	=	0	
Calore latente ambiente:					4725,0	
Ventilazione	Infiltrazioni naturali [m <sup>3</sup> ]	Coefficiente di apertura infissi	Rendimento recuperatore di calore	Infiltrazione per apertura serramenti [m <sup>3</sup> /h]	Flusso termico per ventilazione naturale	Totale parziale
Dispersioni per ventilazione	35,3	26,67	0,8	480,0	425,1	425,1
Estrazioni						1728,8
<b>CALORE TOTALE GENERALE</b>					<b>18219,7</b>	

TABELLA RIASSUNTIVA CARICHI TERMICI ESTIVI

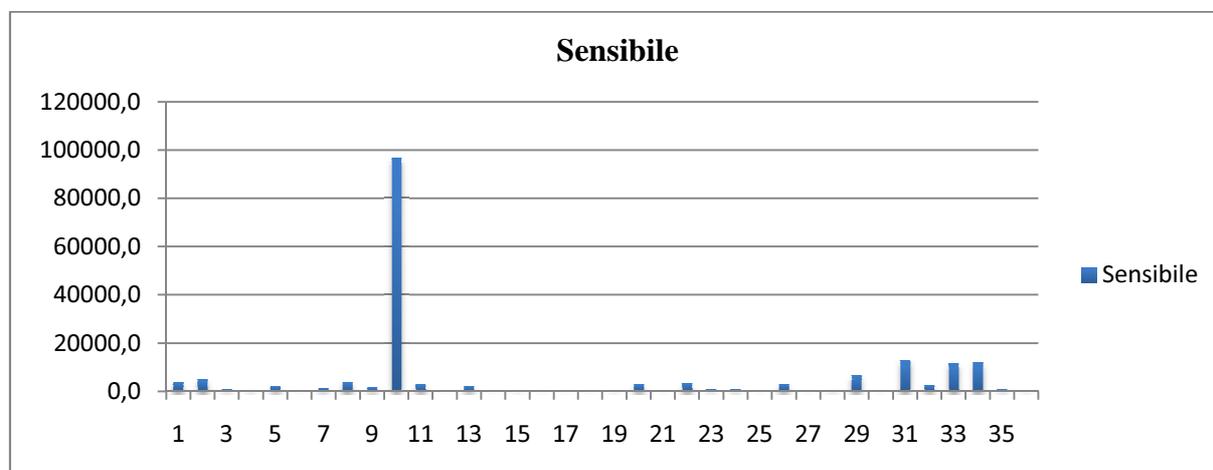
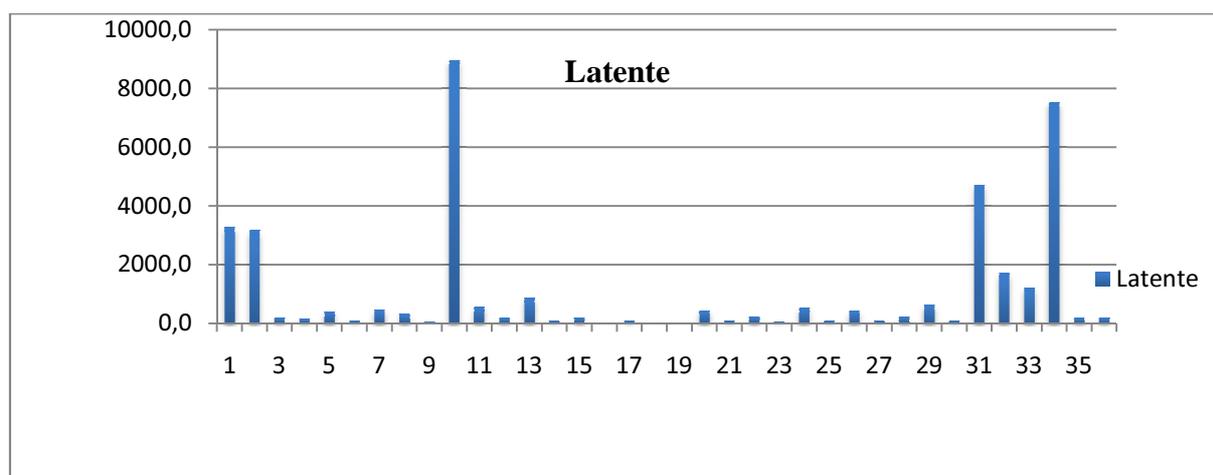
Locale	Calore sensibile [W]	Calore latente [W]	Calore di ventilazione [W]	Calore sensibile contemp. [W]	Calore latente contemp. [W]	Ventilazione contemp. [W]
bar - sala	8609,0	3278,2	0,0	3917,5	3278,2	218,0
bar - cucina	5049,7	3161	334,0	5031,7	3161,0	208,8
bar - wc	859,7	182	7,0	841,7	182,0	4,4
edicola	1719,5	137,9	0,0	575,5	137,9	13,5
negozio vestiti	10187,8	383,6	0,0	2273,4	383,6	37,4
negozio vestiti - wc	420,8	91	2,3	420,8	91,0	2,3
wc	1475,5	455	16,2	1475,5	455,0	16,2
biglietteria	3974,9	304,7	28,9	3974,9	304,7	28,9
ufficio biglietteria	1589,9	37,3	3,5	1589,9	37,3	3,5
openspace stazione fs	96713,0	8960,0	503,9	96713,0	8960,0	503,9
alimentari	5585,1	569,9	0,0	2892,7	569,9	37,2
alimentare - wc	485,5	182	3,9	485,5	182,0	2,4
abbigliamento	4733,9	877,4	0,0	2243,7	877,4	73,1
abbigliamento - wc	411,4	91	3,8	411,4	91,0	2,4
wc	560,5	182	16,4	560,5	182,0	10,2
uffici FS	9666,0	490,2	46,4	281,3	0,0	10202,6
uffici FS - wc	411,4	91	3,8	411,4	91,0	2,4
calzature	4232,6	526,9	40,4	245,1	0,0	4800,0
calzature - wc	337,9	0,0	3,8	337,9	0,0	2,4
agenzia viaggi	4405,5	425,0	43,9	3059,8	425,0	36,6
agenzia viaggi - wc	420,0	91	3,3	414,3	91,0	2,0
banca - sportelli	5883,3	220,8	0,0	3350,9	220,8	19,0
banca - ufficio	3312,8	62,9	0,0	780,4	62,9	6,0
banca - attesa	898,8	536,0	45,6	898,8	536,0	34,2
banca - wc	426,3	91	6,7	426,3	91,0	4,8
abbigliamento	5720,5	420	0,0	3041,7	420,0	41,0
abbigliamento - wc	464,3	91	5,6	464,3	91,0	5,6
deposito bagagli	609,8	210	52,8	609,8	210,0	52,8
libreria	6772,0	626,5	53,9	6772,0	626,5	53,9
libreria - wc	404,3	91	3,2	404,3	91,0	2,0
openspace stazione pullman	14129,2	4725,0	510,1	13069,6	4725,0	425,1
ristorante - bar	4159,0	1704,6	0,0	2627,8	1704,6	64,6
ristorante - sala	19736,4	12096,0	898,1	11691,3	1209,6	59,9

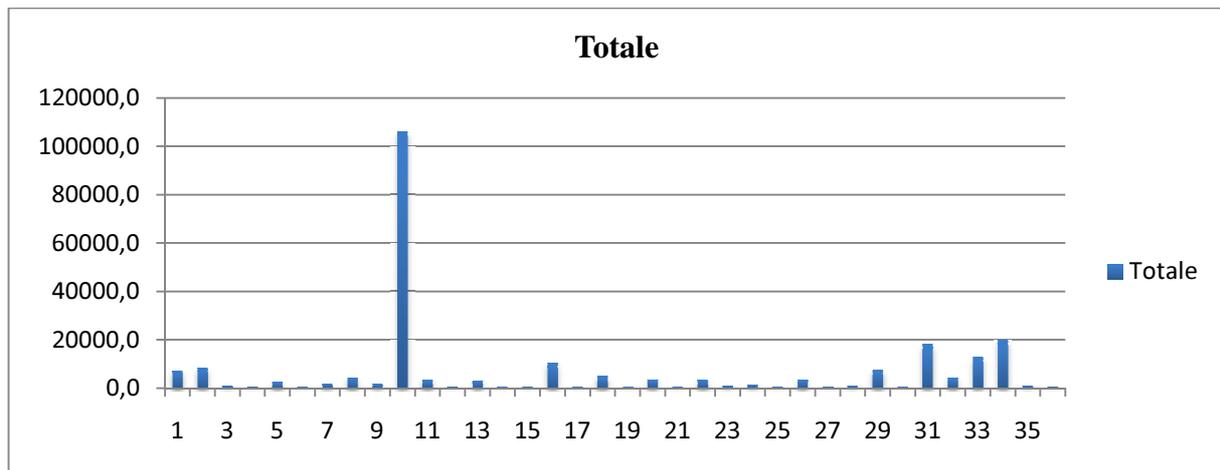
ristorante - cucina	11850,4	7538	940,9	11862,9	7538,0	470,4
ristorante - wc	878,7	182	16,9	878,7	182,0	10,6
cucina - wc	510,3	182	8,0	510,3	182,0	5,0
	237605,4	49293,9	3603,4	185546,2	37390,5	17462,9

RIEPILOGO E CONFRONTO TRA CARICHI TERMICI MASSIMI E CONTEMPORANEI						
Locale	Calore sensibile con ventilazione [W]	Calore latente [W]	Totale contemp. [W]	Totale massimo [W]	$\Delta$ totale [W]	
bar - sala	4135,5	3278,2	7413,7	11887,2	4473,5	
bar - cucina	5240,4	3161,0	8401,4	8544,7	143,3	
bar - wc	846,0	182,0	1028,0	1048,6	20,6	
edicola	589,0	137,9	726,9	1857,4	1130,6	
negozio vestiti	2310,8	383,6	2694,4	10571,4	7876,9	
negozio vestiti - wc	423,1	91,0	514,1	514,1	0,0	
wc	1491,8	455,0	1946,8	1946,8	0,0	
biglietteria	4003,8	304,7	4308,5	4308,5	0,0	
ufficio biglietteria	1593,5	37,3	1630,7	1630,7	0,0	
openspace stazione FS	97216,9	8960,0	106176,9	106176,9	0,0	
alimentari	2929,8	569,9	3499,7	6155,0	2655,3	
alimentare - wc	488,0	182,0	670,0	671,4	1,5	
abbigliamento	2316,8	877,4	3194,2	5611,3	2417,1	
abbigliamento - wc	413,8	91,0	504,8	506,2	1,4	
wc	570,7	182,0	752,7	758,9	6,1	
uffici FS	10483,9	0,0	10483,9	10202,6	-281,3	
uffici FS - wc	413,8	91,0	504,8	506,2	1,4	
calzature	5045,0	0,0	5045,0	4800,0	-245,1	
calzature - wc	340,3	0,0	340,3	341,7	1,4	
agenzia viaggi	3096,4	425,0	3521,4	4874,5	1353,1	
agenzia viaggi - wc	416,3	91,0	507,3	514,2	6,9	
banca - sportelli	3369,9	220,8	3590,7	6104,1	2513,4	
banca - ufficio	786,3	62,9	849,3	3375,7	2526,4	
banca - attesa	933,0	536,0	1469,0	1480,4	11,4	
banca - wc	431,1	91,0	522,1	524,0	1,9	
abbigliamento	3082,7	420,0	3502,7	6140,5	2637,8	
abbigliamento - wc	469,9	91,0	560,9	560,9	0,0	
deposito bagagli	662,6	210,0	872,6	872,6	0,0	

libreria	6825,9	626,5	7452,4	7452,4	0,0
libreria - wc	406,2	91,0	497,2	498,4	1,2
openspace stazione pullman	13494,7	4725,0	18219,7	19364,4	1144,6
ristorante - bar	2692,4	1704,6	4397,0	5863,6	1466,5
ristorante - sala	11751,1	1209,6	12960,7	32730,5	19769,8
ristorante - cucina	12333,3	7538,0	19871,3	20329,3	458,0
ristorante - wc	889,2	182,0	1071,2	1077,6	6,3
cucina - wc	515,3	182,0	697,3	700,3	3,0
	203009,1	37390,5	240399,6	290502,8	50103,2

Infine sono riportati i grafici dell'andamento del carico sensibile, carico latente, e carico totale; questi, in particolare, sono utili a determinare quali zone sono omogenee dal punto di vista del calore sensibile e latente, e permettono raggruppare, per via qualitativa, i locali sotto una o più unità di trattamento dell'aria. E' un processo preliminare, ma adatto a capire quante tipologie diverse di ambienti devono essere serviti, e utile per i successivi approfondimenti.





## 11.7 Progettazione e dimensionamento delle unità di trattamento dell'aria

### 11.7.1 Premessa

Considerato l'organismo edilizio in questione è stato deciso di realizzare un impianto a tutt'aria, costituito da quattro unità di trattamento dell'aria. Questo perché, in primo luogo, è meglio tenere una portata d'aria che sia compresa tra i 5000 e i 50000 m<sup>3</sup>/h per ottenere una maggiore efficienza dell'impianto e poi perché le rette ambiente nei vari spazi hanno una notevole varianza. La pendenza della retta ambiente si calcola dividendo il calore sensibile ambiente per il calore totale  $Q_T$ , cioè la somma del calore sensibile  $Q_S$  e di quello latente  $Q_L$ . È opportuno dare una definizione chiara di questi due concetti.

Il carico sensibile di un ambiente è determinato essenzialmente dalla: \_

- potenza termica trasferita attraverso le superfici a causa della differenza di temperatura tra interno ed esterno e della radiazione solare;
- presenza di persone (solo aliquota sensibile), apparecchi di illuminazione e macchinari (solo aliquota sensibile);
- ingresso di aria d'aria umida attraverso l'involucro (solo aliquota sensibile)

Il carico sensibile di un ambiente è determinato essenzialmente dalla:

- presenza di persone (solo aliquota latente) e di macchinari (solo aliquota latente);
- ingresso d'aria umida attraverso l'involucro (solo aliquota latente).

I due termini sono legati tra loro con il calore totale e la retta ambiente dalle seguenti relazioni:

$$Q_T = Q_S + Q_L$$
$$RST = \frac{Q_S}{Q_S + Q_L}$$

dove RST è la pendenza della retta ambiente calcolata per ogni locale.

Dall'analisi di questo parametro si evince la possibilità di trattare l'intero edificio con quattro unità di trattamento dell'aria. I locali commerciali e gli atri hanno una varianza minima sul valore calcolato di RST che si attesta pari a 0,9. Gli spazi dedicati alla ristorazione si trovano anch'essi omogeneamente distribuiti negli intorni di un valore di RST pari a 0,7. Inoltre dal punto di vista architettonico l'intero complesso è suddivisibile in due blocchi ben distinti. Per questi motivi è stato deciso di servire l'ingresso del "blocco Nord - stazione FS" con un'unica U.T.A., dato che i carichi in gioco sono alti, mentre i restanti locali con un'altra unità.

Considerando il "blocco Sud - stazione bus" è conveniente raggruppare gli spazi di ristorazione, che hanno un maggiore carico latente, e infine i restanti locali. La decisione di non trattare l'edificio con un impianto "multizone" o con uno doppio canale, più flessibili dal punto di vista della capacità di servizio di differenti condizioni termo - igrometriche, risiede nel fatto che queste due tipologie hanno bisogno di maggiori spazi di distribuzione.

Per la determinazione della portata d'aria da trattare, si fanno generalmente queste considerazioni:

- in inverno la temperatura di immissione in ambiente dovrà essere compresa tra i 35 e i 50° C, questo per evitare sensazioni di freddo per effetto della ventilazione o l'eccessiva stratificazione dovuta a gradienti temperatura troppo elevati.
- in estate la temperatura di immissione dovrà essere compresa tra i 15 e i 20° C per analoghi motivi e per non sovraccaricare il condizionatore con temperature di evaporazione troppo basse.

Scelte le temperature di mandata estive ed invernali, si potranno determinare le portate d'aria dalla conoscenza dei carichi sensibili  $Q_s$ , con la:

$$P = \frac{Q_s}{\gamma \cdot c \cdot (t_i - t_a)}$$

sia per l'estate che per l'inverno. Delle due portate così determinate si sceglie la maggiore e la si adotta per entrambe le condizioni estiva ed invernale. Di seguito si riporta lo schema dell'unità di trattamento dell'aria tipo.

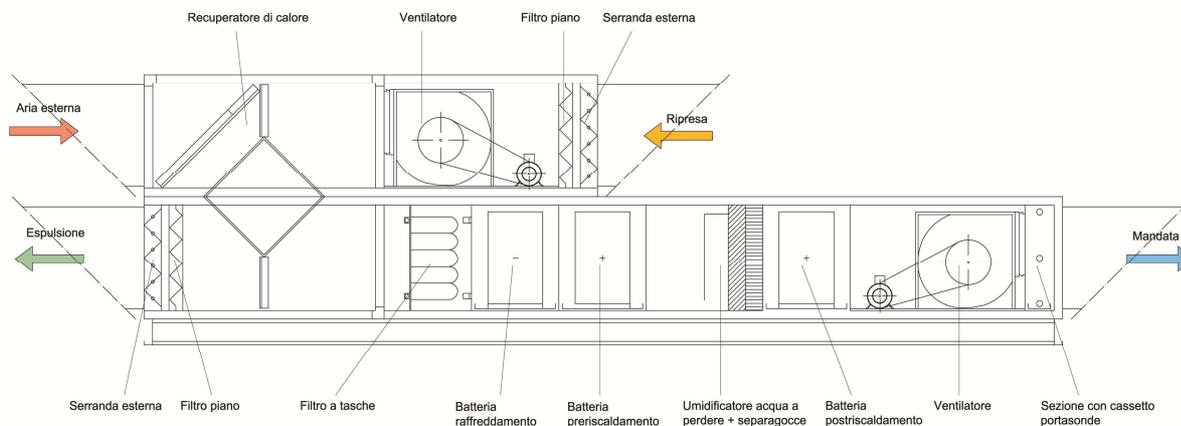


Figura 11.15 Schema dei componenti della U.T.A.

Il complesso è realizzato da due ventilatori, un recuperatore di calore, una sezione con filtri a sacco per la purificazione dell'aria, una batteria di raffreddamento, una di riscaldamento, un umidificatore a goccia e infine una batteria di postriscaldamento. La termoregolazione è generalmente posta sulla ripresa dell'aria o in ambiente al fine di evitare eccessive intermittenze di funzionamento.

- Funzionamento estivo: se l'aria in ambiente si trova a temperatura o ad umidità superiore a quella desiderata, il termostato o l'umidostato aprono la valvola di alimentazione della batteria di raffreddamento. Una volta raggiunta la temperatura d'immissione, la batteria di raffreddamento continua ad essere alimentata per provvedere alla deumidificazione. L'acqua condensata è raccolta in un separatore di gocce che la smaltisce. Un secondo termostato, provvede ad aprire la valvola di alimentazione della batteria di postriscaldamento ristabilendo le condizioni di temperatura desiderate.

- Funzionamento invernale: un termostato ed uno umidostato agiscono rispettivamente sul servocomando della batteria di riscaldamento sul dispositivo di umidificazione. Il trattamento è composto da un preriscaldamento, una successiva umidificazione adiabatica e infine un postriscaldamento in modo da raggiungere le caratteristiche di confort igrometrico desiderate. Pertanto, durante la stagione invernale, sarà impedito in ambiente alla temperatura e all'umidità di scendere al di sotto i valori prefissati.

## 11.8 U.T.A. 1

L'U.T.A. 1 e l'unità di trattamento dell'aria a servizio dell'atrio e degli spazi aperti del blocco Nord.

- Funzionamento estivo: di seguito è riportato il diagramma di Mollier in cui è rappresentato il trattamento dell'aria.

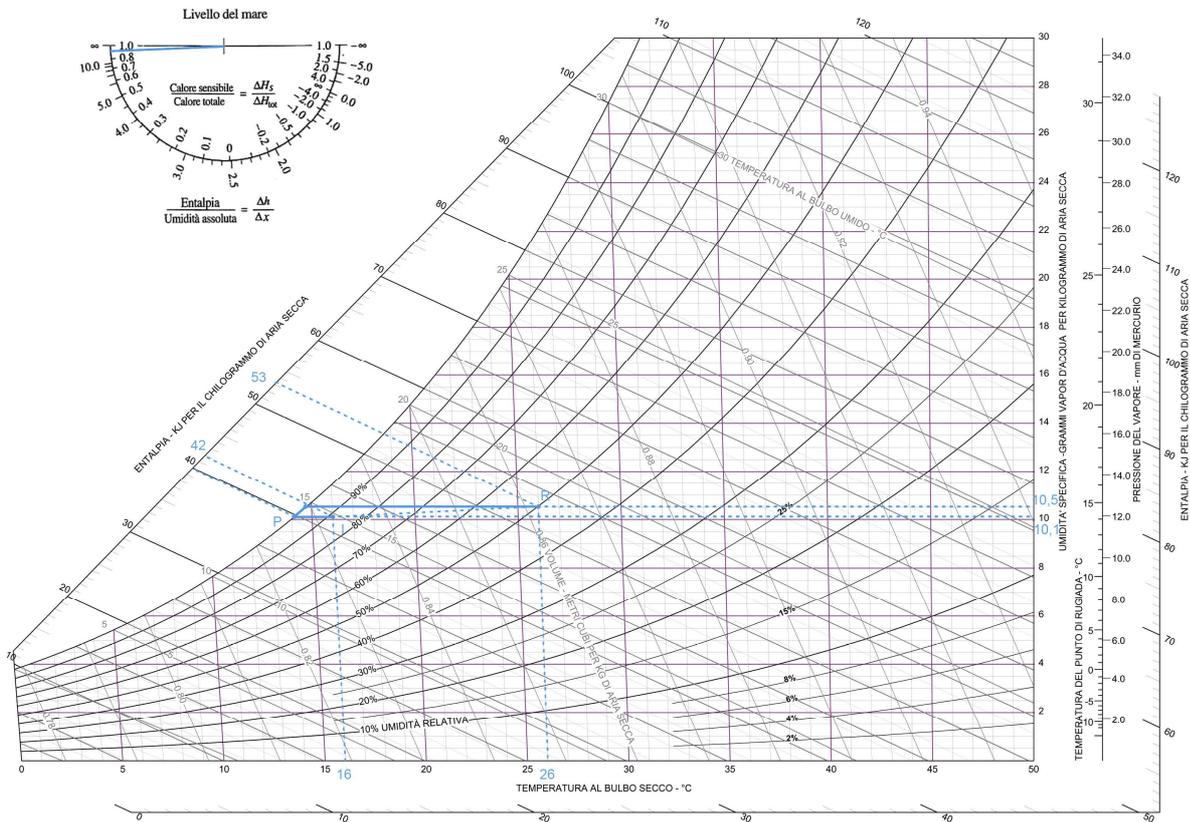


Figura 11.16 - U.T.A. 1 trattamento estivo dell'aria

Il trattamento dell'aria effettuato è sostanzialmente di ricircolo, non si compiono rinnovi, data la presenza degli ingressi che forniscono già l'apporto d'aria necessario per ragioni igieniche.

Il risultato è un raffreddamento con deumidificazione, poiché la batteria di raffreddamento si trova in una condizione di temperatura inferiore rispetto alla temperatura di rugiada dell'aria da trattare, sulle alette si forma condensa che va allontanata. In seguito si provvede ad un postriscaldamento per avere le condizioni di immissione desiderate. Per determinare tali condizioni si sceglie la temperatura di immissione in maniera arbitraria e, procedendo sulla retta ambiente, si trova anche l'umidità specifica.

Quindi:

$$t_i = 16^\circ C$$

$$X_i = 10,1 g/kg$$

$$t_r = 26^\circ C$$

$$X_r = 10,5 g/kg$$

in cui,

$t_i$  temperatura dell'aria di immissione scelta;

$X_i$  umidità specifica dell'aria di immissione;

$t_r$  temperatura dell'aria di ricircolo;

$X_r$  umidità specifica dell'aria di ricircolo;

La risoluzione analitica è riportata di seguito.

$$Q_- = m \cdot (H_r - H_p) = 144,5 KW$$

$H_r$  entalpia dell'aria di ricircolo [KJ/Kg]

$H_p$  entalpia dell'aria nel punto P [KJ/Kg]

$m$  portata d'aria massica

$$m = \frac{P \cdot \gamma}{3600} = 10,95 Kg/s$$

$P$  portata dell'aria ricavata dalla somma delle portate di ogni singolo ambiente ricavate utilizzando la seguente relazione:

$$P = \frac{Q_s}{\gamma \cdot c \cdot (t_i - t_a)}$$

UTA 1 - ESTIVO						
Locale	Calore sensibile [W]	Calore latente [W]	Calore totale [W]	Portata d'aria di rinnovo [m <sup>3</sup> /h]	Portata d'aria di ricircolo [m <sup>3</sup> /h]	Portata [m <sup>3</sup> /h]
openspace stazione FS	97216,9	8960,0	106176,9	0,0	32174,8	32174,8
	97216,9	8960,0	106176,9	0,0	32174,8	32174,8
					RST	0,92

Infine si calcola la portata d'acqua che è necessaria smaltire.

$$H2O_{co} = m \cdot (X_r - X_i) = 14,4 \text{ l/h}$$

Per quanto riguarda la batteria di riscaldamento essa è dimensionata nel caso invernale dato che è necessaria una maggior potenza. Si riporta comunque l'espressione utilizzata per verificare quanto detto:

$$Q_+ = m \cdot (H_i - H_p) = 21,9 \text{ KW}$$

- Funzionamento invernale: di seguito è riportato il diagramma di Mollier in cui è rappresentato il trattamento dell'aria.

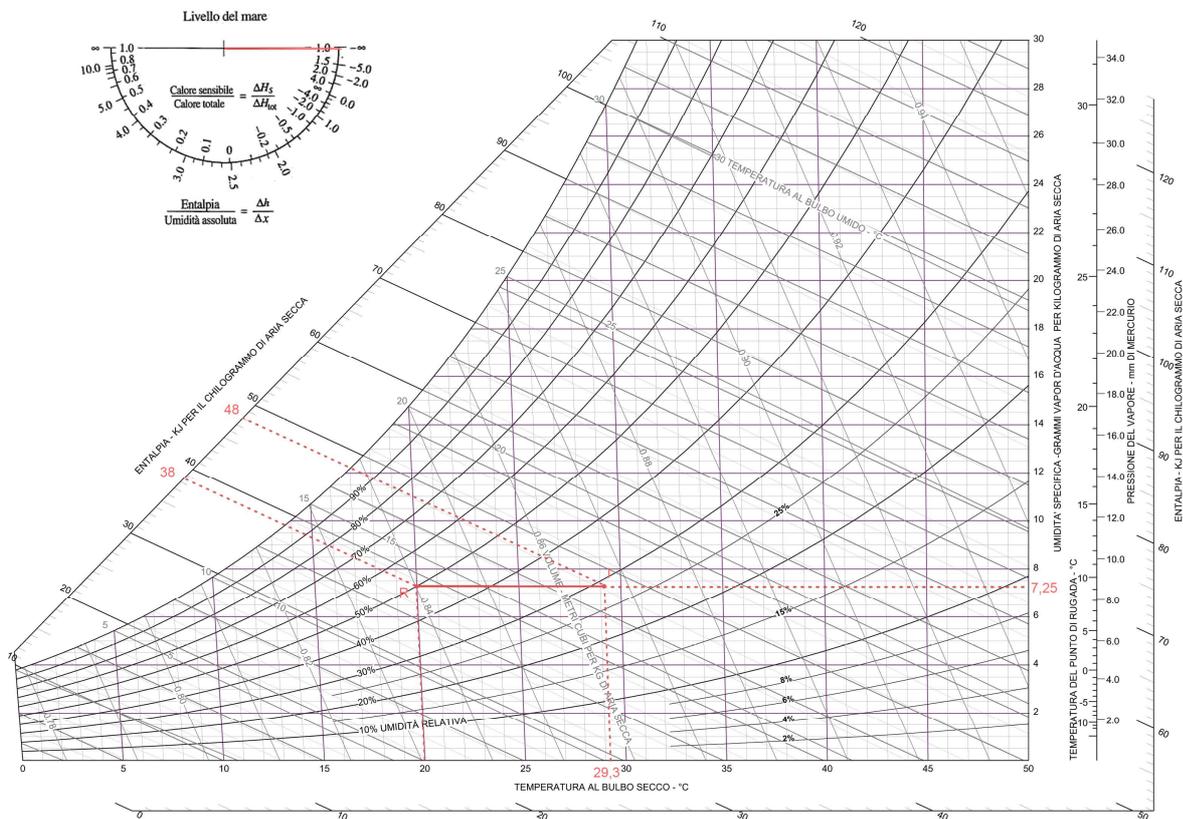


Figura 11.17 - U.T.A. 1 trattamento invernale dell'aria

In questo caso, constatato che la portata maggiore si ha nel periodo estivo, si utilizza quest'ultima per il calcolo. In questo modo è la temperatura di immissione a dover essere ricavata.

$$t_i = \frac{Q_s}{c \cdot P} + t_a$$

$Q_t$  carico termico totale;

$c$  calore specifico dell'aria [ $\text{Wh/m}^3 \text{ }^\circ\text{C}$ ];

$P$  portata dell'aria nel periodo estivo;

$t_a$  temperatura ambiente fissata a  $20^\circ \text{C}$ ;

UTA 1 - INVERNALE						
Locale	Dispersione totale [W]	Portata [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]	Portata d'aria di rinnovo [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]	Portata d'aria di ricircolo [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]	$\Delta t$ $^\circ\text{C}$	$T_i$ $^\circ\text{C}$
openspace stazione FS	98882,1	32174,8	0,0	32174,8		
	98882,1	32174,8	0,0	32174,8	9,3	29,3
					RST	1,00

La potenza della batteria di riscaldamento, al solito, si calcola moltiplicando la differenza di entalpia dell'aria da trattare per la differenza di temperature per la portata per il calore specifico.

$$Q_+ = c \cdot P \cdot (t_i - t_a) = 98,9 \text{ KW}$$

## 11.9 U.T.A. 2

- Funzionamento estivo: di seguito è riportato il diagramma di Mollier in cui è rappresentato il trattamento dell'aria. In questo caso bisogna coprire anche le esigenze di rinnovo, quindi l'aria viziata di espulsione passa nel recuperatore di calore entalpico trasferendo energia all'aria in ingresso. La differenza di temperature è ridotta del 50%, mentre la differenza di umidità specifica del 30% (punto RE nel grafico). Successivamente quest'aria viene miscelata con quella di ricircolo fornendo i valori intermedi di temperatura ed umidità (punto M). In questo momento incomincia il trattamento vero e proprio, con un raffreddamento, fino alla temperatura di rugiada, la deumidificazione (punto P) e il successivo postriscaldamento (punto I). Per determinare le condizioni di immissione si procede come precedentemente fatto, prolungando la retta ambiente fino ad intersecare la temperatura di immissione scelta. La relazione per ricavare le coordinate del punto M sono:

$$t_m = \frac{t_{re} \cdot P_{re} - t_r \cdot P_r}{P_{re} + P_r}$$

$$X_m = \frac{X_{re} \cdot P_{re} - X_r \cdot P_r}{P_{re} + P_r}$$

$P_{re}$  portata d'aria di rinnovo passata per il recuperatore;

$P_r$  portata d'aria di ricircolo;

quindi:

$$t_i = 18^\circ C$$

$$X_i = 10,15 \text{ g/kg}$$

$$t_m = 26,2^\circ C$$

$$X_m = 10,8 \text{ g/kg}$$

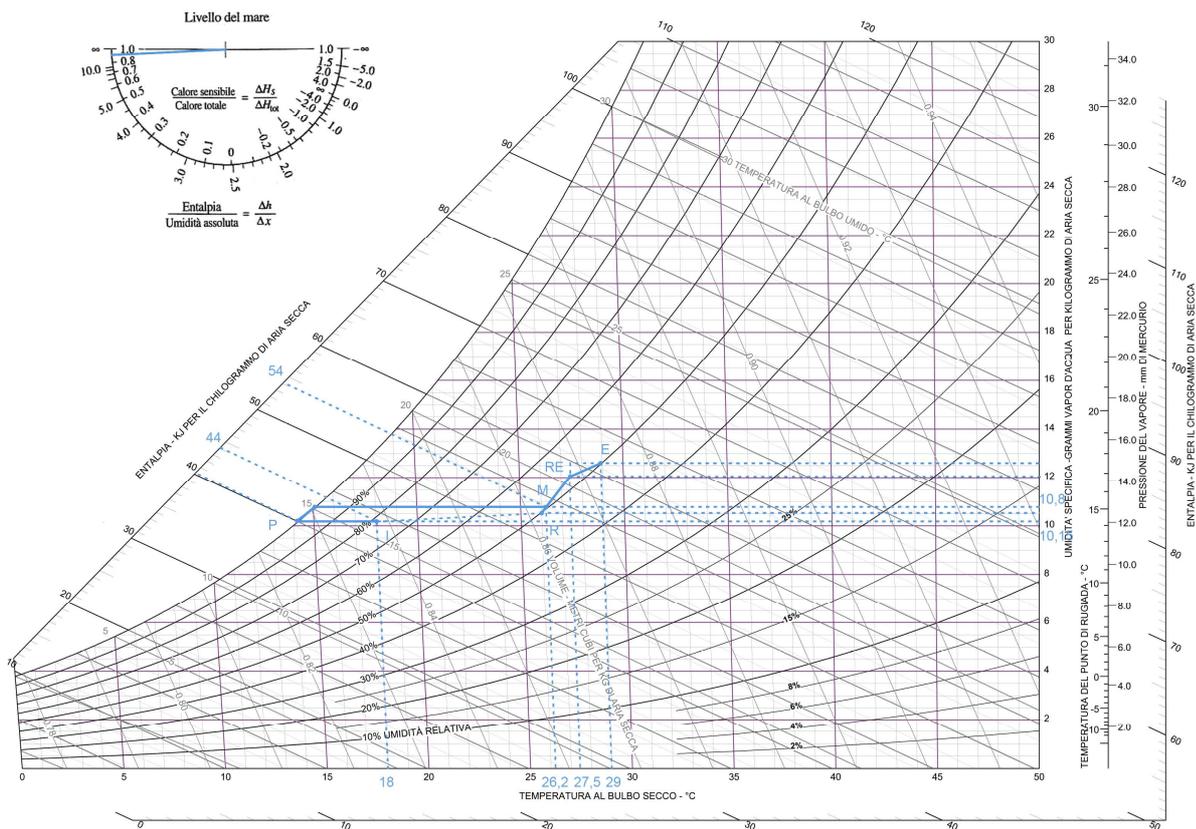


Figura 11.18 - U.T.A. 2 trattamento estivo dell'aria

$$Q_- = m \cdot (H_r - H_p) = 102,7 \text{ KW}$$

$$m = \frac{P \cdot \gamma}{3600} = 7,33 \text{ Kg/s}$$

$$P = \frac{Q_s}{\gamma \cdot c \cdot (t_i - t_a)}$$

UTA 2 - ESTIVO						
Locale	Calore sensibile [W]	Calore latente [W]	Calore totale [W]	Portata d'aria di rinnovo [m <sup>3</sup> /h]	Portata d'aria di ricircolo [m <sup>3</sup> /h]	Portata [m <sup>3</sup> /h]
bar - sala	8609,0	3278,2	11887,2	1321,1	1939,9	3261,0
bar - cucina	5049,7	3161	8210,7	0,0	1912,8	1912,8
bar - wc	859,7	182	1041,7	0,0	325,6	325,6
edicola	1719,5	137,9	1857,4	81,6	569,8	651,3
negozio vestiti	10187,8	383,6	10571,4	226,9	3632,1	3859,0
negozio vestiti - wc	420,8	91	511,8	0,0	159,4	159,4
wc	1475,5	455	1930,5	0,0	558,9	558,9
biglietteria	3974,9	304,704	4279,6	174,9	1330,8	1505,7
ufficio biglietteria	1589,9	37,26	1627,2	21,4	580,9	602,2
alimentari	2929,8	569,9	3499,7	225,2	884,6	1109,8
alimentare - wc	488,0	182,0	670,0	0,0	184,8	184,8
abbigliamento	2316,8	877,4	3194,2	443,0	434,6	877,6
abbigliamento - wc	413,8	91,0	504,8	0,0	156,7	156,7
wc	570,7	182,0	752,7	0,0	216,2	216,2
uffici FS	10483,9	0,0	10483,9	281,3	3689,8	3971,2
uffici FS - wc	413,8	91,0	504,8	0,0	156,7	156,7
calzature	5045,0	0,0	5045,0	245,1	1665,9	1911,0
calzature - wc	340,3	0,0	340,3	0,0	128,9	128,9
	56888,7	10024,0	66912,7	3020,3	18528,4	21548,8
					RST	0,92

$$H2O_{co} = m \cdot (X_r - X_i) = 17,2 \text{ l/h}$$

- Funzionamento invernale: anche in questo caso si prevede l'utilizzo di uno scambiatore, con efficienza complessiva dell'80%. Miscelando l'aria di rinnovo con quella di ricircolo si ottiene il punto M su diagramma. Successivamente vi è un riscaldamento, fino ad una temperatura arbitraria scelta, il punto P. L'umidificazione adiabatica è un processo nel quale il calore di evaporazione per

l'umidificazione sottratto all'acqua dal processo di evaporazione la raffredda progressivamente fino al raggiungimento di una temperatura di equilibrio in cui il calore sensibile scambiato è uguale a quello ceduto per l'evaporazione. Il processo si può ritenere nel complesso adiabatico. Nella tecnica questo si realizza con un vaporizzatore che immette vapore acqueo nell'aria da parte di alcuni ugelli. La conseguenza è un abbassamento della temperatura e un aumento dell'umidità. Infine vi è un postriscaldamento per ottenere la temperatura d'immissione desiderata (punto I).

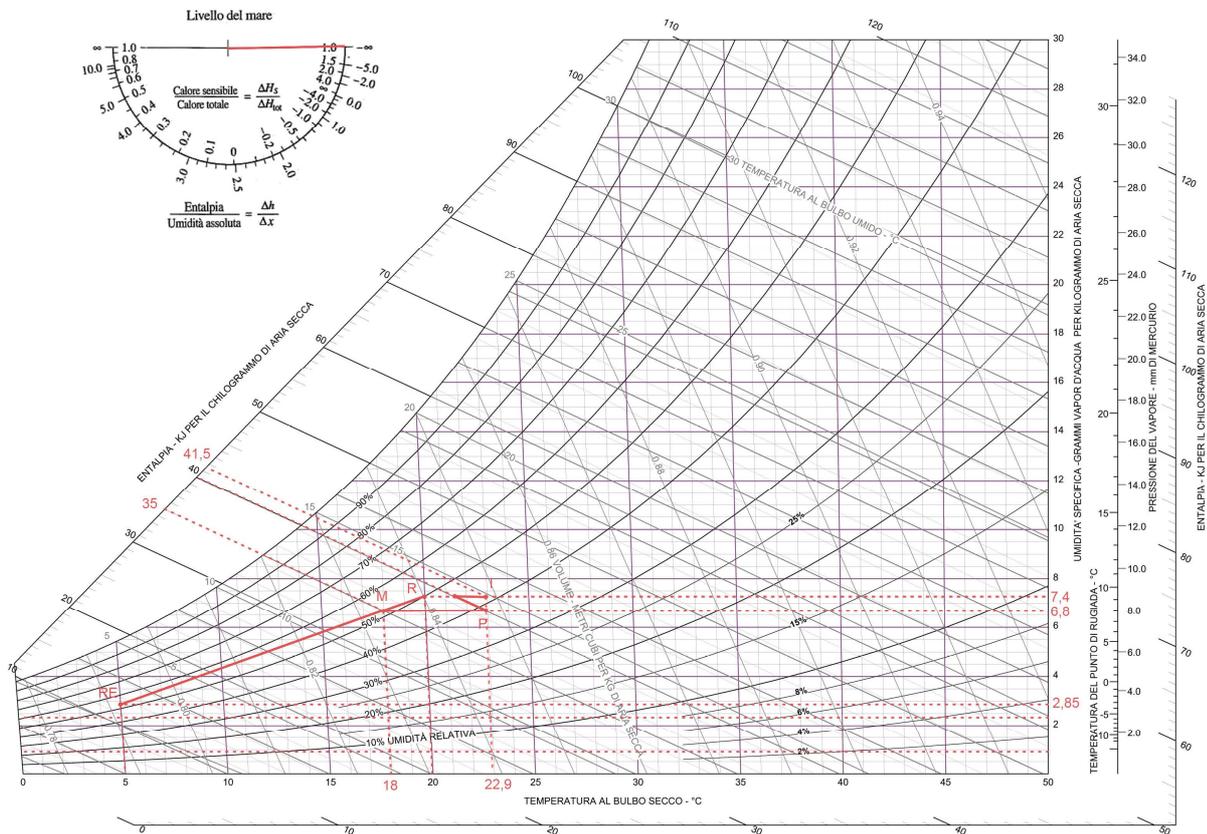


Figura 11.19 - U.T.A. 2 trattamento invernale dell'aria

$$t_i = 22,9^\circ C$$

$$X_i = 7,4 \text{ g/kg}$$

$$t_m = 18^\circ C$$

$$X_m = 6,8 \text{ g/kg}$$

Di seguito si riportano i calcoli delle portate derivate dalla temperatura di immissione, in relazione alla portata totale estiva, di ogni locale servito dalla U.T.A. 2, e le potenze rispettivamente, delle

batterie di preriscaldamento e di postriscaldamento. Come precedentemente fatto si calcola la temperatura di immissione prima, per poi ricavare la portata.

$$t_i = \frac{Q_s}{c \cdot P} + t_a$$

UTA 2 - INVERNALE						
Locale	Dispersione totale [W]	Portata [m <sup>3</sup> /h]	Portata d'aria di rinnovo [m <sup>3</sup> /h]	Portata d'aria di ricircolo [m <sup>3</sup> /h]	Δt °C	T <sub>i</sub> °C
bar - sala	4390,0	4621,5	1321,1	3300,4	2,9	22,9
bar - cucina	3218,2	3387,9	0,0	3387,9	2,9	22,9
bar - wc	440,1	463,3	0,0	463,3	2,9	22,9
edicola	684,0	720,1	81,6	638,6	2,9	22,9
negozio vestiti	2276,0	2396,0	226,9	2169,2	2,9	22,9
negozio vestiti - wc	78,5	82,6	0,0	82,6	2,9	22,9
wc	398,2	419,2	0,0	419,2	2,9	22,9
biglietteria	577,0	607,4	174,9	432,5	2,9	22,9
ufficio biglietteria	272,4	286,8	21,4	265,4	2,9	22,9
alimentari	1587,8	1671,5	225,2	1446,3	2,9	22,9
alimentare - wc	59,3	62,4	0,0	62,4	2,9	22,9
abbigliamento	2896,4	3049,1	443,0	2606,1	2,9	22,9
abbigliamento - wc	57,7	60,7	0,0	60,7	2,9	22,9
wc	231,9	244,1	0,0	244,1	2,9	22,9
uffici FS	1638,4	1724,8	281,3	1443,5	2,9	22,9
uffici FS - wc	57,7	60,7	0,0	60,7	2,9	22,9
calzature	1548,0	1629,7	245,1	1384,6	2,9	22,9
calzature - wc	57,7	60,7	0,0	60,7	2,9	22,9
	20469,2	21548,7	3020,3	18528,4	2,9	22,9
					RST	1,00

$$Q_{+1} = m \cdot (H_m - H_p) = 36,7 \text{ KW}$$

$$Q_{+2} = m \cdot (H_m - H_p) = 11 \text{ KW}$$

Infine, la rete per la fornitura di acqua all'umidificatore deve provvedere ad un apporto idrico dato dal prodotto tra portata massica e differenza di umidità specifica tra i punti M e I nel diagramma psicrometrico.

$$H2O_{ev} = m \cdot (X_i - X_m) = 15,84 \text{ l/h}$$

## 11.10 U.T.A. 3

Si prosegue per le successive unità di trattamento dell'aria svolgendo gli stessi calcoli già effettuati per le precedenti U.T.A..

- Funzionamento estivo:

$$t_m = \frac{t_{re} \cdot P_{re} - t_r \cdot P_{re}}{P_{re} + P_{re}}$$

$$X_m = \frac{X_{re} \cdot P_{re} - X_r \cdot P_{re}}{P_{re} + P_{re}}$$

$$t_i = 21^\circ \text{ C}$$

$$X_i = 10,1 \text{ g/kg}$$

$$t_m = 26,5^\circ \text{ C}$$

$$X_m = 11,1 \text{ g/kg}$$



UTA 3 - ESTIVO						
Locale	Calore sensibile [W]	Calore latente [W]	Calore totale [W]	Portata d'aria di rinnovo [m³/h]	Portata d'aria di ricircolo [m³/h]	Portata [m³/h]
ristorante - bar	2692,4	1704,6	4397,0	391,7	1378,4	1770,1
ristorante - sala	11751,1	1209,6	12960,7	4536,0	681,6	5217,6
ristorante - cucina	12333,3	7538,0	19871,3	0,0	7999,6	7999,6
	26776,9	10452,2	37229,1	4927,7	10059,7	14987,4
					RST	0,72

$$H2O_{co} = m \cdot (X_r - X_i) = 12,2 \text{ l/h}$$

- Funzionamento Invernale:

$$t_m = \frac{t_{re} \cdot P_{re} - t_r \cdot P_{re}}{P_{re} + P_{re}}$$

$$X_m = \frac{X_{re} \cdot P_{re} - X_r \cdot P_{re}}{P_{re} + P_{re}}$$

$$t_i = 25,4^\circ \text{ C}$$

$$X_i = 10,1 \text{ g/kg}$$

$$t_m = 15,1^\circ \text{ C}$$

$$X_m = 5,8 \text{ g/kg}$$

$$t_i = \frac{Q_s}{c \cdot P} + t_a$$

UTA 3 - INVERNALE						
Locale	Dispersione totale [W]	Portata [m³/h]	Portata d'aria di rinnovo [m³/h]	Portata d'aria di ricircolo [m³/h]	$\Delta t$ °C	$T_i$ °C
ristorante - bar	2390,4	1339,7	391,7	948,0	5,4	25,4
ristorante - sala	15713,9	8806,8	4536,0	4270,8	5,4	25,4
ristorante - cucina	8637,4	4840,8	0,0	4840,8	5,4	25,4
	26741,6	14987,4	4927,7	10059,7	5,4	25,4
					RST	1,00

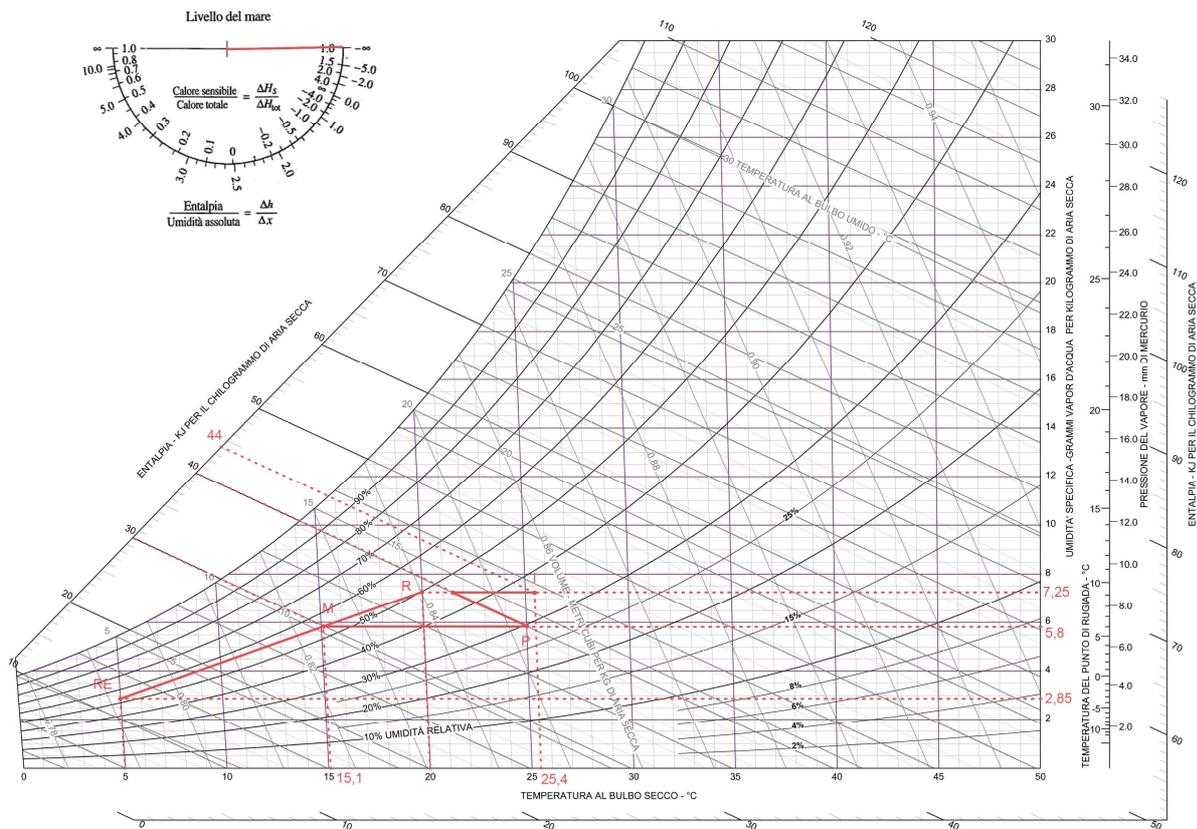


Figura 11.21 - U.T.A. trattamento invernale dell'aria

$$Q_{+1} = m \cdot (H_m - H_p) = 51,0 \text{ KW}$$

$$Q_{+2} = m \cdot (H_m - H_p) = 20,4 \text{ KW}$$

$$H_{2O_{ev}} = m \cdot (X_i - X_m) = 26,6 \text{ l/h}$$

# 11.11 U.T.A. 4

- Funzionamento estivo:

$$t_m = \frac{t_{re} \cdot P_{re} - t_r \cdot P_{re}}{P_{re} + P_{re}}$$

$$X_m = \frac{X_{re} \cdot P_{re} - X_r \cdot P_{re}}{P_{re} + P_{re}}$$

$$t_i = 18^\circ C$$

$$X_i = 10,1 \text{ g/kg}$$

$$t_m = 26,1^\circ C$$

$$X_m = 10,7 \text{ g/kg}$$

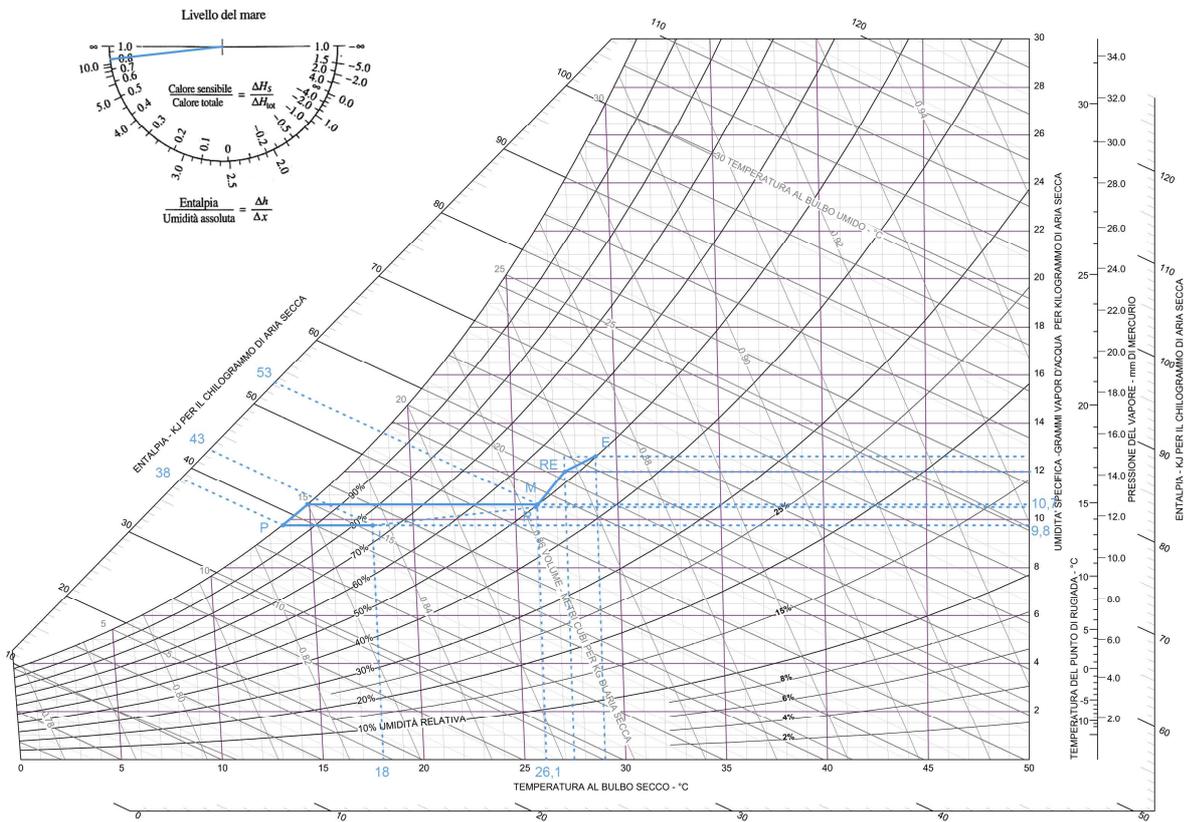


Figura 11.22 - U.T.A. 4 trattamento estivo dell'aria

$$Q_- = m \cdot (H_r - H_p) = 89,0 \text{ KW}$$

$$m = \frac{P \cdot \gamma}{3600} = 5,9 \text{ Kg/s}$$

$$P = \frac{Q_s}{\gamma \cdot c \cdot (t_i - t_a)}$$

UTA 4 - ESTIVO						
Locale	Calore sensibile [W]	Calore latente [W]	Calore totale [W]	Portata d'aria di rinnovo [m <sup>3</sup> /h]	Portata d'aria di ricircolo [m <sup>3</sup> /h]	Portata [m <sup>3</sup> /h]
agenzia viaggi	3096,4	425,0	3521,4	221,8	1195,9	1417,6
agenzia viaggi - wc	416,3	91,0	507,3	0,0	204,2	204,2
banca - sportelli	3369,9	220,8	3590,7	115,2	1330,3	1445,5
banca - ufficio	786,3	62,9	849,3	36,1	305,8	341,9
banca - attesa	933,0	536,0	1469,0	172,8	418,6	591,4
banca - wc	431,1	91,0	522,1	0,0	210,2	210,2
abbigliamento	3082,7	420,0	3502,7	248,4	1161,7	1410,1
abbigliamento - wc	469,9	91,0	560,9	0,0	225,8	225,8
deposito bagagli	662,6	210,0	872,6	0,0	351,3	351,3
libreria	6825,9	626,5	7452,4	326,9	2673,3	3000,1
openspace stazione pullman	13494,7	4725,0	18219,7	0,0	7334,7	7334,7
libreria - wc	406,2	91,0	497,2	0,0	200,2	200,2
ristorante - wc	889,2	182,0	1071,2	0,0	431,2	431,2
cucina - wc	515,3	182,0	697,3	0,0	280,7	280,7
	35379,6	7954,3	43333,8	1121,2	16323,8	17445,0
					RST	0,82

$$H2O_{co} = m \cdot (X_r - X_i) = 27,8 \text{ l/s}$$

- Funzionamento Invernale:

$$t_i = \frac{Q_s}{c \cdot P} + t_a$$

$$t_m = \frac{t_{re} \cdot P_{re} - t_r \cdot P_{re}}{P_{re} + P_{re}}$$

$$X_m = \frac{X_{re} \cdot P_{re} - X_r \cdot P_{re}}{P_{re} + P_{re}}$$

$$t_i = 31^\circ C$$

$$X_i = 7,25 \text{ g/kg}$$

$$t_m = 19,1^\circ C$$

$$X_m = 7,0 \text{ g/kg}$$

UTA 4 - INVERNALE						
Locale	Dispersione totale [W]	Portata [m <sup>3</sup> /h]	Portata d'aria di rinnovo [m <sup>3</sup> /h]	Portata d'aria di ricircolo [m <sup>3</sup> /h]	$\Delta t$ °C	$T_i$ °C
agenzia viaggi	3189,8	881,1	221,8	659,4	11,0	31,0
agenzia viaggi - wc	207,7	57,4	0,0	57,4	11,0	31,0
banca - sportelli	1115,5	308,1	115,2	192,9	11,0	31,0
banca - ufficio	915,9	253,0	36,1	216,9	11,0	31,0
banca - attesa	500,7	172,8	172,8	0,0	11,0	31,0
banca - wc	115,4	31,9	0,0	31,9	11,0	31,0
abbigliamento	3492,5	964,8	248,4	716,4	11,0	31,0
abbigliamento - wc	606,6	167,6	0,0	167,6	11,0	31,0
deposito bagagli	1056,6	291,9	0,0	291,9	11,0	31,0
libreria	3276,3	905,0	326,9	578,1	11,0	31,0
libreria - wc	48,1	13,3	0,0	13,3	11,0	31,0
openspace stazione pullman	48274,9	13335,2	0,0	13335,2	11,0	31,0
ristorante - wc	239,3	66,1	0,0	66,1	11,0	31,0
cucina - wc	113,7	31,4	0,0	31,4	11,0	31,0
	63152,9	17445,0	1121,2	16358,3	11,0	31,0
					RST	1,00

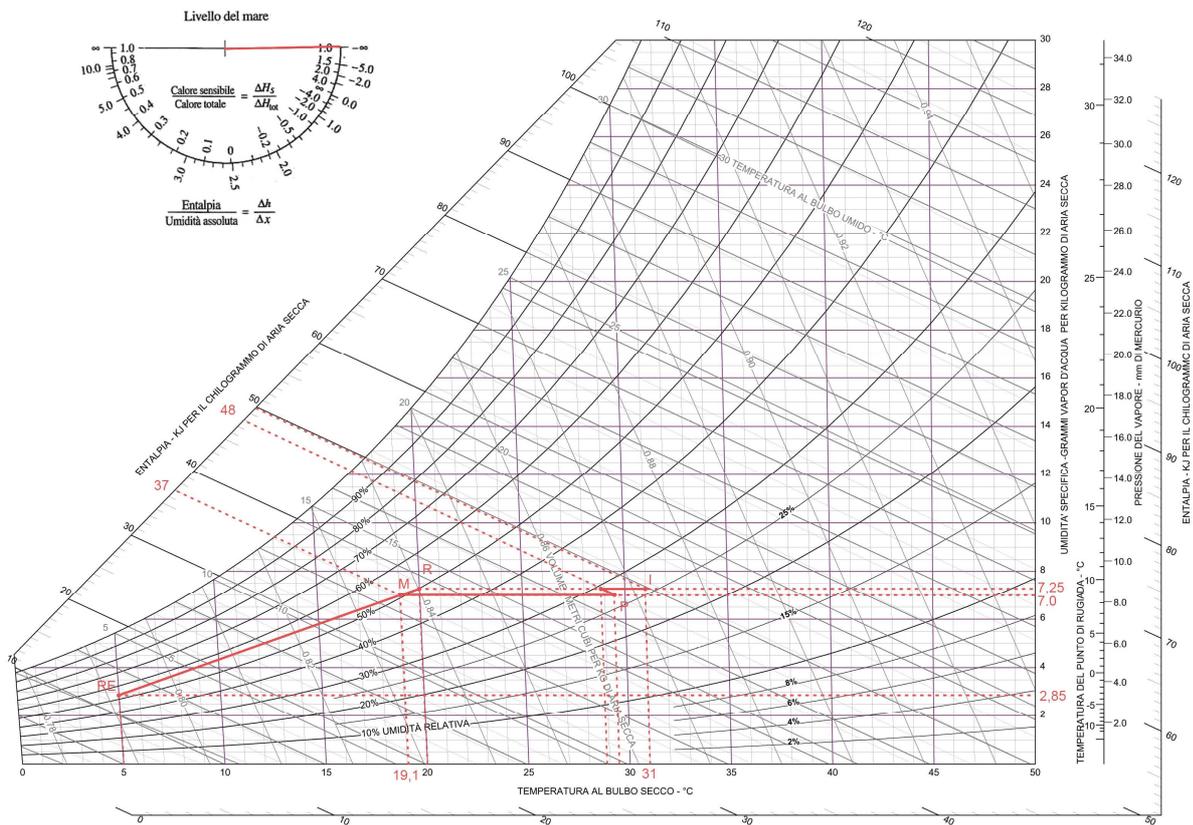


Figura 11.23 - U.T.A. 4 trattamento invernale dell'aria

$$Q_{+1} = m \cdot (H_m - H_p) = 59,4 \text{ KW}$$

$$Q_{+2} = m \cdot (H_m - H_p) = 23,7 \text{ KW}$$

$$H_2O_{ev} = m \cdot (X_i - X_m) = 5,7 \text{ l/h}$$

## 11.12 Conclusioni sulle unità di trattamento dell'aria

Dalle analisi effettuate nei precedenti paragrafi, si giunge finalmente alla scelta da catalogo dei dispositivi che offrono le prestazioni calcolate. Nel nostro caso ci siamo avvalsi del catalogo della Clivet.

Dalle portate d'aria si sceglie il modello di impianto:

U.T.A. 1 - AQ 345

$P = 32174 \text{ m}^3/\text{h}$  Portata d'aria;

$Q_- = 144,5 \text{ KW}$  Batteria di raffreddamento;

$Q_+ = 98,9 \text{ KW}$  Batteria di riscaldamento;

U.T.A. 2 - AQ 218

$P = 21549 \text{ m}^3/\text{h}$  Portata d'aria;

$Q_- = 102,7 \text{ KW}$  Batteria di raffreddamento;

$Q_{1+} = 36,7 \text{ KW}$  Batteria di riscaldamento;

$Q_{2+} = 11 \text{ KW}$  Batteria di postriscaldamento;

$H_2O_{co} = 17,2 \text{ l/h}$  Acqua condensata;

$H_2O_{ev} = 15,8 \text{ l/h}$  Acqua evaporata;

U.T.A. 3 - AQ 152

$P = 14987 \text{ m}^3/\text{h}$  Portata d'aria;

$Q_- = 86,7 \text{ KW}$  Batteria di raffreddamento;

$Q_{1+} = 51 \text{ KW}$  Batteria di riscaldamento;

$Q_{2+} = 20,4 \text{ KW}$  Batteria di postriscaldamento

$H_2O_{co} = 12,2 \text{ l/h}$  Acqua condensata;

$H_2O_{ev} = 26,6 \text{ l/h}$  Acqua evaporata;

U.T.A. 4 - AQ 175

$P = 17445 \text{ m}^3/\text{h}$  Portata d'aria;

$Q_- = 89,0 \text{ KW}$  Batteria di raffreddamento;

$Q_{1+} = 59,4 \text{ KW}$  Batteria di riscaldamento;

$Q_{2+} = 23,7 \text{ KW}$  Batteria di postriscaldamento

$H_2O_{co} = 27,8 \text{ l/h}$  Acqua condensata;

$H_2O_{ev} = 5,7 \text{ l/h}$  Acqua evaporata;

## 11.13 Progettazione e dimensionamento dei condotti

Per quanto riguarda il dimensionamento dei condotti si fa riferimento al metodo a riduzione di velocità. Secondo tale metodo, si fissa la velocità nel canale principale e si assegna arbitrariamente una velocità decrescente in tutti i successivi tratti di canale nonché nelle diramazioni. La tabella seguente rassegna valori di velocità consigliate per le canalizzazioni in relazione al tipo di impianto.

VELOCITÀ DELL'ARIA (CONSIGLIATE E MASSIME)			
Elemento	Velocità consigliate m/s		
	Edifici residenziali	Edifici pubblici scuole-teatri	Edifici industriali
Condotte principali	3,5 + 4,5	5 + 6,5	6 + 9
Condotte secondarie	2,5 + 3	3 + 4,5	4 + 5
Filtri	1,25	1,5	1,75
Batterie	2,25	2,5	3
Elemento	Velocità massime m/s		
Condotte principali	4 + 6	5,5 + 8	6,5 + 11
Condotte secondarie	3,5 + 5	4 + 6,5	5 + 9
Filtri	1,5	1,75	1,75
Batterie	2,5	3	3,5

Figura 11.24 - Velocità dell'aria consigliate nei condotti

La sezione del canale viene pertanto determinata in funzione della portata d'aria:

$$S = \frac{P}{V}$$

S sezione del canale [m<sup>2</sup>];

P portata d'aria [m<sup>3</sup>/s];

V velocità d'aria [m<sup>3</sup>/s];

Con questo sistema si computano, per l'interna canalizzazione, il solo tratto che presenta maggiori perdite di carico e la somma totale delle cadute di pressione statica compresa quella richiesta sull'ultima bocchetta o diffusore. In questo calcolo si deve tener conto anche delle perdite di carico lungo il canale di ripresa nonché sulle relative griglie di aspirazione.

Di seguito sono riportate le tabelle di calcolo di tutti i condotti di mandata e ripresa dell'aria, per le quattro unità di trattamento dell'aria.

UTA 1 - DIMENSIONAMENTO CONDOTTI DI MANDATA						
Locale/Condotto	Totale massimo [W]	Portata di calcolo [m <sup>3</sup> /s]	Velocità dell'aria [m <sup>2</sup> /s]	Sezione teorica [m <sup>2</sup> ]	Sezione reale [m <sup>2</sup> ]	Portata reale [m <sup>3</sup> /s]
UTA 1	106177	8,9	10	0,894	0,900	9,0
openspace piano terra	70785	6,0	10	0,596	0,600	6,0
condotto 1	21384	1,8	8	0,225	0,225	1,8
condotto 1a	7128	0,6	4	0,150	0,150	0,6
condotto 1b	7128	0,6	4	0,150	0,150	0,6
condotto 1c	7128	0,6	4	0,150	0,150	0,6
condotto 2	49401	4,2	10	0,416	0,425	4,3
condotto 2a	7128	0,6	4	0,150	0,150	0,6
condotto 2b	7128	0,6	4	0,150	0,150	0,6
condotto 2c	7128	0,6	4	0,150	0,150	0,6
condotto 3	28017	2,4	8	0,295	0,298	2,4
condotto 3a	7128	0,6	4	0,150	0,150	0,6
condotto 4	20889	1,8	8	0,220	0,228	1,8
condotto 4a	7128	0,6	4	0,150	0,150	0,6
canale 4b	7128	0,6	4	0,150	0,150	0,6
canale 4c	7128	0,6	4	0,150	0,150	0,6
openspace piano primo	35392	3,0	10	0,298	0,3	3
condotto 1	21384	1,8	10	0,18	0,18	1,8
condotto 1a	7128	0,6	4	0,15	0,150	0,6
condotto 2	14256	1,2	8	0,15	0,150	1,2
condotto 2a	7128	0,6	4	0,15	0,150	0,6
condotto 2b	7128	0,6	4	0,15	0,150	0,6
condotto 3	14008	1,2	8	0,15	0,15	1,2
condotto 3a	7128	0,6	4	0,15	0,150	0,6
condotto 3b	7128	0,6	4	0,15	0,150	0,6

UTA 1 - DIMENSIONAMENTO CONDOTTI DI RIPRESA

Locale/Condotto	Estrattori	Estrazione [m <sup>3</sup> /s]	Velocità dell'aria [m <sup>2</sup> /s]	Sezione teorica [m <sup>2</sup> ]	Sezione reale [m <sup>2</sup> ]	Estrazione reale [m <sup>3</sup> /s]
UTA 1	50	8,9	10	0,89	0,90	9,0
condotto 1	21	3,78	10	0,38	0,40	4,0
condotto 1a	17	3,06	8	0,38	0,40	3,2
condotto 1b	13	2,34	8	0,29	0,30	2,4
condotto 1c	9	1,62	6	0,27	0,30	1,8
condotto 1d	5	0,90	4	0,23	0,23	0,9
condotto 1e	2	0,36	3	0,12	0,12	0,4
condotto 2	29	5,22	10	0,52	0,45	4,5
condotto 2a	25	4,50	10	0,45	0,45	4,5
condotto 2b	21	3,78	10	0,38	0,40	4,0
condotto 2c	17	3,06	8	0,38	0,40	3,2
condotto 2d	13	2,34	8	0,29	0,30	2,4
condotto 2e	9	1,62	6	0,27	0,30	1,8
condotto 2f	5	0,90	4	0,23	0,23	0,9
condotto 2g	2	0,36	3	0,12	0,12	0,4

UTA 2 - DIMENSIONAMENTO CONDOTTI DI MANDATA

Locale/Condotto	Totale massimo [W]	Portata di calcolo [m <sup>3</sup> /s]	Velocità dell'aria [m <sup>2</sup> /s]	Sezione teorica [m <sup>2</sup> ]	Sezione reale [m <sup>2</sup> ]	Portata reale [m <sup>3</sup> /s]
UTA 2	71862,5	6,05	10	0,60	0,60	6,00
piano terra:	42309,3	3,56	10	0,36	0,38	3,75
condotto 1	23337,9	1,96	6	0,33	0,15	0,90
edicola	1857,4	0,16	3	0,05	0,06	0,18
bar - cucina	8544,7	0,72	4	0,18	0,18	0,72
condotto 1a	12935,8	1,09	6	0,18	0,20	1,20
bar - sala	11887,2	1,00	3,5	0,29	0,30	1,05
bar - wc	1048,6	0,09	2,5	0,04	0,06	0,15
condotto 2	18971,4	1,60	6	0,27	0,28	1,65
negozio vestiti	10571,4	0,89	4	0,22	0,24	0,96
condotto 2a	8400,1	0,71	6	0,12	0,12	0,72
negozio vestiti - wc	514,1	0,04	2,5	0,02	0,02	0,04
wc	758,9	0,06	2	0,03	0,05	0,09
condotto 2b	7127,1	0,60	6	0,10	0,11	0,63
biglietteria	4308,5	0,36	3	0,12	0,12	0,36
ufficio biglietteria	1630,7	0,14	2,5	0,05	0,06	0,15
Piano primo:	29553,1	2,49	10	0,25	0,25	2,50
condotto 1	13702,8	1,15	8	0,14	0,15	1,20
condotto 1a	7585,3	0,64	6	0,11	0,12	0,72
alimentari	6155,0	0,52	3	0,17	0,18	0,54
alimentare - wc	671,4	0,06	2	0,03	0,03	0,06
wc	758,9	0,06	2	0,03	0,03	0,06
condotto 1b	6117,5	0,51	6	0,09	0,10	0,60
abbigliamento	5611,3	0,47	3	0,16	0,18	0,54
abbigliamento - wc	560,9	0,05	2	0,02	0,03	0,06
condotto 2	15850,4	1,33	8	0,17	0,18	1,40
condotto 2a	5141,6	0,43	6	0,07	0,09	0,54
calzature	4800,0	0,40	3,5	0,12	0,12	0,42
calzature - wc	341,7	0,03	2	0,01	0,02	0,03
Canale 2b	10708,7	0,90	8	0,11	0,11	0,84
Canale 2c	10708,7	0,90	6	0,15	0,16	0,96
uffici FS	10202,6	0,86	4	0,21	0,24	0,96
uffici FS - wc	506,2	0,04	2,5	0,02	0,02	0,04

UTA 2 - DIMENSIONAMENTO CONDOTTI DI RIPRESA

Locale/Condotto	Estrattori	Estrazione [m <sup>3</sup> /s]	Velocità dell'aria [m <sup>2</sup> /s]	Sezione teorica [m <sup>2</sup> ]	Sezione reale [m <sup>2</sup> ]	Estrazione reale [m <sup>3</sup> /s]
UTA 2	34	6,05	10	0,60	0,60	6,00
Piano terra:	24	4,32	10	0,43		
condotto 1	9	1,62	6	0,27	0,28	1,65
negozio vestiti - wc	1	0,18	3	0,06	0,06	0,18
wc	7	1,26	3	0,42	0,42	1,26
condotto 1a	1	0,18	3	0,06	0,06	0,18
condotto 2	15	2,70	8	0,34	0,35	2,80
bar - wc	2	0,36	3	0,12	0,12	0,36
cappa	8	1,44	6	0,24	0,25	1,50
bar - cucina	5	0,90	3	0,30	0,30	0,90
Piano primo:	10	1,80	8	0,23	0,20	1,60
canale 1	8	1,44	6	0,24	0,20	1,20
wc	4	0,72	5	0,14	0,16	0,79
alimentare - wc	2	0,36	3	0,12	0,12	0,36
abbigliamento - wc	2	0,36	3	0,12	0,12	0,36
condotto 2	2	0,36	3	0,12	0,12	0,36

UTA 3 - DIMENSIONAMENTO CONDOTTI DI MANDATA

Locale/Condotto	Totale massimo [W]	Portata di calcolo [m <sup>3</sup> /s]	Velocità dell'aria [m <sup>2</sup> /s]	Sezione teorica [m <sup>2</sup> ]	Sezione reale [m <sup>2</sup> ]	Portata reale [m <sup>3</sup> /s]
UTA 3	58923,4	4,96	10	0,50	0,53	5,25
Solaio copertura:	58923,4	4,96	10	0,50	0,53	5,25
condotto 1	5863,6	0,49	6	0,08	0,09	0,54
ristorante - bar	5863,6	0,49	3	0,16	0,18	0,54
condotto 2	32730,5	2,76	10	0,28	0,30	3,00
ristorante - sala	32730,5	2,76	8	0,34	0,35	2,80
condotto 2a	16365,3	1,38	8	0,17	0,18	1,44
condotto 2b	16365,3	1,38	8	0,17	0,18	1,44
condotto 3	20329,3	1,71	10	0,17	0,18	1,80
ristorante - cucina	20329,3	1,71	6	0,29	0,30	1,80
condotto 3a	10164,6	0,86	6	0,14	0,15	0,90
condotto 3b	10164,6	0,86	6	0,14	0,15	0,90

UTA 3 - DIMENSIONAMENTO CONDOTTE DI RIPRESA						
Locale/Condotta	Estrattori	Estrazione [m <sup>3</sup> /s]	Velocità dell'aria [m <sup>2</sup> /s]	Sezione teorica [m <sup>2</sup> ]	Sezione reale [m <sup>2</sup> ]	Estrazione reale [m <sup>3</sup> /s]
UTA 3	4,96	4,96	10	0,50	0,60	6,00
Solaio piano primo:	13	2,34	10	0,23	0,25	2,50
condotto 1	5,00	0,90	6	0,15	0,15	0,90
condotto 2	8,00	1,44	8	0,18	0,18	1,44
ristorante - wc	5	0,90	6	0,15	0,15	0,90
condotto 2a	3	0,54	4	0,14	0,28	1,10
cappa	15	2,70	8	0,34	0,35	2,80

UTA 4 - DIMENSIONAMENTO CONDOTTI DI MANDATA						
Locale/Condotto	Totale massimo [W]	Portata di calcolo [m <sup>3</sup> /s]	Velocità dell'aria [m <sup>2</sup> /s]	Sezione teorica [m <sup>2</sup> ]	Sezione reale [m <sup>2</sup> ]	Portata reale [m <sup>3</sup> /s]
UTA 4	53539,9	4,51	10	0,45	0,53	5,25
Solaio piano terra:	32397,7	2,73	10	0,27	0,28	2,75
condotto 1	14212,1	1,20	6	0,20	0,20	1,20
deposito	872,6	0,07	2	0,04	0,06	0,12
condotto 1a	7950,8	0,67	4	0,17	0,18	0,72
libreria	7452,4	0,63	3	0,21	0,18	0,54
libreria - wc	498,4	0,04				
condotto 1b	5388,7	0,45	4	0,11	0,12	0,48
agenzia viaggi	4874,5	0,41	3	0,14	0,12	0,36
agenzia viaggi - wc	514,2	0,04	2	0,02	0,06	0,12
condotto 2	18185,6	1,53	8	0,19	0,20	1,60
condotto 2a	11484,2	0,97	6	0,16	0,16	0,96
banca - sportelli	6104,1	0,51	4	0,13	0,16	0,64
banca - ufficio	3375,7	0,28	3	0,09	0,105	0,32
banca - attesa	1480,4	0,12	3	0,04	0,060	0,18
banca - wc	524,0	0,04				
condotto 2b	6701,4	0,6	4	0,14	0,105	0,42
abbigliamento	6140,5	0,5	4	0,13	0,140	0,56
abbigliamento - wc	560,9	0,0	0	0,00	0,000	0,0
Solaio piano primo:	21142,2	1,8	10	0,18	0,225	2,25
openspace stazione pullman	19364,4	1,6	8	0,20	0,200	1,60
condotto 1	9682,2	0,8	6	0,14	0,140	0,84
condotto 2	9682,2	0,8	6	0,14	0,140	0,84
condotto 3	1777,9	0,1	3	0,05	0,06	0,18

UTA 4 - DIMENSIONAMENTO CONDOTTE DI RIPRESA

Locale/Condotta	Estrattori	Estrazione [m <sup>3</sup> /s]	Velocità dell'aria [m <sup>2</sup> /s]	Sezione teorica [m <sup>2</sup> ]	Sezione reale [m <sup>2</sup> ]	Estrazione reale [m <sup>3</sup> /s]
UTA 4	25	4,51	10	0,45	0,46	4,55
Solaio piano terra:	21	3,78	10	0,38	0,38	3,75
condotto 1	5	2,25	6	0,38	0,38	2,25
condotto 2	11	1,98	6	0,33	0,33	1,95
condotto 2a	7	1,26	6	0,21	0,23	1,35
condotto 2b	3	0,54	4	0,14	0,14	0,56
Solaio piano primo:	4	0,72	6	0,12	0,12	0,72

CONDOTTI DI ESTRAZIONE

UTA	Portata d'estrazione [m <sup>3</sup> /h]	sezione teorica [m <sup>2</sup> ]	sezione reale [m <sup>2</sup> ]
UTA 1	1125,6	0,10422537	0,12
UTA 2	1894,7	0,175432963	0,15
UTA 3	1215,6	0,112551407	0,12
UTA 4	7884,0	0,312857143	0,3

Per concludere, si rimanda agli allegati di questa relazione:

Allegati tavole da 55 a 62.

# 12 : Aspetti Ergotecnici

## 12.1 Introduzione

Le varie fasi del processo edilizio, dalla progettazione alla costruzione e gestione dell'opera realizzata richiedono un'informazione tecnica che riguarda, materiali, prodotti, macchinari e attrezzature, nonché un'attenta analisi degli aspetti operativi e organizzativi di cantiere necessari per l'esecuzione dell'opera stessa. Trattandosi della realizzazione di un terminal bus e di una stazione ferroviaria, con riduzione dei binari e sostituzione delle strutture attualmente in uso, risulta indispensabile garantire la continuità del servizio ai cittadini durante le fasi di costruzione, quindi si procederà alla realizzazione di una struttura temporanea che ospiterà tali servizi in una zona limitrofa alla stazione stessa al fine di non creare disagi nella mobilità della popolazione e dei turisti. Nello specifico tale struttura temporanea si collocherà in via San Giuseppe sul lato Ovest dell'area d'intervento ove, successivamente, si realizzerà un landmark pedonale di scavalco dei binari ferroviari.

## 12.2 Descrizione della lavorazione

Nella presente relazione si esaminano, a livello preliminare, gli aspetti operativi e organizzativi necessari per svolgere la lavorazione relativa alla realizzazione degli scavi.

Il terreno sul quale sorgerà l'edificio è di tipo alluvionale, composto prevalentemente da sedimenti fluviali di dimensioni considerevoli e ben addensati. Tali terreni, se in particolare saturi d'acqua, presentano scadenti valori di resistenza ed alto grado di compressibilità.

L'intervento di scavo riguardante i piani interrati dell'edificio, essendo a una profondità massima di 14 m, non intercetta la falda acquifera presente situata a una profondità maggiore o uguale a 20 m.

Data la natura del terreno oggetto degli scavi si rende indispensabile realizzare delle paratie o diaframmi in c.a. lungo tutto il perimetro dell'opera da realizzare e, per una piccola parte, vista la presenza di edifici in prossimità dell'intervento, nello specifico della vecchia stazione, dei micropali. Quindi nella costruzione di un piano interrato in presenza di terreni alluvionali, la prima operazione è quella di realizzare un perimetro di paratie, mediante la tecnica dei "diaframmi alla bentonite" allo scopo di contrastare la spinta delle terre.

Considerata la complessità delle opere in sotterraneo, specialmente quando realizzate in prossimità di edifici preesistenti, è opportuno effettuare ed approfondire in maniera adeguata sia qualitativamente che quantitativamente le campagne di indagini geognostiche e geotecniche, da allegare ai progetti definitivi ed ancor più a quelli esecutivi.

Per quanto riguarda i piani di monitoraggio sia piezometrico che inclinometrico e statico sugli edifici circostanti gli scavi, è opportuno che siano impostati secondo adeguate direttive tecniche, ad esempio seguendo le linee guida e metodologie di lavoro per le attività geologiche connesse alla progettazione e alla realizzazione di parcheggi nel Comune di Tirano, preparate dall'Ordine dei geologi della Lombardia. Nelle Raccomandazioni tecnico-scientifiche delle Linee Guida suddette si ritiene necessario prima o contemporaneamente all'inizio lavori, una verifica dello stato di salute dei locali degli edifici adiacenti agli scavi del parcheggio interrato.

Nel caso che dagli studi dei cedimenti risultasse possibile per il fabbricato adiacente il verificarsi di un cedimento superiore a quello massimo ammissibile, sarà necessario intervenire per quel fabbricato con opere di consolidamento delle fondazioni, adottando tipologie d'intervento mirate a ridurre tempestivamente la deformazione del terreno in prossimità delle fondazioni.

In conclusione, il sistema di monitoraggio geotecnico e strutturale che andrà progettato ed effettuato dovrà consentire di tenere in costante osservazione l'evoluzione di tutti i potenziali fenomeni connessi con la realizzazione delle opere, permettendo anche di anticipare gli eventuali problemi di interazione con le lavorazioni di cantiere e con i fabbricati, che dovessero scaturire laddove non fossero stati rilevati dagli studi di cui sopra.

### **12.3 Descrizione delle attività e organizzazione del cantiere**

Per l'esecuzione dei lavori in oggetto è necessaria un'organizzazione del cantiere mirata all'ottenimento di un'area da destinare alle attrezzature di cantiere fisse, che rimarrà per tutto l'arco dei lavori, mentre le altre, verranno di volta in volta predisposte e delimitate affinché possa essere consentita la realizzazione di più fasi lavorative, da personale diverso, anche contemporaneamente senza che ci siano interferenze tra le stesse. Sarà inoltre onere e d'obbligo dell'impresa garantire la sorveglianza del cantiere durante i lavori, sia di giorno che di notte, con il personale necessario, di tutti i materiali e delle opere/oggetti.

## **12.4 Delimitazioni, accessi e percorsi di cantiere**

Il confinamento dell'area di cantiere deve essere posto in relazione alla situazione ambientale circostante.

Sarà necessario scegliere un tipo di cesata idoneo sia sotto il profilo della resistenza meccanica a sollecitazioni impattive che dal punto di vista della protezione nei confronti della proiezione di masse contundenti da e verso l'interno del cantiere. A tal fine si è scelta una cesata composta da pannelli metallici di dimensioni 2x3,5 m con tamponatura in rete elettrosaldata e rete in plastica arancione estrusa, tubolari verticali di diametro di 41,5 mm e orizzontali di diametro di 30 mm.

Le delimitazioni esterne e interne di cantiere, verticali od orizzontali devono essere precisate su tutto il perimetro degli spazi dati in uso all'appaltatore, al fine di evidenziarne i relativi requisiti minimi tipologici e tecnologici.

Il cantiere, inoltre, deve essere totalmente recintato su tutti i lati per impedire l'accesso ai non addetti ai lavori e al fine di evitare un'eventuale proiezione di oggetti da e per il cantiere verso le vie limitrofe.

L'accesso al cantiere per i veicoli e per gli addetti avverrà tramite un cancello carrabile posto lungo via Calcagno.

La viabilità interna al cantiere è stata concepita con lo scopo di evitare le interferenze con le attività lavorative. La velocità massima consentita dei mezzi in cantiere sarà di 5 km/h.

Le rampe di accesso degli scavi di sbancamento avranno una carreggiata solida atta a resistere al transito dei mezzi di trasporto di cui è previsto l'impiego; la pendenza dovrà essere adeguata alle possibilità dei mezzi stessi. La larghezza sarà tale da consentire un franco di almeno 70 cm oltre la sagoma d'ingombro del veicolo.

## **12.5 Fasi lavorative di preparazione del cantiere**

Le fasi lavorative precedenti all'attività degli scavi e la loro sequenza sono:

- Preparazione area di cantiere
- Realizzazione recinzione
- Installazione nel cantiere di presidi igienico-sanitari
- Allacciamento alle opere di fognatura
- Allacciamento alle opere idrauliche

- Realizzazione dell'impianto elettrico
- Installazione dei quadri elettrici di distribuzione e posizionamento cavi
- Esecuzione degli impianti di terra
- Preparazione dell'area di scavo mediante decorticazione del manto stradale preesistente.

## **12.6 Esecuzione micropali**

Esecuzione della perforazione con contemporanea messa in opera di fango bentonitico per evitare che lo scavo si intasi del terreno delle pareti del pozzo creato:

- Delimitazione e protezione del foro del palo
- Posa in opera dell'armatura metallica tubolare
- Iniezione della miscela cementizia in pressione (calcestruzzo ad alto dosaggio di cemento, miscele costituite da acqua/cemento e/o bentonite) dal basso verso l'alto mediante tubo posto all'interno dell'armatura tubolare. Poiché la miscela cementizia spinge verso l'alto il fango bentonitico questo può essere recuperato.

## **12.7 Esecuzione dei diaframmi o paratie**

- Preparazione della linea planimetrica di tracciamento delle paratie mediante tracciamento della linea d'asse e dei fili interni ed esterni e delle quote delle paratie
- Scavo a sezione obbligata con escavatori a benna almeno fino al raggiungimento della profondità necessaria per il funzionamento della pompa di circolazione del fango incorporata nell'idrofresa
- Scavo con idrofresa impiegata in successione fino al raggiungimento della quota di progetto
- Controllo della verticalità dello scavo e contemporaneo riempimento di esso con fanghi bentonitici per la stabilità delle pareti dello scavo, colati mediante impianto di pompaggio-recupero-dissabbiatura fango bentonitico e suo progressivo reintegro al fine di garantire qualità costante ad esso.
- Dispositivi per la formazione dei giunti; ad avvenuta presa del getto si provvederà alla loro rimozione, utilizzando un opportuno estrattore a morsa idraulica

- Realizzazione delle gabbie di armatura in apposita area di lavorazione e successivo sollevamento di queste con mezzo gommato o a cingoli e posa in opera delle armature metalliche entro lo scavo riempito di fango bentonitico
- Getto del calcestruzzo contro terra mediante sistema di pompaggio a partire dal fondo dello scavo fino a completo riempimento, con contemporanea raccolta del fango bentonitico uscente dallo scavo.
- Controlli e documentazione



Figura 12.1 - Esempio di per uno scavo di un parcheggio interrato

Figura 12.2 esempio di scavo di una paratia con benna

### 12.7.1 Scavi

In seguito alla realizzazione delle paratie lungo tutto il perimetro dell'area d'intervento e dei micropali in prossimità della vecchia stazione, si procede alla realizzazione degli scavi vera e propria che prevede:

- Scavo di sbancamento
- Scavo a sezione obbligata con mezzi meccanici

Durante i lavori di scavo dovrà essere realizzata, via via che il livello di scavo si abbassa, un'adeguata rampa di accesso e uscita per gli autocarri e mezzi da cantiere. Tale rampa sarà costituita dal terreno del sito con eventuale aggiunta di inerti stabilizzanti. A fine scavo la rampa sarà rimossa. Lo scavo da realizzare è costituito da tre parti aventi diverse profondità. Il volume di ogni scavo, preso singolarmente è pari a:  $11.716 \text{ m}^2 \times 10 \text{ m} = 117.163 \text{ m}^3$ ;  $4.945 \text{ m}^2 \times 14 \text{ m} =$

$69.230 \text{ m}^3$ ;  $463 \text{ m}^2 \times 3 \text{ m} = 1.389 \text{ m}^3$ . Complessivamente, quindi, il volume di scavo è pari a  $187.782 \text{ m}^3$ .

Parte di tale volume verrà riutilizzato come riporto nella zona in cui verranno dismessi i binari, al fine di ricreare una collinetta artificiale. Il volume di terreno da riporto è pari a  $15.409 \text{ m}^3$ . Si determina così il volume di terreno restante da smaltire pari a  $172.373 \text{ m}^3$ . Nota la distanza dal luogo di smaltimento degli inerti pari a 15 km e che il tempo di percorrenza tra andata e ritorno è di circa 1 ora, considerando che la capacità dell'autoarticolato è di  $20 \text{ m}^3$  e ipotizzando un impiego di 20 autoarticolati, serviranno circa 53 giorni lavorativi per smaltire tutto il volume di terreno con 8 h lavorative al giorno.

## **12.8 Logistica di cantiere**

Gli addetti alla lavorazione usufruiranno delle baracche disposte nell'area di cantiere e in particolare dei locali adibiti a spogliatoio, bagni, mensa e deposito attrezzature.

## **12.9 Opere provvisorie**

Per la realizzazione dello scavo, e delle paratie, è stata prevista un'area destinata allo stoccaggio del materiale propedeutico alla realizzazione degli stessi, ed un'area destinata a ricovero attrezzi, situata nelle immediate vicinanze al limite dell'area di intervento.

## **12.10 Depositi di cantiere**

### **12.10.1 Carico e scarico**

Per le operazioni di carico e scarico si utilizzano gli spazi e le attrezzature predisposte dall'impresa appaltatrice.

### **12.10.2 Aree di stoccaggio**

Lo stoccaggio del materiale derivante dallo scavo avviene in area apposita temporanea in modo razionale e tale da evitare crolli e cedimenti.

Il materiale di risulta successivamente verrà trasportato in una discarica autorizzata.

## **12.11 Movimentazione di cantiere**

Per la movimentazione dei carichi sono usati quanto più possibile mezzi ausiliari atti ad evitare o ridurre le sollecitazioni sulle persone.

Al manovratore del mezzo di sollevamento e/o trasporto viene garantito il controllo delle condizioni di tutto il percorso, anche con l'ausilio di un eventuale aiutante.

## **12.12 Reti impiantistiche**

### **12.12.1 Impianto elettrico**

L'impianto sarà realizzato, attenendosi alle norme CEI (L. 186/68 e L. 46/90), da ditta specializzata che rilascerà e verrà tenuta in cantiere copia della relativa dichiarazione di conformità. Gli impianti sono eseguiti, mantenuti e riparati da ditte e/o persone qualificate. La fornitura di energia elettrica avverrà da rete di bassa tensione con contatore del gruppo fornitore ENEL. L'impianto elettrico sarà costituito da quadri elettrici principali e secondari (di zona) muniti di targa indelebile indicante il nome del costruttore e le conformità alle norme (CEI 17.13/4). Il quadro generale sarà posizionato in prossimità delle baracche e la sua posizione dovrà essere resa nota a tutte le maestranze tramite opportune segnalazioni. Le linee elettriche di alimentazione dovranno essere disposte in posizione fissa e sopraelevata e, allo stato attuale, dovranno necessariamente raggiungere i baraccamenti. Sarà prevista inoltre la realizzazione dell'impianto di messa a terra con treccia di rame e puntazza. L'impianto di messa a terra del cantiere dovrà essere realizzato da un tecnico abilitato che rilascerà la planimetria relativa all'ubicazione dei dispersori.

Si rende opportuno dotare i quadri elettrici di interruttore generale di emergenza, proteggerli dalle intemperie e renderli accessibili da tutti gli operatori e facilmente individuabili.

Ogni quadro secondario dovrà essere dotato di interruttore magnetotermico differenziale. Sono consentite prolunghe ma dovranno essere adoperate secondo la normativa vigente. I punti di presa prevedibili sono in corrispondenza delle aree di lavorazione di legname e ferri, per la fornitura di energia ai baraccamenti e ai piani di lavoro.

Le linee elettriche dovranno essere posizionate in modo da non creare situazioni di pericolo per gli addetti all'interno del cantiere: è consigliabile il posizionamento in posizione sopraelevata, valutando in ogni caso l'impossibilità di generare cadute o tranciamento, si consiglia l'installazione dei cavi elettrici prolungati dal quadro elettrico principale di cantiere, all'interno di un tubo corrugato applicato all'opera provvisoria destinata all'allestimento della sede stradale.

Dovranno essere realizzate verifiche periodiche all'impianto.

In caso di necessità saranno utilizzati gruppi elettrogeni silenziati per la produzione di energia elettrica.

### **12.12.2 Impianto idrico**

All'interno del cantiere è stata predisposta una rete idrica interna che sarà alimentata tramite allaccio all'acquedotto comunale. L'impianto idrico dovrà necessariamente raggiungere i baraccamenti. Le tubazioni di distribuzione dal punto di consegna (in prossimità del quadro elettrico generale) agli attacchi periferici, dovranno essere interrate (almeno 50 cm di profondità) e segnalate, al fine di evitare l'accidentale tranciamento e/o schiacciamento.

Si dovrà garantire la possibilità di irrorazione delle strutture durante la fase di maturazione.

Eventuali tubazioni non interrate e quindi soggette a pericolo di tranciamento o inciampo dovranno essere segnalate.

### **12.12.3 Impianto fognario**

All'interno del cantiere è stata predisposta una rete fognaria interna che sarà collegata alla pubblica fognatura.

## **12.13 Segnaletica di sicurezza**

La segnaletica di sicurezza sarà conforme alla normativa vigente ed a quanto disposto dal D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81 titolo V, dal codice della strada e dal relativo regolamento di attuazione (Legge 13 giugno 1991, n. 190 e DPR 16 dicembre 1992, n. 495).

In cantiere sono da prevedersi, in genere, i seguenti cartelli:

- All'ingresso pedonale e carrabile : divieto di accesso ai non addetti, obbligo d'uso delle scarpe antinfortunistiche, del casco protettivo e dei guanti, di avvertimento della caduta

negli scavi, cartello di divieto di superare la velocità massima consentita in cantiere (per es. 5 km/h);

- Lungo le vie di circolazione: ripetere il cartello di velocità massima consentita e disporre cartello di avvertimento passaggio veicoli;
- Nei luoghi in cui esistono specifici pericoli: obbligo di indossare i dispositivi di protezione individuali, in relazione alle necessità;
- In prossimità dei quadri elettrici e delle linee elettriche aeree ed interrate: cartello di avvertimento tensione elettrica pericolosa, di divieto di spegnere con acqua;
- Sui mezzi di trasporto: divieto di trasporto persone;
- In tutti i luoghi in cui ci può essere pericolo d'incendio (depositi di bombole, di solventi e vernici, di lubrificanti): divieto di usare fiamme libere;
- In prossimità degli scavi: cartelli di avvertimento di caduta negli scavi, cartelli di divieto di avvicinarsi agli scavi, di avvicinarsi all'escavatore in funzione e di depositare materiali sui cigli dello scavo;
- Sui box di cantiere: cartelli riportanti la destinazione d'uso dei locali;
- In prossimità del box dove è ubicato il pacchetto o la cassetta di medicazione: estratto delle procedure per il primo soccorso;
- Presso il box uffici o in altro luogo ben visibile: cartello riportante i numeri utili per l'intervento dei vigili del fuoco e dell'ambulanza;

In particolare:

#### CARTELLONISTICA PER I NON ADDETTI AI LAVORI

	INIZIO CANTIERE		Segnalazione inizio lavori di cantiere
			Pericolo attraversamento pedonale
	FINE CANTIERE		Segnalazione fine lavori di cantiere
			Vietato l'ingresso ai non addetti ai lavori
			Lavori in corso

#### CARTELLONISTICA PER GLI ADDETTI AI LAVORI

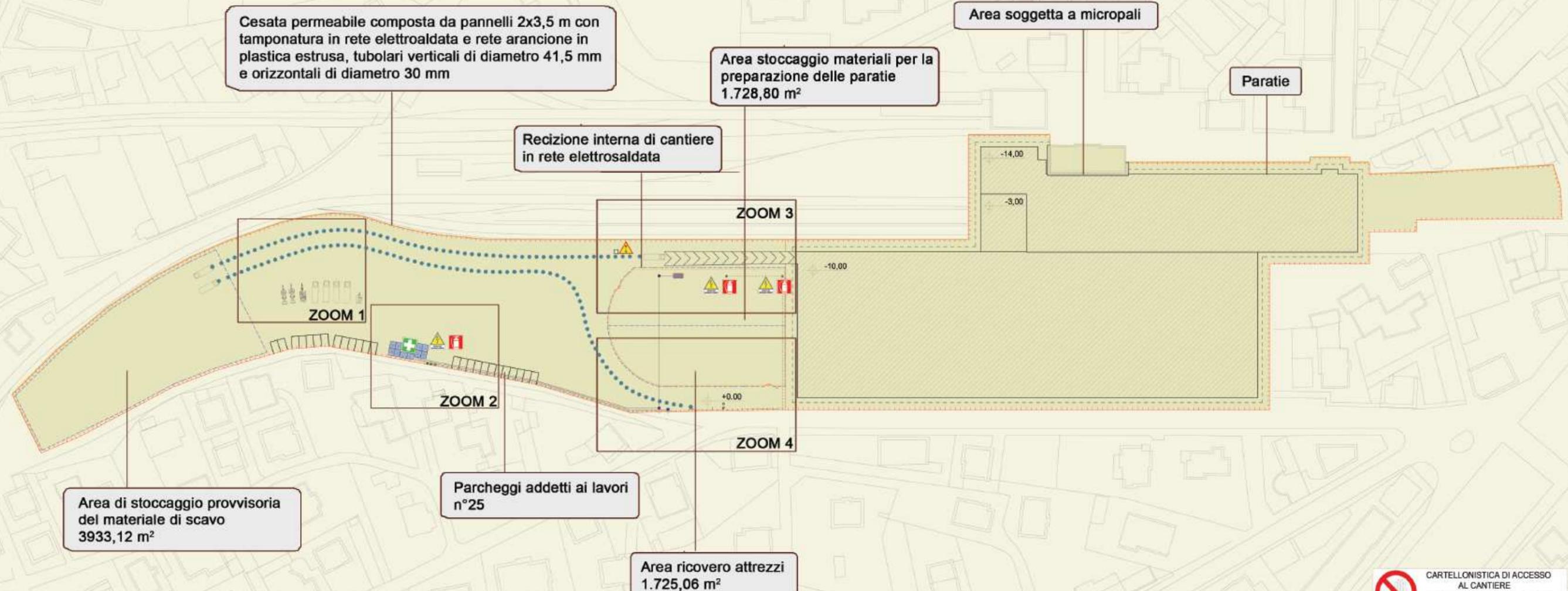
	Pericolo di scarica elettrica: Sulle carcasse delle apparecchiature elettriche sotto tensione
---	---

	Calzature di sicurezza obbligatorie: In prossimità dell'accesso al cantiere
	Casco di protezione obbligatorio: In prossimità degli accessi al cantiere
	Otoprotettori obbligatori: In prossimità di aree di lavoro rumorose
	Protezione obbligatoria degli occhi: In prossimità delle zone di lavoro in cui siano possibili proiezione di polvere, particelle o schegge
	Protezione obbligatoria del corpo
	È obbligatorio usare i guanti protettivi
	È obbligatorio usare la maschera di protezione
	Vietato fumare
	Vietato fumare o usare fiamme libere
	Divieto di spegnere con acqua
	Vietato toccare
	Vietato l'ingresso al personale non autorizzato
	Pericolo di caduta
	Pericolo generico
	Salvataggio: direzione da seguire
	Telefono per salvataggio e pronto soccorso
	Barella
	Lavaggio occhi
	Posizione del presidio di pronto soccorso: Area cantiere
	Telefono per interventi antincendio
	Posizione dell'estintore: Area cantiere
	Direzione da seguire in caso d'incendio

## **12.14 D.P.I. Dispositivi di protezione individuale**

I DPI dovranno essere adeguati ai rischi da prevenire ed alle condizioni esistenti sui luoghi di lavoro e dovranno tenere conto delle esigenze ergonomiche e di salute del lavoratore ed essere adatti all'utilizzazione. A tutti gli operai sono forniti in dotazione personale tute da lavoro con scritto impresso la ditta cui appartengono, scarpe di sicurezza, guanti, casco per la protezione del capo e tappi auricolari o cuffie contro il rumore. Inoltre sono disponibili in cantiere occhiali, maschere, cinture di sicurezza, attrezzature specifiche di trattenuta, vestiario ad alta visibilità e quant'altro necessario in relazione ad eventuali rischi specifici attinenti la particolarità del lavoro.

Di seguito si riportano gli allegati grafici alla presente relazione.

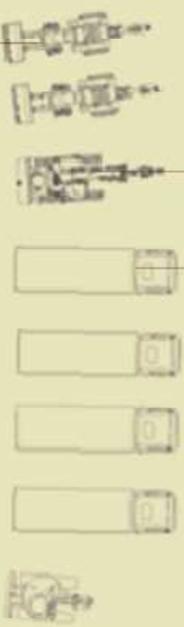


CARTELLONISTICA DI ACCESSO AL CANTIERE			
VIETATO L'ACCESSO AI NON ADDETTI AI LAVORI			
La ditta non risponde di eventuali danni a persone o cose			
	PERICOLO DI CADUTA		E' OBBLIGATORIO IL CASCO DI PROTEZIONE
	L'ACCESSO AL PERSONALE NON AUTORIZZATO		CALZATURE DI SICUREZZA OBBLIGATORIE
	ANDARE A PASSO D'UOMO		E' OBBLIGATORIO USARE I GUANTI PROTETTIVI
	ATTENZIONE CADUTA MATERIALI		E' OBBLIGATORIO USARE LE CINTURE DI PROTEZIONE
	ATTENZIONE AI CARICHI SCOSPI		E' OBBLIGATORIO INDOSSARE LA VESTI DI PROTEZIONE

Percorsi interni mezzi di cantiere

Autoarticolato con semirimorchio ribaltabile per trasporto materiali inerti

Escavatori a benna



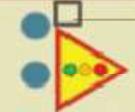
Terna

Semaforo provvisorio

Serbatoio idrico

Quadro secondario preparazione c/cis

Quadro secondario preparazione carpenteria

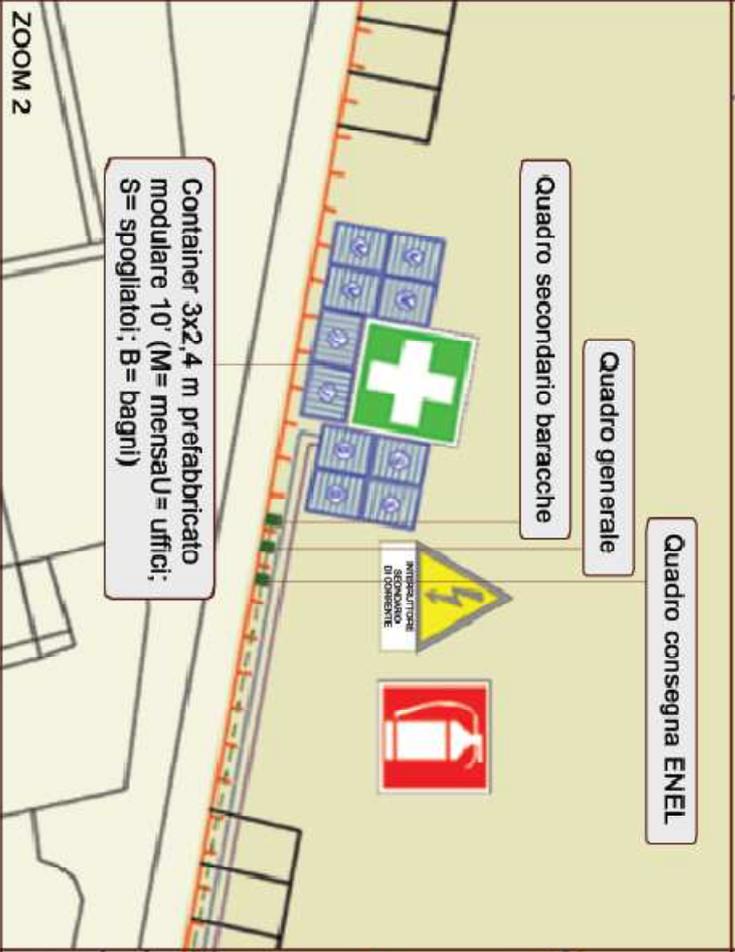


Rampa provvisoria di accesso allo scavo

ZOOM 3

Linea elettrica interna di cantiere su palificata in legno con h=6 m

Linea di messa a terra



Quadro generale

Quadro consegna ENEL

Quadro secondario baracche

Container 3x2,4 m prefabbricato modulare 10' (M= mensa U= uffici; S= spogliatoi; B= bagni)

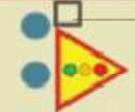


Semaforo provvisorio

Serbatoio idrico

Quadro secondario preparazione c/cis

Quadro secondario preparazione carpenteria

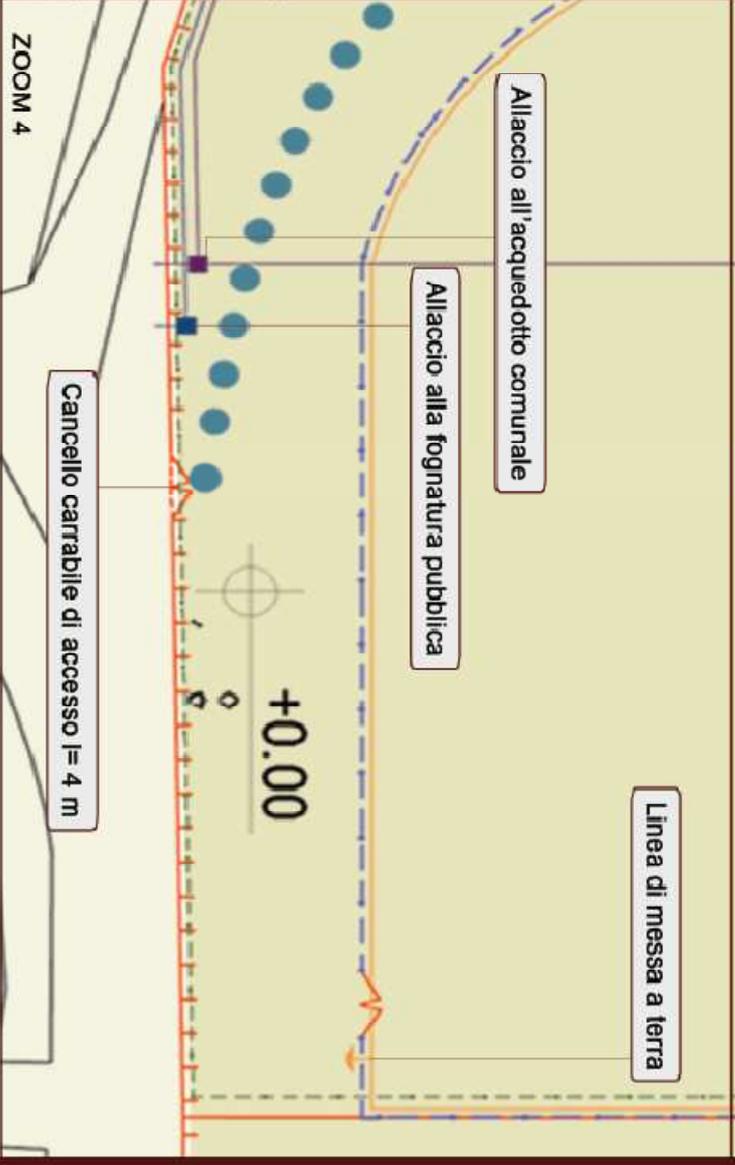


Rampa provvisoria di accesso allo scavo

ZOOM 3

Linea elettrica interna di cantiere su palificata in legno con h=6 m

Linea di messa a terra



Allaccio all'acquedotto comunale

Allaccio alla fognatura pubblica

+0.00

Cancello carrabile di accesso l= 4 m

ZOOM 4

## ***RINGRAZIAMENTI***

Si ringraziano per il contributo offerto per la stesura della presente tesi il relatore Prof. Massimo Tadi e il co-relatore Ing. Giulio Zani per il supporto e i consigli fornitoci.

Infine uno speciale ringraziamento va alle famiglie, fidanzati, fidanzate, parenti e amici dei rispettivi candidati per il sostegno morale che ci hanno sempre dato con pazienza e amore nel nostro percorso universitario e di vita.

Mattia Della Vedova

Francesco Gabellini

Virginia Gulino

# Indice delle figure

Figura 1.1 - Andamento della popolazione comune di Tirano .....	10
Figura 1.2 - Edifici scolastici nel comune di Tirano.....	14
Figura 1.3 - Vista di Tirano 1935.....	15
Figura 1.4 - Vista di Tirano 2012.....	15
Figura 1.5 - Analisi storica del comune di Tirano .....	16
Figura 1.6 - Aree verdi nella città di Tirano .....	17
Figura 3.1 - Master Plan.....	33
Figura 4.1 – Stazione centrale in Ville Contemporaine de trois millions d’habitants .....	43
Figura 5.1 - Prospetto Ovest .....	60
Figura 5.2 - Prospetto Est.....	60
Figura 5.3 - Schema funzionale della stazione di Varese .....	63
Figura 5.4 - Dati dimensionali relativi alla stazione di Varese.....	63
Figura 5.5 - Schema funzionale della stazione di Perugia .....	63
Figura 5.6 - Dati dimensionali relativi alla stazione di Perugia.....	64
Figura 5.7 - Parametri dimensionali in funzione del numero di utenti nell’ora di punta.....	66
Figura 5.8 - Dimensioni standard delle sedie a rotelle.....	68
Figura 5.9 - Principali dati dimensionali di progettazione.....	69
Figura 5.10 - Piante architettoniche piano terra e piano primo.....	71
Figura 5.11 - Pianta delle coperture .....	71
Figura 7.1 - Temperature medie mensili UNI 10349 per il comune di Tirano .....	129
Figura 7.2 - Confronto temperature .....	130
Figura 7.3 - Temperature medie massime e minime per l’anno 2011 .....	131
Figura 7.4 - Distribuzione delle temperature per la giornata più calda.....	132
Figura 7.5 - Grafici velocità e direzione vento .....	133
Figura 7.6 - Grafici velocità e direzione vento .....	134

Figura 7.8 - Piovosità nel comune di Sondrio in mm .....	135
Figura 7.7 - Grafici velocità e direzione vento .....	134
Figura 7.9 - Umidità relativa % giornaliera stazione di Sondrio per l'anno 2011 .....	136
Figura 7.10 - Andamento dell'irradiazione solare giornaliera media mensile diretta e diffusa sul piano.....	137
Figura 7.11 - Grafici irradiazione media mensile su ogni orientamento .....	138
Figura 7.12 – Grafici irradiazione media mensile su ogni orientamento.....	139
Figura 7.13 - Grafici irradiazione media mensile su ogni orientamento .....	139
Figura 9.1 - Studio ombre al 21 dicembre ore 12:00 .....	155
Figura 9.2 - Studio ombre al 21 marzo ore 12:00 .....	156
Figura 9.3 - Studio ombre al 21 giugno ore 12:00 .....	156
Figura 9.4 - Studio ombre al 21 settembre ore 12:00.....	157
Figura 9.5 - Illuminanza al 21 dicembre ore 12:00 (cielo sereno).....	160
Figura 9.6 - Illuminanza al 21 dicembre ore 16:00 (cielo sereno).....	161
Figura 9.7 - Illuminanza al 21 giugno ore 12:00 (cielo sereno).....	161
Figura 9.8 - Illuminanza al 21 giugno ore 16:00 (cielo sereno).....	162
Figura 9.9 - Illuminanza al 21 dicembre ore 12:00 (cielo coperto) .....	162
Figura 9.10 - Illuminanza al 21 dicembre ore 16:00 (cielo coperto) .....	163
Figura 9.11 - Illuminanza al 21 giugno ore 12:00 (cielo coperto) .....	163
Figura 9.12 - Illuminanza al 21 giugno ore 16:00 (cielo coperto) .....	164
Figura 9.13 - Luminanza al 21 dicembre ore 12:00 (cielo sereno).....	164
Figura 9.14 - Luminanza in falsi colori al 21 dicembre ore 12:00 (cielo sereno).....	165
Figura 9.15 - Luminanza al 21 dicembre ore 16:00 (cielo sereno).....	165
Figura 9.16 - Luminanza in falsi colori al 21 dicembre ore 16:00 (cielo sereno).....	166
Figura 9.17 - Luminanza al 21 giugno ore 12:00 (cielo sereno).....	166
Figura 9.18 - Luminanza in falsi colori al 21 giugno ore 12:00 (cielo sereno) .....	167
Figura 9.19 - Luminanza al 21 giugno ore 16:00 (cielo sereno).....	167

Figura 9.20 - Luminanza in falsi colori al 21 giugno ore 16:00 (cielo sereno) .....	168
Figura 9.21 - Luminanza al 21 giugno ore 16:00 (cielo sereno) con tende .....	169
Figura 9.22 - Luminanza in falsi colori al 21 giugno ore 16:00 (cielo sereno) con tende .....	169
Figura 9.23 - Illuminanza al 21 giugno ore 16:00 (cielo sereno) con tende .....	170
Figura 9.24 - Fattore di luce diurna medio Pad.....	170
Figura 10.1 - Valori del coefficiente di forma secondo le N.T.C. 2008 .....	176
Figura 10.2 - Valori di $q_{sk}$ da N.T.C. 2008 .....	176
Figura 10.3 - Valori del coefficiente di esposizione da N.T.C. 2008 .....	176
Figura 10.4 - Valori dei sovraccarichi di esercizio secondo le N.T.C. 2008 .....	178
Figura 10.5 - Combinazioni di carico secondo le N.T.C. 2008 .....	179
Figura 10.6 - Valori dei coefficienti di combinazione da N.T.C. 2008 .....	180
Figura 10.7 - Coefficienti parziali per le azioni da N.T.C. 2008 .....	180
Figura 10.8 - Tabella per definire la classe delle sezioni secondo le N.T.C. 2008.....	183
Figura 10.9 - Determinazione della tensione caratteristica a snervamento $f_{yk}$ secondo le N.T.C. 2008 .....	184
Figura 10.10 - Schema di determinazione della freccia.....	185
Figura 10.11 - Limiti di freccia imposti da normativa.....	185
Figura 10.12 - Schema statico di riferimento della trave primaria .....	195
Figura 10.13 - Schema statico pad.....	207
Figura 10.14 - Estratto pianta primo piano .....	207
Figura 10.15 - Andamento dei momenti flettenti nel singolo telaio .....	208
Figura 10.16 - Andamento del taglio nel singolo telaio.....	209
Figura 10.17 - Andamento delle azioni assiali nel singolo telaio .....	209
Figura 10.18 - Deformata qualitativa allo S.L.U. del singolo telaio.....	210
Figura 10.19 – Deformata qualitativa allo S.L.E. del singolo telaio.....	210
10.20 - Estratto pianta piano primo del passaggio di collegamento sopraelevato .....	214
Figura 10.21 - Schema statico trave vierendeel con combinazione allo S.L.U. ....	215

Figura 10.22 - Diagramma dei momenti flettenti agenti sulla trave vierendeel .....	215
Figura 10.23 – Diagramma del taglio agente sulla trave vierendeel.....	216
Figura 10.24 - Diagramma delle azioni assiali agenti sulla trave vierendeel .....	216
Figura 10.25 - Deformata qualitativa allo S.L.U. della trave vierendeel.....	217
Figura 10.26 - Deformata qualitativa allo S.L.E. della trave vierendeel .....	217
10.27 - Renderizzazione copertura con ProSap .....	222
Figura 10.28 - Renderizzazione copertura aggettante con ProSap .....	223
Figura 10.29 - Schema statico copertura aggettante .....	224
Figura 10.30 - Diagramma azioni assiali agenti sulla copertura aggettante allo S.L.U.....	224
Figura 10.31 - Diagramma dei momenti flettenti agenti sulla copertura aggettante allo S.L.U. ....	224
Figura 10.32 - Deformata qualitativa della copertura agente allo S.L.U.....	224
Figura 10.33 - Diagramma dei momenti flettenti agenti in copertura allo S.L.U.....	226
Figura 10.34 - Diagramma del taglio agente in copertura allo S.L.U.....	227
Figura 10.35 - Diagramma delle azioni assiali agenti in copertura allo S.L.U.....	227
Figura 10.36 - Deformata qualitativa della copertura allo S.L.U. ....	228
Figura 10.37 - Diagramma dello sfruttamento % degli elementi.....	228
Figura 10.38 - Zoom momenti agenti allo S.L.U.....	229
Figura 10.39 – Zoom taglio agente allo S.L.U.....	229
Figura 10.40 - Zoom azioni assiali agenti allo S.L.U. ....	230
Figura 10.41 - Schema statico trave reticolare rastremata con vincoli cerniera-pattino.....	230
Figura 10.42 - Diagramma momenti flettenti della trave reticolare rastremata con vincoli cerniera-pattino.....	231
Figura 10.43 - Deformata qualitativa della trave reticolare con vincoli cerniera-pattino.....	231
Figura 10.44 - Diagramma dei momenti flettenti agenti in copertura allo S.L.U.....	232
Figura 10.45 - Diagramma del taglio agente in copertura allo S.L.U.....	233
Figura 10.46 - Diagramma delle azioni assiali agenti in copertura allo S.L.U.....	234
Figura 10.47 - Deformata qualitativa allo S.L.U. della copertura .....	235

Figura 10.48 - Estratti piante blocco stazione.....	236
Figura 10.49 - Definizione della classe di sezione secondo le N.T.C. 2008.....	238
Figura 10.50 - Formule di calcolo della resistenza a taglio dei bulloni da normativa.....	240
Figura 10.51 - Distanze principali per varie tipologie di bullonatura da normativa.....	241
Figura 10.52 – Modalità di calcolo delle distanze principali da normativa.....	242
Figura 10.53 - Unione bullonata pilastro PB6 e trave primaria C67 .....	247
Figura 10.54 - Giunto cardanico pad .....	247
Figura 10.55 - Unione tra giunto sferico, aste tubolari e pilastro in acciaio.....	248
Figura 11.1 - Centrale di teleriscaldamento di Tirano .....	252
Figura 11.2 - Temperature invernali esterne di progetto .....	254
Figura 11.3 - Portate d'aria specifiche .....	256
Figura 11.4 - Indice di affollamento .....	257
Figura 11.5 - Temperature estiva esterne di progetto .....	262
Figura 11.6 - Correzioni delle temperature esterne.....	263
Figura 11.7 - Coefficienti di trasmissione e riflessione solare per incidenza normale .....	265
Figura 11.8 - Coefficiente di ombreggiamento per schermi orizzontali di dimensione finita.....	265
Figura 11.9 - Coefficiente di ombreggiamento per schermi orizzontali di dimensione infinita.....	265
Figura 11.10 - Differenze di temperatura equivalente per muri di colore chiaro .....	267
Figura 11.11 - Differenze di temperatura equivalente per muri di colore scuro.....	268
Figura 11.12 - Differenze di temperatura equivalenti per tetti di colore scuro.....	269
Figura 11.13 - Correzioni alle differenze di temperatura equivalenti.....	269
Figura 11.14 - Calore emesso dalle persone .....	270
Figura 11.15 Schema dei componenti della U.T.A.....	280
Figura 11.16 - U.T.A. 1 trattamento estivo dell'aria .....	281
Figura 11.17 - U.T.A. 1 trattamento invernale dell'aria.....	283
Figura 11.18 - U.T.A. 2 trattamento estivo dell'aria .....	285
Figura 11.19 - U.T.A. 2 trattamento invernale dell'aria.....	287

Figura 11.20 - U.T.A. 3 trattamento estivo dell'aria .....	290
Figura 11.21 - U.T.A. trattamento invernale dell'aria .....	292
Figura 11.22 - U.T.A. 4 trattamento estivo dell'aria .....	293
Figura 11.23 - U.T.A. 4 trattamento invernale dell'aria .....	296
Figura 11.24 - Velocità dell'aria consigliate nei condotti.....	298
Figura 12.1 - Esempio di per uno scavo di un parcheggio interrato .....	309
Figura 12.2 esempio di scavo di una paratia con benna.....	309

# Bibliografia

- Istat (Internet). *Popolazione Tirano 2001-2010*. Prometheo; 2004-2011. (pubblicato dicembre 2011; consultato: 15 gennaio 2012)  
Disponibile all'indirizzo <http://www.comuni-italiani.it/014/066/statistiche/recenti.html>
- Istat (Internet). *Tirano popolazione per età*. Prometheo; 2004-2011. (pubblicato gennaio 2011; consultato: 17 gennaio 2012)  
Disponibile all'indirizzo <http://www.comuni-italiani.it/014/066/statistiche/eta.html>
- Istat (Internet). *Bilancio demografico Tirano*. Prometheo; 2004-2011. (pubblicato gennaio 2011; consultato: 17 gennaio 2012)  
Disponibile all'indirizzo <http://www.comuni-italiani.it/014/066/statistiche/demobil.html>
- Istat (Internet). *Cittadini stranieri Tirano*. Prometheo; 2004-2011. (pubblicato dicembre 2011; consultato: 17 gennaio 2012)  
Disponibile all'indirizzo <http://www.comuni-italiani.it/014/066/statistiche/stranieri.html>
- Comune di Tirano, *Indagine socio economica “ Piano di Governo del Territorio”*(Tirano, 14 marzo 2012); Tirano
- Comune di Tirano, *Formazione dell'insediamento “ Piano di Governo del Territorio”*(Tirano, 14 marzo 2012); tavola, Tirano
- Istat (Internet). *Parco veicolare Tirano*. Prometheo; 2004-2011. (pubblicato dicembre 2011; consultato: 17 gennaio 2012)  
Disponibile all'indirizzo <http://www.comuni-italiani.it/014/066/statistiche/veicoli.html>
- Comune di Tirano, *Struttura degli esercizi ricettivi “ Piano di Governo del Territorio”*(Tirano, 14 marzo 2012); tavola, Tirano
- E. Godoli, A.I. Lima (2004), *Architettura Ferroviaria in Italia. Ottocento*, prima edizione, Palermo, Dario Flaccovio Editore s.r.l.
- E. Godoli, A.I. Lima (2004), *Architettura Ferroviaria in Italia. Novecento*, prima edizione, Palermo, Dario Flaccovio Editore s.r.l.
- E. Collenza (2007), *L'architettura della stazione ferroviaria*, Roma, Officina Edizioni
- J. Astolfi (2007), *La prevenzione incendi nel progetto edilizio*, Il sole 24 ore
- A.M. Lomanno (2012), *Prevenzione incendi, Professione in tasca*, Santarcangelo di Romagna (RN), Maggioli Editore S.p.A., Serie Report di Progettazione edilizia.
- Butera Federico, *Architettura e ambiente. Manuale per il controllo della qualità termica*,

*luminosa e acustica degli edifici*, ETAS, 1995

- Francesco Zanini (1986), *Elementi di termoventilazione e condizionamento dell'aria*, Milano, Aermec editore