



**POLITECNICO DI MILANO**

**POLO TERRITORIALE DI LECCO**

Facoltà di Ingegneria Edile - Architettura

# **S** USTAINABLE C H O O L

Progettazione di un istituto scolastico sostenibile in Lipari

RELATORE: Prof. Ing. Gabriele MASERA

CORRELATORE: Prof. Arch. Marco MUSCOGIURI

TESI DI LAUREA MAGISTRALE DI:

**Andrea Conserva 703809**

**Domenico Scalera 678536**

ANNO ACCADEMICO 2011/2012

# SOMMARIO

<b>ABSTRACT</b>	<b>VI</b>
<b>ABSTRACT (inglese)</b>	<b>VII</b>
<b>CAPITOLO I PRESENTAZIONE DEL PROGETTO</b>	<b>1</b>
1.1 Il bando di Concorso	2
1.2 Le isole minori Italiane	3
1.3 La sostenibilità energetica delle isole	4
1.4 Le caratteristiche degli abitati insulari	5
1.5 L'istruzione obbligatoria	7
<b>CAPITOLO II INQUADRAMENTO MACROURBANO</b>	<b>9</b>
2.1 Le isole minori Siciliane	10
2.2 Problematiche dell'Arcipelago delle isole Eolie	13
2.2.1 L'insularità	15
2.2.2 Il turismo	16
2.2.3 Le istituzioni scolastiche	16
2.2.4 I Trasporti e La mobilità	18
2.2.5 L'energia	19
2.2.5 L'azione vulcanica	20
2.3 L'isola di Lipari	20
2.4 La frazione di Canneto	35
2.5 Indice di pericolosità vulcanica	43
2.6 Evoluzione demografica	45
2.7 Storia dell'arcipelago	50
2.8 Previsioni d'incremento demografico al 2024	62
2.9 Classificazione degli edifici scolastici	64
2.10 Vincoli	81
2.11 Sistema idrico e Risorse energetiche	83
2.12 Accessibilità	86
2.12.1 Tratte marittime	86
2.12.2 Rete stradale	87
<b>CAPITOLO III INQUADRAMENTO MICROURBANO</b>	<b>90</b>
3.1 Metodologia	91
3.2 Scopi del progetto	91
3.3 Nuovo PRG del comune di Lipari	92
3.4 Perequazione -Trasferimento destinazione d'uso	93
3.5 Area d'intervento – stato di fatto	96
3.6 Accessibilità	114
3.7 FDOM	115
3.8 Concept	115
3.9 Masterplan	116
3.10 Nuova accessibilità	117
<b>CAPITOLO IV IL PROGETTO ARCHITETTONICO</b>	<b>118</b>
4.1 L'evoluzione architettonica tradizionale delle isole	119



<b>4.2 Stratificazione storico-economica dell'architettura</b>	<b>121</b>
<b>4.3 Il patrimonio architettonico delle isole eolie</b>	<b>127</b>
<b>4.4 Cenni storici sull'edilizia scolastica</b>	<b>130</b>
<b>4.5 Tipologie di layout</b>	<b>137</b>
<b>4.6 Problematiche e propositi</b>	<b>139</b>
<b>4.7 Riferimenti normativi</b>	<b>143</b>
<b>4.8 Riferimenti progettuali</b>	<b>146</b>
<b>4.9 Concept architettonico formale</b>	<b>156</b>
<b>4.10 Studio planivolumetrico</b>	<b>159</b>
<b>4.11 Organizzazione funzionale</b>	<b>160</b>
4.11.1 Hall d'ingresso	163
4.11.2 La scuola materna	163
4.11.3 Servizi per la didattica	164
4.11.4 La scuola media	165
4.11.5 La scuola elementare	166
4.11.6 La biblioteca scolastica	167
<b>4.12 Colore e pedagogia</b>	<b>168</b>
<b>4.13 Studio dei prospetti</b>	<b>172</b>
4.13.1 Ingresso	173
4.13.2 Atrio	174
<b>4.14 I materiali</b>	<b>175</b>
<b>4.15 Vision e linee guida</b>	<b>177</b>
4.15.1 Giochi e sensi	177
4.15.2 Progettazione del verde	179
<b>4.16 Ecosostenibilità</b>	<b>180</b>
<b>4.17 Soluzioni tecnologiche principali</b>	<b>184</b>
<b>4.18 Progetto antincendio</b>	<b>186</b>
4.18.1 Riferimenti normativi	186
4.18.2 Classificazione	186
4.18.3 Caratteristiche costruttive	186
4.18.4 Comportamento al fuoco	187
4.18.5 Sezionamenti	188
4.18.6 Misure per l'evacuazione in casi di emergenza	189
4.18.7 Spazi a rischio specifico	190

## **CAPITOLO V      IL PROGETTO STRUTTURALE** **192**

<b>5.1 Riferimenti normativi</b>	<b>193</b>
<b>5.2 Dati generali</b>	<b>194</b>
<b>5.3 Corrosione degli acciai in ambiente aggressivo</b>	<b>196</b>
<b>5.4 Azione sismica</b>	<b>201</b>
<b>5.5 Forza orizzontale alla base dell'edificio</b>	<b>215</b>
<b>5.6 Azione del vento</b>	<b>218</b>
<b>5.7 Azione della neve</b>	<b>229</b>
<b>5.8 Peso dei pacchetti tecnologici</b>	<b>230</b>
<b>5.9 Pre-dimensionamento lamiera grecata</b>	<b>231</b>
<b>5.10 Dimensionamento delle travi secondarie</b>	<b>233</b>
<b>5.11 Dimensionamento trave primaria critica</b>	<b>249</b>
<b>5.12 Calcolo del pilastro di bordo critico</b>	<b>271</b>
<b>5.13 Unioni bullonate</b>	<b>287</b>
<b>5.14 Calcolo del setto in calcestruzzo armato</b>	<b>304</b>

5.15 Trave Reticolare	314
<b>CAPITOLO VI</b>	<b>IL BILANCIO ENERGETICO</b>
	<b>341</b>
<b>6.1 Riferimenti Normativi</b>	<b>342</b>
<b>6.2 Dati generali - zone termiche</b>	<b>344</b>
<b>6.3 Condizioni esterne</b>	<b>345</b>
6.3.1 Dati climatici	345
6.3.2 Irraggiamento solare	346
6.3.3 Vento	348
6.3.4 Indice termoigrometrico e comfort termico	351
6.3.5 Piovosità	356
<b>6.4 L'involucro edilizio</b>	<b>357</b>
6.4.1 Parametri di valutazione dell'involucro	358
6.4.2 $EP_{i,lim}$	360
6.4.3 $EP_{e,lim}$	362
<b>6.5 Caratteristiche dell'involucro</b>	<b>363</b>
6.5.1 Serramenti	363
6.5.2 Chiusure opache	368
6.5.3 Descrizione dei pacchetti tecnologici	371
6.5.4 Schede pacchetti tecnologici	372
<b>6.6 Ventilazione interna</b>	<b>379</b>
6.6.1 Ventilazione ibrida	381
<b>6.7 Calcolo del fabbisogno ideale – analisi involucro</b>	<b>391</b>
6.7.1 Fabbisogno ideale estivo e durata di raffrescamento	391
6.7.2 Fabbisogno ideale estivo B2 (uffici – scuola dell'infanzia)	394
6.7.3 Fabbisogno ideale estivo B1 (scuola primaria-secondaria)	400
6.7.4 Fabbisogno ideale invernale e capacità termica	403
6.7.5 Fabbisogno ideale invernale B1	406
6.7.6 Fabbisogno ideale invernale – B2	409
<b>CAPITOLO VII</b>	<b>STUDIO ILLUMINOTECNICO</b>
	<b>412</b>
<b>7.1. Comfort visivo</b>	<b>413</b>
<b>7.2 Riferimenti normativi</b>	<b>414</b>
<b>7.3 Software di calcolo</b>	<b>418</b>
<b>7.4 Analisi delle ombre</b>	<b>419</b>
<b>7.5 Scelte progettuali</b>	<b>425</b>
<b>7.6 Luce naturale</b>	<b>426</b>
7.6.1 Fattore di luce diurna	426
7.6.2 Illuminamento	427
7.6.3 Il corridoio ipogeo	442
<b>7.7 Luce artificiale</b>	<b>443</b>
7.7.1 Illuminamento luce artificiale	447
7.7.2 Analisi dei consumi per l'illuminazione	448
<b>CAPITOLO VIII</b>	<b>STRATEGIE PER IL RISPARMIO ENERGETICO</b>
	<b>450</b>
<b>8.1 Impianto fotovoltaico</b>	<b>451</b>
<b>8.2 Impianto di recupero delle acque reflue</b>	<b>455</b>
8.2.1 Riferimento normativi	455
8.2.2 Scopi del progetto	455
8.2.3 La depurazione ad alte temperature esterne	457

8.2.4 Trattamenti di depurazione	458
8.2.5 Trattamento preliminare - La vasca settica	459
8.2.6 Trattamento II – Sistema a flusso subsuperficiale	462
8.2.7 Vasca di accumulo delle acque piovane	469
8.2.8 Conclusioni	470
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>VII</b>
<b>INDICE DELLE FIGURE</b>	<b>XIII</b>
<b>INDICE SCHEDE</b>	<b>XVII</b>
<b>Allegato A – Indice tavole formato A2</b>	<b>XIX</b>
<b>Allegato B – Indice tabulati bilancio energetico (EBA2)</b>	<b>XX</b>

# ABSTRACT

La tesi tratta la progettazione di un istituto scolastico sull'isola di Lipari a partire da un bando di concorso pubblicato dall'ENEA nel 2011: "L'energia solare per le isole minori e le aree marine protette".

Il progetto vuole porsi come modello innovativo per l'edilizia scolastica e, più in generale, vuole essere un esempio costruttivo per la comunità liparese, focalizzando l'attenzione non solo sugli aspetti funzionali, ma anche su quelli tecnologici.

La scelta della tipologia edilizia, oltre a seguire le richieste del PRG di Lipari di recente approvazione, permette di affrontare un tema molto attuale, in quanto le scuole presenti oggi in Italia, non sono adatte agli attuali standard didattici e necessitano di un sostanziale rinnovamento.

Soddisfare le richieste progettuali senza compromettere le risorse primarie presenti sull'isola e la bellezza del paesaggio circostante ha reso necessario l'elaborazione di un concept architettonico che presupponesse uno studio planimetrico a grande scala. Le successive scelte architettoniche sono state condizionate dalla tradizione costruttiva locale: finestre incorniciate, aggetti per la protezione dalle radiazioni solari e materiali tipicamente eoliani come la ceramica e la pietra pomice sono stati ripensati in chiave moderna per esaltare una visione di scuola libera ed aperta che al contempo si nasconda dall'invadente flusso turistico che inquinerebbe la salubrità del percorso formativo.

Il risultato è un edificio ecosostenibile che contenendo gli sprechi, stabilisce un forte legame con la natura ed con il luogo circostante. In più, attrezzando l'edificio di servizi utili alla comunità, si è cercato di stabilire un rapporto diretto con tutta la popolazione liparese.

La scelta delle strategie per il risparmio energetico vuole essere un esempio concreto alla risoluzione delle problematiche principali dell'isola: l'installazione di un impianto di fitodepurazione e di accumulo delle acque piovane cerca di ridurre il consumo idrico dell'istituto, così come l'impianto fotovoltaico integrato sulle grandi coperture sfrutta quella che è la risorsa maggiore del mediterraneo. Le analisi sul fabbisogno energetico e sull'illuminotecnica, hanno fornito i dati necessari a comprendere quanto l'edificio fosse performante e confortevole durante i periodi di fruizione, suggerendo in alcuni casi delle modifiche.

## ABSTRACT (INGLESE)

The thesis deals with the project of a school institute located on the isle of Lipari starting from a competition published by the ENEA in 2011: "Solar energy for the smaller islands and the protected marine areas."

The project aims to be an innovative pattern for the school building and, more generally, wants to be a constructive example for the community of Lipari, focusing not only on the functional aspects, but also on the technological ones.

The choice of the type of building, besides the requirements of the Master Plan of Lipari recently approved, allows you to address a very current subject, as schools present in Italy today, are not suited to the current educational standards and they need a substantial renovation.

Meeting the project requirements without compromising the primary resources on the island and the beauty of the surrounding landscape has required the development of an architectural concept that presumes a planimetric floor plan study on a large scale. The following architectural choices have been constrained by the local building traditions: framed windows, overhangs for protection from solar radiation and materials such as ceramics and typical Aeolian pumice stone have been redesigned in a modern way to enhance a vision of a free and open school that at the same time could hide the invasive flow of tourists that would have polluted the healthiness of their training.

The result is a sustainable building that containing waste, establishes a strong connection with nature and the surrounding area. Moreover , In equipping the building with the useful services for the community, we have tried to establish a direct relationship with the whole population of Lipari.

The choice of strategies for saving energy wants to be a concrete example with the resolution of the main problems of the Isle: the installation of a system of constructed wetlands and stormwater storage seeks to reduce the water consumption of the institute, as well as the ' integrated photovoltaic system on large roofs exploits what the major source of the Mediterranean is . The analysis of the energy requirements and on the lighting have provided the data needed to understand how the building was powerful and comfortable during the periods of the usage, suggesting some changes

*“Scheggia lavica che affiora dalla schiuma bianca del mare, è isola del vento e del sole; angolo di paradiso dove il mistero della natura si riflette in acque cristalline, Lipari è una delle sette meraviglie delle isole Eolie. La più estesa, la più popolata. Stordisce con i suoi profumi, stupisce per la sua bellezza, asseconda lo spirito cullandolo nell’armonia dei suoi segreti. Luci e colori, rocce vulcaniche, sole caldo, odorosa malvasia, erica, capperi, aromi di antiche tradizioni... E’ l’isola dove è possibile ricongiungersi al proprio respiro interiore, è il luogo dove nulla è banale; geografie impossibili, sbuffi sulfurei, baluginare di candide pomici e spettacolari colate di ossidiana; profonde grotte, pittoresche insenature, imponenti faraglioni e, tutto intorno, un mare trasparente, quasi vitreo, custode di incantesimi e leggende. Paesaggi mozzafiato dove ogni inquadratura racconta la felice solitudine di luoghi magici, suggestivi che difficilmente si lasceranno dimenticare... E’ facile addentrarsi nell’isola attraverso sentieri e vecchie mulattiere, magari cogliendo gli scorci panoramici più nascosti o immergendosi nelle virtù terapeutiche delle terme; altrettanto semplice sarà perdersi nell’incanto della vegetazione mediterranea: il viola dell’erica, il verde della macchia, il giallo delle ginestre, tinte e sfumature che accompagnano gli estesi vigneti da cui nasce la pregiata e genuina Malvasia, vino denso, dolce, dal colore chiaro; rara e deliziosa bevanda che, è di uno schietto color d’ambra, generoso insieme, e soave che inonda e colora la bocca d’un amabile fragranza.”*

# CAPITOLO I

## PRESENTAZIONE DEL PROGETTO

Il capitolo ha la finalità di esplicitare i criteri con cui è stata definita l'area di progetto: la volontà di inserirsi in un contesto favorevole alla realizzazione di un modello di "isola auto-sostenibile", ha portato a scegliere il comune di Lipari come luogo di progetto. L'inquadramento del tessuto insulare ha evidenziato le problematiche più urgenti da affrontare in sede progettuale.

## 1.1 Il bando di Concorso

Il GSE<sup>1</sup> pubblica il bando 2011, seconda edizione del bando del concorso internazionale di idee per progetti innovativi mirati all'utilizzo delle energie rinnovabili nei contesti delle isole minori. Nell'ambito del Protocollo d'intesa triennale siglato dal Gestore dei Servizi Energetici con il Ministero per i Beni e le Attività Culturali, il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, l'associazione MAREVIVO, CITERA (Centro di Ricerca Interdisciplinare Territorio Edilizia Restauro Ambiente) dell'Università La Sapienza di Roma e l'ENEA (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile), è stata pubblicata la seconda edizione del bando del concorso internazionale di idee aperto a diverse categorie di partecipanti, con l'obiettivo di stimolare la produzione di soluzioni progettuali per la creazione di dispositivi o di impianti che sfruttino al meglio le risorse energetiche naturali, coniugando le esigenze di sviluppo locale con la valorizzazione del patrimonio paesaggistico.

Di seguito si riportano degli estratti del bando di Concorso per meglio cogliere il significato del concorso

*“Il concorso mira ad incentivare la ricerca di soluzioni che riescano a contemperare l'utilizzo di componenti e sistemi impiantistici per la produzione di energia termica e/o elettrica dalle fonti rinnovabili (o inesauribili) - sole, vento, geotermia ad alta entalpia, biomasse, maree, correnti e moto ondoso - con il rispetto dell'ambiente, dei caratteri tipologici dell'architettura propri del luogo e del paesaggio delle isole minori e delle aree marine protette italiane...”*

*Le tipologie di progetti ammissibili sono le seguenti:*

*I. ideazione di un componente o di un elemento captante, parte di un impianto generatore di energia, innovativo per design o tecnologia utilizzata, che, in sequenza o singolarmente, si inserisca in una o più utenze nel rispetto dei requisiti di cui al comma 2 dell'art. 1; verranno considerati anche progetti che, utilizzando le componenti o gli elementi già esistenti sul mercato, riescano ad integrarsi nel contesto architettonico locale;*

*II. ideazione di un sistema impiantistico, applicato allo specifico contesto territoriale, che riesca a soddisfare la richiesta energetica di una porzione o di tutta l'utenza locale, che si situi in posizione ottimale rispetto alla configurazione territoriale o marina in esame, che utilizzi la minore quantità possibile di suolo o di fondale...*

*Il concorso, di carattere internazionale, è aperto alle seguenti categorie di partecipazione:*

*a) Tesi di laurea magistrali/specialistiche di studenti delle facoltà universitarie di architettura, ingegneria o equivalenti nei diversi paesi di appartenenza...*

*... i progetti presentati verranno giudicati secondo il seguente ordine di priorità dei criteri di valutazione:*

*1. Integrazione:*

---

<sup>1</sup> Gestore Servizi Energetici: azienda per la promozione della sostenibilità ambientale attraverso l'incentivazione e lo sviluppo delle fonti di energia rinnovabile in Italia



a) devono essere contestualizzati nel paesaggio delle isole minori e/o delle aree marine protette italiane in cui verranno utilizzati, prevedendo soluzioni idonee a garantire l'ottimale inserimento nel contesto paesaggistico ed architettonico locale;

b) devono prevedere soluzioni idonee a migliorare l'impatto ambientale del contesto in cui vengono applicati e contribuire a ridurre il ricorso a fonti fossili di energia.

2. *Innovazione*: devono evidenziare l'originalità dell'applicazione, della tecnica di montaggio o di assemblaggio, del tipo di produzione e della tipologia di materiali utilizzati, privilegiando l'adozione di materiali eco-compatibili, naturali o riciclabili.

3. *Performance energetica*: devono risultare energeticamente efficienti, considerando sia la componente attiva, sia l'eventuale effetto della componente passiva.

Devono altresì essere economicamente competitivi, proponibili sul mercato a costo di produzione contenuto..."

## 1.2 Le isole minori Italiane

I mari che bagnano la penisola e le isole maggiori italiane sono disseminati di formazioni insulari minori che presentano differenze rilevanti per origine geologica, estensione e caratteristiche di popolamento.

Sin dai primi anni del '900, gli studiosi di geografia non hanno esitato a privilegiare un'analisi regionale alle diverse scale di riferimento, dedicando alcuni studi al fenomeno dell'insularità riguardante isole *piccole*<sup>2</sup> e *minori*<sup>3</sup>.

Gran parte delle isole minori sono prossime alla linea costiera, evidenziando più o meno recenti frammentazioni dei bordi della massa continentale causati dai remoti processi di disfacimento: le isole piccole.

Con una superficie di 920 Km<sup>2</sup> ospitano una popolazione di circa 200.000 abitanti e rappresentano l'8% degli 8094 Comuni italiani. Pur nella varietà morfologica, connessa alle diversità di origine geologica e composizione litologica, i paesaggi dell'insularità minore presentano alcuni tratti costanti:

- la prevalenza di coste rocciose rispetto a litorali sabbiosi,
- l'orografia segnata da rilievi accentuati, con punte altimetriche oltre i mille metri (Elba) ed oltre i cinquecento (Napoletane, Eolie).

Ad oggi, le isole minori si raccolgono in sette regioni:

- Campania;
- Lazio;
- Liguria;

---

<sup>2</sup> *Isola piccola*: solitamente riferito a unità dipendenti dalla terraferma (isola di Gallinara, isolotto di Bergeggi, etc..),

<sup>3</sup> *Isola Minore*: utilizzato per unità insulari autonome in termini amministrativi comunali, ma dipendenti da contesti regionali più ampi (isole dell'arcipelago Toscano, Ponziante, Partenopee, Siciliane, Sarde e delle Tremiti).

- Puglia;
- Sardegna;
- Sicilia;
- Toscana.

Sotto il profilo gestionale possono essere suddivise in tre macro categorie:

- Isole che non sono sede di un'entità amministrativa territoriale;
- Isole la cui entità amministrativa esiste e coincide con la superficie dell'isola (Capri, Favignana,..);
- Isole su cui esistono più entità amministrative che differiscono sensibilmente dalla superficie dell'isola (Lipari, Isole Tremiti,..).



Fig. 1.1 - Principali isole minori italiane

### 1.3 La sostenibilità energetica delle isole

Per effettuare una selezione delle possibili aree d'intervento, si è fatto ricorso a un modello che potesse prospettare uno scenario di auto-sostenibilità energetica per il per l'isola. Questo si basa sulla densità di popolazione dei territori abitati [ab/km<sup>2</sup>]. Tra i due valori limite si collocano le isole con una elevata potenzialità di auto-sostentamento:

- 50 abitanti/kmq: minimo numero di abitanti che consente il processo di start-up per uno sviluppo sostenibile;

- 350 abitanti/kmq: massimo numero al di sopra del quale ha origine la congestione.

	REGIONE	PROVINCIA	ISOLA	SUPERFICIE km <sup>2</sup>	Residenti	Densità Ab/km <sup>2</sup>
01	Lazio	Latina	Ponza	9,85	3 360	341,12
02	Puglia	Foggia	Isole Tremiti	3,13	486	155,27
03	Sardegna	Carbonara	Calasetta	30,98	2 901	93,64
04		Carbonara	Carloforte	50,24	6 420	127,79
05		Carbonara	Sant'Antioco	115,59	11 630	100,61
06		Olbia	La Maddalena	49,37	11 899	241,02
07		Sassari	Porto Torres	102,62	22 567	219,91
08		Sicilia	Trapani	Favignana	37,45	4 314
09	Trapani		Pantelleria	83,02	7 846	94,51
10	Agrigento		Lampedusa e Linosa	25,48	6 374	250,16
11	Messina		Leni	8,56	708	82,71
12	Messina		Lipari	88,61	11 268	127,16
13	Messina		Malfa	8	1 001	125,13
14	Messina		S. Maria Salina	8	894	111,75
15	Palermo		Ustica	8,65	1 332	153,99
16	Toscana	Livorno	Campo dell'Elba	55,63	4 651	83,61
17		Livorno	Capolivieri	38,93	3 887	99,85
18		Grosseto	Isola del Giglio	23,80	1 466	61,6
19		Livorno	Porto azzurro	13,30	3 578	269,02
20		Livorno	Portoferraio	47,46	12 224	257,56
21		Livorno	Rio nell'Elba	16,71	1 244	74,45

Tab. 1. 1 Isole potenzialmente auto-sufficienti

Il Comune di Lipari, sede dell'area di progetto e dell'amministrazione che gestisce l'arcipelago delle isole Eolie, ha una densità di 130 ab/km<sup>2</sup>. Possiede un elevato potenziale di auto-sostenibilità energetica, persegue gli obiettivi del bando di concorso e cerca di essere uno stimolo positivo all'integrazione delle nuove tecniche costruttive con quelle tradizionali con il preciso scopo di realizzare edifici a basso consumo che preservino l'identità del luogo e siano perciò sostenibili.

## 1.4 Le caratteristiche degli abitati insulari

La condizione insulare è stata nel corso dei secoli sinonimo di isolamento. Per questo, l'esigenza primaria delle comunità isolane era il conseguimento del massimo possibile di autosufficienza alimentare, idrica, energetica e difensiva. Tipologie abitative e scelte dei siti degli agglomerati rispondevano a tali esigenze: il modello insediativo tipico era basato sulla dislocazione in sito sopraelevato rispetto al livello di costa del nucleo centrale con la chiesa e le altre strutture pubbliche, palazzo signorile ed abitazioni plurifamiliari, concentrate in un tessuto edilizio ristretto solcato da viuzze pedonali, o al più, percorribili a dorso di mulo. A livello del mare, un nucleo più modesto sorgeva in corrispondenza del punto di approdo naturale maggiormente protetto dalle traversie meteo-marine, a servizio di pescatori e marinai, con rimessaggio di barche e deposito di merci in transito o difficilmente stipabili nel nucleo superiore. Nelle isole con superficie estesa e con

perimetro costiero in grado di offrire diversi punti di approdo, laddove la popolazione riteneva conveniente ripartirsi in più insediamenti, il modello si riproduceva dando vita a più borghi, ciascuno contrassegnato da un agglomerato principale in alto e in uno «marino» in basso.

Dall'età romana fino all'800, Elba, Ischia, Procida, Lipari, Favignana, San Domino hanno assunto, a seconda dei momenti storici e dei contesti politici, ruoli strategici per il controllo delle comunicazioni marittime o d'avamposto per l'intercettazione di navigli ostili diretti alla terraferma. Fortezze elevate sulle alture, cinte murarie erette intorno ai nuclei principali dell'abitato, torri d'avvistamento e comunicazioni ottiche, fortini posti a difesa delle bocche portuali caratterizzano in modo vistoso i paesaggi insulari, specie dove la «città murata» si contrappone e sovrasta l'abitato fuori le mura, venuto modellandosi secondo tipologie tradizionali conformi alle modeste esigenze e possibilità degli abitanti.

La presenza di risorse minerarie gioca un ruolo rilevante nella dislocazione e nella tipologia degli abitati e delle infrastrutture sui territori isolani. Nell'Elba l'insediamento principale, Portoferraio, deve, oltre che il toponimo e la sua maggior consistenza demografica (oltre 10 000 abitanti, più d'un terzo del totale isolano), anche la più ampia estensione spaziale ed attrezzatura portuale, appunto alla funzione storicamente assolta di scalo d'esportazione del minerale ferroso, di cui l'isola è ricca, verso gli impianti siderurgici della fronteggiante Piombino (e di Bagnoli, almeno nei primi decenni del .900).

A Lipari, l'abitato si è esteso a ridosso delle alture prevalentemente costituite da pomici vulcaniche, per il cui sfruttamento sono stati realizzati impianti di triturazione costiera e moli d'imbarco (oggi assai meno utilizzati che in passato). Sorgenti termali sono presenti in alcune isole (Pantelleria, Lipari, Vulcano), ma sono numerose soprattutto ad Ischia dove, per le proprietà curative conosciute sin dall'età romana, sono all'origine di un turismo termale che ha avuto andamento crescente dall'Ottocento ad oggi e che ha dilatato gli antichi abitati con imponenti strutture alberghiere. La casa isolana, sia inserita nell'abitato, sia isolata, testimonia sovente le prevalenti condizioni climatiche e la natura dei suoli. Laddove la risorsa idrica scarseggia o è del tutto assente i tetti sono bombati, con bordi sopraelevati per meglio raccogliere le acque piovane e convogliarle attraverso canalette o tubi di gronda all'interno di cisterne interrato ed impermeabilizzate, alle quali attingere attraverso pozzi. Venti frequenti e variabili inducono a prediligere case basse, ad un solo piano (i «dammusi<sup>4</sup>» di Pantelleria) ed a riparare le coltivazioni con frangivento vegetali o in muratura.

---

<sup>4</sup> *Il tipico dammuso dell'isola di Pantelleria, è di origini incerte ma probabilmente remote. Gli esemplari più semplici sono costruzioni in pietra lavica locale, murata a secco con duplice paramento di pietre sbozzate a spacco e mura di notevole spessore. La pianta è generalmente quadrangolare ed è sormontata da una copertura a cupola o più raramente a botte, imbiancata a calce ed usata per la raccolta delle acque piovane che alimentano le cisterne. Caratteristici elementi di arredo architettonico del dammuso pantesco sono la casena (nicchia nelle pareti), la ducchena (banchina in pietra addossata alle pareti), la pinnata (tettoia con travature in legno e copertura di canne) e il passiaturo (sorta di corridoio scoperto per il collegamento di ambienti diversi).*



Fig. 1. 2 - Lipari Castello, isola di Lipari

## 1.5 L'istruzione obbligatoria

Le difficoltà di crescita nella società insulare sono identificabili non soltanto nella carenza di risorse fisiche e finanziarie, ma anche nel sistema di competenze e di interazioni socio-produttive e dal fatto che le Isole sono per lo più rimaste estranee a fenomeni di industrializzazione esterna. Nella popolazione scolastica si rileva una notevole percentuale di alunni problematici, in quanto portatori di un disagio familiare, sociale, ambientale che trova le sue motivazioni intrinseche nelle condizioni di sostanziale "insularità" di questa comunità, nonostante l'evidente e contraddittorio sviluppo economico legato al turismo estivo. Sul piano degli interventi a sostegno dell'economia insulare si assiste, in questo particolare momento, a una fase di stallo dovuta alla difficoltà di attuare piani di programma precedentemente predisposti. Alla difficoltà di generare una efficiente rete di sviluppo che volge al futuro, si saldano le criticità del passato.

Diverse sono le scuole dove si riscontra un'utenza proveniente da zone a rischio, di cui una parte è rappresentata da ragazzi "problema". La gran parte dei nuclei familiari è numerosa, il grado di alfabetizzazione mediocre, il lavoro spesso precario, con conseguente scarsa sensibilità verso la scuola, incapacità di offrire un valido supporto all'attività scolastica dei figli e di svolgere quel ruolo di agenzia educativa che è proprio della famiglia.

In questa società complessa e, per certi versi, difficile e piena di contraddizioni, nella quale punte estreme di benessere e di malessere o disagio si trovano a convivere fra loro, solcata da profondi rinnovamenti in cui l'evoluzione dei saperi, delle tecnologie e delle professioni impone nuovi modi di insegnare e apprendere, le Istituzioni scolastiche devono realizzare un servizio formativo sempre più di qualità e aderente alle esigenze del territorio e dei propri cittadini. Non si deve dimenticare, infatti, che le caratteristiche che contraddistinguono i sistemi produttivi sono la dinamicità e l'innovazione, per cui lavoro, apprendimento e cambiamento devono procedere in parallelo, per far sì che la gestione della conoscenza (cioè il saper costruire e trasformare conoscenza) non abbia più un ruolo solamente strumentale, ma sia l'unica vera fondamentale

risorsa dei processi stessi. Ciò implica la necessità di sviluppare capacità di buona comunicazione, di facile relazionalità, di una professionalità spendibile in una società ormai post-industriale.

In tale contesto il ruolo della scuola non può che essere trainante per lo sviluppo dei territori insulari: essa ha il compito di “fare cultura”; è chiamata e coinvolta in un rinnovamento che tocca i contenuti disciplinari, i programmi di studio, gli obiettivi di apprendimento e deve fornire gli strumenti per imparare a essere consapevoli sia della materia di studio, sia del modo di procedere nell'apprendere, nel pensare e nell'essere. In sintesi: una scuola in grado di insegnare a volare alto; una scuola che sappia dialogare da pari a pari con il territorio e la società; che assuma ruolo e funzione di guida e di sviluppo.

Scuola e insegnanti si trovano a essere chiamati a misurarsi con la realtà che irrompe e quindi sono necessitati a sperimentare e impiegare nuove metodologie di intervento didattico, nuovi modelli organizzativi, nuove corrispondenze nel rapporto con il territorio.

La situazione attuale denota un differenziale tra esigenze e tendenze del tessuto sociale:

- il tessuto sociale tende a non considerare prioritario la funzione della scuola
- la scuola, rimasta immobile e quasi isolata in un contesto sociale in cui tutto cambia con grande velocità, deve riappropriarsi della sua funzione attraverso:
  - un miglioramento della capacità di analisi del territorio
  - una riqualificazione delle professionalità interna
  - un dialogo costante con le altre istituzioni

Le strutture scolastiche liparesi più efficienti si concentrano nel centro del Comune, mentre le frazioni più lontane sono servite da strutture chiuse o fatiscenti. L'organizzazione scolastica si fonda su Istituti *comprensivi*<sup>5</sup> che comprendono scuola materna, elementare e media. Vi sono anche dei plessi dedicati all'istruzione di II grado anche se la maggior parte degli studenti liparesi si sposta nelle strutture presenti sull'isola principale.

---

<sup>5</sup>Con l'espressione 'Istituti Comprensivi' - appartenente al lessico istituzionale - vengono indicati, in senso stretto, le Istituzioni - comprendenti le scuole materna, elementare e media (oggi scuola dell'infanzia e scuola di base) costituite ai sensi della legge 97/94 e successive disposizioni; in senso lato si definiscono tali le istituzioni scolastiche - meno diffuse ma pure esistenti in numero crescente - comprendenti tutti gli altri tipi di 'accorpamenti' e cioè non solo scuole di cicli scolastici diversi, in verticale, ma anche in orizzontale accomunando in un'unica istituzione indirizzi anche molto diversi tra loro, come, ad esempio, licei e istituti tecnici ecc. Il termine luoghi vuole qui evocare, almeno in parte, il significato che ad esso viene conferito da M. Augé, 1993 (Nonluoghi, trad. it. Milano, Eleuthera) come contesto in cui vengono percepite e attivate particolari forme di relazione e di appartenenza, contrapposto a non luoghi come contesto nel quale non vengono percepite e vissute tali dinamiche psicosociali

## CAPITOLO II

### *INQUADRAMENTO MACROURBANO*

Il capitolo approfondisce la condizione che caratterizza il luogo di progetto e definisce la tipologia edilizia che si andrà a progettare. L'intero arcipelago delle isole Eolie è caratterizzato da peculiari caratteristiche ecologiche, terrestri e marine riconosciute nel 2000 dall'UNESCO con la nomina di "patrimonio naturalistico e culturale. È doveroso sottolineare che tutte le Isole Minori rappresentano territori "deboli" dal punto di vista ambientale ed economico sociale anche all'interno del quadro regionale perché caratterizzati da una condizione di "emarginazione geografica" attenuata durante il periodo estivo dalla presenza turistica che però evidenzia pericoli di insostenibilità ambientale nei periodi di picco stagionale con problemi di approvvigionamento idrico, smaltimento dei rifiuti ed esplosione del traffico sulle strade.

In un clima in cui il pericolo maggiore per la comunità è anche la loro prima fonte di guadagno, il compito educativo della scuola, più che in altri luoghi è di difficile realizzazione: la possibilità di guadagni facili che integrano sensibilmente i bilanci familiari e personali e l'opportunità di superare l'isolamento territoriale venendo a contatto con culture diverse mettono a dura prova la credibilità della strutture scolastiche. A ciò si affiancano problematiche di mobilità, di energia e vulcanologici.



## 2.1 Le isole minori Siciliane

Tra tutte le regioni italiane, lo sviluppo delle Isole Minori rappresenta oggi un obiettivo prioritario soprattutto per la Sicilia, che con la riduzione della marginalità e la perifericità dei territori insulari attraverso l'eliminazione degli svantaggi strutturali, può definire un modello di sviluppo sostenibile. Il sistema delle isole minori rappresenta infatti un importante elemento nell'ambito dell'offerta turistica integrata di qualità in Sicilia, il cui sviluppo passa attraverso la valorizzazione dello straordinario patrimonio naturale, archeologico e culturale e alla *preservazione e crescita* di attività tradizionali come l'agricoltura e la pesca.

Le Isole Minori siciliane sono così suddivise:

- **L'arcipelago delle Egadi**, situato al largo della costa ovest della Sicilia, è formato dalle isole di Favignana, Marettimo e Levanzo.
- **L'arcipelago delle Pelagie** è situato a sud della Sicilia, è formato dalle isole di Lampedusa e dall'isolotto disabitato di Lampione.
- **Pantelleria** è situata al largo della costa ovest della Sicilia nel mezzo del Canale di Sicilia a metà strada tra Africa e Sicilia.
- **Ustica** è posta a nord del Golfo di Palermo.
- **L'arcipelago delle isole Eolie** situato a nord est della Sicilia è formato dalle isole di Alicudi, Filicudi, Salina, Vulcano, Lipari, Panarea e Stromboli



Fig. 2.1 - Regione Sicilia, Inquadramento arcipelago Eolie

*Le nostre analisi da ora in avanti si concentreranno sull'arcipelago delle Isole Eolie ed in particolare sull'isola di Lipari, area destinata all'intervento.*

L'arcipelago delle isole Eolie si trova nella provincia di Messina ed è situato sul lato orientale della Sicilia, nel mezzo del Mar Tirreno Meridionale. Sono amministrate dal comune di Lipari con sede nell'omonima isola, la più grande



dell'arcipelago. Occupa complessivamente una superficie di 120 km<sup>2</sup> che si estende su un'area di circa 1216 km<sup>2</sup> ed è costituito da sette isole a cui si aggiungono isolotti e scogli affiorati dal mare.

. L'intero arcipelago è caratterizzato da peculiari caratteristiche ecologiche terrestri e marine, da una recente e affascinante storia geologica, nonché dal rilevante valore naturalistico.



Fig. 2.2 - Arcipelago isole Eolie

Le isole appartenenti all'arcipelago sono:

- **Alicudi:** superficie 5,2 km<sup>2</sup>, 106 abitanti. È la più occidentale dell'arcipelago. Raggiunge un'altezza di 675m.s.l.m. con il Monte Filo dell'Arpa e non è presente alcuna strada carrozzabile.
- **Filicudi:** superficie 9,5 km<sup>2</sup>, 303 abitanti. È stata abitata sin dall'epoca preistorica di cui sono tutt'ora presenti testimonianze. L'isola culmina con la cima del Monte Fossa Felci alto 774m.s.l.
- **Lipari:** superficie 37,6 km<sup>2</sup>, 8515 abitanti. È la maggiore dell'arcipelago ed è caratterizzata dalla presenza di cave di pomice ed ossidiana.
- **Panarea:** superficie 3,4 km<sup>2</sup>, 320 abitanti. È l'isola più piccola dell'arcipelago. Possiede un bacino magmatico che alimenta tutt'ora fumarole e sorgenti termali.

- **Salina:** superficie 26,8 km<sup>2</sup>, 2401 abitanti. L'isola è composta da due vulcani ormai spenti, i cui crateri sono coperti da boschi e vigneti che ne fanno la più verde dell'arcipelago e una delle più affollate stazioni di transito per gli uccelli migratori
- **Stromboli:** superficie 12,6 km<sup>2</sup>, 409 abitanti. È la più orientale e lontana dell'arcipelago dalla costa siciliana. L'isola è a forma di trottola e il cono vulcanico raggiunge un'altezza di 924m.
- **Vulcano:** superficie 3,4 km<sup>2</sup>, 320 abitanti. È la più meridionale dell'arcipelago ed è costituita da tre edifici vulcanici con fumarole e sorgenti radioattive.

La continuità quasi ininterrotta dell'insediamento umano e la centralità delle Eolie nel Mar Tirreno Meridionale, hanno prodotto culture che hanno lasciato resti di straordinario interesse storico e artistico. Le isole Eolie sono state nei secoli più recenti un regno lontano e sconosciuto ma data la posizione geografica e le loro vicende storiche, sono state spesso considerate protagoniste di una cultura e una civiltà proprie, autonome e spesso diverse dalla regione a cui geograficamente appartengono. Ne sono espressione il mito incentrato sulla propria realtà geografica e sulla millenaria capacità umana di controllare un ambiente difficile e inospitale.

L'importanza dell'arcipelago nel mondo è stata riconosciuta nel 2000, con la nomina di *"patrimonio naturalistico e culturale dell'UNESCO<sup>6</sup>"*, e nel 2002, con l'inserimento dello stesso all'interno della World Heritage List. Questa peculiarità è stata tenuta ben a mente durante la redazione del Piano di Gestione delle isole Eolie, in cui le indicazioni guida elaborate dalla Commissione Nazionale Siti UNESCO e Sistemi Turistici Locali del Ministero per i Beni e le Attività Culturali hanno reso questo strumento gestionale adeguato alle esigenze territoriali, naturalistiche e storiche delle diverse isole componenti l'arcipelago. Il modello è stato suddiviso in differenti piani settoriali indipendenti tra loro in cui sono stati individuati obiettivi tematici da perseguire attraverso una serie di azioni concrete:

- Il Piano di azione per la conoscenza, protezione, conservazione e valorizzazione del patrimonio;
- Il Piano di azione per la ricerca e la valorizzazione sociale, culturale ed economica;
- Il Piano di azione per la comunicazione e il marketing territoriale;

Sulla base di queste disposizioni sono stati emanati gli strumenti di programmazione urbanistica:

---

*“Il Complemento di Programmazione del POR<sup>7</sup> Sicilia 2000-2006 ha previsto la formazione di un Progetto Integrato per le Isole Minori finalizzato a garantire il raccordo con gli altri strumenti di intervento per lo sviluppo delle Isole Minori sulla base di un’idea-forza condivisa, cui vengono destinate risorse pubbliche del POR pari allo 0,5 dell’intero ammontare delle risorse pubbliche del POR.”*

Sulla base di tale documento, i seguenti soggetti promotori identificati nei Comuni delle isole minori in data 20 maggio 2003 hanno sottoscritto un Protocollo d’Intesa con il quale si sono impegnati a procedere in maniera unitaria e condivisa alla formazione e alla realizzazione del PIT<sup>8</sup> per le Isole Minori come specifica la modalità di attuazione del POR Sicilia 2000-2006 e del relativo Complemento di Programmazione.

## **2.2 Problematiche dell’Arcipelago delle isole Eolie**

L’arcipelago delle isole Eolie insieme alle altre isole minori costituiscono una realtà particolare italiana a causa delle problematiche che le caratterizzano e che ad oggi sono oggetto di provvedimenti specifici per eliminare o quanto meno ridurre gli svantaggi strutturali che ostacolano lo sviluppo di tali territori. Capire quali sono le questioni più calde è fondamentale per riempire di significato e contestualizzare l’intervento edilizio.

Le problematiche che pesano sugli arcipelago sono di tipo:

- Insulare;
- Turistico;
- Scolastica;
- Viabilistico;
- Energetico;
- Vulcanico.

La consapevolezza delle isole minori di rappresentare un’esperienza unica di innovazione istituzionale e di modello di sviluppo realizzato, ha portato alla conclusione che fosse necessario associarsi per cercare, con un agire comune e quindi rafforzato, la soluzione ai problemi caratterizzano le piccole Isole italiane.

Nel 2000 infatti è stato approvato un *Accordo quadro*<sup>9</sup> per lo sviluppo economico delle isole minori. Sottoscritto dal Presidente del Consiglio dei Ministri, dai Presidenti delle sei Regioni e dal Presidente ANCIM (Associazione Nazionale Comuni Isole Minori) che permisero l’erogazione da parte dello stato di una serie di finanziamenti per lo sviluppo delle aree sottoutilizzate, dell’industria e per la

---

<sup>7</sup> Piano Operativo Regionale: strumento finanziario di programmazione regionale per la gestione degli aiuti di stato comunitari previsti dall’Unione europea.

<sup>8</sup> Progetto Integrato Territoriale: insieme di azioni intersettoriali, connesse e collegate che, coinvolgendo soggetti pubblici e privati, convergono verso il conseguimento di un comune obiettivo di sviluppo del territorio.

<sup>9</sup> Accordo quadro: Accordo territoriale volontario per promuovere l’applicazione di sistemi di gestione integrata supervisionato dalle associazioni ANCI e CONAI in cui

valorizzazione dei prodotti locali. L'utilizzo di questi finanziamenti è tutt'ora disciplinato dal DUPIM (Documento Unico di Programmazione Isole Minori) che costituisce il quadro programmatico pluriennale elaborato dai Comuni e ratificato dalla Regione. Il suo strumento attuativo PIST (Progetto Integrato di Sviluppo Territoriale), che comprende sia gli interventi pubblici che quelli privati, segue una linea di sviluppo teso a valorizzare tutte le componenti economiche e sociali.

Gli obiettivi futuri dei 36 Comuni delle piccole Isole italiane può essere riassunta in 4 punti:

- **superare l'emarginazione;**
- **superare i gap legati all'insularità:** scuola - sistema socio sanitario – infrastrutture (materiali ed immateriali) – trasporti.
- **superare la prassi di uno sviluppo incentrato quasi esclusivamente sul turismo** attraverso la valorizzazione delle tradizioni socio culturali e dei prodotti tipici di qualità;
- **superare le azioni di sviluppo frazionate nelle 36 realtà** comunali per ricuperare la forza di un agire comune e di un agire integrato.

Tutto ciò può essere concretizzato solo:

- riqualificando i centri abitati e recuperando gli edifici pubblici da destinare ad iniziative socio-culturali e centri polivalenti;
- difendendo le coste e curando rifacimento delle spiagge;
- producendo energia elettrica applicando nuove tecnologie, combustibili non inquinanti e RES per migliorare il rapporto con l'ambiente;
- recuperando funzioni turistiche e culturali del patrimonio storico;
- adeguare l'assetto urbano alle effettive esigenze della popolazione residente e turistica delle infrastrutture e dei servizi, con particolare riguardo alla
- mobilità interna a ciascuna isola e tra le isole facenti parte di un medesimo arcipelago o sistema di area protetta, all'approvvigionamento idrico, alla gestione dei rifiuti, alla depurazione e recupero delle acque reflue;
- migliorare la funzionalità e potenziare gli approdi e i servizi marittimi;
- realizzare centri di interesse e di promozione del turismo anche attraverso l'adeguamento e la riqualificazione della ricettività;
- rilanciare le attività produttive tradizionali con individuazione del rispettivo marchio di qualità;
- studiare e realizzare di un sistema di rete materiale ed immateriale.

D'altronde, la Costituzione europea dedica specifica attenzione alle Isole ritenendole aree bisognose di particolare tutela: il testo del Trattato costituzionale europeo, sezione 3, articolo III 220, fa propri e rafforza gli impegni già assunti con il Trattato di Amsterdam e ribadisce il dovere dell'Unione europea di sviluppare e proseguire la propria azione intesa a realizzare il rafforzamento della coesione economica, sociale e territoriale, mirando in particolar modo a ridurre il divario tra i livelli di sviluppo delle varie regioni e il ritardo delle regioni più svantaggiate.

## 2.2.1 L'INSULARITÀ

Nonostante ogni isola sia, per ragioni geografiche, un territorio a se stante e ognuna abbia proprie peculiarità, dal punto di vista culturale e sociale esse presentano delle caratteristiche omogenee a partire dal senso di identificazione delle popolazioni col proprio territorio e il conseguente bisogno di conservazione dello stesso. Tutte le Isole Minori rappresentano territori “deboli” dal punto di vista ambientale ed economico sociale anche all'interno del quadro regionale perché caratterizzati da una condizione di “emarginazione geografica”: i disagi che le comunità insulari devono affrontare giornalmente, e soprattutto nel periodo invernale per far fronte a situazioni che sulla terraferma sono di banale quotidianità sono spesso difficili da affrontare. Ma queste comunità sono, comunque, disposte a superarle pur di poter mantenere il privilegio per loro di vivere sulle isole, senza per questo rinunciare ai diritti civili e ai servizi pubblici essenziali di cui godono gli altri cittadini della regione.

In generale le isole minori, essendo in gran parte parchi o riserve marine, hanno particolari problemi anche sul piano della protezione ambientale in considerazione della fragilità del loro ecosistema e delle diversità biologiche che le caratterizzano; in più il turismo, che è la loro principale attività economica, provoca un aumento del carico antropico aggravando i problemi di approvvigionamento idrico ed energetico e di smaltimento dei rifiuti. Anche la diffusione di possenti “detrattori ambientali”, che si manifestano attraverso la proliferazione di strutture edilizie inappropriate e la diffusione di aree di degrado del paesaggio e dell'ambiente, rappresenta un problema sempre più preoccupante.

Questi detrattori ambientali non sono solo e sempre ricollegabili all'abusivismo edilizio del privato, che pure esiste e non è di poco conto tanto da richiedere dovunque piani di riqualificazione urbana, ma anche alle opere pubbliche: scuole, caserme, uffici postali, case popolari sono promossi e realizzate in ordine a modelli progettuali omologati, calati dall'alto, senza tenere conto del contesto locale. Tali problematiche evidenziano una insufficiente propensione al lavoro imprenditoriale e una incapacità di “sfruttare” adeguatamente le risorse umane del territorio secondo standard di gestione moderni. Ciò richiede, per chi delinea un modello di sviluppo per le isole, un supplemento di attenzione ai temi della formazione, della animazione territoriale, delle pari opportunità per interpretare i processi di sviluppo e di modernizzazione e la domanda sociale anche inespressa presente nel territorio.

Ma se dal punto di vista dello sviluppo economico e produttivo l'insularità si presenta come un handicap strutturale e permanente, da quello culturale e sociale l'essere isola comporta una forte caratterizzazione e un significativo senso di identificazione e conservazione del territorio, che può e deve diventare la base per uno sviluppo sostenibile alternativo rispetto ai modelli prevalenti, incentrato su una visione innovativa e fortemente integrata della valorizzazione in chiave turistica delle risorse ambientali e culturali.

## 2.2.2 IL TURISMO

Le risorse culturali e naturali delle isole, il paesaggio e le aree protette costituiscono il fondamento stesso della loro crescita dinamica nel settore turistico. La gestione del turismo verso le isole rappresenta grandi sfide e opportunità allo stesso tempo. Il modello di sviluppo turistico attualmente perseguito inizia a mostrare i segni della crisi: congestione degli spazi e massificazione dei flussi comportano sempre più evidenti pericoli di insostenibilità ambientale nei periodi di picco stagionale - con problemi di approvvigionamento idrico, smaltimento dei rifiuti ed esplosione del traffico sulle strade - e di richiamo di un turismo di ridotta capacità di spesa. Affinché tale situazione non si autoalimenti, provocando la crisi del settore produttivo di gran lunga più importante dell'area, è necessario compiere quanto prima scelte in qualche modo coraggiose, volte alla decongestione dei flussi, alla destagionalizzazione e all'allungamento del periodo turistico senza penalizzare la vivibilità delle comunità in loco.

Riguardo all'eccesso di carico antropico nei periodi di punta della stagione turistica, i rimedi pensati sono ancora nebulosi e scarsamente definiti: se non manca chi propone forme di limitazione degli accessi alle isole, sulla scorta di quanto già praticato all'isola del Giglio, vi è anche chi prospetta come soluzione al problema la dispersione dei flussi in eccesso sulle isole ancora non soggette a sfruttamento turistico. La destagionalizzazione e la decongestione, soprattutto se attuate tramite politiche di spostamento temporale nel primo caso e di contingentamento dei flussi nel secondo, implicano scelte ben precise di selezione della domanda turistica, con maggiore attenzione al livello dei visitatori a scapito della loro quantità. Tali scelte comportano profondi interventi di adeguamento sul sistema turistico locale nel suo complesso, attualmente deficitario sia per il numero di servizi offerti che, in parte, per loro qualità.

Dal punto di vista quantitativo, devono essere introdotti o rafforzati i servizi capaci di attirare, soprattutto fuori stagione, nuovi segmenti turistici e deve essere allungato il periodo di apertura delle strutture ricettive, di quelle ricreative e degli esercizi commerciali e per la ristorazione. Dal punto di vista qualitativo, va compiuto uno sforzo per migliorare la professionalità degli operatori ed adattare le strutture di accoglienza – soprattutto quelle extra-alberghiere o addirittura non registrate – ad una clientela più attenta alla qualità del servizio offerto.

## 2.2.3 LE ISTITUZIONI SCOLASTICHE

Ad oggi presso le istituzioni scolastiche dell'arcipelago è in atto un processo di miglioramento dell'offerta formativa mediante percorsi educativi e didattici finalizzati alla qualità dell'apprendimento per tutti, una qualità in grado di affermarsi sostenendo sia difficoltà e disagi sia potenzialità ed eccellenze, in un'ottica pienamente integrata e tesa al successo formativo degli alunni.

L'idea portante del Piano dell'Offerta Formativa è orientata dalla necessità di articolare "un fare scuola" centrato sull'alunno, inteso come soggetto attivo del

proprio apprendimento, cosciente e partecipe di un progetto coerente di formazione e di istruzione.

Gli obiettivi delle scuole dell'arcipelago sono così riassunte:

- assicurare una didattica strutturata secondo le diverse esigenze degli alunni;
- favorire un maggior coinvolgimento delle famiglie;
- diventare "centro di formazione" culturale del territorio;
- mantenere la continuità didattica e culturale sia con la scuola primaria che con la secondaria;
- prevenire il disagio e la dispersione;
- favorire l'integrazione delle diversità;
- tendere a migliorare la qualità della vita e a rafforzare la sua specifica efficacia educativa;
- promuovere la cultura della progettualità;
- stimolare un apprendimento fondato su esperienze dirette, anche pratiche ed operative;
- stimolare un apprendimento fondato sull'interpretazione delle conoscenze e dei linguaggi;
- stimolare un apprendimento individuale fondato sul riconoscimento e sulla identificazione da parte dell'alunno del processo formativo per lui programmato;
- stimolare un apprendimento come esperienza collettiva,
- valorizzare l'integrazione fra le attività culturali, didattiche, motorie e operative al fine di rompere la separazione tra i vari saperi per un'attività formativa che abbia come obiettivo l'unità dell'individuo;
- valorizzare l'attività sportiva come ambito privilegiato per lo svolgimento di esperienze formative di vita di gruppo e di partecipazione;

Le scuole per l'istruzione infantile e primaria sono, tranne alcune eccezioni, mediamente efficienti e in prossimità del raggiungimento degli obiettivi formativi redatti nel POF (Piano Offerta formativa). Complice un contesto sociale eterogeneo che riflette i modelli educativi contemporanei.

*"Gli alunni dell'Istituto Comprensivo sono di età compresa fra i 3 e i 14 anni, con qualche elemento di 15 anni. Appartengono ad un contesto sociale eterogeneo, sia riguardo alla sfera lavorativo - professionale dei genitori sia con riferimento ai modelli educativi, ai ritmi di vita, agli interessi personali".*

Per quanto riguarda le scuole secondarie la mancanza all'interno dell'arcipelago di una struttura che offra dei servizi aggiuntivi al panorama scolastico, che motivino gli adolescenti ad attività di crescita interiore e culturale, è un problema ancora sottovalutato. Il POF riporta quanto segue:

*"... Per quanto riguarda la Scuola Secondaria di I grado si può affermare che in un difficile momento di crescita i riferimenti culturali dei ragazzi siano riconducibili al gruppo di amici e ai personaggi di sport e spettacolo. Essi*



*socializzano ma spesso in modo negativo perché tendono ad instaurare rapporti conflittuali con i coetanei, giungendo all'isolamento o alla mimetizzazione nel gruppo, oppure all'assunzione del ruolo di leader. Non sempre utilizzano il tempo libero secondo i propri desideri ed aspettative, in genere finiscono col trascorrerlo nelle sale-giochi, nei bar o per strada."*

Il compito educativo della scuola, in un clima in cui il pericolo maggiore per la comunità è anche la loro prima fonte di guadagno (il turismo), più che in altri luoghi è di difficile realizzazione: la possibilità di guadagni facili che integrano sensibilmente i bilanci familiari e personali e l'opportunità di superare l'isolamento territoriale venendo a contatto con culture diverse mettono a dura prova la credibilità della strutture scolastiche. La scuola opera nel territorio pur presentando, riguardo all'organico, la mobilità caratteristica di ogni scuola situata in sede disagiata, ma ha saputo sviluppare con coerenza e continuità una cultura progettuale ed una diffusa disponibilità all'innovazione. Si è sempre proposta l'obiettivo di operare per il recupero socio-culturale dell'ambiente e, in ogni caso, di rappresentare per gli studenti un richiamo forte, un polo d'interesse, un punto d'incontro in cui sviluppare la propria personalità in modo coinvolgente e piacevole, attuando come finalità ultima il "benessere scolastico", unica vera alternativa alla demotivazione che caratterizza gran parte dell'utenza.

#### 2.2.4 I TRASPORTI E LA MOBILITÀ

I trasporti e la mobilità sulle piccole isole è caratterizzate da una morfologia che favorisce l'utilizzo di piccole vetture in grado di circolare anche su strade particolarmente strette. Inoltre, la presenza di aree protette implica l'utilizzo di veicoli a ridotto impatto ambientale e questo determina la tendenza attuale di servirsi sulle isole minori di flotte di quadricicli elettrici leggeri, di promuovere il trasporto pubblico ed incentivare servizi di car sharing.

Diversa è l'attuale politica dei trasporti marittimi, necessari per il collegamento con la penisola, assolutamente deficitaria sia sul numero delle corse di collegamento giornaliero, sia per la qualità dei mezzi di trasporto utilizzati che per la programmazione stagionale dei servizi. Essa appare bloccata, anche per via del rispetto della normativa europea sulla concorrenza, fra la logica del servizio sociale e quella della competitività. In generale perdura il servizio con mezzi obsoleti, inquinanti e spesso in avaria, che sono quindi qualitativamente inadeguati e inaffidabili per assicurare un servizio moderno che sappia cogliere le esigenze del trasporto pubblico internazionale all'altezza delle necessità del turismo nelle isole e che sia, inoltre, poco impattante sull'ambiente.

Per quanto riguarda la programmazione stagionale, si intensificano le corse di navi e aliscafi nei periodo di massimo afflusso di turismo stagionale (luglio, agosto, settembre) dove, invece, si dovrebbe ridimensionare la presenza giornaliera di turisti per l'eccessivo carico di presenze umane su un microsistema ecologico delicato che è quello delle Isole Minori. Al contrario, durante la stagione primaverile e autunnale si diradano o si eliminano del tutto importanti collegamenti con i porti italiani e siciliani compromettendo così, non solo il normale movimento



dei residenti ma anche qualsiasi sforzo delle amministrazioni e imprenditori turistici locali per destagionalizzare l'afflusso turistico.

### 2.2.5 L'ENERGIA

Le isole minori costituiscono delle comunità rappresentabili, da un punto di vista energetico, come un sistema peculiare caratterizzato, in prima approssimazione, da una serie di aspetti comuni:

- Alta variazione stagionale in abitanti;
- Sensibile incremento annuo della domanda di energia;
- Carenza di innovazione ed incremento di capacità di rete;
- Scarso utilizzo di fonti di energia rinnovabili (FER);
- Alto costo del combustibile (dovuto alla necessità di importarlo dalla terraferma) e conseguentemente dell'energia prodotta
- Limitate risorse di acqua dolce;
- Priorità turistico-ambientali.

In quest'ottica la gestione energetica per le piccole isole pone, quindi, delle problematiche che non possono essere più affrontate ricorrendo a tecnologie tradizionali e non adatte alle rinnovate esigenze di difesa delle risorse naturalistiche insieme ad un auspicato incremento delle capacità economiche autoctone. La maggioranza delle isole minori italiane non è connessa alla rete elettrica continentale e il fabbisogno energetico è per la maggior parte dovuto al settore residenziale dato che le attività industriali sono molto scarse o inesistenti e la produzione di energia elettrica avviene principalmente mediante un parco di generazione diesel largamente sovradimensionato rispetto alla domanda di potenza, ciò per coprire i picchi di carico estivi, che sono tanto più marcati quanto più l'isola ha una vocazione turistica.

Una preziosa indagine sulla situazione elettrica delle isole minori italiane fu fatta dall'ENEL nel 1996. La situazione che emerge da quello studio risulta tuttora qualitativamente valida, sebbene siano sensibilmente cambiati i dati soprattutto nel senso di un accresciuto consumo elettrico. Pur nella diversità delle realtà isolane, mediamente si osserva un valore della capacità installata pro-capite nettamente superiore a quello tipico del continente: se in quest'ultimo il valore di riferimento è inferiore al kW/abitante, nel 1991 si trovavano invece per le isole minori valori che vanno dal kW/abitante di isole grandi con un carico demografico anche invernale come Elba, Capri, Lipari, ai 10 kW/abitante di isole piccole che vivono del turismo estivo come le Tremiti.

La politica europea, per quanto riguarda la soluzione a livello globale del reperimento quanto più possibile economico delle risorse energetiche per le piccole isole, si è orientata quindi, attraverso una accurata analisi tecnica, allo sfruttamento delle risorse rinnovabili, in quanto possiedono implicite caratteristiche che a breve termine sono adatte a conciliare le diverse complesse esigenze del sistema analizzato e, nel medio lungo termine, si prefigurano come elemento indispensabile per una integrazione con le emergenti tecnologie basate sull'utilizzo dell'idrogeno; è ritenuto infatti di elevato interesse spingere

l'indipendenza energetica da parte di piccole comunità tramite l'utilizzo delle fonti rinnovabili. La maggior parte delle isole minori infatti può rendersi autonoma energeticamente impiegando le FER evitando così i costi notevolmente superiori (3-4 volte) dei metodi "tradizionali" e preservando nello stesso tempo le caratteristiche di turismo ambientale del territorio.

### 2.2.5 L'AZIONE VULCANICA

La presenza di un arco magmatico anomalo e di vulcani in attività ha reso le Eolie un centro di primario interesse per la Scienza della Terra. La posizione delle isole sul mare rappresenta infatti, la parte visibile di un sistema di rilievi sottomarini di origine vulcanica, che si innalzano da fondali varianti da 1400 a più di 3000 metri, la cui origine risale a circa un milione di anni fa. Appartiene all'arcipelago anche il Marsili, il vulcano sottomarino più esteso d'Europa. L'area costituita dal bacino del Marsili è caratterizzata da un basamento a crosta oceanica con uno spessore ridotto a soli 10 km, proprio per questo è stato indicato come potenzialmente pericoloso, perché potrebbe innescare un maremoto che interesserebbe le coste tirreniche meridionali. Tutt'oggi sono attivi fenomeni vulcanici che hanno come diretta conseguenza la formazione di apparati vulcanici satelliti.

Ogni isola possiede problematiche vulcanologiche differenti.

## 2.3 L'isola di Lipari

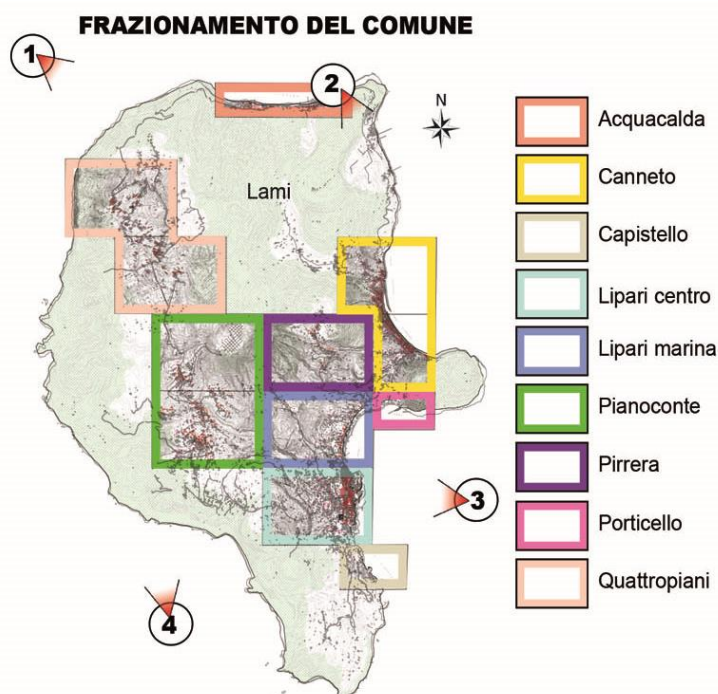


Fig. 2.3 - Frazionamento del Comune

L'isola di Lipari è la maggiore delle isole con un'estensione superficiale di 3.760ha, profondità di circa 1500 m sotto il livello del mare e altezza massima di 602 m s.l.m. con il Monte Chirica. Si trova nella parte meridionale dell'arcipelago eoliano, al di sopra dell'isola di Vulcano da cui è separata tramite un canale largo poco più di un miglio; dista 24 miglia da Milazzo, il porto siciliano più vicino.

Nell'isola risiede il Comune di Lipari, responsabile tra l'altro della gestione delle isole più piccole dell'arcipelago. Complessivamente il comune rappresenta 12063 residenti sparsi nei vari centri abitati. Il territorio definisce un immenso sistema di valori che costituiscono, per la loro specifica natura, opportunità da salvaguardare.

Come il resto di tutte le altre isole dell'arcipelago, anche Lipari ha natura vulcanica e si presenta montuosa e frastagliata. L'evoluzione geomorfologica si colloca a cavallo di un intervallo di tempo di oltre un milione e cinquecento anni circa, durante il quale ben dodici vulcani sono intervenuti a modellare la sua particolarissima morfologia. Ancora oggi sull'isola sono presenti fenomeni termali tipici delle aree vulcaniche.



Fig. 2.4 - Profilo montuoso isola di Lipari

Le più antiche rocce affioranti sono state datate 223.000 anni, mentre l'ultima eruzione è avvenuta in epoca medievale, quindi il vulcano si può ancora considerare attivo. In realtà attualmente le uniche manifestazioni vulcaniche sono fumarole a bassa temperatura (80-90°C) e sorgenti calde presenti nella parte occidentale dell'isola e nella parte meridionale.

Il quadro geologico piuttosto complesso di Lipari è riconducibile a due principali stadi evolutivi separati da un'importante stasi nell'attività vulcanica che

invece è stata interessata da un imponente evento erosivo. I due momenti sono anche stati caratterizzati da diversi prodotti vulcanici che oggi contraddistinguono la varia composizione rocciosa dell'isola: al primo infatti sono associati prodotti a composizione *andesitica*<sup>10</sup> che hanno portato al collasso del grande edificio vulcanico e alla formazione di un'ampia caldera sul cui bordo si formerà Mt. Sant'Angelo; al secondo invece, possiamo associarvi prodotti *riolitici*<sup>11</sup>, che hanno modellato la parte meridionale dell'isola.

Considerando l'aspetto naturalistico, Lipari ha una vegetazione molto varia e colorata, che cambia continuamente nel corso dell'anno: l'isola era ricca di folte boscaglie di leccio (*quercus ilex*) che hanno lasciato pian piano il posto a formazioni di vegetazione gariga<sup>12</sup> che contraddistingue la macchia mediterranea. Anche l'influenza dell'uomo si percepisce da alcuni rimboschimenti che hanno avuto inizi già in epoca romana con l'importazione dell'albero del castagno. Come i rimboschimenti anche feroci disboscamenti hanno portato all'estinzione di specie come la Palma Nana.

Ad oggi, i boschi autoctoni ancora integri nell'isola si trovano nella frazione Pirrera. Le famiglie vegetali più comuni si classificano in:

- *Quercus ilex* (leccio)
- Ericacea (erica arborea);
- *Fraxinus ornus* (orniello);
- *Lonicera implexa* (caprifoglio mediterraneo)
- *Teline monspessulana* (ginestra)
- *Cytisus villosus* (citiso)

In alcune zone in cui al leccio si sostituisce la roverella (*Quercus pubescens*).

Con la progressiva rarefazione delle aree boschive, ha preso il sopravvento la gariga di cui si contraddistinguono principalmente:

- *Arbutus unedo* (corbezzolo);
- *Spartium junceum* (ginestra odorosa);
- *Genista tyrrhena* (ginestra);

---

<sup>10</sup> *L'andesite è una roccia ignea effusiva di chimismo intermedio con tessitura da afanitica a porfirica. I minerali presenti nella roccia sono principalmente plagioclasio, pirosseni e orneblenda. Possiamo trovare come minerali accessori anche biotite, quarzo e magnetite. L'andesite è considerata il corrispondente effusivo della diorite. Le andesiti sono eruttate a temperature comprese fra i 900 ed i 1100 °C. Le lave dell'Etna appartengono in gran parte alle andesiti e ai basalti andesitici.*

<sup>11</sup> *La riolite è una roccia vulcanica, di composizione felsica, con tessitura da afanitica a porfirica. È composta solitamente da quarzo, feldspato alcalino e plagioclasio in un rapporto 1:2. La riolite è il corrispondente effusivo del granito. A causa del suo alto contenuto di silicio, la riolite forma lave molto viscosi, e si può trovare come breccia o in colli vulcanici e nei dicchi.*

<sup>12</sup> *Gariga: Vegetazione mediterranea legnosa, xerofitica, costituita da arbusti e suffrutici sempreverdi molto bassi (rosmarino, timo, ginestra, palma nana ecc.), tra i quali vivono abbondanti specie erbacee, spesso a rapido ciclo vitale; tra le piante sono intercalati spazi privi di vegetazione. La g. si insedia primariamente su pendii semiruperti e, in conseguenza di incendio reiterato e di sovrappascolo, può giungere a ricoprire ampie estensioni. [Enciclopedia Treccani]*

Oggetto Inquadramento frazione Lipari Centro

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Centro Lipari - Cattedrale S. Bartolomeo

Data/ora 26/07/2011

n° progressivo foto 60

Fotocamera Sony DSC-W290

Tipo ripresa Prospettiva frontale

Masse a fuoco 13.7mm / f4.5

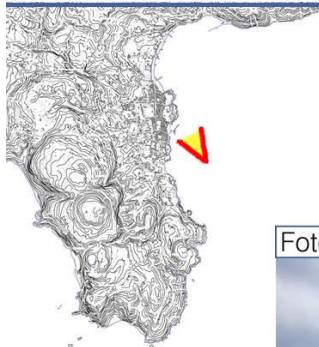
Risoluzione 12.1 Mpix

Note Immediatamente prima dell'accesso all'isola è possibile intravedere la roccaforte dell'isola in cui sono racchiusi gli edifici più antichi.



Oggetto Inquadramento frazione Lipari Centro

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Centro Lipari - Vista dal Porticciolo

Data/ora 26/07/2011

n° progressivo foto 61

Fotocamera Sony DSC-W290

Tipo ripresa Prospettiva frontale

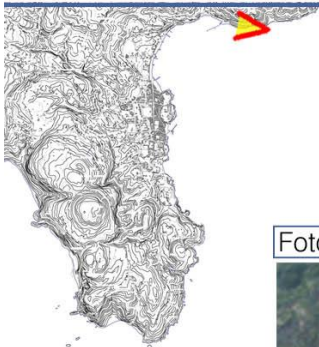
Masse a fuoco 13.7mm / f4.5

Risoluzione 12.1 Mpix

Note

Oggetto Inquadramento frazione Lipari Centro

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Porto Pignataro

Data/ora 26/07/2011

n° progressivo foto

Fotocamera by Google Images

Tipo ripresa Prospettiva frontale

Masse a fuoco

Risoluzione

Note

Oggetto Inquadramento frazione Lipari Centro

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Centro Lipari - Vista da Monte Sant'Angelo

Data/ora 27/07/2011

n° progressivo foto 3

Fotocamera Sony DSC-W290

Tipo ripresa Prospettiva frontale

Masse a fuoco 13.7mm / f4.5

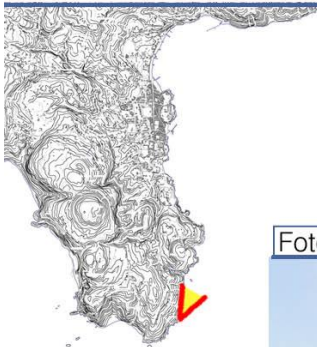
Risoluzione 12.1 Mpix

Note



Oggetto Inquadramento costa Orientale

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Scogliera

Data/ora 26/07/2011

n° progressivo foto 68

Fotocamera Sony DSC-W290

Tipo ripresa Prospettiva frontale

Masse a fuoco 13.7mm / f4.5

Risoluzione 12.1 Mpix

Note

Oggetto Inquadramento frazione di Canneto

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Costa Orientale dell'Isola

Data/ora 26/07/2011

n° progressivo foto

Fotocamera By Google Images

Tipo ripresa Grand'angolo

Masse a fuoco

Risoluzione 12.1 Mpix

Note

Oggetto Inquadramento frazione di Canneto

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Frazione di Canneto Vista dal Monterosa

Data/ora 26/07/2011

n° progressivo foto

Fotocamera By Google Images

Tipo ripresa Prospettiva Centrale

Masse a fuoco

Risoluzione

Note

Oggetto Inquadramento frazione di Canneto

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Vista del lungomare di Canneto dal mare

Data/ora 26/07/2011

n° progressivo foto

Fotocamera By Google Images

Tipo ripresa Prospettiva Centrale

Masse a fuoco

Risoluzione

Note

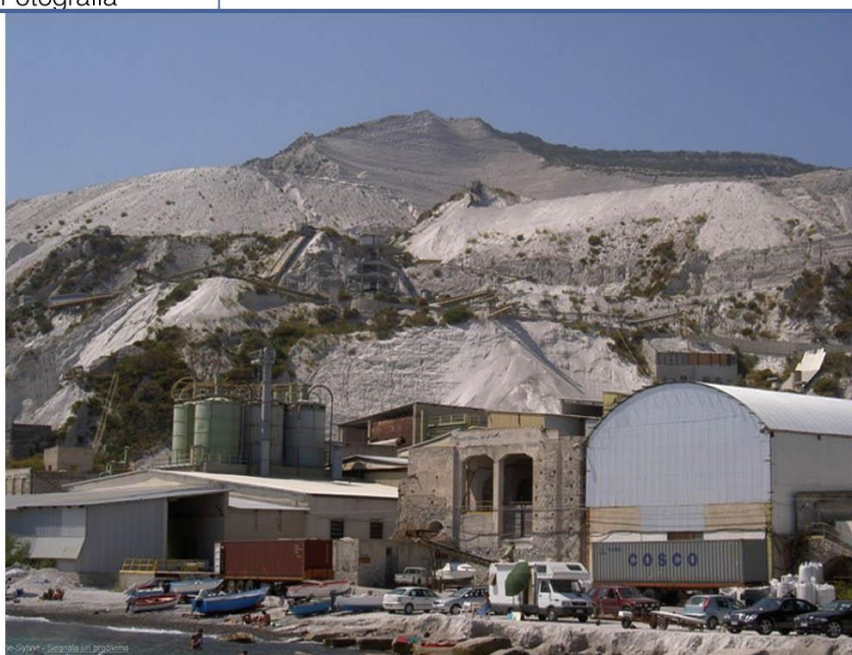


Oggetto Inquadramento frazione di Acquacalda

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Cava di pietra pomice

Data/ora 26/07/2011

n° progressivo foto

Fotocamera By Google Images

Tipo ripresa Prospettiva Centrale

Masse a fuoco

Risoluzione

Note

Oggetto Inquadramento frazione di Acquacalda

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Cava di pietra pomice

Data/ora 26/07/2011

n° progressivo foto

Fotocamera By Google Images

Tipo ripresa Prospettiva Centrale

Masse a fuoco

Risoluzione

Note

Oggetto Inquadramento frazione di Acquacalda

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Vista del lungomare di Canneto dal mare

Data/ora 31/08/2010

n° progressivo foto

Fotocamera By Google Images

Tipo ripresa Prospettiva Centrale

Masse a fuoco

Risoluzione

Note



Oggetto Inquadramento frazione di Quattropani

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Vista del IMonte Sant'Angelo

Data/ora 27/07/2011

n° progressivo foto 75

Fotocamera Sony DSC-W290

Tipo ripresa Prospettiva Centrale

Masse a fuoco 27/07/2011

Risoluzione 12.1 Mpix

Note



## 2.4 La frazione di Canneto

La frazione di Canneto è la frazione più estesa dopo quella di Lipari Centro a carattere prettamente residenziale. È situata a ridosso della costa e si espande verso i lati meno movimentati del Monte S. Angelo. Si collega al Centro di Lipari tramite un tunnel scavato nel Monterosa ed è caratterizzato da un agglomerato risalente al 1800 a cui si sono aggiunte aree urbane di recente formazione (zona B1) nella parte più periferica.

Il centro della frazione si sviluppa a ridosso del mare, partendo dalla Basilica Romana Minore di San Cristoforo<sup>13</sup> si espande verso le zone più pianeggianti del pendio. Comprende edifici prevalentemente residenziali utilizzati nel periodo estivo dai turisti. La ridotta quantità di infrastrutture di servizio sminuisce l'attrattiva turistica rendendone difficile la vivibilità e imponendo spostamenti con mezzi motorizzati altrimenti non necessari. Sotto il profilo viabilistico la frazione è ben collegata al resto dell'isola tramite una circumvallazione provinciale che è in procinto di essere potenziata per agevolare il traffico interno e limitare il passaggio automobilistico dal centro della frazione così da incentivare il traffico ciclopedonale. L'urbanizzazione non è omogenea a causa dei dislivelli che caratterizzano le aree più periferiche: l'agglomerato urbano si addensa sulle rive del mare per poi diradarsi nelle parti periferiche del centro abitato, in cui si distinguono aree in completo stato di abbandono alternate a case singole, capannoni industriali e palazzi residenziali.

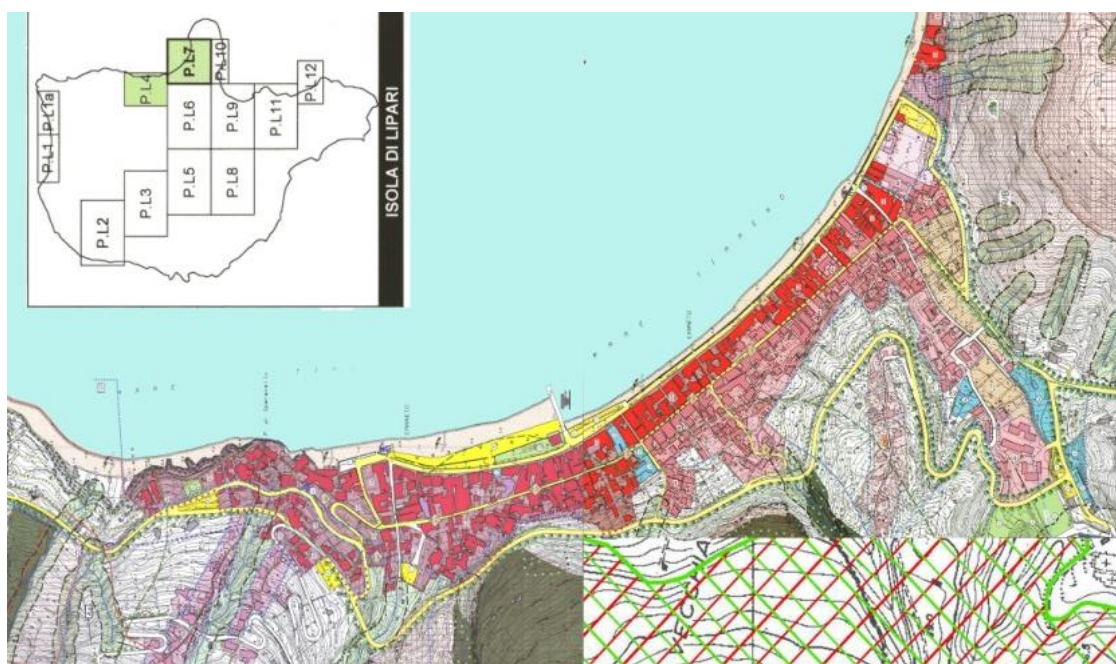


Fig. 2.5- PRG Frazione di Canneto

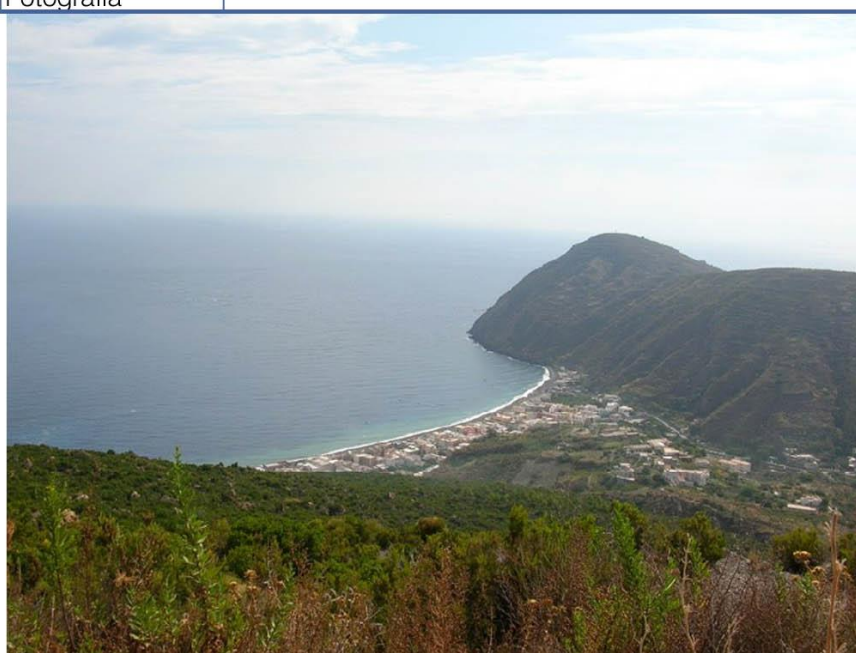
<sup>13</sup> Basilica romana minore di S. Cristoforo: la prima cappella sorse nel 1500, dopo il Sacco Saraceno di Ariadeno Barbarossa che si concluse con l'incendio della città di Lipari e la deportazione di tanti eoliani. Il 12 settembre 2004 il Santo Padre Giovanni Paolo II conferiva al Tempio di San Cristoforo, primo e unico nelle Isole, il titolo e la dignità di Basilica Romana Minore. È stata ristrutturata su progetto dell'architetto Marco Agazzi dopo l'elevazione al rango di Basilica Romana Minore. I nuovi stemmi in marmo policromo campeggiano su pannelli in travertino che si alzano al di sopra delle porte.

Oggetto Inquadramento frazione di Canneto

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Vista del IMonte Pilato

Data/ora 27/07/2011

n° progressivo foto 82

Fotocamera Sony DSC-W290

Tipo ripresa Prospettiva Centrale

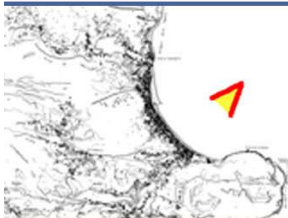
Masse a fuoco 27/07/2011

Risoluzione 12.1 Mpix

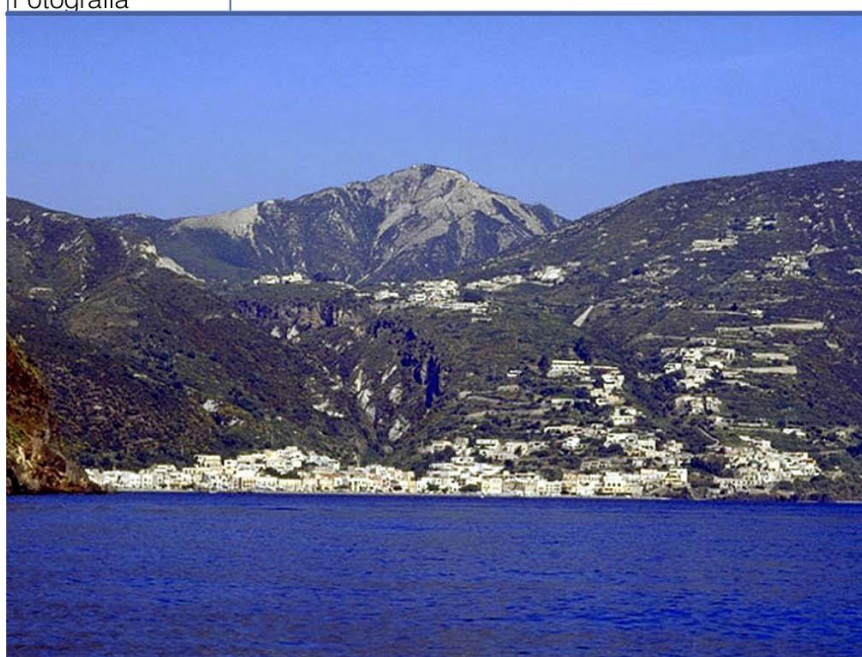
Note

Oggetto Inquadramento frazione di Canneto

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Canneto vista dal mare

Data/ora

n° progressivo foto

Fotocamera

Tipo ripresa

Masse a fuoco

Risoluzione

Note



Oggetto Inquadramento frazione di Canneto

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Vista del IMonte Pilato

Data/ora 27/07/2011

n° progressivo foto 85

Fotocamera Sony DSC-W290

Tipo ripresa Prospettiva Centrale

Masse a fuoco 27/07/2011

Risoluzione 12.1 Mpix

Note

Oggetto Inquadramento frazione di Canneto

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Strada Provinciale SP180

Data/ora

n° progressivo foto

Fotocamera By Panoramio

Tipo ripresa

Masse a fuoco

Risoluzione

Note

Oggetto Inquadramento frazione di Canneto

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Tunnel Provinciale lato Canneto

Data/ora

n° progressivo foto

Fotocamera By Notiziariodelleeolie.it

Tipo ripresa

Masse a fuoco

Risoluzione

Note

Oggetto Inquadramento frazione di Canneto

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Tunnel Provinciale lato Canneto

Data/ora 27/07/2011

n° progressivo foto 93

Fotocamera Sony DSC-W290

Tipo ripresa Prospettiva Centrale

Masse a fuoco 27/07/2011

Risoluzione 12.1 Mpix

Note



**Oggetto** Inquadramento frazione di Canneto

**Localizzazione**



**Fotografia**



**Soggetto** Centro di Canneto da sopra il tunnel

**Data/ora** 27/07/2011

**n° progressivo foto** 96

**Fotocamera** Sony DSC-W290

**Tipo ripresa** Prospettiva Centrale

**Masse a fuoco** 27/07/2011

**Risoluzione** 12.1 Mpix

**Note**

## 2.5 Indice di pericolosità vulcanica<sup>14</sup>



Fig. 2.6 - Vie d'incanalamento preferenziali della lava

In generale la valutazione della pericolosità delle eruzioni vulcaniche dipende dal tipo di attività che caratterizza la storia vulcanologica di una determinata area. È evidente che le effusioni di lave basaltiche<sup>15</sup> presentano un grado di pericolosità minore rispetto alla messa in posto di nubi ardenti e colate piroclastiche. L'elemento morfologico è di estrema importanza nella valutazione delle vie di incanalamento preferenziali (incisioni vallive e aree depresse) che siano in collegamento diretto con i punti di emissione dei prodotti vulcanici. L'analisi della successione dei prodotti eruttivi affioranti nell'isola mette in evidenza una evoluzione temporale del chimismo dei prodotti emessi: la formazione delle isole vulcaniche può essere attribuita a quattro distinti periodi di attività, con i primi caratterizzati da una fase iniziale fortemente esplosiva. L'estesa copertura di pomici<sup>16</sup> nella parte settentrionale dell'isola e la presenza di duomi lavici nel

---

<sup>14</sup> I rilevamenti degli elementi morfologici presenti sull'isola e considerazioni sui litotipi affioranti ad opera del Dipartimento di Scienze della Terra di Messina, ha permesso di fare alcune considerazioni utili al fine di operare una stima qualitativa della "pericolosità vulcanica" inerente l'isola di Lipari.

<sup>15</sup> Il basalto è una roccia effusiva di colore scuro o nero con un contenuto di silice ( $\text{SiO}_2$ ) relativamente basso (dal 45 al 52 % in peso). È formato principalmente da plagioclasio calcico e pirosseni; alcuni basalti possono essere anche ricchi in olivina e può presentarsi con aspetto che va da porfirico a microcristallino a vetroso. Esso proviene da un magma solidificatosi velocemente a contatto dell'aria o dell'acqua ed è la principale roccia costituente la parte superiore della crosta oceanica. I magmi basaltici si formano per fusione da decompressione del mantello terrestre.

<sup>16</sup> Pomice: roccia magmatica effusiva, leggerissima a causa dell'elevatissima porosità. Essa si forma principalmente da eruzioni di tipo esplosivo, quindi da magmi acidi, silicatici o felsici e la porosità è dovuta alla formazione di bolle di gas di struttura simile alla schiuma nella matrice vetrosa della roccia. Il rapido raffreddamento mantiene la struttura vescicolare mentre la parte solida è costituita da roccia amorfa, raramente

settore meridionale identifica un particolare attività, in cui il fattore di pericolosità non è data dall'invasione di colate laviche ma da fenomeni esplosivi che implica la loro imprevedibilità e una repentina messa in posto dei prodotti emessi. Il grado di pericolosità vulcanica determinato dalla natura e dalla messa in posto dei prodotti emessi è sostanzialmente alto. L'interazione tra tali elementi morfologici e punti di emissione che, essendo stati attivi in passato, rappresentano delle zone ad alta probabilità di innesco di nuova attività vulcanica, aumenta il grado di pericolosità di determinate zone rispetto ad altre.

La valutazione dei fattori che determinano il grado di pericolosità inerente l'isola di Lipari è di particolare interesse se relazionata alle aree a maggiore vulnerabilità, che nella fattispecie sono quelle caratterizzate dalla presenza dei maggiori insediamenti antropici ossia rappresentati dagli abitati di Lipari, Canneto ed Acquacalda.

- Lipari Centro: rappresenta il maggior centro abitato dell'isola, è ubicato sulle pendici nord-orientali di Monte Giardina in cui è localizzato un duomo esogeno<sup>17</sup> il cui tipo di messa in posto può causare la formazione di nubi ardenti<sup>18</sup>.
- Canneto: situata al fronte della colata di ossidiana<sup>19</sup> di Forgia Vecchia. Il fianco meridionale di tale colata è inciso dal torrente Bocchetta il cui sbocco si trova in prossimità del settore centrale di Canneto, tuttavia considerando la vicinanza della frazione al centro eruttivo dell'isola, si può concludere che la parte più a rischio è quella settentrionale: un'eventuale colata lavica verrebbe convogliata verso il vallone del Gabbellotto al cui sbocco non vi sono molte abitazioni.
- Acquacalda: ubicato nel settore settentrionale dell'isola, alle pendici di una zona caratterizzata dalla presenza di Monte Pilato, sede quest'ultimo dell'attività più recente dell'isola, caratterizzata da una abbondante emissione di pomice e colate di ossidiana. Numerose valli ad andamento parallelo che incidono i versanti dei rilievi prima citati trovano naturale sbocco presso la zona in cui insiste il centro abitato, che già rappresenta un'area morfologicamente depressa. La presenza della colata di ossidiana ha evidenziato una sovrapposizione di diversi flussi lavici con i più recenti in posizione laterale e tendenti verso NE.

---

*con una piccola componente cristallina. La massa solida è alla fine costituita prevalentemente da silice, con disciolti vari ossidi metallici (di alluminio, titanio, ferro, manganese ed altri).*

<sup>17</sup> *Duomo esogeno: si forma quando la lava fuoriesce dal condotto ma, essendo troppo viscosa, non dà luogo a una colata e si accumula nelle vicinanze del punto di emissione. In questo caso la parte apicale del duomo presenta una forma un po' depressa.*

<sup>18</sup> *Nube ardente: anche conosciuta come colata piroclastica, la nube ardente è un flusso di gas e materiale magmatico, con temperatura tra i 500 e i 1200 °C, che scende dai fianchi di un vulcano ad altissima velocità, addirittura fino a 300 km/h. Una delle più famose nubi ardenti della storia fu quella che nel 79 d.C. distrusse Ercolano*

<sup>19</sup> *Ossidiana: vetro vulcanico naturale del tutto simile a quello di produzione umana, la cui formazione è dovuta al rapido raffreddamento delle lave.*

Tutti gli elementi fin qui analizzati fanno ritenere quindi la zona di Acquacalda sia a più alto rischio vulcanico tra quelle considerate.

## **2.6 Evoluzione demografica**

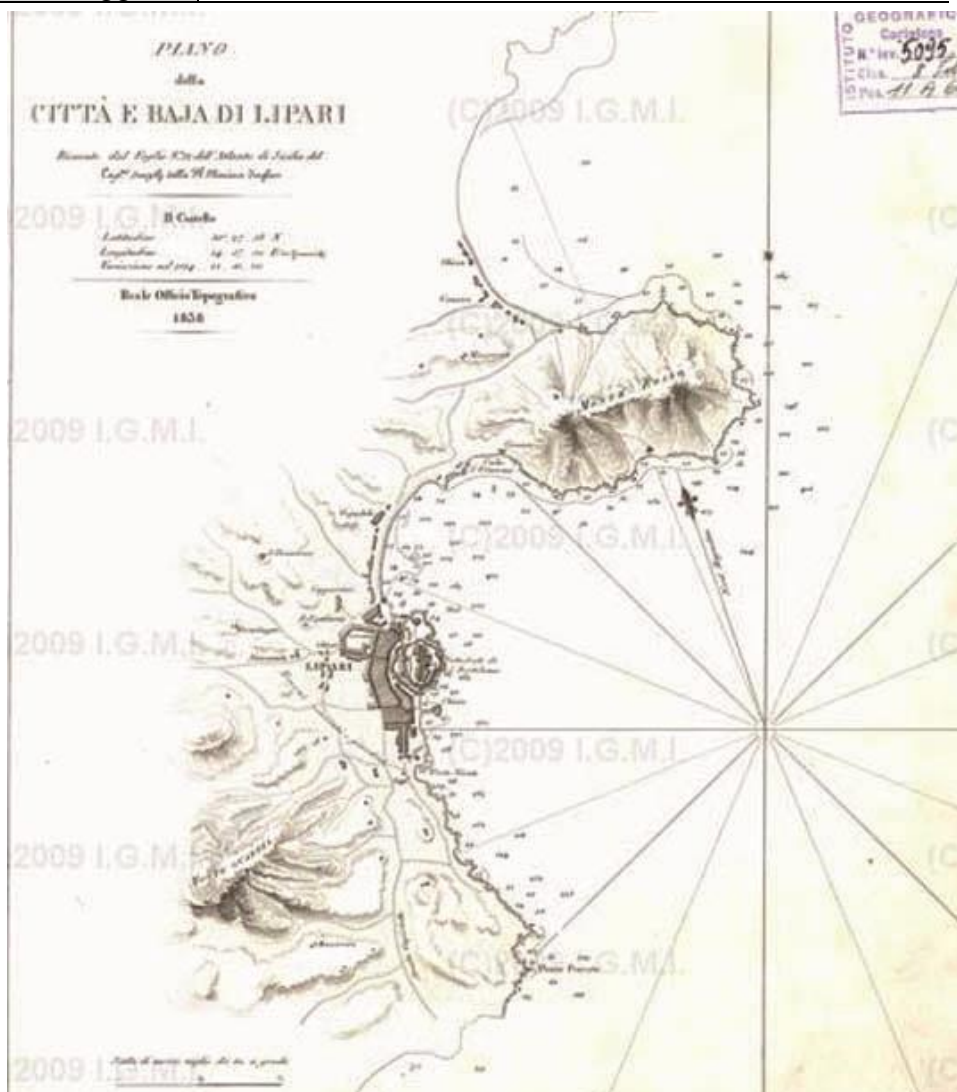
Per comprendere l'assetto urbano odierno si ha la necessità di ripercorrere le tappe principali della storia dell'arcipelago.

Si ritiene opportuno far partire l'analisi dello sviluppo demografico dal 1838 per ragioni storiche: <sup>l'isola</sup> in questo particolare periodo storico è caratterizzata da tanti piccoli agglomerati di edifici sparsi negli altipiani. È tanto difficile avvistarli quanto raggiungerli perché disposti su alture il cui accesso dal mare è astioso per gli stranieri. Gli isolani sono ben attenti a proteggersi dagli invasori provenienti dal mare, infatti il centro di Lipari è completamente isolato dagli agglomerati e gli abitanti iniziano a riavvicinarsi al centro solo dopo il 1856. Da ora in avanti gli agglomerati iniziano ad espandersi con la tendenza ad accorciare le distanze che li separano. L'incremento più alto si registra durante la rivoluzione industriale nell'area nord-est dell'isola. In questi anni le cave di Pomice manifestano nell'isola un forte incremento delle attività di estrazione che portano ricchezza e sviluppo in tutto l'arcipelago. Dal 1934 ad oggi i processi di territorializzazione non sono variati: la struttura dell'edificato si indirizza verso il centro di Lipari e dove il porto assume il ruolo di principale polo attrattore dell'isola non solo a fini commerciali. Le aree di espansione urbana tendono a rafforzare l'unità dell'isola occupando quelle zone che migliorano il collegamento delle singole frazioni al centro del Comune. (Vedi allegato B – Tav. 03)

## SCHEDA RILIEVO STORICO - CARTOGRAFIA

RsC.01

Oggetto: Rilievo fotogrammetrico dell'isola di Lipari



Soggetto	Lipari Centro	Scala	n.s.
Anno pubblicazione	1854		
Fonte	Archivio on-line IGM		
Tipo di Cartografica	Mappa IGM	n progressivo	1
Note	Alla metà dell'800 si comincia la rilevazione dell'arcipelago eoliano. Il centro di Lipari rappresenta punto d'inizio della rilevazione		



# SCHEDA RILIEVO STORICO - CARTOGRAFIA

RsC.02

Oggetto: Rilievo fotogrammetrico dell'isola di Lipari

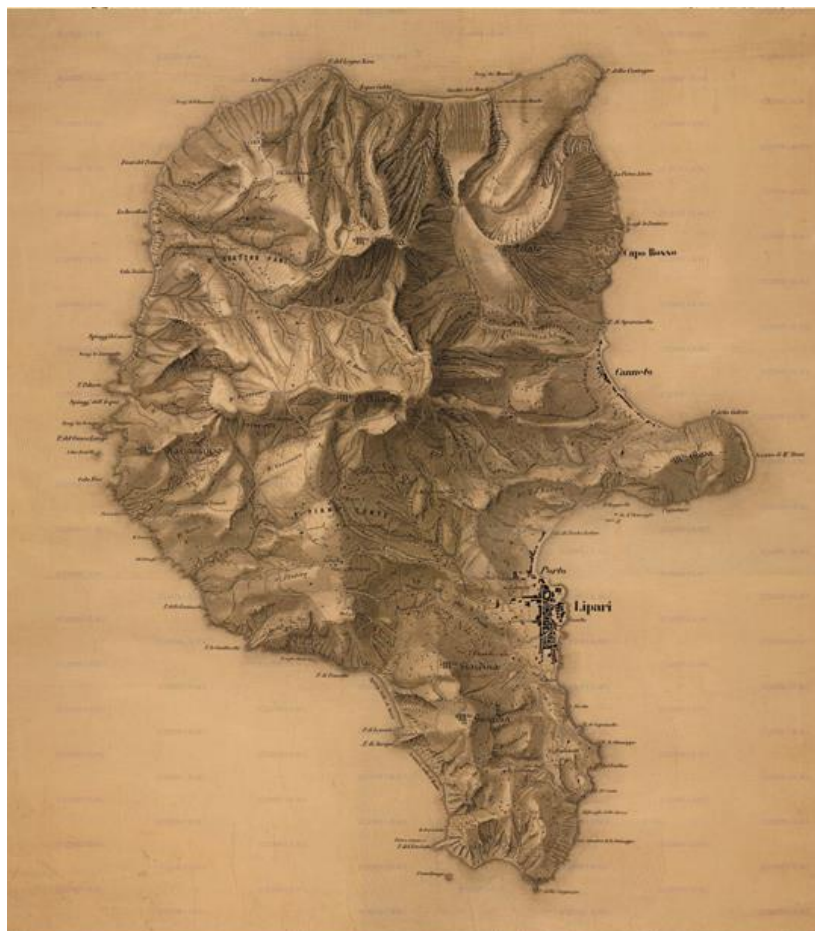


Soggetto	Isola di Lipari	Scala	n.s.
Anno pubblicazione	1858		
Fonte	Archivio on-line IGM		
Tipo di Cartografica	Mappa IGM	n progressivo	2
Note	Si individuano i due agglomerati abitativi principali, Lipari Centro e Canneto, da cui si diramano numerosi sentieri che portano agli abitati più isolati		

## SCHEDA RILIEVO STORICO - CARTOGRAFIA

RsC.03

Oggetto: Rilievo fotogrammetrico dell'isola di Lipari



Soggetto	Isola di Lipari	Scala	n.s.
Anno pubblicazione	1881		
Fonte	Archivio on-line IGM		
Tipo di Cartografica	Mappa IGM	n progressivo	2
Note	I numerosi studiosi che s'interessano dell'arcipelago in questi anni apportano dettagli e aggiornamenti. Si nota la politica d'espansione dell'abitato, che tende ad ridurre le distanze tra le frazioni di Lipari Centro e Canneto		



## SCHEDA RILIEVO STORICO - CARTOGRAFIA

RsC.04

Oggetto: Rilievo fotogrammetrico dell'isola di Lipari



Soggetto	Isola di Lipari	Scala	n.s.
Anno pubblicazione	1934		
Fonte	Archivio on-line IGM		
Tipo di Cartografia	Mappa IGM	n progressivo	3
Note	Rilevazioni più recenti mettono in evidenza anche le preesistenze più interne all'isola: gli agglomerati più piccoli si espandono cercando un collegamento più agevole con il porto e i centri più grandi.		

## 2.7 Storia dell'arcipelago

Il nome Lipari deriva dal greco "lipara nesos" che significa isola fertile, popolata già dall'ultimo Neolitico (3500-2000 a.C.), quando genti provenienti dalla Sicilia crearono quella che fu chiamata "civiltà stentinelliana" e diedero l'avvio al commercio dell'ossidiana<sup>20</sup> in tutto il Mediterraneo. Sorsero così a Lipari fiorenti villaggi dove la vita prosperò a lungo proprio grazie a quel prodotto assai ricercato prima che si sviluppasse la tecnica metallurgica. L'enorme quantità di schegge di rifiuto che si raccolgono ancora oggi nei villaggi neolitici delle isole Eolie o che sono sparse nei campi, testimoniano l'intensità e la durata di questa industria che si protrasse per molti secoli assicurando agli abitanti un livello di vita certamente superiore a quello di molte altre regioni vicine e della stessa Sicilia.

I traffici marittimi, creando interazioni tra diversi popoli, contribuirono all'evoluzione della civiltà liparese e più in generale all'evoluzione di tutte le popolazioni del Mediterraneo centro-orientale. Su tutte le rive di questo mare le più antiche culture neolitiche presentano una stretta somiglianza tra loro e l'elemento emblematico può essere identificato nella ceramica impressa grossolanamente decorata. Le Eolie rappresentano il punto estremo dell'espansione verso occidente di una cultura che si va diffondendo via mare mediante una navigazione costiera che procedeva dal medio oriente isola dopo isola.

Durante il periodo di crisi dovuto alla scoperta del bronzo dimostrando una intraprendenza che non poteva che venire da un elevato livello di acquisita civiltà: sfruttando la capacità di navigazione acquisita ha raggiunto in questo periodo una posizione preminente nel commercio dello stagno proveniente dalla lontanissima Cornovaglia. Nel XIII sec. a.C. terminano bruscamente i rapporti pacifici con le vicine civiltà: Lipari fu conquistata con la forza prima dagli Ausoni<sup>21</sup> guidati dal re Liparo e poi dal re Eolo, entrambi attratti dalla ricchezza di questa isola. In seguito fu la volta delle colonie fenicie ed etrusche. Anche gli scambi commerciali risentono di questa condizione, l'economia crolla vertiginosamente modificando completamente i comportamenti della popolazione.

Rispetto alle altre isole, prive di insediamenti umani, la tarda età del bronzo fu un buon periodo per Lipari come dimostra la qualità e dalla tipologia dei reperti archeologici finché un evento catastrofico, forse di origine vulcanica, distrusse completamente i villaggi dell'isola. Bisognerà attendere il 580 a.C. per la rifondazione dell'acropoli di Lipari ad opera dei greci. Da ora in avanti comincia un periodo ben documentato che lascerà segni profondi nella cultura eoliana che sopravvivranno ben oltre la fine dell'occupazione greca contribuendo alla diversificazione delle Eolie rispetto al resto della Sicilia.

---

<sup>20</sup> *Ossidiana: "vetro" vulcanico eruttato dai crateri della Forgia Vecchia e di Monte Pelato nell'isola di Lipari. Assai più tagliente in paragone alla selce, anche se meno lavorabile di quest'ultima. Ridotta a lame regolari molto taglienti, essa era largamente esportata non solo verso la Sicilia e l'Italia meridionale ma probabilmente anche verso regioni molto più lontane del Mediterraneo centrale ed occidentale.*

<sup>21</sup> *Ausoni: popolazione osca stanziata nell'Italia meridionale. Poche e frammentarie sono le testimonianze che ci sono giunte da alcuni storici greci e latini: esistevano già intorno al 1600 a.C., cioè all'inizio del Bronzo medio. L'Ausonia era il loro territorio, si estendeva dal basso Lazio fino alla Calabria, abitavano le terre della Campania fino al fiume Sele*

Il IV secolo a.C. l'alleanza con la potente Siracusa, l'agiatezza dovuta ai traffici marittimi sempre più intensi tra il mondo greco ed il Mediterraneo settentrionale nonché, forse, un certo uso disinvoltato della difesa dai pirati che sconfinava nella pirateria stessa, fecero arricchire la popolazione che iniziò a costruire templi agli dei ed a conservare in essi beni di lusso.

Nel 251 a.C. si può considerare conclusa l'avventura greca delle genti eoliane che da questa civilizzazione, durata 330 anni circa, hanno ricevuto moltissimo. Sopra ogni altra cosa la cultura, che è divenuta la base di tutto il pensiero occidentale, la capacità di navigare e l'amore per il teatro. Di quest'ultimo rimangono evidenti resti sul Castello insieme ad un cospicuo numero di terrecotte raffiguranti maschere del teatro greco classico conservate nel Museo Archeologico Eoliano a Lipari(RsP07).

A differenza del periodo greco, il periodo romano non fu particolarmente brillante per il popolo Eoliano che, a poco a poco, scivolò in un oblio conseguente alla perdita della sua importanza strategica. Infatti tanto più il Mediterraneo diventava "Mare Nostrum", tanto meno era di interesse per i Romani il mantenimento di questa posizione con fini di controllo del traffico nello Stretto tra Sicilia e Calabria.

Il V ed il VI secolo d.C., durante le guerre barbariche anche Lipari, per quanto fuori dalle grandi linee di combattimento anche Lipari subì invasioni e saccheggi da parte di soldataglie affamate e di barbari incalzanti e a cavallo tra il VI ed il VII secolo, sopite le nefandezze barbariche degli anni passati, un nuovo periodo di relativa tranquillità ebbe luogo allorché la corte imperiale di Costantinopoli volle iniziare un processo di bizantinizzazione dell'Italia partendo dalla Sicilia. A lui si aggiunsero spontaneamente stuoli di monaci provenienti dalle province del Medio Oriente invase dai Persiani che trovarono ottimo terreno di predicazione nell'Italia distrutta nel fisico e nello spirito da secoli di guerre ininterrotte. Fu questo nucleo monastico l'unico filo conduttore che collegò il mondo antico greco-romano al basso Medioevo normanno.

Le isole Eolie, al volgere dell' VIII d.C., non appartenevano a nessuno in quanto non interessavano a nessuno: non a Bisanzio, lontana e fortemente impegnata a contenere i saraceni; non al Papato se non per la presenza di un vescovo relativamente importante; non ai Longobardi che non si spinsero mai così a meridione; non ai Franchi il cui interesse era quello di impadronirsi dell'Italia spartendola con il Papato; non ai musulmani rivolti verso la Spagna per chiudere in una morsa tutte le terre cristiane.

In questa situazione ebbe facilmente sopravvento il più agguerrito dei poteri forti che si contendevano l'Europa: furono i saraceni nel 838 d.C., dopo aver conquistato quasi tutta la Sicilia, ad assumere il controllo dello Stretto di Messina occupando preventivamente le isole Eolie per la loro posizione strategica. L'occupazione fu quanto di più cruento fosse mai avvenuto nella storia delle isole: tutta la popolazione fu uccisa o ridotta in schiavitù con modestissime eccezioni di qualche monaco e di alcune famiglie del contado che per generazioni continueranno a sopravvivere e a tramandare memoria dei luoghi insediandosi negli anfratti più reconditi dell'isola di Lipari.

Per i successivi 250 anni circa, dall'838 sino al 1082, le isole Eolie non sono più oggetto di storia e tutta la letteratura medioevale del periodo non ne fa che quattro o cinque accenni di poco conto. La storia ripartirà con la civilizzazione normanna del *Gran Conte Ruggero*<sup>22</sup>, durante il Basso Medioevo, periodo di grande fermento culturale per tutta l'Europa. Egli nominato vassallo della Santa sede e duca di Calabria e Puglia, fu incaricato della ricollocazione della Sicilia nell'ambito del cattolicesimo tramite la nomina a duca di Sicilia. Fu durante le azioni militari che vide le isole Eolie e apprezzandone la valenza strategica per la conquista della Sicilia le sottomise nel 1064. Solo dopo aver ormai conquistato tutta la Sicilia, dal 1082 Ruggero si dedica al consolidamento del controllo delle Eolie erigendo a Lipari il primo monastero Benedettino (RsP03) della Sicilia appositamente pensato per attirare attorno a sé un nucleo abitativo sufficientemente consistente per l'eventuale difesa delle isole. Questo fatto, apparentemente insignificante, ebbe conseguenze assai longeve nella storia della Chiesa e del potere civile di Sicilia. Infatti l'abate Ambrogio, reso economicamente autonomo, iniziò ad esercitare, insieme al potere spirituale, anche ampio potere civile sulle terre a lui assegnate che comprendevano, oltre alle isole Eolie, anche grosse proprietà nella terra di Sicilia.

Da ora in avanti si successero gli angioini, gli aragonesi gli spagnoli in una nuova parabola ascendente anche se turbata dai saccheggi dei corsari. Nel 1544, una flotta turca di 150 navi capitanata da Adriano Barbarossa, alleato dei francesi contro Carlo V<sup>23</sup>, il sovrano spagnolo di Napoli, distrusse la città di Lipari dopo undici giorni di assedio: ne bruciò le case e la cattedrale e deportò 8000 abitanti, l'intera popolazione, come schiavi.

Carlo V decise allora di riedificare la città di Lipari e inviò pertanto una colonia di Spagnoli per restaurare il Castello, cingendolo di mura ancora più poderose delle precedenti ancora oggi visibili da chi arriva dal mare. Il sovrano ripopolò l'isola, in primis importando immigrati spagnoli e campani e successivamente mediante esenzioni fiscali e privilegi che fecero sì che gli abitanti dell'isola, scampati alla deportazione dei Turchi, si ristanziassero nell'arcipelago e si prodigassero con ardore per far tornare all'antico splendore Lipari. In questo la benevolenza del re di Napoli e del Papa Paolo III fu fondamentale: grazie al loro contributo fu eretta le chiese di S. Giuseppe, la chiesetta delle Anime Purganti (RsP04) e iniziarono i lavori per la riedificazione della Cattedrale dedicata a S. Bartolo, sui resti del Monastero Benedettino.

---

<sup>22</sup> *Ruggero I di Sicilia, conosciuto anche come il Gran Conte Ruggero (Hauteville-la-Guichard, circa 1031 – Mileto, 22 giugno 1101 fu il conquistatore e il primo Conte di Sicilia (1062). Nell'Italia del sud la famiglia degli Altavilla si stabilisce a Menfi nell'undicesimo secolo stabilendo buoni rapporti con il papato, unica possibile difesa contro l'espansione musulmana nell'Italia e contro gli scismi di stampo ortodosso di Bisanzio. Furono in particolare i due fratelli di Guglielmo, Roberto e Ruggero, che ebbero dal papa Nicolò II l'investitura a vassalli della Santa Sede.*

<sup>23</sup> *Carlo V d'Asburgo (Gand, 24 febbraio 1500 – 21 settembre 1558) fu re di Spagna e sovrano del Sacro Romano Impero. Una delle più importanti figure della Storia d'Europa, incoronato come re di Spagna con il nome di Carlo I, re d'Italia, Arciduca d'Austria e Imperatore del Sacro Romano Impero Germanico .*

Tuttavia le incursioni piratesche continuarono incessantemente finché Lipari, nel 1610 dopo continue richieste degli isolani, fu staccata dal regno di Napoli e annessa al Regno delle Due Sicilie sotto Filippo III l'unico in grado di garantire una maggiore sicurezza all'arcipelago. Da allora in poi seguì le sorti del Regno Delle due Sicilie e dell'Italia, riunificata sotto la dinastia sabauda.

Agli inizi del XIX secolo Lipari diventò lo scalo obbligato di parecchie linee marittime. Fu riscoperta dagli aristocratici divenendo una delle mete turistiche preferite dall'élite Siciliana; il duca Luigi Salvatore d'Austria, grande amico e conoscitore delle isole che alla fine del secolo visitò ripetutamente le Eolie, tanto da pubblicare, tra il 1893 e il 1896, ben otto volumi sull'arcipelago. In più, le possibilità commerciali offerte dall'utilizzazione dei giacimenti rocciosi attrasse numerosi commercianti francesi, fenomeno che fece crescere l'esportazione della pomice fino a quote di 700 tonnellate annue. Questo stato di cose contribuì ad un grande sviluppo delle Eolie che consentì un'impressionante crescita della popolazione, basti pensare che nel 1891 gli abitanti superarono le 20.000 unità, e delle esportazioni, grazie alla marineria ricca e capace fecero conoscere prodotti come malvasia, capperi e pesce conservato a tutta la penisola. Verso la fine del XIX secolo alcune società straniere promossero la costruzione dei primi impianti di lavorazione della pomice (RsP06) che resero l'isola la principale esportatrice europea del prodotto.

La crisi economica mondiale del 1929 colpì pesantemente il commercio della pomice. Un nuovo pericolo per i commerci isolani si profilò nel 1935, quando gli industriali eoliani, Vincenzo D'Ambra e Francesco Carbone, insieme all'ing. Antonio Lamaro di Roma si interessarono allo sfruttamento della pomice dell'isola greca di Yali, che essendo di maggiore purezza avrebbe letteralmente azzerato l'esportazione della pomice di Lipari, anche perché, un po' come accade oggi con la delocalizzazione delle produzioni in paesi in via di sviluppo, i costi di produzione sarebbero stati inferiori. Solo gli eventi bellici della Seconda Guerra Mondiale impedirono l'impresa, seppure si verificò comunque un repentino declino del mercato della pomice proprio in relazione alla guerra, dal quale il settore si risollevò solo dopo il 1950, principalmente per merito di una maggiore meccanizzata dell'attività estrattiva. Nel frattempo l'isola di Lipari diventò sede di confino coatto per gli oppositori politici sotto la dittatura fascista: furono costretti a permanere nell'acropoli dell'isola fino alla chiusura della colonia penale nel 1915. Nel 1926 il fascismo tentò di riaprirla ma dovette far fronte alla ribellione della popolazione che devastò le baracche dell'ex penitenziario sul Castello che successivamente, venne occupate da confinati politici antifascisti fino alla Liberazione. Nel 1930, con un taglio nella cinta muraria e una lunga scalinata, viene dato accesso diretto dal piano al "Castello", dove si concentrano i resti dei principali eventi storici dell'isola.

A partire dal 1950 cominciarono gli scavi archeologici condotti da Luigi Bernabò Brea<sup>24</sup> e da Madeleine Cavalier nell'area adiacente la strada moderna. Lo

---

<sup>24</sup> *Luigi Bernabò Brea (Genova, 27 settembre 1910 – Lipari, 4 febbraio 1999) è stato un archeologo italiano. Si è dedicato all'archeologia classica e protostorica della Sicilia, in particolare delle isole Eolie, dove ha diretto per molti anni il museo archeologico di Lipari che oggi gli è dedicato. Dapprima si era occupato della preistoria della Liguria.*

scavo richiese estrema perizia e attenzione, perché la parte superiore del terreno era piena di buche, pozzi neri e resti delle abitazioni distrutte in epoca fascista. Sono stati messi in luce dapprima i resti delle strade di un quartiere abitativo di età ellenistico-romana ovvero del II a.C. mentre delle case si conserva parte dei muri perimetrali. Nel 1954 fu inaugurato il famoso Museo Archeologico Eoliano (RsP07) che contiene al proprio interno preziose collezioni che ripercorrono tutte le tappe storiche dell'arcipelago. I resti di maggior rilievo sono custoditi nel Parco Archeologico in contrada Diana (RsP02), che testimoniano il passaggio in quell'area di civiltà e conquistatori che hanno fatto la storia dell'Occidente.

La peculiare posizione geografica ha fatto sì che l'isola rappresenti oggi uno dei maggiori punti di riferimento per lo studio della successione di civiltà nel bacino mediterraneo.

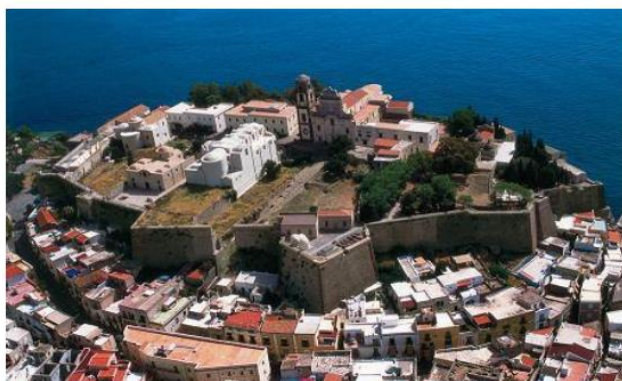
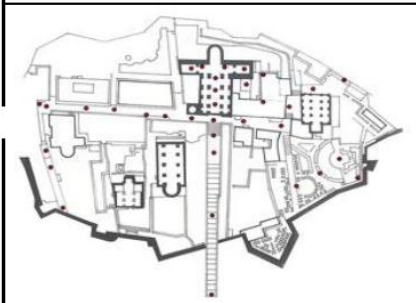


## SCHEDA RILIEVO STORICO - PREESISTENZE

RsP.01

Oggetto: Inquadramento Lipari Castello

Localizzazione:



Soggetto Il Castello di Lipari

Anno XXII-XV secolo a.C.

Frazione Lipari Centro

Foto Antonio Iaculla n progressivo 01 02

Descrizione L'Acropoli, denominata il Castello, costituisce ancora oggi il punto focale del centro storico. Entro il perimetro delle mura posero le loro sedi le popolazioni del neolitico, quelle della prima età dei metalli, dell'età del bronzo e dell'età ellenistica, come dimostrano i ritrovamenti archeologici.

<b>SCHEDA RILIEVO STORICO - PREESISTENZE</b>		RsP.02
Oggetto:	Preesistenze Archeologiche	
Localizzazione:		
   		
Soggetto	Acropoli Greca	
Anno	XXII-XV secolo a.C.	
Frazione	Lipari Centro	
Foto	Antonio laculla	n progressivo 02 03
Descrizione	<p>Gli scavi archeologici sono situati a fianco della chiesa dell'Immacolata e al Museo Eoliano, di fronte alla Cattedrale. Iniziati nel 1950, hanno messo in luce uno strato archeologico profondo 10 m. Sono stratificazioni di diverse epoche che vanno dall'età del bronzo all'epoca tardo-ellenistica. Queste case sono poi state più volte ristrutturate anche in età romana.</p>	



## SCHEDA RILIEVO STORICO - PREESISTENZE

RsP.03

Oggetto: Preesistenze storico-ecclesiastiche

Localizzazione:



Soggetto

Monastero S. Bartolomeo

Anno

1083 d.C. - cattedrale 1131 d.C.

Frazione

Lipari Centro

Foto

Domenico Scalerà

n progressivo

04

Descrizione

E' uno dei quattro monasteri benedettini edificati in Sicilia da Ruggero il Normanno e trasformato poi in cattedrale. Costruita con i blocchi di pietra delle mura greche e con le rovine che ricoprivano la rocca distrutta dai saraceni, l'ampliamento comportò l'inglobamento di colonne, capitelli e volte a crociera in spessi muri fino al 1979, quando si è dato inizio ad una opera di recupero dei resti del monastero e del chiostro che si e' protratta fino ai nostri giorni

<b>SCHEDA RILIEVO STORICO - PREESISTENZE</b>	RsP.04
--	--------

Oggetto:	Preesistenze storico-ecclesiastiche
Localizzazione:	



Soggetto	Chiesa delle Anime del Purgatorio		
Anno	1200 d.C.		
Frazione	Lipari Centro		
Foto	Antonio Iaculla	n progressivo	05
Descrizione	<p>In prossimità del porticciolo di Marina Corta, un tempo isolata su uno scoglio, oggi è collegata alla terraferma tramite passerella e viene aperta al pubblico annualmente nel periodo natalizio accompagnata da una Via Crucis organizzata dalla parrocchia S. Giuseppe.</p>		

**SCHEDA RILIEVO STORICO - PREESISTENZE**

RsP.05

Oggetto: Preesistenze storico-ecclesiastiche

Localizzazione:



Soggetto: Chiesa Madonna della Catena



Anno: 1588

Frazione: Quattropiani

Foto: By Google Images  06 07

Descrizione: Il luogo di culto, favorito anche dall'incantevole ubicazione, è una oasi di ristoro e di pace, in cui ogni cristiano e uomo di buona volontà, può trovare silenzio e preghiera, tra le cose più preziose presenti all'interno del Santuario vi è un quadro che sormonta l'altar del secolo XVIII, che raffigura l'effigie della Vergine SS. col Bambino.



SCHEDA RILIEVO STORICO - PREESISTENZE		RsP.06
Oggetto:	Preesistenze storico-industriali	
Localizzazione:		
		
		
Soggetto	Porticciolo di Acquacalda	
Anno	1083 d.C. - cattedrale 1131 d.C.	
Frazione	Acquacalda	
Foto	Antonio Iaculla	n progressivo 08
Descrizione	<p>I resti della cava di Pomice si classificano come preesistenza nell'ambito dell'archeologia industriale. Ormai abbandonati sono una delle mete preferite dai turisti provvisti di mezzi marittimi, complici le spiagge bianche e soffici prospicienti l'area.</p>	

<b>SCHEMA RILIEVO STORICO - PREESISTENZE</b>	RsP.07
--	--------

Oggetto:	Museo archeologico
----------	--------------------

Localizzazione:	
-----------------	--



Soggetto	Entrata sede museale Luigi Bernabò Brea		
Anno	2000		
Frazione	Lipari Centro		
Foto	Antonio Iaculla	n progressivo	09
Descrizione	<p>Il Museo Archeologico Eoliano è ospitato in edifici differenti ed è suddiviso in sezioni che ripercorrono la storia delle isole a partire dalla preistoria fino all'epoca classica. Le sezioni dislocate per l'isola riguardano:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sezione dedicata all'archeologia classica;</li> <li>- Sezione dedicata all'archeologia marina;</li> <li>- Sezione vulcanologica</li> </ul>		

## 2.8 Previsioni d'incremento demografico al 2024

Si riporta la tabella fornita dall'ufficio Anagrafe che riporta il censimento del Comune di Lipari al 25-Febbraio-2004

Centri abitati	Residenti
Lipari	5027
Canneto	2232
Pianoconte	1172
Quattropani	869
Acquacalda	325
Alicudi	143
Filicudi	315
Stromboli	646
Ginostra	54
Panarea	343
Vulcano	937
<b>Totale</b>	<b>12063</b>

Tab. 2. 1 Censimento Comune di Lipari

La principale difficoltà nella redazione di questo piano ha riguardato le dinamiche di crescita demografica e alle logiche con cui queste si evolvono:

*“...Tenendo presente la particolare struttura fisica del territorio comunale, gli aspetti della crescita verranno trattati per aggregati differenziali, costituiti dalle singole isole, dall'Isola di Lipari, dal comune di Lipari, affinché sia valutabile il concorso specifico rispetto alla crescita complessiva del territorio nel suo insieme.”*

Si riporta l'esito delle analisi effettuate durante il periodo censuario 1951-91:

- Lipari ridimensiona il suo livello di concentrazione rispetto alle altre isole (-4% rispetto al 1981)
- Vulcano – Panarea – Stromboli accrescono il loro peso demografico grazie ai maggior guadagni di consistenza
- Alicudi – Filicudi tendono a regredire

Questa prospettiva di crescita non considera l'andamento demografico dinamico delle famiglie residenti: a differenza dell'andamento incrementale della popolazione, quello delle famiglie presenta caratteristiche differenti. L'intero periodo censuario si chiude con un incremento complessivo del 19% circa.

*“...l'oggettiva divergenza, fra la dinamica della popolazione e quella dei nuclei familiari, è anzitutto determinata da una progressiva diminuzione del numero medio dei componenti i nuclei, derivante da componenti di carattere strutturale e comportamenti riproduttivi differenti dal passato; ...”*

“...gli indicatori sul peso dei gruppi generazionali, mostrano una popolazione relativamente giovane; che non soffre di particolare crisi di vitalità relativi a soglie di vecchiaia elevate e con un carico sociale ( $Id^{25}$ ) che nel tempo si è abbassato.

La forte discrepanza dei valori è dovuta a una realtà demografica fortemente condizionata dall'emigrazione, non solo relativamente alla dimensione demografica complessiva, ma con refluenze determinanti ed incisive sul piano strutturale.

Per individuare le dinamiche evolutive<sup>26</sup> della popolazione del comune di Lipari e fare previsioni al 2024 sono stati elaborati due modelli differenti e messi a confronto:

- Si considera un trend censuario più ridotto, gli ultimi vent'anni, in cui sono più evidenti i recuperi di consistenza

IPOTESI 1: PREVISIONI DAL 2001 AL 2011			
ANNI	Pr	la	I %
1971	10037	-	-
1981	10547	510	5.08
1991	10382	-165	-1.56
2001	10667	285	2.75
2011	10839	172	1.61
1991-2011		457	4.4

Tab. 2. 2 Previsione d'incremento demografico – Opzione 1

- Si considera il trend relativo alla popolazione al 31/12, risultante dal bilancio demografico periodico ed evidenziando quindi l'incidenza degli aspetti dinamici sulla consistenza demografica

IPOTESI 1: PREVISIONI DAL 2001 AL 2011			
ANNI	Pr	la	I %
1973	10147	-	-
1983	10704	557	5.49
1993	10564	-140	-1.31
2003	10888	324	3.07
2013	11093	208	1.91
1993-2013		532	5.04

Tab. 2. 3 Previsione d'incremento demografico – Opzione 2

“Sulla base dei numeri riportati nelle tabelle, si può presumere che la stima di previsione di incremento della popolazione per il prossimo ventennio (2004-2024) possa raggiungere circa le 1000 unità.

<sup>25</sup> Carico sociale  $id$ : si costruisce rapportando la popolazione improduttiva (giovanile ed anziana) a quella produttiva (ovvero, in età lavorativa)

<sup>26</sup> Le previsioni indicate partono dalle analisi sviluppate in sede di SdM/Prg e confrontate con dati presi dalla fonte Anagrafe Comunale

## 2.9 Classificazione degli edifici scolastici

Di seguito si riporta l'elenco degli Istituti statali situati sull'isola di Lipari compresi di indicazione del grado d'istruzione e di riferimento al Rilievo Fotografico (RFs). Tutti gli edifici, ad esclusione dell'istituto comprensivo Lipari N1, presentano degradi in facciata dovuti alla scarsità di manutenzione. Sul territorio mancano servizi attrattivi-culturali che stimolino l'interesse degli studenti più grandi.

Frazione	Via	Nome Istituto	Grado d'istruzione	RfS
Lipari Centro	SP180 - Lipari	Lipari N.1	Infanzia	07 08
			Primaria	
			Secondaria I Grado	
	Via Carnevale	S. Lucia - Lipari N.2	Infanzia	11 12 13
			Primaria	
			Secondaria I Grado	
		Secondaria II Grado		
Via Torrente S. Lucia	Isa Conti Eller Vainicher	Secondaria II Grado	09 10	
Canneto	Via risorgimento	Galileo Galilei	Primaria	14 15 16
			Secondaria I Grado	
Quattropani	Via Chiesa Nuova	Ss. Chiesa Nuova	Infanzia	04
			Primaria	
Acquacalda	Via Lungomare	Galileo Galilei	Primaria	
Pianoconte	SP180 - Pianoconte		Infanzia	01 02 03
			Primaria	

Tab. 2. 4 Classificazione Istituti scolastici a Lipari

Ai fini progettuali saranno approfonditi:

- L'istituto Comprensivo Lipari N1: il plesso più efficiente e punto di partenza per determinare l'impostazione tipica della struttura scolastica liparese;
- l'Istituto Galileo Galilei: attraverso lo strumento perequativo andrebbe trasferito nel nuovo plesso scolastico.

Si sottolinea che l'istituto sito nella frazione di Acquacalda è ad oggi chiuso per inagibilità e gli studenti sono stati trasferiti e tuttora stanziati nella frazione di Canneto dove condividono gli ambienti della Scuola secondaria di I grado.

L'istituto comprensivo Lipari I è strutturato su 2 piani per un totale di 463 alunni e 52 docenti, l'istituto comprende:

- 14 aule per l'attività di classe della scuola primaria;



- 1 aula per i docenti di sostegno;
- 2 aule per le scuole materne regionali;
- 4 locali destinati all'ufficio di segreteria e al dirigente scolastico;
- Aula laboratorio di informatica;
- Aula di informatica – Micro-robotica;
- Aula biblioteca multimediale con funzione di Aula Magna;
- servizi igienici per docenti e alunni;

**L'istituto Galileo Galilei**, , è amministrato dall'Istituto Lipari N1. È strutturato su 2 piani per un totale di 140 alunni e comprende:

- 5 aule per le classi di scuola elementare;
- Aula laboratorio musicale;
- Aula laboratorio di informatica ;
- Aula per l'attività motoria
- servizi igienici per docenti e alunni.

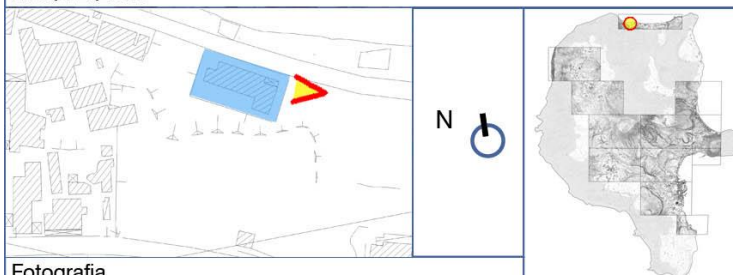
L'edificio, attiguo ai locali della scuola elementare, in cui si colloca i servizi per l'istruzione secondaria di I grado è strutturato su 3 piani e comprende:

- 5 aule per attività di classe (due al piano terreno e tre al primo piano)
- Aula laboratorio di falegnameria (afferente alle attività del Centro Risorse)
- Aula laboratorio per la ceramica (afferente alle attività del Centro Risorse)
- Aula biblioteca multimediale e sede del Museo contadino e marinaro,
- Sala Presidenza,
- servizi igienici per docenti e alunni,
- Aula laboratorio informatica

Di seguito si riportano le schede del rilievo fotografico effettuato sull'isola:

**Oggetto** Scuola Media statale Galileo Galilei - frazione Acquacalda

**Localizzazione**



**Fotografia**



**Soggetto** Ingresso dell'edificio

**Data/ora** 25/07/2011

**n° progressivo foto** 01

**Fotocamera** Sony DSC-W290

**Tipo ripresa** Prospettiva frontale

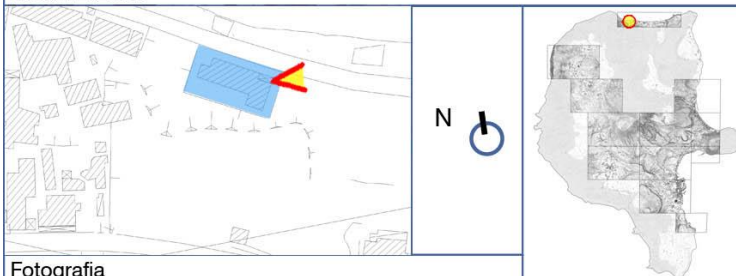
**Masse a fuoco** 13.7mm / f4.5

**Risoluzione** 12.1 Mpix

**Note** L'edificio è stato giudicato inagibile ed è tutt'oggi in disuso. La scuola media è stata trasferita nella frazione di Canneto a titolo non definitivo.

Oggetto Scuola Media statale Galileo Galilei - frazione Acquacalda

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Retro dell'edificio con campo di calcio

Data/ora 25/07/2011

n° progressivo foto 03

Fotocamera Sony DSC-W290

Tipo ripresa Prospettiva frontale

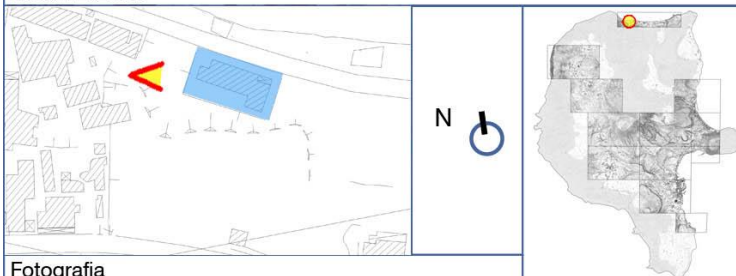
Masse a fuoco 13.7mm / f4.5

Risoluzione 12.1 Mpix

Note

Oggetto Scuola Media statale Galileo Galilei - frazione Acquacalda

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Retro dell'edificio con il campo di calcetto

Data/ora 25/07/2011

n° progressivo foto 04

Fotocamera Sony DSC-W290

Tipo ripresa Prospettiva libera

Masse a fuoco 13.7mm / f4.5

Risoluzione 12.1 Mpix

Note

**Oggetto** Istituto comprensivo in via Chiesa Nuova - Frazione Quattropani

**Localizzazione**



**Fotografia**



**Soggetto** Ingresso istituto comprensivo

**Data/ora** 25/07/2011

**n° progressivo foto** 08

**Fotocamera** Sony DSC-W290

**Tipo ripresa** Composizione fotografica

**Masse a fuoco** 13.7mm / f4.5

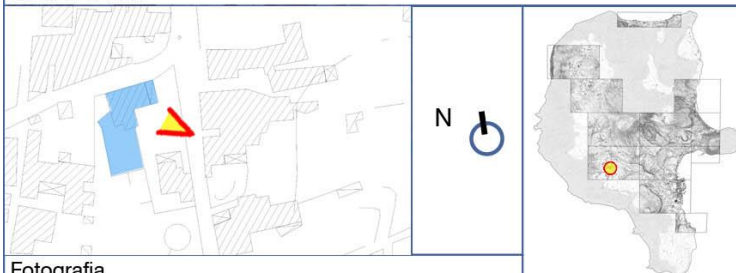
**Risoluzione** 12.1 Mpix

**Note**



Oggetto Scuola Materna privata - località Quattropani

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Ingresso Scuola Materna

Data/ora 25/07/2011

n° progressivo foto 12

Fotocamera Sony DSC-W290

Tipo ripresa Prospettiva Laterale

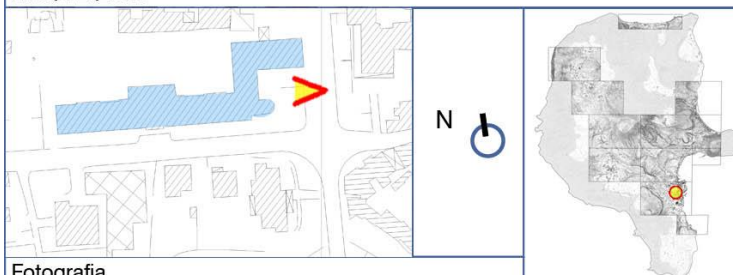
Masse a fuoco 13.7mm / f4.5

Risoluzione 12.1 Mpix

Note

Oggetto Istituto Comprensivo Lipari I

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Ingresso Istituto

Data/ora 26/07/2011

n° progressivo foto 25

Fotocamera Sony DSC-W290

Tipo ripresa Prospettiva Centrale

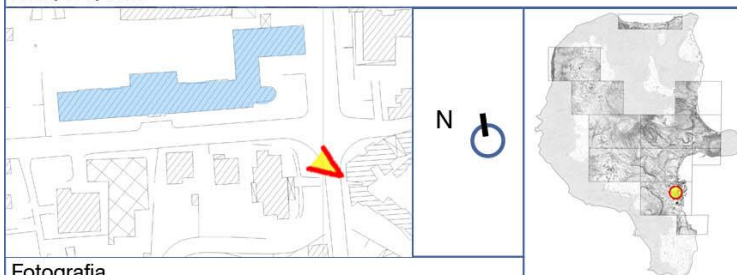
Masse a fuoco 13.7mm / f4.5

Risoluzione 12.1 Mpix

Note

Oggetto Istituto Comprensivo Lipari I

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Particolare - Blocco scale

Data/ora 25/07/2011

n° progressivo foto 30

Fotocamera Sony DSC-W290

Tipo ripresa Prospettiva laterale

Masse a fuoco 13.7mm / f4.5

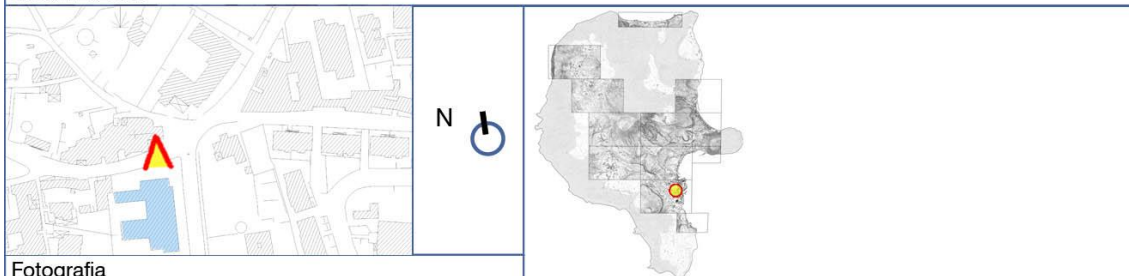
Risoluzione 12.1 Mpix

Note



**Oggetto** Istituto tecnico Statale Isabella Conti Eller Vainischer - Lipari Centro

**Localizzazione**



**Fotografia**



**Soggetto** Cancelli d'Ingresso

**Data/ora** 26/07/2011

**n° progressivo foto** 32

**Fotocamera** Sony DSC-W290

**Tipo ripresa** Prospettiva Centrale

**Masse a fuoco** 13.7mm / f4.5

**Risoluzione** 12.1 Mpix

**Note**

Oggetto Istituto tecnico Statale Isabella Conti Eller Vainischer - Lipari Centro

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Ingresso Istituto

Data/ora 25/07/2011

n° progressivo foto 33

Fotocamera Sony DSC-W290

Tipo ripresa Prospettiva laterale

Masse a fuoco 13.7mm / f4.5

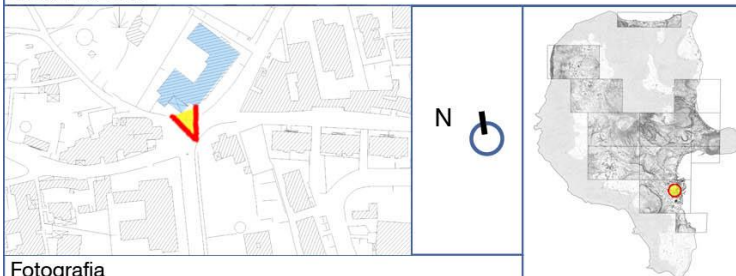
Risoluzione 12.1 Mpix

Note



Oggetto Istituto comprensivo Santa Lucia - Lipari Centro

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Ingresso Istituto

Data/ora 26/07/2011

n° progressivo foto 35

Fotocamera Sony DSC-W290

Tipo ripresa Prospettiva laterale

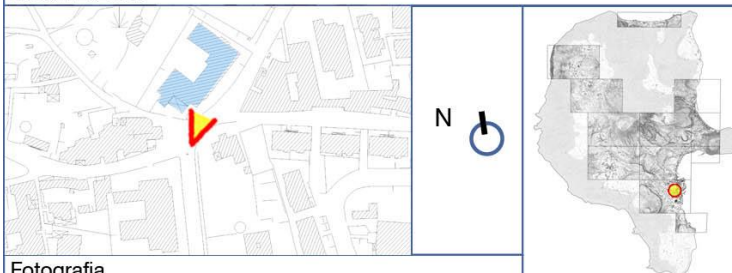
Masse a fuoco 13.7mm / f4.5

Risoluzione 12.1 Mpix

Note

Oggetto Istituto comprensivo Santa Lucia - Lipari Centro

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Particolare - Blocco scale

Data/ora 26/07/2011

n° progressivo foto 37

Fotocamera Sony DSC-W290

Tipo ripresa Prospettiva laterale

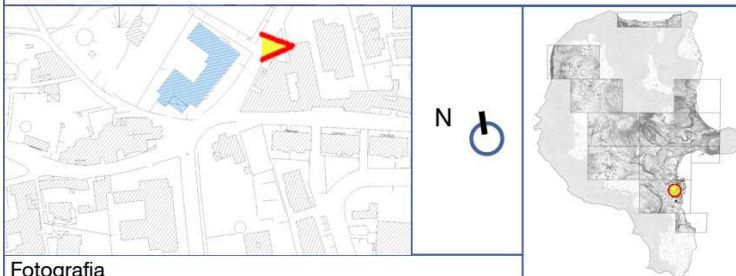
Masse a fuoco 13.7mm / f4.5

Risoluzione 12.1 Mpix

Note

Oggetto Istituto comprensivo Santa Lucia - Lipari Centro

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Plesso liceo Scientifico

Data/ora 26/07/2011

n° progressivo foto 39

Fotocamera Sony DSC-W290

Tipo ripresa Prospettiva laterale

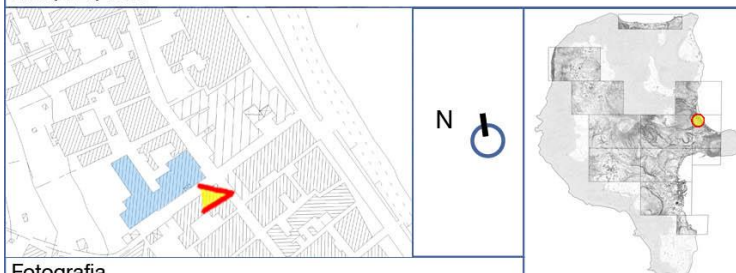
Masse a fuoco 13.7mm / f4.5

Risoluzione 12.1 Mpix

Note

Oggetto Scuola Media Statale Galileo Galilei

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Ingresso Istituto

Data/ora 26/07/2011

n° progressivo foto 45

Fotocamera Sony DSC-W290

Tipo ripresa Prospettiva laterale

Masse a fuoco 13.7mm / f4.5

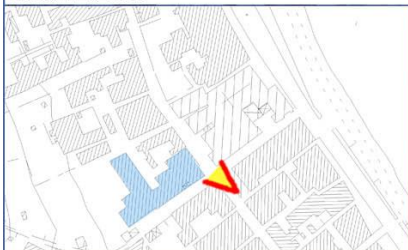
Risoluzione 12.1 Mpix

Note



Oggetto Scuola Media Statale Galileo Galilei

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Vista dalla Strada

Data/ora 26/07/2011

n° progressivo foto 46

Fotocamera Sony DSC-W290

Tipo ripresa Prospettiva laterale

Masse a fuoco 13.7mm / f4.5

Risoluzione 12.1 Mpix

Note



Oggetto Scuola Media Statale Galileo Galilei

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Vista dalla Strada

Data/ora 26/07/2011

n° progressivo foto 47

Fotocamera Sony DSC-W290

Tipo ripresa Prospettiva centrale

Masse a fuoco 13.7mm / f4.5

Risoluzione 12.1 Mpix

Note

## 2.10 Vincoli

L'isola di Lipari è contemporaneamente sotto vincolo ZPS<sup>27</sup> e SIC<sup>28</sup>. Questo implica che tutti i piani o progetti che possano avere incidenze significative sui siti e che non siano non direttamente connessi e necessari alla loro gestione devono essere assoggettati alla procedura di Valutazione di incidenza ambientale che ha lo scopo di accertare preventivamente se determinati progetti possano avere incidenza significativa sui Siti di Importanza Comunitari (SIC), sulle Zone Speciali di Conservazione e sulle Zone di Protezione Speciale (ZPS).

In Italia la valutazione di incidenza ambientale è introdotta dall' art. 5 D.P.R. n. 357/97 e i proponenti di piani territoriali, urbanistici e di settore, ivi compresi i piani agricoli e faunistico-venatori e le loro varianti, sono obbligati a predisporre uno studio (di incidenza) per individuare e valutare gli effetti che il piano può avere sul sito, tenuto conto degli obiettivi di conservazione del medesimo.

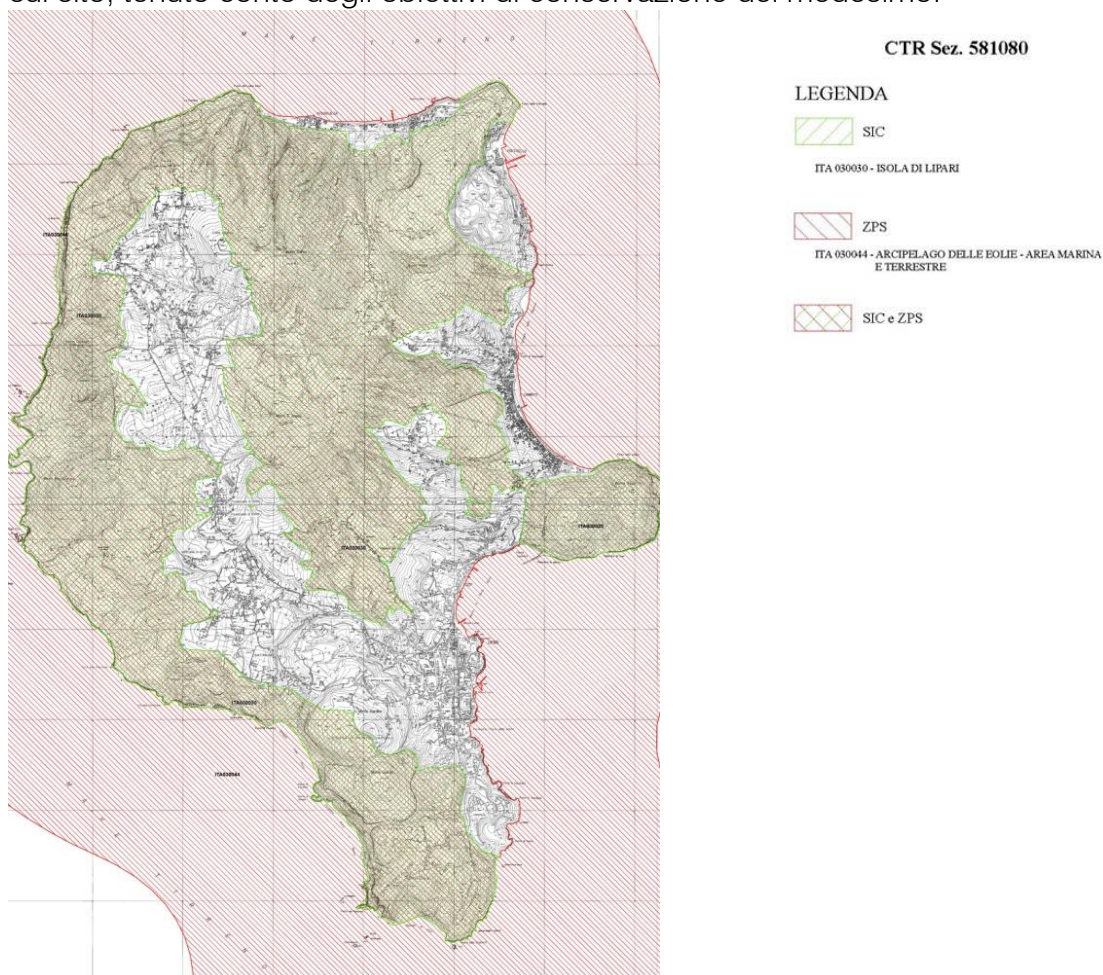


Fig. 2.7 - Vincolo ZPS e SIC

<sup>27</sup> Le zone di protezione speciale o ZPS, sono zone di protezione poste lungo le rotte di migrazione dell'avifauna, finalizzate al mantenimento ed alla sistemazione di idonei habitat per la conservazione e gestione delle popolazioni di uccelli selvatici migratori.

<sup>28</sup> In ambito ambientalistico il termine è usato per definire un'area che contribuisce in modo significativo al mantenimento della biodiversità della regione in cui si trova.



In più, si riporta l'estensione della Riserva Naturale Orientata: è un tipo di area naturale protetta in cui sono consentiti interventi colturali, agricoli e silvo-pastorali purché non in contrasto con la conservazione degli ambienti naturali. Al contorno delle zone di Riserva (zona A) è individuata un'area di pre-riserva (zona B) a sviluppo controllato al fine di integrare il territorio circostante nel sistema di tutela ambientale. È una delle tipologie di riserva naturale ufficialmente definite in Italia, insieme alle riserva naturale speciale e alla riserva naturale integrale, in uso anche nei documenti ufficiali del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

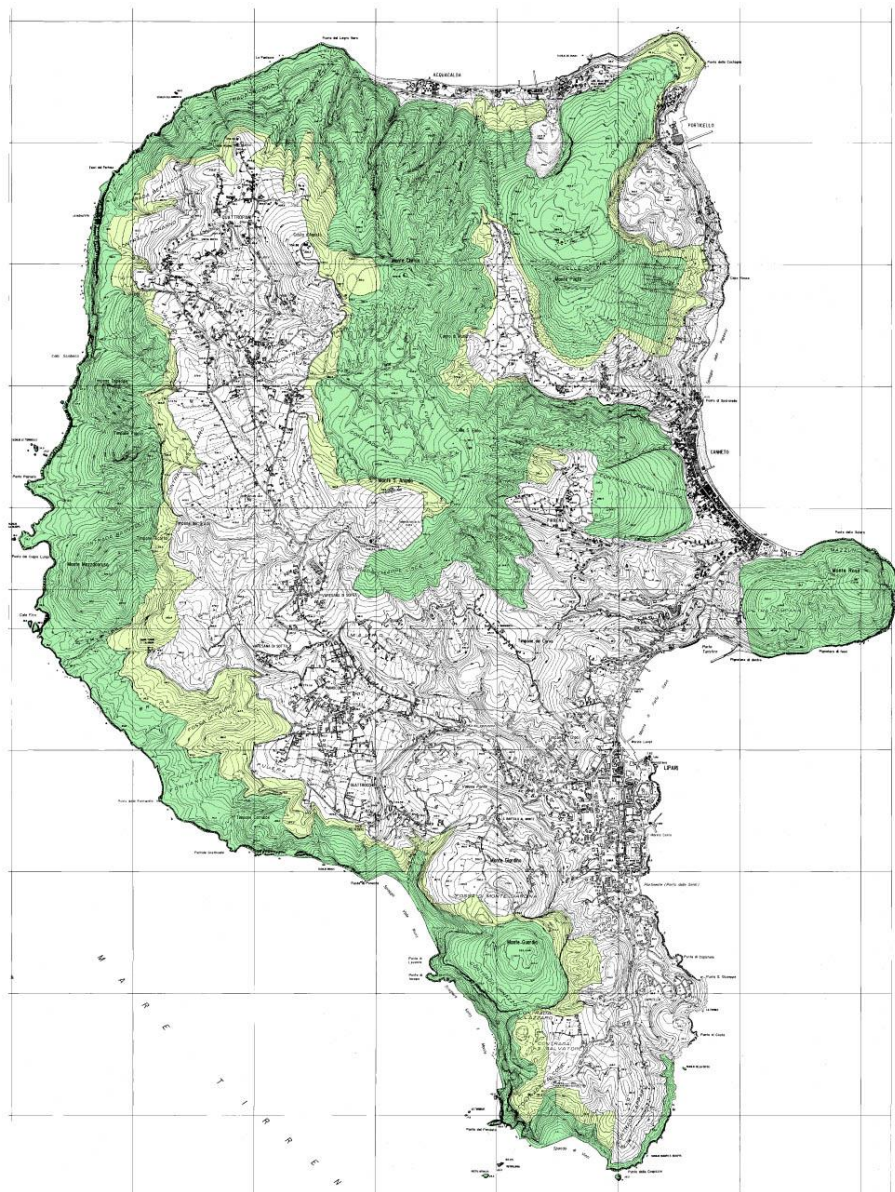


Fig. 2.8 - Planimetria della Riserva Naturale Orientata

## 2.11 Sistema idrico e Risorse energetiche

L'arcipelago eoliano, per la sua specificità geomorfologia e per le sue caratteristiche stratigrafiche, non ha sorgenti né falde che permettono risorse idriche tali da poter soddisfare almeno le necessità dei residenti. Tale problematica, nel tempo, ha condizionato anche lo sviluppo dell'agricoltura. Storicamente il problema dell'acqua, esclusivamente piovana, era stato risolto grazie ad un sistema molto elaborato di raccolta delle acque meteoriche in cisterne: ogni casa aveva la propria, spesso anche più di una. E' possibile trovare, ancora oggi, in alcune isole, qualche residenza che alimenta le proprie riserve idriche dagli esigui rivoli e torrenti che si formano durante le limitate piogge. La situazione di maggior criticità si rileva soprattutto nelle isole di Filicudi e Alicudi. In quest'ultima, ancor oggi, non c'è acqua corrente, in molti casi l'acqua disponibile è ancora quella piovana raccolta nelle cisterne, e solo nei migliori casi l'approvvigionamento idrico avviene tramite navi cisterna.



Fig. 2.9 - Impianto di depurazione in località Balestrieri - Lipari

La condizione generale dell'arcipelago eoliano è, a tutt'oggi, quella di ricevere l'approvvigionamento idrico per buona parte mediante un servizio di trasporto, attuato mediante navi cisterna. Solo nell'isola di Lipari, grazie alla presenza di un dissalatore, la cui produzione è stimata in circa 2.800 m<sup>3</sup>/g d'acqua, il problema idrico assume contorni lievemente meno emergenziali anche se la richiesta estiva arriva a toccare anche 5000 m<sup>3</sup>/giorno: nelle zone alte dell'isola si rilevano condizioni di disagio e nelle aree con urbanizzazione consolidata l'erogazione idrica avviene pressoché a giorni alterni. Il problema dell'acqua è una questione più che aperta e il ciclo dell'acqua nelle isole minori si collega strettamente alla programmazione energetica e alle susseguenti azioni in quanto sia la produzione che il pompaggio richiedono rilevanti quote parte dei bilanci energetici. Recentemente, al fine della risoluzione dell'annosa problematica, il nuovo P.R.G. adottato prevede, tra le sue azioni, la localizzazione di impianti per la dissalazione lungo la costa. Il risultato mira alla realizzazione di un progetto ben definito che permetta nel tempo a ciascuna isola di raggiungere

l'autonomia idrica. Un'ipotesi plausibile appare quella della differenziazione dell'approvvigionamento delle risorse idriche necessarie ai bisogni umani da quelle necessarie per l'agricoltura e le attività produttive in genere.



Fig. 2.10 - Impianto fotovoltaico sul monte Sant'Angelo - Lipari

Da una parte, quindi, si configura la necessità di programmare la realizzazione di impianti per la dissalazione in tutte le isole, o l'adeguamento di quelli esistenti, integrando la produzione di acqua potabile con quella di energia, dimensionati per la quantità idrica necessaria all'autosufficienza dell'isola e collegati, altresì, con dei serbatoi capaci di raccogliere l'eccesso di produzione dei mesi invernali al fine di renderlo disponibile nei mesi estivi quando la popolazione insediata aumenta in modo considerevole; dall'altra, emerge l'opportunità di prevedere opere fognarie collegate a stazioni di depurazione dei reflui, al fine di poter recuperare quest'ultimi, dopo l'avvenuto trattamento, per l'utilizzo per fini irrigui oltre che nelle attività produttive in genere. A tali azioni vanno associate quelle relative al completamento e alla riqualificazione della rete per la distribuzione dell'acqua potabile con relativi serbatoi di accumulo oltre alla creazione di apposite differenti reti di adduzione per le acque reflue depurate.

In tale contesto, è da inserire, altresì, la previsione di una serie di impianti per la produzione dell'energia necessaria al funzionamento dei dissalatori da realizzare utilizzando fonti energetiche rinnovabili e sistemi a basso impatto ambientale. L'integrazione della produzione e pompaggio dell'acqua dolce con gli attuali processi di produzione di energia elettrica e dei futuri impianti sfruttanti le fonti energetiche rinnovabili possono dare contributi sostanziali alla sostenibilità energetica delle isole minori siciliane.



Per quanto riguarda l'aspetto energetico, la fornitura dell'isola di Lipari avviene generalmente attraverso un sistema basato su normali centrali termoelettriche alimentate a gasolio, proveniente dalla terraferma attraverso trasporto su navi. Il modello è ovviamente non sostenibile dal punto di vista ambientale e spesso è incapace di garantire l'energia elettrica durante i periodi critici, creando disservizi agli utenti privati e pubblici. Inoltre i costi di produzione dalle fonti convenzionali nelle piccole isole è molto più alto se comparato con la medesima produzione nella terraferma. Un programma energetico che miri verso una graduale autosufficienza nel settore e una maggiore sostenibilità ambientale dell'arcipelago eoliano, attraverso l'utilizzo delle risorse rinnovabili disponibili in



Fig. 2.11 - Centrale termoelettrica, Lipari

loco e impiegabili sia per la stessa produzione energetica locale sia per la dissalazione delle acque a fini potabili, predisposto con la partecipazione delle Amministrazioni comunali e delle aziende energetiche, appare, pertanto, obiettivo impegnativo ma primario. L'obiettivo sostenibile da perseguire è, quindi, l'autonomia energetica a mezzo di fonti rinnovabili (solare termico e fotovoltaico, geotermia, eolico, etc.), sulla base di un piano energetico d'arcipelago, prendendo in considerazione la possibilità dell'utilizzo dei giacimenti di acque calde d'origine vulcanica per creare reti di riscaldamento al servizio delle abitazioni. Allo stato attuale, del resto, le isole non connesse alla rete elettrica continentale soddisfano il fabbisogno energetico con centrali termoelettriche che bruciano i derivati del petrolio e, nei casi più modesti, con generatori diesel, spesso vecchi e inquinanti, sovrabbondanti rispetto al carico invernale, che richiedono un costante approvvigionamento di gasolio con navi cisterna, metodo decisamente antieconomico e a forte rischio ambientale. Pertanto, non vi sono soltanto ragioni ambientali che sollecitano una revisione del sistema energetico dell'arcipelago eoliano, ma collateralmente anche tematiche di natura economica.

## 2.12 Accessibilità

L'accessibilità complessiva va suddivisa in viabilità marittima e terrestre. La prima caratterizza i collegamenti principali tra l'isola di Lipari, le isole limitrofe e la penisola italiana; la seconda garantisce il funzionamento dell'isola con tutte le sue implicazioni. La criticità primaria riguarda i picchi di utenza che caratterizzano il traffico comunale durante l'anno. La stagione turistica mette in crisi il sistema viario mostrandone pregi e difetti.

### 2.12.1 TRATTE MARITTIME

Il collegamento tra le isole Eolie e il resto del Territorio Italiano avviene principalmente via mare anche se attraverso Elitaxi è possibile raggiungere l'isola nel modo più rapido. L'attuale politica dei trasporti marittimi è in fase di riassetto a causa dei picchi d'utenza che deve assorbire nel periodo estivo. Al momento si sta cercando di ottimizzare il numero delle corse di collegamento giornaliero per fornire un servizio continuo ed efficiente durante l'anno; si può comunque affermare che le linee di collegamento con i porti rispondono a logiche organizzative interne e al momento non sono sufficientemente studiati per il raggiungimento delle coincidenze del trasporto ferroviario e aeroportuale creando gravi difficoltà di organizzazione di trasferimento di gruppi turistici nazionali e internazionali. Questo elemento è il punto di debolezza più critico per l'attuale situazione di vivibilità nelle isole che si aggiunge all'assenza di scali portuali sicuri e adeguati in quasi tutte le Isole Minori della Sicilia.

Il trasporto marittimo si classifica in:

- Sub-urbano, prevede il collegamento tra l'arcipelago e la penisola;
- urbano, collega le isole dell'arcipelago con l'isola siciliana.

Il trasporto suburbano ha frequenza annuale e prevede le seguenti tratte:

- NAPOLI – LIPARI = 331km - 7.14ore con traghetto/aliscafo nel solo periodo estivo
- MILAZZO – LIPARI = 43km - 1.13ore con traghetto/aliscafo tutto l'anno
- R.CALABRIA - MESSINA – LIPARI = 80km - 1.40ore con aliscafo
- PALERMO - LIPARI = 70km - 1.5ore con aliscafo

Il trasporto urbano serve principalmente la sottoclasse non turistica dei trasporti e comprende oltre il 50% del trasporto complessivo. I principali fruitori di questo servizio sono:

- conducenti di automezzi per trasporto merci
- residenti negli arcipelaghi che si recano dall'arcipelago verso Sicilia e viceversa.

Anche in questo comparto si riproducono i problemi della viabilità interna, con assenza di programmazione per i collegamenti funzionali ai trasferimenti tra le isole più piccole e l'isola capoluogo dell'arcipelago. In questa situazione, anche le tariffe risultano penalizzanti. In inverno, questi problemi interessano soprattutto la comunità studentesca che deve già affrontare gravi disagi causati dalla mancanza di istituti superiori. Questo problema è particolarmente sentito nel gruppo delle Eolie composto da ben sette isole tutte abitate.

Internamente le Isole Eolie sono collegate via mare attraverso imbarcazioni di vario genere appartenenti sia a servizi urbani che a servizi turistici.

Le tratte si differenziano in funzione della stagione turistica: nel periodo invernale si effettuano, con una sola partenza giornaliera ad eccezione dei collegamenti per Vulcano e Salina

- LIPARI-STROMBOLI = 45,5 km - 1.20 min.
- LIPARI-PANAREA = 24 km – 1ora
- LIPARI-VULCANO = 13 km - 0.37ore
- LIPARI-SALINA = 29 Km – 1ora

Per quanto riguarda il periodo estivo, invece, si rilevano un maggior numero di partenze giornaliere, sia per le tratte suddette sia per:

- LIPARI-FILICUDI = 51,7 km - 1.30ore
- LIPARI-ALICUDI = 75 Km - 2ore



Fig. 2.12 - Principali tratte di collegamento marittimo

### 2.12.2 RETE STRADALE

I collegamenti terrestri all'interno dell'isola di Lipari sono essenziali e sufficienti per le necessità dell'isola durante la stagione non turistica. Si rivelano

invece inadeguati alle richieste nel periodo estivo, soprattutto a causa della limitazione del traffico per i non residenti. La viabilità liparese si basa su un anello che copre tutta l'isola e da cui partono diramazioni a viabilità più contenuta. La qualità dei mezzi non è elevata: il servizio è spesso reso tramite autolinee tradizionali che non si conciliano con le necessità ecologiche del territorio. L'unica alternativa ai mezzi pubblici per i non residenti è l'affitto di mezzi a due ruote (motorino o bicicletta) o piccoli fuoristrada. In base all'indagine conoscitiva della Corte di Conti sul trasporto pubblico in Sicilia le società di trasporto operanti nelle Isole Minori siciliane sono poche e effettuano un servizio minimo. Lo sviluppo del sistema dei trasporti urbano è certamente limitato dalla conformazione fisico-geografica dei territori interessati, ma ciò non ne giustifica l'inagibilità dell'utenza. Il nuovo piano Regolatore Generale mira a potenziare la viabilità stradale con la costruzione di nuovi tratti stradali che rendano più efficiente la circolazione nei mezzi anche pesanti durante i mesi più critici. L'andamento viabilistico rispecchia e asseconda la morfologia dell'isola così come l'espansione urbana che sta caratterizzando il comune negli ultimi anni. I centri urbani sono ben connessi tra loro tramite la strada provinciale e una fitta rete di sentieri sale dai centri abitati e percorre in lungo e in largo l'isola. Stradelle e mulattiere<sup>29</sup> che erano utilizzate dai numerosissimi lavoratori della pomice per raggiungere le cave sono oggi largamente impiegate per le finalità turistiche: solo addentrandosi nell'isola percorrendo questi tracciati è possibile apprezzare a pieno lo splendore del paesaggio rurale dell'isola, cogliendo quegli elementi che caratterizzano la vegetazione mediterranea<sup>30</sup>.

Il centro storico dell'isola rispecchia invece il tipico centro mediterranea: vicoli e straduzze<sup>31</sup> realizzano un tessuto di eccezionale valore culturale e bioclimatico: strade strette e fresche, luminose e piene di fiori in cui gli abitanti si sentono protetti e a loro agio nonostante il numero di turisti sempre più elevato. Il centro storico di Lipari, percorribile solo a piedi o su due ruote, rispecchia lo stretto rapporto tra gli abitanti e l'ambiente.

Nel complesso la viabilità dell'isola è a misura d'uomo e soddisfa i bisogni delle comunità sparse per tutta l'isola ed è strutturato in modo da separare le diverse tipologia di utenze: edifici terziari e che fanno uso di mezzi pesanti si posizionano a ridosso della strada provinciale, rendendo il traffico sulle strade comunali riducendo anche i rischi che ne conseguono. Il comune presenta ancora lacune e deficit nei trasporti pubblici; forse se ne sottovalutano le potenzialità. Un cattivo

---

<sup>29</sup> *Mulattiera: strada rurale simile al sentiero, ma atta anche alla circolazione di animali da soma. Prima dello sviluppo della rete stradale vera e propria, rappresentava la via di collegamento tra i paesi e le campagne.*

<sup>30</sup> *La vegetazione mediterranea è caratterizzata principalmente da in prevalenza da oleandri, mirti, eriche, ginestre e querce a foglia spinosa oltre che da arbusti aromatici di rosmarino e timo oltre che da colture di oliveti e vigneti.*

<sup>31</sup> *La strada è il primo elemento bioclimatico del comune. È realizzata in modo da assecondare il fluire delle correnti fresche senza creare nessuna ostruzione materiale, così che ogni unità abitativa s'innesta organicamente nelle altre adiacenti, accogliendo l'aria filtrata dalle precedenti case e lasciandola scorrere al suo interno. Inoltre, le dimensioni delle strade sono progettate per impedire al sole estivo di surriscaldare le pareti delle abitazioni, le quali con colori chiari e brillanti ne permette la rifrazione anche all'interno di cunicoli coperti, vere e proprie vie eoliche perchè la loro conformazione determina l'aumento di velocità del vento.*

servizio pubblico sovraccarica la rete stradale durante i mesi critici disincentivandone l'uso anche da parte dei turisti oltre che dei residenti.



Fig. 2.13 - Rete viaria Lipari



## CAPITOLO III

### INQUADRAMENTO MICROURBANO

Il capitolo definisce gli scopi del progetto. Data la dimensione e la complessità dell'area d'intervento, è stato necessario effettuare un'analisi urbanistica per definire le linee guida da seguire per lo sviluppo della planimetria. Si è scelto il modello di processo NOOS (Not Only One Solution) che permette di affrontare tutte le fasi progettuali con metodo ed ordine. Di tutti i dati raccolti nella fase di analisi, si sottolinea l'importanza del PRG, che ha permesso di approfondire le problematiche connesse alla realtà economico-sociali dell'isola, mentre la nuova visione di scuola che caratterizza il progetto ha reso necessaria la modifica dei confini previsti dal Piano per quanto concerne l'edificazione degli istituti scolastici al 2024. L'area d'intervento è situata nella periferia della frazione di Canneto, caratterizzata da un edificato non omogeneo, in completo stato d'abbandono e morfologicamente articolata. Ciononostante, l'ampia accessibilità in ogni direzione, la lontananza dagli spazi turistici e la vicinanza ai centri residenziali dell'isola rappresentano quei punti di forza che soddisfano a pieno il contorno in cui dovrebbe posizionarsi una generica infrastruttura scolastica

### 3.1 Metodologia

Il modello di processo che si è deciso di utilizzare è il metodo NOOS (*Not Only One Solution, D. Palazzo*), ribadendo che la progettazione ammette diverse soluzioni oltre la qui proposta. Tale processo permette di affrontare le fasi progettuali con metodo ed ordine, suddividendole il lavoro come segue:

- **Istanze:** Sono stati importanti lo studio del PRG, POR e PIT, il sopralluogo e le diverse persone ascoltate (come impiegati del Comune e abitanti del luogo) per la definizione di ulteriori aspettative.
- **Conoscenza:** la fase analitica si è sviluppata per lo più in ambiti riguardanti la viabilità e l'aspetto paesaggistico, poiché queste sono le discipline che più interessano l'area di progetto;
- **Sintesi:** Si è operato tramite l'elaborazione di una cosiddetta carta delle F.D.O.M.
- **Scelte:** dalla sintesi delle analisi e dalle istanze si sono desunti obiettivi e priorità, da ciò le soluzioni alla maggior parte delle problematiche che si sono esplicitate sulla stessa carta tramite schizzi e disegni
- **Dialoghi:** Forse la fase che ha preso più tempo: qui si è continuamente lasciato spazio alla messa in discussione di ogni scelta e/o opinione fino alla conferma o annullamento delle stesse,
- **Masterplan:** le dimensioni dell'area hanno consentito uno studio più di scala urbanistica che di quartiere o di isolato.

### 3.2 Scopi del progetto

Le indicazioni del Bando di concorso e lo sviluppo delle attività di diagnosi hanno portato alla redazione delle aspettative sintetizzabili come segue:

- Realizzare un edificio sostenibile che sopperisca al fabbisogno energetico attraverso lo sfruttamento di fonti di energia rinnovabili;
- Creare un ambiente stimolante per gli studenti e che sopperisca alla mancanza sul territorio di quelle strutture ricettivo-culturali necessarie alla loro corretta formazione;
- Progettare un edificio che assuma significato e sia motivo d'insegnamento sin dalle prime fasi di posa in opera anche per la comunità liparese, sottolineando l'uso consapevole di nuove tecnologie a fini della sostenibilità;
- Realizzare una struttura ricettiva fruibile tutti i mesi dell'anno, che sia utile anche alla comunità vicina al mondo della scuola e si nasconda dal flusso turistico dei mesi estivi;

- Garantire la funzionalità degli spazi previsti dal PRG al 2024 e dallo strumento perequativo<sup>32</sup>;
- Integrare l'edificio nel contesto paesaggistico senza però compromettere la leggibilità dell'intervento

### 3.3 Nuovo PRG del comune di Lipari<sup>33</sup>

Il 29 Luglio 2011 è stato approvato il nuovo Piano Regolatore Generale e regolamento edilizio del Comune di Lipari. Lo strumento è stato molto utile per la conoscenza del territorio, dato che:

*“la formazione del Prg si è avvalsa di una conoscenza capillare del territorio e di attento esame delle problematiche connesse alla realtà economico-sociale del turismo.”*

Fonda le sue scelte su molteplici regolamentazioni che si propongono di espandere le aree residenziali tutelando e valorizzando il patrimonio ambientale e tutte le testimonianze che sono proprio la principale fonte di sostentamento dell'isola.

Il nuovo PRG classifica le opere pubbliche fino al 2003/04, i progetti componenti il Patto territoriale delle Isole Eolie, le istanze sociali ulteriormente aggiornate, ivi comprese quelle derivanti da richieste della Protezione Civile, gli esiti di numerose conferenze dei servizi che hanno avuto luogo presso la sede del Comune di Lipari, sino al dicembre 2003.

Le zone destinate all'istruzione dell'obbligo sono individuate nelle tavole di Piano secondo i seguenti simboli funzionali:

- An = asilo nido;
- Sm = scuola materna;
- le = scuola elementare;
- Im = Scuola media

Il rapporto tra gli spazi destinati agli insediamenti residenziali e le zone per l'istruzione dell'obbligo di cui al simbolo funzionale “I” è definito ai sensi dell'art. 3 del D.M. 2/4/1968 n. 1444 dal rapporto di 4,5m<sup>2</sup> per ogni 100m<sup>3</sup> di volume residenziale. Nell'ambito della formazione dei PUE per la nuova edilizia residenziale, le previsioni relative alla zona per l'istruzione dell'obbligo vanno subordinate alla approvazione del Piano Urbanistico esecutivo fatte salve specifiche indicazioni nel merito che comunque soddisfino il fabbisogno di attrezzature per l'istruzione previsto dal D.M. 1444/68.

<sup>32</sup> Agli spazi necessari al progetto saranno sommati gli spazi già presenti nell'Istituto Galileo Galilei, spazio preposto al cambio di destinazione per la definizione del lotto di progetto.

<sup>33</sup> Questo paragrafo si avvale del lavoro già svolto per la redazione dello Schema di Massima del Prg redatto nell'occasione dal Demografo Dott. Benedetto La Rosa.

### 3.4 Perequazione -Trasferimento destinazione d'uso

L'istituto Galileo Galilei è il plesso scolastico più vicino all'area di progetto, in uno spazio potenzialmente appetibile dal mercato immobiliare e turistico per le sue caratteristiche:

- Posizione privilegiata rispetto al Centro dell'agglomerato
- Vicinanza al mare e al Porto di Canneto;
- Flessibilità degli spazi interni.

L'edificio è strutturato su tre piani e comprende:

- 5 aule per attività di classe
- Aula laboratorio di falegnameria
- Aula laboratorio per la ceramica
- Aula biblioteca multimediale e sede del Museo contadino e marinaro,
- Sala Presidenza,
- Servizi igienici per docenti e alunni,
- Aula laboratorio informatica 'Scirè'
- Aula laboratorio di tipografia digitale
- Campetto esterno utilizzato per le attività motorie e sportive.

La necessità di acquisire nell'area di progetto un ulteriore lotto è motivata dalla nuova visione di scuola che si sta diffondendo nell'Occidente e che può essere articolata secondo:

- Fattore sociologico: lo studente deve essere seguito in ogni fase del suo percorso di studi dall'istituzione scolastica oltre che dalla famiglia, soprattutto durante l'età adolescenziale quando possono emergere quelle problematiche che al primo stadio sono ancora recuperabili.
- Fattore economico: la realizzazione di due nuovi edifici scolastici indipendenti, che come previsto dal PRG si aggiungono agli istituti presenti nella stessa frazione, non può essere una soluzione ottimale.

Sulla base di queste considerazioni si è pensato di acquisire l'area che separa i lotti destinati alle nuove scuole utilizzando lo strumento urbanistico della perequazione<sup>34</sup>.

Una possibile alternativa al PRG sarebbe quella effettuare un trasferimento dei servizi offerti dall'istituto G. Galilei nel nuovo edificio scolastico così da poter insediare all'interno del centro di Canneto una struttura ricettiva con finalità turistiche.

Al contempo si fornirebbe una nuova struttura educativa che rispecchi i canoni della nuova edilizia scolastica ottimizzando i costi di costruzione.

---

<sup>34</sup> *Perequazione: tecnica pianificatoria nella quale si realizza l'equa distribuzione dei vantaggi e dei costi prodotti dalla pianificazione.*



**Fig. 3.1 - Ipotesi di trasferimento delle destinazioni d'uso**

Il concetto di perequazione prevede l'attribuzione di un valore edificatorio uniforme a tutte le proprietà che possono concorrere alla trasformazione urbanistica di uno o più ambiti del territorio, prescindendo dall'effettiva localizzazione della capacità edificatoria sulle singole proprietà e dalla imposizione di vincoli di inedificabilità ai fini di dotazione di spazi da riservare alle opere collettive.

La verifica si propone come obiettivo il trasferimento dei diritti edificatori dall'area C1, destinata a espansione urbana anche a fini turistici, che separa i lotti delle scuole sull'area su cui si erge l'istituto G. Galileo, comprese di indennizzo espropriativo che, secondo la sentenza della Corte Costituzionale n. 348/2007, in ossequio alla giurisprudenza della Corte Europea dei Diritti dell'Uomo (CEDU), va ora rapportato al valore venale del bene. La perequazione ha la funzione di legare vantaggi e oneri che gravano sul costruttore mediante un vincolo di necessaria contestuale attuazione, consentendo all'interno dei comparti perequativi, di evitare il ricorso all'esproprio e di assicurare l'effettiva realizzazione degli interventi urbanizzativi e il parametro di riferimento per considerare la perequazione ammissibile ed in linea con il principio di legalità che informa la pianificazione urbanistica sia costituito dal considerare la perequazione non un fine in sé ma un mezzo collocandola nella fase attuativa del piano e prevedendola quale modalità di attuazione di alcune aree del territorio ordinate in comparti e preventivamente identificate.



Una breve schematizzazione del meccanismo di fondo di funzionamento del predetto metodo può essere sintetizzato nel modo seguente:

- si attribuisce un valore edificatorio omogeneo a tutte le aree rientranti in un ambito interessato da un intervento di trasformazione urbanistica;
- si prevede un'area ristretta nella quale dovrà concentrarsi l'edificazione e sulla quale verranno trasferiti tutti i diritti edificatori delle aree rientranti nell'ambito;
- si stabilisce che al Comune o ai proprietari delle aree d'interesse vengano trasferite gratuitamente (o al valore agricolo) le aree destinate a servizi.

Nel nostro caso la modifica di destinazione prevede la cessione di una proprietà comunale a privati che andrebbe a suffragare il costo dell'area da espropriare. Per verificare la fattibilità dell'operazione, si è utilizzato il modello definito nella regione lombarda, stimando i costi-ricavi dell'investimento escludendo però, le spese per il recupero dell'edificio.

Per stimare il valore di nuovi complessi edificati a Canneto si è effettuata un'indagine di mercato. Nella tabella si riportano i risultati del calcolo di fattibilità:

Valore di un immobile nella frazione di Canneto	4000€/m <sup>2</sup>		
	m <sup>2</sup>	€	DL del 4 luglio 2006 n°223 [€]
Istituto Galileo Galilei	1760	7.040.000	-
Terreno in Zto "C1"	5100	20.400.000	4.080.000
			2.960.000

Tab. 3. 1 Stima economica del trasferimento destinazioni d'uso

Il DL del 4 luglio 2006 n°223, Art. 36 Comma 7 (Disposizioni urgenti per il rilancio economico e sociale, per il contenimento e la razionalizzazione della spesa pubblica, nonché interventi in materia di entrate e di contrasto all'evasione fiscale) è stato indispensabile per effettuare una stima quanto più vicina alla realtà:

*“Ai fini del calcolo delle quote di ammortamento deducibili, il costo dei fabbricati strumentali deve essere assunto al netto del costo delle aree occupate dalla costruzione e di quelle che ne costituiscono pertinenza. Il costo delle predette aree e' quantificato in misura pari al maggiore tra quello esposto in bilancio e quello corrispondente al 20 per cento e, per i fabbricati industriali, al 30 per cento del costo complessivo.”*

Ipotizzando che il terreno in questione sia edificato avrebbe un valore pari a circa 20.400.000. Il DL ammette per il calcolo delle quote di ammortamento che il valore del solo terreno corrisponda al 20 % del valore complessivo dell'immobile.

Questo calcolo, per quanto semplice possa sembrare, è abbastanza efficace per effettuare una stima a favore di sicurezza e conferma la fattibilità

dell'intervento. Il valore commerciale dell'istituto Galileo Galilei supera quello del terreno nell'area <<C1>> alle condizioni attuali, anche senza considerare il valore aggiunto dato dall'ubicazione del lotto.

### 3.5 Area d'intervento – stato di fatto

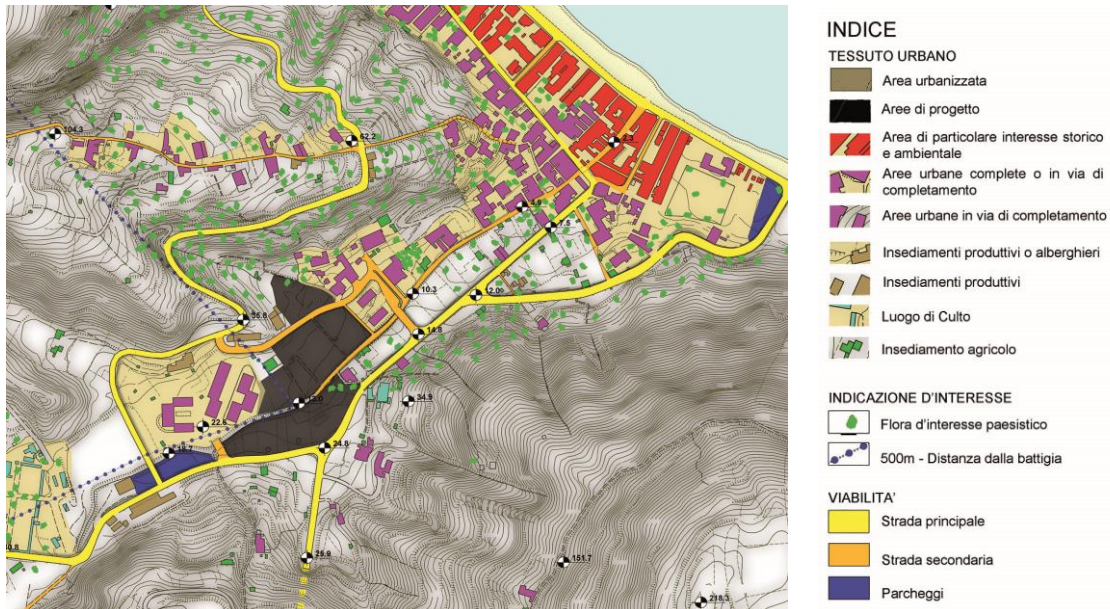


Fig. 3.2 - Inquadramento area d'intervento

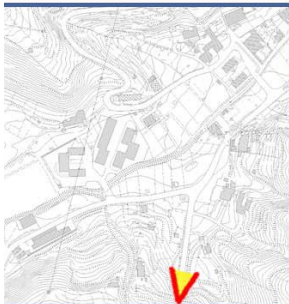
L'area d'intervento è situata nella periferia della frazione, a circa 500m dal mare e tutto il quartiere è caratterizzato da un edificato non omogeneo, separato da aree in completo stato di abbandono e capannoni di piccole imprese del settore terziario nonché spazi dedicati alla coltivazione. L'andamento morfologico è abbastanza complesso: l'area si colloca nel punto più incrinato del quartiere, abbracciato dai monti Sant'Angelo e Monterosa. Un'incisione sul terreno ci ricorda che un tempo l'area era attraversata dal torrente Bocchetta da cui il nome dell'odierna strada che s'interrompe all'inizio dell'area di progetto.

L'unica testimonianza storica dell'intero quartiere è rappresentata dalla *Cappella di S. Stefano*<sup>35</sup>, attualmente chiusa e gli edifici residenziali si alternano tra villette plurifamiliari alte 2 piani ed edifici plurifamiliari di massimo 3 piani.

<sup>35</sup> La Cappella di S. Stefano, la cui raffigurazione predomina sull'altare maggiore, venne edificata nel 1186

Oggetto Inquadramento area d'intervento

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Area d'intervento

Data/ora 27/07/2011

n° progressivo foto 96

Fotocamera Sony DSC-W290

Tipo ripresa Prospettiva Centrale

Masse a fuoco 27/07/2011

Risoluzione 12.1 Mpix

Note

Oggetto Inquadramento area d'intervento

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Area d'intervento

Data/ora 27/07/2011

n° progressivo foto 95-96-97

Fotocamera Sony DSC-W290

Tipo ripresa Composizione fotografica

Masse a fuoco 27/07/2011

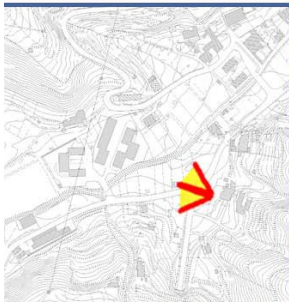
Risoluzione 12.1 Mpix

Note



Oggetto Inquadramento area d'intervento

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Area d'intervento

Data/ora 27/07/2011

n° progressivo foto 98-99-

Fotocamera Sony DSC-W290

Tipo ripresa Prospettiva Centrale

Masse a fuoco 27/07/2011

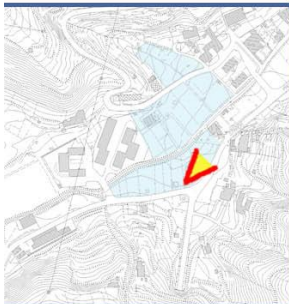
Risoluzione 12.1 Mpix

Note



Oggetto Inquadramento area d'intervento

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Vista mare dall'area di progetto

Data/ora 27/07/2011

n° progressivo foto 100

Fotocamera Sony DSC-W290

Tipo ripresa Prospettiva Centrale

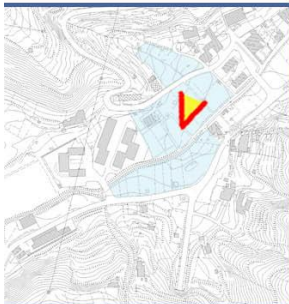
Masse a fuoco 27/07/2011

Risoluzione 12.1 Mpix

Note

**Oggetto** Inquadramento area d'intervento

**Localizzazione**



**Fotografia**



**Soggetto** Edifici residenziali

**Data/ora** 27/07/2011

**n° progressivo foto** 101

**Fotocamera** Sony DSC-W290

**Tipo ripresa** Prospettiva Centrale

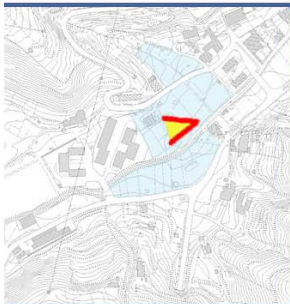
**Masse a fuoco** 27/07/2011

**Risoluzione** 12.1 Mpix

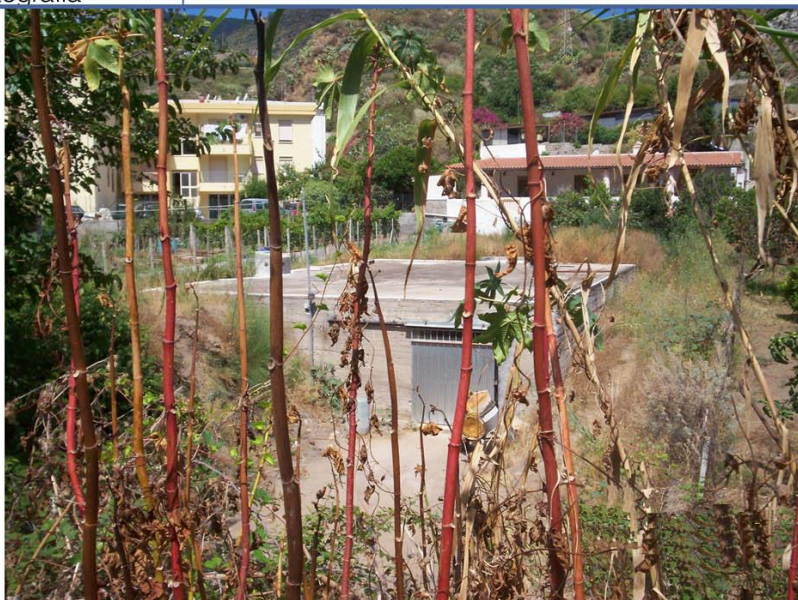
**Note**

Oggetto Inquadramento area d'intervento

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Deposito interrato

Data/ora 27/07/2011

n° progressivo foto 102

Fotocamera Sony DSC-W290

Tipo ripresa Prospettiva Centrale

Masse a fuoco 27/07/2011

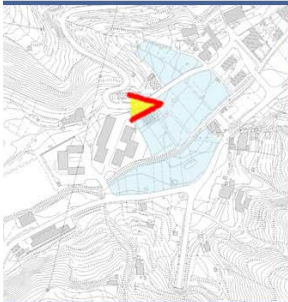
Risoluzione 12.1 Mpix

Note



Oggetto Inquadramento area d'intervento

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Strada Comunale

Data/ora 27/07/2011

n° progressivo foto 105

Fotocamera Sony DSC-W290

Tipo ripresa Prospettiva Centrale

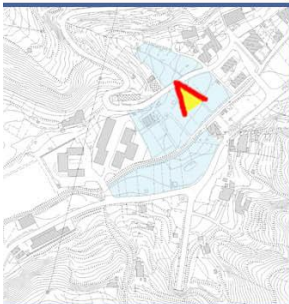
Masse a fuoco 27/07/2011

Risoluzione 12.1 Mpix

Note

**Oggetto** Inquadramento area d'intervento

**Localizzazione**



Fotografia



**Soggetto** Edificio residenziale e Cappella S. Stefano

**Data/ora** 27/07/2011

**n° progressivo foto** 108

**Fotocamera** Sony DSC-W290

**Tipo ripresa** Prospettiva Centrale

**Masse a fuoco** 27/07/2011

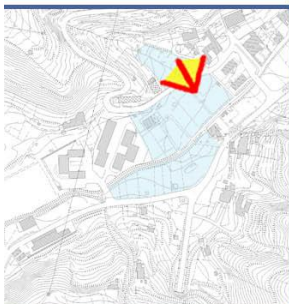
**Risoluzione** 12.1 Mpix

**Note**



Oggetto Inquadramento area d'intervento

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Dislivelli area d'intervento

Data/ora 27/07/2011

n° progressivo foto 110-111

Fotocamera Sony DSC-W290

Tipo ripresa Composizione fotografica

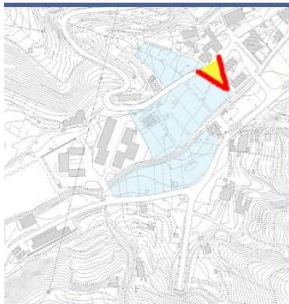
Masse a fuoco 27/07/2011

Risoluzione 12.1 Mpix

Note

Oggetto Inquadramento area d'intervento

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Strada senza uscita

Data/ora 27/07/2011

n° progressivo foto 114

Fotocamera Sony DSC-W290

Tipo ripresa Prospettiva Centrale

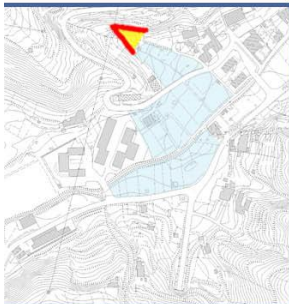
Masse a fuoco 27/07/2011

Risoluzione 12.1 Mpix

Note

Oggetto Inquadramento area d'intervento

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Sentiero alla fine della strada

Data/ora 27/07/2011

n° progressivo foto 113

Fotocamera Sony DSC-W290

Tipo ripresa Prospettiva Centrale

Masse a fuoco 27/07/2011

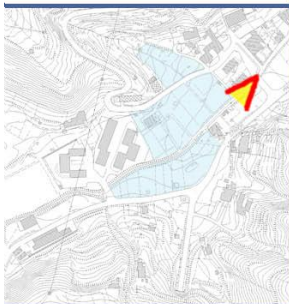
Risoluzione 12.1 Mpix

Note

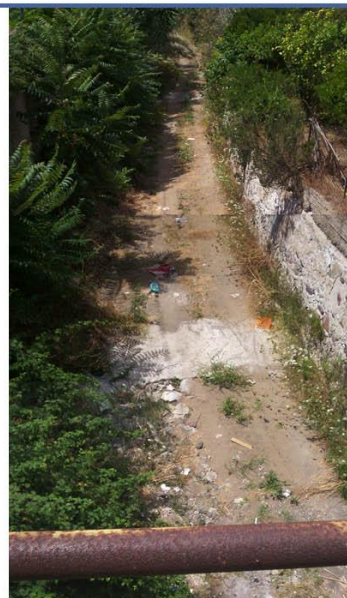


**Oggetto** Inquadramento area d'intervento

**Localizzazione**



Fotografia



**Soggetto** Canale naturale

**Data/ora** 27/07/2011

**n° progressivo foto** 115-116

**Fotocamera** Sony DSC-W290

**Tipo ripresa** Composizione fotografica

**Masse a fuoco** 27/07/2011

**Risoluzione** 12.1 Mpix

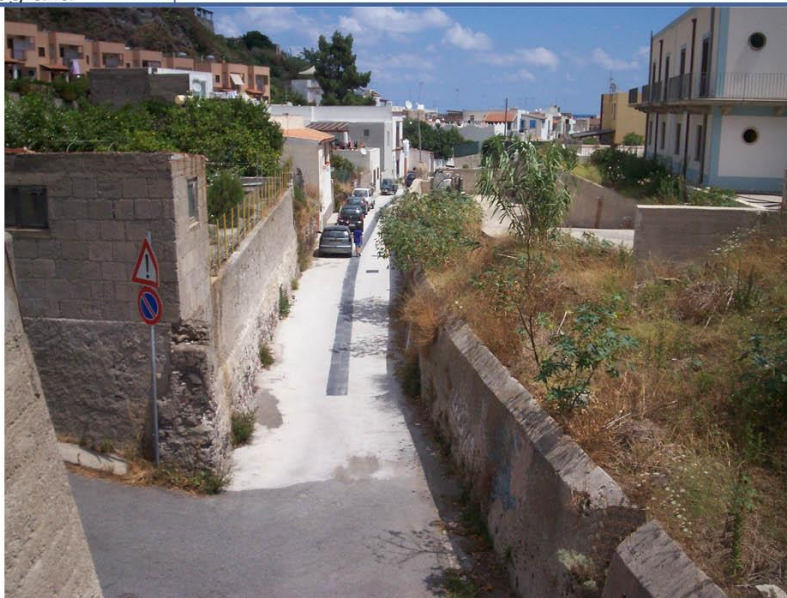
**Note**

Oggetto Inquadramento area d'intervento

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Via Canale Boccetta

Data/ora 27/07/2011

n° progressivo foto 118

Fotocamera Sony DSC-W290

Tipo ripresa Prospettiva centrale

Masse a fuoco 27/07/2011

Risoluzione 12.1 Mpix

Note



Oggetto Inquadramento area d'intervento

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Centro abitato Canneto

Data/ora 27/07/2011

n° progressivo foto 117

Fotocamera Sony DSC-W290

Tipo ripresa Prospettiva centrale

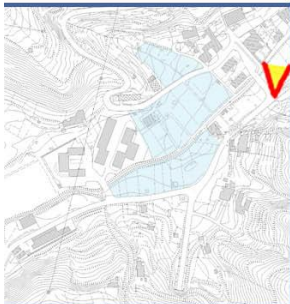
Masse a fuoco 27/07/2011

Risoluzione 12.1 Mpix

Note

Oggetto Inquadramento area d'intervento

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Villetta plurifamiliare

Data/ora 27/07/2011

n° progressivo foto 118

Fotocamera Sony DSC-W290

Tipo ripresa Prospettiva centrale

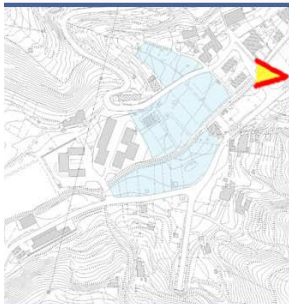
Masse a fuoco 27/07/2011

Risoluzione 12.1 Mpix

Note

Oggetto Inquadramento area d'intervento

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Edificio residenziale

Data/ora 27/07/2011

n° progressivo foto 119

Fotocamera Sony DSC-W290

Tipo ripresa Prospettiva laterale

Masse a fuoco 27/07/2011

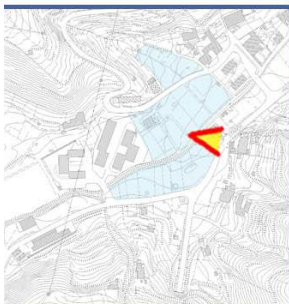
Risoluzione 12.1 Mpix

Note



Oggetto Inquadramento area d'intervento

Localizzazione



Fotografia



Soggetto Cappella di S. Cristoforo

Data/ora 27/07/2011

n° progressivo foto 121

Fotocamera Sony DSC-W290

Tipo ripresa Composizione fotografica

Masse a fuoco 27/07/2011

Risoluzione 12.1 Mpix

Note

### 3.6 Accessibilità

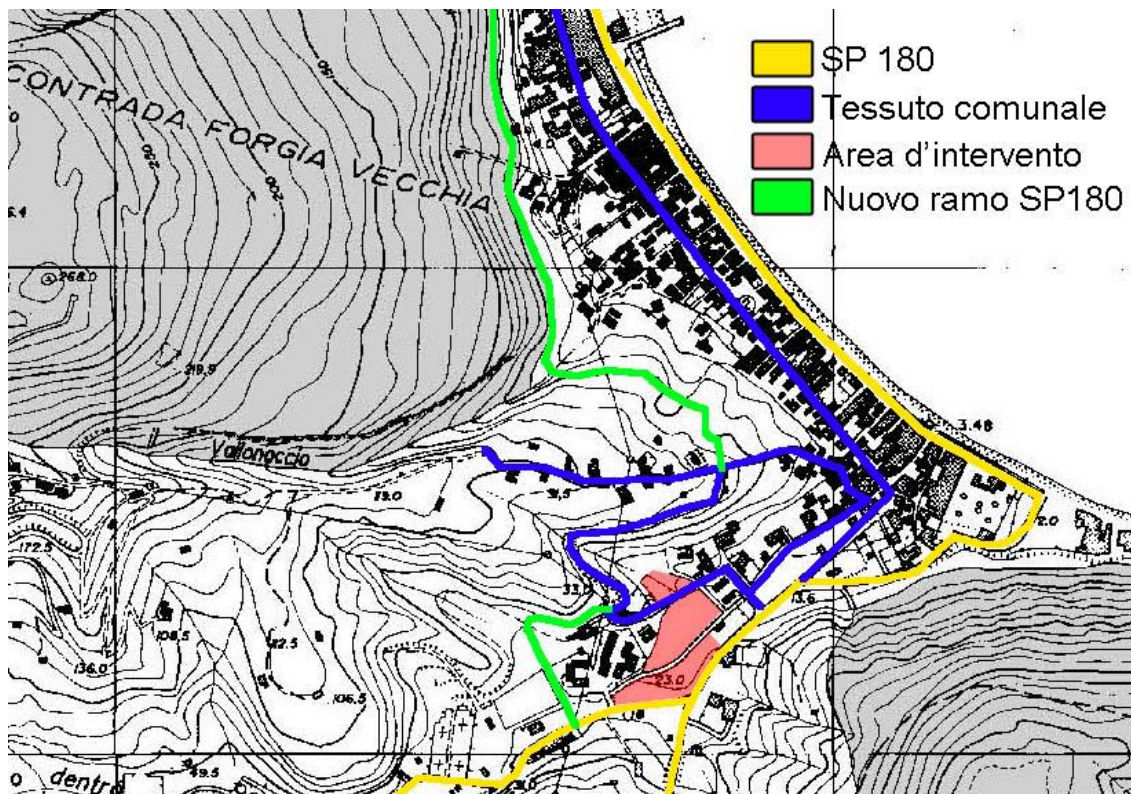


Fig. 3.3 - Accessibilità

L'accessibilità all'area è un presupposto fondamentale per il corretto funzionamento della struttura scolastica che prevede la provenienza degli studenti da tutte le frazioni del Comune. Ad oggi l'area di progetto è accessibile da più strade a differenti quote altimetriche percorrenza e fattura:

- strada provinciale SP180: sono garantite le relazioni di più ampio raggio con le altre frazioni dell'isola (RmF21 – RmF26);
- via Golia: si collega al tessuto viabilistico della frazione di Canneto (Rmf36).

Si prevede nelle immediate vicinanze del lotto un nuovo ramo di circonvallazione a fine di ridurre il peso del traffico sul nodo principale e incentivare quello ciclo-pedonale della frazione. Le strade comunali sono strette e raramente percorribili nel doppio senso di marcia, caratterizzate da:

- assenza di marciapiedi che ne comprometterebbero ulteriormente la percorribilità;
- presenza di numerose automobili a causa della carenza di parcheggi.

La zona non prevede fermate della linea di autobus Comunale nelle vicinanze, tuttavia sosta nella frazione in prossimità del centro percorrendo la SP180.



### 3.7 FDOM

Forze	Debolezze	Opportunità	Minacce
Area senza vincoli di particolare rilievo	Morfologia del territorio	Lungo mare a meno di 500mt	Aree non ancora urbanizzate
Ampia accessibilità in ogni direzione	Strada comunale Via Golia che attraversa il lotto	Riserva Naturale Orientata alla coltivazione locale in prossimità del lotto	Strada provinciale SP180
Vicinanza ai principali centri residenziali	Carenza di parcheggi	Linea di trasporti Comunale	Accumulo d'acqua in Via Torrente Boccetta
Lontananza dalla zona turistica	Vicinanza alla strada provinciale SP180		Edifici residenziali nelle immediate vicinanze
Tessuto viario a diversa intensità di traffico	Forma del lotto		
Nuovo tratto SP180			

Tab. 3. 2 FDOM

Vedi Allegato B - Tav. 8

### 3.8 Concept

La sintesi delle analisi ha portato a delineare gli ambiti in cui risiedono la maggior parte delle problematiche. Vengono definiti così i nuovi obiettivi (in ordine di priorità):

- Realizzare un edificio che rappresenti l'istituzione scolastica e stimoli gli studenti alla cultura;
- Creare un accesso sicuro all'area realizzando percorsi pedonali;
- Permettere l'accesso ai disabili senza differenziarne i percorsi;
- Aggiungere una fermata dell'autobus in prossimità dell'area;
- Fornire spazi di parcheggio che non invadano visivamente l'ambiente;
- Limitare l'inquinamento acustico e visivo del tessuto stradale;
- Controllare la vista degli spazi interni dall'esterno;
- Integrare l'edificio nell'ambiente;
- Massimizzare gli spazi verdi;
- Fornire spazi per incontri extrascolastici;

- Fornire spazi che possano essere utilizzati dalla comunità locale;
- Realizzare spazi accessibili tutti i mesi dell'anno;
- Limitare le operazioni di reinterro e sbancamento;
- Ottimizzare le risorse energetiche e idriche;
- Creare un rapporto diretto tra l'edificio, il luogo e le tradizioni locali;
- Realizzare un edificio ecosostenibile.

### 3.9 Masterplan

Le funzioni previste dal progetto sono:

- Strutture di supporto all'istruzione infantile:
  - 3 aule per attività ordinate,
  - 1 aula per attività motorie,
  - 1 aula per le attività collettive,
  - Aree verdi attrezzate per attività all'aperto individuali e collettive.
- Strutture di supporto all'istruzione primaria:
  - 10 aule per la didattica;
  - 2 laboratori;
  - Aula per l'attività motoria supportata dai servizi igienici;
  - Spazi all'aperto per attività individuali e collettive.
- Strutture di supporto all'istruzione secondaria di I grado;
  - 21 aule per la didattica;
  - 3 laboratori;
  - Spazi all'aperto per attività collettive.
- Strutture di supporto alla gestione dell'istituto
  - Presidenza,
  - Uffici amministrativi,
  - Uffici per il sostegno a studenti e genitori.
- Strutture di supporto ai docenti;
  - Uffici singoli;
  - Aula docenti;
  - Spazi di aggregazione.
- Spazi verdi attrezzati per attività speciali;
- Biblioteca didattica;
- Campo da gioco coperto;
  - Campo di pallavolo/pallacanestro regolamentare scomponibile in 2 campi di dimensioni più contenute o utilizzabile come Aula Magna
- Spazi all'aperto per le attività collettive.

Vedi Allegato B - Tav. 9

### 3.10 Nuova accessibilità

L'ingresso all'istituto è stato uno dei punti più problematici del progetto. Le aspettative sono:

- Accessibilità alla struttura anche con mezzi pubblici;
- Sicurezza per i fruitori che si avvicinano al istituto;
- Possibilità di sosta per accompagnamento degli studenti;
- Minimizzazione del carico sul traffico della SP180. causato dall'istituto scolastico.

La configurazione scelta punta a utilizzare il tessuto viabilistico presente senza la necessità di effettuare interventi aggiuntivi non previsti dal PRG, infatti sfruttando il nuovo ramo di circumvallazione è possibile creare una zona filtro davanti all'istituto che suffraghi le aspettative del progetto.

- Il completamento del nuovo tratto della circumvallazione permette la modifica della viabilità su Via Golia, attraverso l'introduzione di una strada a traffico limitato durante le ore di entrata e uscita dalla scuola, ad uso esclusivo della scuola e delle residenze vicine.
- Si aggiungono n.35 posti auto ad uso esclusivo dell'Istituto, prevedendo spazi privilegiati per la sosta dei mezzi a due ruote.
- Si prevede una fermata dell'autobus in prossimità dell'ingresso dell'istituto che stimoli alunni e docenti all'uso dei mezzi pubblici;
- L'accesso ciclopedonale, in linea ai bisogni dell'isola, strutta la strada Via Torrente Bocchetta e si unisce al traffico automobilistico più contenuto.

L'ingresso della scuola è situato nella parte più tranquilla del lotto e lontano da fattori di disturbo, quali la strada provinciale e le aree non ancora urbanizzate. Si cerca di mantenere il contatto con il contesto urbano e il contesto paesaggistico. I parcheggi si nascondono all'occhio dell'osservatore grazie alla posizione più elevata rispetto al livello d'ingresso, mentre l'accesso ciclopedonale sfrutta il tessuto stradale a minor carico automobilistico, allineandosi alle caratteristiche del luogo. Gli spazi verdi antistanti l'ingresso cercano di nascondersi dal flusso turistico che inquinerebbe la salubrità del percorso formativo degli studenti.

Vedi Allegato B - Tav. 10

## CAPITOLO IV

# IL PROGETTO ARCHITETTONICO

In questo capitolo vengono definiti tutti gli aspetti riguardanti la progettazione dell'edificio. Prima di passare al progetto vero e proprio, si analizzano le caratteristiche architettoniche proprie delle costruzioni di Lipari, definendo quelle più ricorrenti. Successivamente si passano in rassegna i principali modelli di edilizia scolastica susseguitisi dall'epoca romana fino agli ultimi anni, specificando i layout scolastici più utilizzati. Si passa poi ad uno studio più approfondito degli aspetti più critici e delle problematiche presenti nelle scuole italiane degli ultimi 70 anni. Una volta elencati gli obiettivi del progetto e scelti i riferimenti architettonici a cui rifarsi, si definisce il concept architettonico che genererà la forma dell'edificio. Si passa poi alla definizione ed alla organizzazione di funzioni e spazi. La progettazione delle facciate è preceduta da uno studio sui colori e sull'effetto che essi hanno sul comportamento dei bambini e dei ragazzi, studio che servirà anche alla scelta dei colori da utilizzare per gli spazi interni. In questa fase si scelgono anche i materiali in base al rapporto con il luogo ed alle caratteristiche di ecosostenibilità che essi possono offrire. Non avendo la possibilità di approfondire tutti gli aspetti del progetto vengono indicate delle linee guida da seguire per eventuali sviluppi futuri. Infine vengono elencate le norme antincendio che sono state prese in considerazione durante la progettazione dell'edificio.



## 4.1 L'evoluzione architettonica tradizionale delle isole



Fig 4.1 Vista di Vulcano dal porto di Lipari

Nel V millennio a.C. i primi uomini provenienti dalla terraferma di insediarono stabilmente a Lipari. Forti di ormai consolidate conquiste tecniche, essi seppero utilizzare al meglio le risorse che la natura vulcanica dell'isola offriva. Con l'ossidiana, il materiale vulcanico che per più di un millennio costituì una grande fonte di ricchezza, i primi abitanti delle Eolie parteciparono a una vera e propria rivoluzione tecnologica nella produzione di quei manufatti per l'epoca indispensabili: punte di frecce, di lance e vari utensili da taglio. Ben pochi furono, per gli artigiani eoliani, i concorrenti che potevano vantare una produzione di manufatti di altrettanta buona qualità ed una simile disponibile quantità dello stesso materiale. Con l'età del bronzo prima, che vide l'arcipelago eoliano divenire una stazione obbligata per i contatti fra il mondo minoico e l'occidente del Mediterraneo, e poi con lo stabilirsi nel 580 a.C., dei coloni greci, l'economia e le arti delle Eolie ritornarono a esercitare una concreta parte attiva nello sviluppo culturale e tecnologico delle civiltà mediterranee. L'universo tradizionale eoliano si configura dunque come un tassello nel mosaico di una grande cultura comune ma non monolitica, che proprio nel Mar Mediterraneo e nelle sue rotte ha trovato il momento unificante.

Se gli scambi commerciali e culturali spiegano una consistente parte di quella che spesso è qualcosa di più di una semplice somiglianza delle organizzazioni sociali, di soluzioni abitative e di concezioni cosmogoniche, altre ragioni di questa originaria affinità si ritrovano nelle soluzioni tecniche adottate in risposta alle necessità dettate dalle simili condizioni climatiche ed ambientali della regione geografica teatro di questa circolazione. Il Mar mediterraneo insiste su una fascia caratterizzata da scarse precipitazioni piovose e da esigue risorse di legno; vi abbondano invece i materiali lapidei per la costruzione, le terre per malte e per manufatti di terracotta. I comuni condizionamenti, propri di questo



**Fig. 4.2 - Resti di un sistema di raccolta delle acque pluviali**

particolare tipo di ambiente fra il temperato e l'arido, hanno spinto le popolazioni stanziali a sviluppare tecniche agricole, pastorizie e produttive che necessariamente denotano soluzioni e forme fra loro assimilabili. La casa, l'architettura, le tecniche costruttive di regioni spesso lontane fra loro mostrano con chiarezza, non solo a livello formale, molte affinità e punti di contatto, con caratteri che sono comuni a popoli e tradizioni diverse. Il tetto piano, ovunque utilizzato per raccogliere l'acqua piovana da convogliare in una cisterna, è l'elemento che più di altri definisce l'architettura di queste regioni. Realizzato con soluzioni tecniche e procedure spesso assolutamente uguali in regioni fra loro molto distanti, il tetto piano è la costante formale di molte zone di questa fascia climatica, dal sud del Portogallo e della Spagna, alla costa settentrionale africana ed in tutte le isole della parte meridionale del Mediterraneo, in alcune località di Creta come della Sicilia, della Campania e della Puglia.

Quello delle isole Eolie è un ambiente difficile da piegare alle necessità degli uomini: qui, in spazi ristretti e pietrosi, è stata una necessità primaria assumere il corpo e i suoi movimenti come modulo e strumento della organizzazione degli spazi. Il sistema del territorio viene organizzato a partire da gerarchie e da percorsi funzionali, componendo un paesaggio organico finalizzato alle esigenze della vita produttiva e sociale. In questa griglia, su cui si dispongono pure le coordinate di un universo simbolico e percettivo stratificato, l'architettura tradizionale si pone come medium di un contesto regolato dai bisogni e dal rapporto diretto con le leggi della natura, in cui le dinamiche sociali, intimamente governate dalla dimensione economica del lavoro, sono allo stesso tempo modello e portato della visione del sacro.

## 4.2 Stratificazione storico-economica dell'architettura



Fig. 4.3 - Abitazione Rurale

Col tramonto del mondo greco, per le Isole eolie comincia un lunghissimo periodo di isolamento dalle rotte più vitali del Mediterraneo. I romani, infatti, se non in rari e brevi periodi e solo per ragioni militari, le consideravano unicamente dei luoghi da sfruttare. E furono giusto i romani, in età imperiale, che cominciarono a utilizzarle come sedi di confino e deportazione. Lontane dalla capitale, poco comode da raggiungere a causa delle forti correnti e dei venti impetuosi, pericolose per la natura vulcanica, qui non si costruiscono le ricche ville che invece si ritrovano nelle isole campane. Vi si stabilirono per lo più funzionari di secondo rango e forse veterani di guerra, a cui venivano assegnate terre a titolo di pensione.

Sebbene filtrato ed indiretto, all'influsso romano si devono ricondurre archi, volte e loggiati: questi elementi entrarono decisamente nell'architettura tradizionale eoliana molto tardi, mediati dai contatti con le consuetudini costruttive della costa campana, a seguito del ripopolamento delle isole dopo i massacri e le deportazioni del XVI sec. ad opera dei pirati arabi al comando di Ariadeno Barbarossa.

L'elemento più formale, il tetto piano, è da far risalire invece a quella cultura comune ai popoli del Mediterraneo antico. La sua tipica configurazione, che accompagna usualmente la forma cubica, si consolidò prima con i bizantini e poi con la cultura islamica, che forse contribuì anche a diffondere e radicare molte tecniche costruttive tipiche del bacino Mediterraneo.





Fig. 4.4 - Tipica villa eoliana XVI sec

Per tutto il Medioevo le Eolie furono abitate da pochissime persone; tutte quelle più piccole, anzi, rimasero praticamente disabitate per secoli. Continuò però, per i pochi abitanti rimasti, la consuetudine acquisita nel precedente periodo romano di risiedere sulle isole più grandi e più ospitali e recarsi periodicamente sulle altre solo per coltivarle o usarle per l'allevamento del bestiame allo stato brado. Il continuo susseguirsi delle scorrerie dei pirati mussulmani rende insicuri gli insediamenti, specie quelli lungo le coste, vicino i porti e gli scali. Sorgono quindi piccoli borghi nei luoghi meno facilmente accessibili e nelle parti più alte dei coni vulcanici, composti presumibilmente da un unico nucleo familiare allargato. Le case si raggruppano ad alveare, abbarbicandosi a scoscesi costoni rocciosi, quasi delle piccole fortificazioni con la loro volumetria di cubi sovrapposti, la predominanza di spesse mura ed il numero di bucatore in qualche caso ridotto al solo ingresso ed agli occhi di ventilazione.

È un'economia molto povera quella che sostiene le piccole comunità che abitano questi luoghi impervi, fondata su una agricoltura ed una pastorizia di stretto sostentamento. A complicare la ricostruzione di una panoramica della storia delle costruzioni e degli insediamenti intervengono le particolari consuetudini di trasmissione ereditaria, che prevedono la divisione dei beni in parti uguali fra i figli, da cui consegue l'inevitabile progressiva polverizzazione della proprietà.

A metà del XVI sec., a seguito delle politiche di ripopolamento delle isole che il regno di Napoli adotta dopo la decimazione della popolazione da parte dei pirati saraceni, si apre un nuovo capitolo nella storia delle Isole Eolie. Con la distribuzione delle terre ai nuovi abitanti, quasi tutti di estrazione contadina, e col mutare del clima politico militare un maggior numero di insediamenti



Fig 4.5 - Tipica villa eoliana XVIII sec.

cominciarono a localizzarsi più vicini al mare, in zone meno scomode, dove più agevole era il lavoro e più facile sviluppare e mantenere gli scambi con il continente, con la Sicilia e con le isole vicine, nel XVII sec. ormai tutte abitate. Ci si preoccupa però di non edificare nei terreni più fertili e più facilmente coltivabili, scegliendo spesso siti rocciosi, poco adatti alle colture, delimitando intorno alla casa solo dei piccoli orti. I motivi tipici dell'architettura campana hanno una influenza decisiva sull'architettura eoliana, in particolar modo è Stromboli ad esserne maggiormente investita, in conseguenza dei più intensi contatti con i porti della costa napoletane e della Calabria. Gli archi, i terrazzi, le scale esterne sostenute da archi rampanti, i loggiati con archi a tutto sesto diventano parte del linguaggio comune del costruire. Forse anche l'abitudine di imbiancare a calce la facciata diviene una costante in questo periodo.

Nel XVII sec. col diminuire delle incursioni piratesche, viene promosso un programma di sviluppo per le isole minori del regno. Da Napoli e Palermo si espandono nuovi modelli culturali. È soprattutto la città di Lipari ad esserne contagiata, ma anche le campagne delle isole più piccole risentono dei nuovi modi di vita. Le nuove costruzioni presentano una maggiore articolazione degli spazi interni ed esterni, di fatto precisando ulteriormente l'antico ruolo funzionale del terrazzo. Le finestre e le porte assumono ora una dimensione più grande e sono frequentemente riquadrate da una cornice.



In questo clima di rinnovamento delle forme si affermano pure i *pizzi*<sup>36</sup>. L'evidente riferimento all'architettura colta delle città è qui mescolato a semplici suggestioni desunte da alcuni esempi di architettura ecclesiastica e a probabili echi tardo moreschi filtrati dalla cultura spagnola. Lo sviluppo economico crea una classe media più agiata, che può permettersi di trascurare alcuni degli accorgimenti tipici delle economie più povere. Si comincia dunque a costruire anche su quei terreni che prima erano esclusivamente destinati alle coltivazioni; in qualche caso la vecchia abitazione, lasciata ora per una casa più adeguata alle nuove esigenze, diviene casa temporanea per i soggiorni estivi.

Alla fine del XVIII sec. si aprono a Lipari le prime cave di pomice e, all'inizio dell'Ottocento, comincia a Vulcano lo sfruttamento dello zolfo e dell'allume. Per il lavoro nelle cave vengono utilizzati i deportati della colonia penale che i Borboni hanno istituito a Lipari. Comincia, a partire da Salina, la coltura intensiva della vite che, per tutto l'ottocento e fino alla epidemia della fillossera<sup>37</sup> alla fine del secolo, rappresenta la principale risorsa dell'economia eoliana. Ancor più che in passato si sviluppa intorno all'abitazione una notevole quantità di ambienti e spazi per la trasformazione dei prodotti agricoli. Per far fronte alla grande produzione di uva si costruiscono *palmenti*<sup>38</sup> di ogni dimensione. Per la sua diffusione capillare, questa struttura produttiva può essere considerata la costante più significativa del paesaggio agrario eoliano. A Lipari e Salina più che altrove, ai palmenti spesso si associano i *fornelli per la passolina*<sup>39</sup>, La pesca, praticata finora da quasi tutta la popolazione come attività complementare a quella dei campi, in alcune isole,



Fig 4.6 - Lungomare di Lipari

<sup>36</sup> *Pizzi*: motivi curvilinei con volute e pinnacoli, usati come coronamento della facciata o, più modestamente, posti su muretti di cinta.

<sup>37</sup> La fillossera della vite (*Daktulosphaira vitifoliae* (Fitch, 1856)) è un insetto della famiglia dei Phylloxeridae, originario del Nordamerica. Comparso in Europa nella seconda metà dell'Ottocento, e oggi è diffuso in tutti i paesi viticoli del mondo. Provoca in breve tempo gravi danni alle radici e la conseguente morte della pianta attaccata, con l'eccezione di alcuni vitigni americani.

<sup>38</sup> *Palmenti*: Vasca di mattoni, calcestruzzo o anche scavata nella roccia, usata nell'Italia meridionale per la pigiatura dell'uva e la fermentazione del mosto

<sup>39</sup> *Fornelli per la passolina*: piccole strutture tipiche della produzione viticola delle eolie, atte alla preparazione dell'uva passa che, insieme alla malvasia, ha rappresentato una voce importante nelle redditizie esportazioni verso i porti del continente.

specie Lipari e Stromboli, assume un ruolo economico più rilevante che in passato, grazie anche al parallelo fiorente sviluppo dei traffici marittimi.

La seconda metà dell'ottocento vede la costruzione di molte case padronali che coniugano forme e soluzioni importate ai caratteri dell'architettura tradizionale. Sul piano distributivo interno si apportano alcune importanti innovazioni: divengono frequenti le scale interne e i disimpegni fra le stanze principali, si differenziano maggiormente le destinazioni funzionali dei vari ambienti. La facciata, caratterizzata spesso da balconcini e modanature, con lesene e basamenti di colore differente dal resto della cortina muraria, non è più necessariamente imbiancata a calce, essendo divenuto ora più frequente il ricorso a una gamma di colori che vanno dall'ocra al rosso.



Fig. 4.7 - Vista centro Lipari dal Monte Giardina

Negli ultimi anni del secolo scorso comincia la grande emigrazione dalle Isole. A seguito dell'epidemia della fillossera l'intera economia eoliana, fondata sulla coltivazione della vite, è radicalmente compromessa. Il precipitare della produzione viticola penalizza pure il settore della marineria, che peraltro aveva già visto ridurre drasticamente l'importanza dei porti eoliani a seguito dell'ingresso sulle rotte del Mediterraneo dei grandi bastimenti a vapore, che avevano reso ormai poco conveniente il ricorso alla navigazione di piccolo cabotaggio. Lo sviluppo, dopo l'unità d'Italia, di più efficienti vie di comunicazione terrestre tra nord e sud della penisola contribuì ulteriormente al crescente isolamento economico dell'arcipelago. Con la limitata parentesi dovuta alle leggi sull'emigrazione del periodo fascista, l'abbandono delle case continua fino agli inizi degli anni cinquanta, quando, a seguito di alcune crociere organizzate per far conoscere gli ambienti naturali incontaminati del Mediterraneo, si apre anche alle isole eolie la via del turismo. In assenza di una programmazione e soprattutto di una politica rispettosa delle specificità storiche e ambientali, con il turismo e le nuove opportunità di lavoro arriva anche la speculazione selvaggia, che ha

portato alla compromissione dell'ambiente culturale e naturale ed alla definitiva devastazione di alcune parti delle isole di Lipari e Vulcano.

Con la fine della rilevanza economica delle attività agricole cessano pure gli apporti dinamici alla forma e al funzionamento della casa tradizionale. Non più indispensabile come luogo e strumento di organizzazione del lavoro, la casa perde alcuni suoi tipici connotati vitali, quali l'essenziale stretta integrazione fra gli ambienti chiusi e gli spazi aperti.



Fig. 4.8 – Terrazzamenti, Filicudi

Nei decenni che vanno dagli anni cinquanta ad oggi, al progressivo spopolarsi delle campagne ed al conseguente abbandono delle case sparse si è associata una eccessiva concentrazione di nuove costruzioni nei nuclei abitativi vicino ai porti, sovradimensionando il peso di questi centri rispetto alle reali possibilità infrastrutturali, con pesanti conseguenze sul piano della corretta amministrazione territoriale. Allo sfaldamento della identità culturale eoliana e dei principi della sua architettura tradizionale succede l'acritica adozione di modelli funzionali estranei, mascherati e seri superficialmente assimilabili a quelli tipici, riducendo così l'universo delle forme tradizionali a vuote rappresentazioni di esotismo. Sono "gli stranieri" a completare a fini spesso speculativi quegli spazi ancora rimasti liberi; analizzando invece l'operato di antropizzazione degli abitanti, si scopre che la naturale conformazione del territorio viene quasi sempre rispettata; gli interventi non si pongono mai in maniera definitiva, quasi a certificare la precarietà temporale della natura stessa dei luoghi.

Per esempio, i terrazzamenti operati per la coltivazione dei terreni, realizzati mediante l'uso di *lienzi*<sup>40</sup>, segnano il territorio senza graffiarlo, e risulta difficile notarli; come anche le *trazzere*<sup>41</sup> di collegamento che si ponevano in naturale sito sfruttando l'andamento clinometro del terreno.

<sup>40</sup> *Lienzi*: muri di contenimento del terreno, in pietra montati a secco

<sup>41</sup> *Trazzera*: tratturo che attraversa la campagna siciliana



### 4.3 Il patrimonio architettonico delle isole eolie



Fig 4.9 – Scorcio dell'isola

Il fatto che si sia impostata una complessa schedatura del patrimonio espresso dall'architettura eoliana, a partire dal patrimonio etno antropologico, e che tutta l'operazione sia stata portata a termine dà la possibilità di fare alcune riflessioni. Le specificità dell'architettura eoliana sono probabilmente da rivisitare in maniera definitiva, non tanto perché questo genere di architettura non goda di una sua evidente consistenza e di giusta considerazione, quanto piuttosto perché restano inalterati i problemi di salvaguardia dell'esistente e la relativa indifferenza di una parte degli abitanti delle isole. Questo fatto pone la necessità di una specifica riflessione sull'architettura monumentale intesa quasi in termini di contrapposizione con l'architettura minore, quella dei tessuti urbani, delle residenze e degli insediamenti agricoli, di quanto risulta avvilito o decontestualizzato, abbandonato per mancanza di opportune condizioni di utilizzo.



L'architettura eoliana è un'architettura di volumi puri, accostati a comporre entità architettoniche differenti al fine di concepire un'immagine definita e di estremo equilibrio. La definizione richiama alla mente l'espressione usata da Le Corbusier: un'architettura è il gioco sapiente dei volumi puri sotto la luce. Facile agganciare questa definizione all'architettura eoliana, fatta di blocchi puri, stereometricamente determinati e aggregati, e di luce. Una luce che sta alla casa secondo una logica complessa. Entra nella casa strutturando una gerarchia di relazione e di indicazioni funzionali precise: regola la vita che si svolge all'esterno, nella dimensione del "baghiu", ed è attutita e filtrata nello spazio interno si inserisce profondamente nella tradizione dell'elaborazione formale e materiale degli spazi destinati alla residenza nel bacino del Mediterraneo. La localizzazione specifica del caso in esame ci pone, ad esempio, in maniera determinata e precisa, la necessità di interpretare in maniera corretta le modalità di utilizzo dei materiali costruttivi da considerare non solo in termini di elementi base necessari per ottenere un risultato specifico, quanto piuttosto per comprendere lo stretto legame che unisce la materia, fatta di componenti elementari e di facile reperibilità, con le possibilità materiali di esprimere spazi e condizioni di vita.



Fig 4.10 – Abitazione ecosostenibile in stile liparese

L'espressione che più spesso si sente utilizzare nel caso di costruzioni che esprimono una formulazione popolare, relativamente semplice, riguarda il felice rapporto tra architettura e ambiente. Il rischio che sembra spesso di cogliere è che ci sia in agguato un luogo comune assai singolare: la formulazione architettonica è elementare, banale, frutto dell'utilizzo di materiali e tecnologie elementari, quindi è ben inserita nell'ambiente. Un ragionamento di questo genere rischia di portare alla considerazione assurda che un'architettura tanto più rozza e approssimativa, tanto meglio agganciata all'ambiente. È evidente il capovolgimento di qualsiasi possibilità di una corretta lettura e analisi dei

fenomeni, oltre che un tentativo di schematizzazione che non porta certo ad una corretta analisi del fare architettura.

L'architettura che dobbiamo analizzare e considerare globalmente va vista nelle sue caratteristiche fondamentali. Appropriata è quella formulazione architettonica che deriva dalla tecnologia opportuna per soddisfare le esigenze materiali connesse al vivere, all'abitare, al produrre senza ricorrere ad espedienti d'importazione che non hanno una relazione diretta con la cultura dell'edificare espressa in una determinata situazione. Questo fatto ci porta a rileggere con attenzione la messa a punto di sistemi di costruzione che si basano sulle poche risorse disponibili che vengono utilizzate con maestria e intelligenza. Ne deriva che la tecnologia usata è certamente basata su materiali poveri e del luogo, ma che la formulazione finale non può essere in alcun modo associata ad un'idea di povertà, visto che la formulazione utilizzata ha un contenuto fortemente caratterizzato da qualità e inventiva. La tecnologia dei materiali poveri appare quindi ricca e avanzata, degna di una considerazione ed attenzione durante il processo creativo.

In più, l'architettura eoliana si rapporta perfettamente con l'ambiente e interpreta le caratteristiche climatiche dell'area geografica: l'organizzazione complessiva dell'abitazione, il particolare posizionamento degli ambienti, la differente organizzazione delle aperture sulla direttrice nord-sud, l'uso di uno spazio esterno di relazione e vita all'aperto con funzioni distributive, l'organizzazione di un movimento d'aria all'interno degli ambienti secondo un criterio di ricircolo naturale, l'utilizzo di una copertura piana con elevate caratteristiche di coibentazione termica, la canalizzazione e il recupero ad uso domestico dell'acqua piovana, l'organizzazione di strutture piane o voltate poste in opera con inerti di origine vulcanica, la costipazione delle malte al fine di realizzare strutture con significative capacità statiche; tutte queste caratteristiche indicano la possibilità di riprendere in mano il tema dell'architettura bioclimatiche e di iniziare una fase di confronto con caratteri simili rintracciabili negli altri significativi casi di architettura del bacino del Mediterraneo.

L'importanza del patrimonio architettonico eoliano è ora chiaro ed è doveroso tutelarlo con intelligenza e creare misure in grado di consentire la trasmissibilità delle testimonianze materiali. Il problema reale sta tutto nella possibilità di identificare un rapporto corretto e possibile tra patrimonio architettonico di rilevanza storica, espresso dai manufatti che si diceva, e pianificazione delle risorse. In questo momento le maggiori contraddizioni scattano, nei differenti comuni del territorio nazionale, laddove si deve provvedere ad una strumentazione urbanistica adeguata. Mentre l'esigenza culturale tende alla conservazione dei segni di un assetto e di una qualità edilizia oggi piuttosto difficile da rintracciare, l'esigenza materiale tende ad una politica di sostituzione edilizia e di nuova edificazione che generalmente viene misurata in termini di massimizzazione della rendita. Motivazioni che riguardano l'esigenza del nuovo, l'eliminazione o la bonifica di aree degradate, la ripresa dell'attività edilizia sono motivazioni ormai superate. La nuova edificazione deve mirare a soddisfare i bisogni di tutta la comunità e non del singolo, valorizzando quegli aspetti che sono propri dell'architettura eoliana.

## 4.4 Cenni storici sull'edilizia scolastica

I luoghi della cultura e dell'istruzione fanno la loro comparsa per la prima volta nella storia dell'umanità, nell'antica Grecia. La scuola non è ancora organizzata, infatti ogni maestro sceglieva i ritmi e gli spazi per l'insegnamento, ma è qui che per la prima volta i luoghi per lo studio assumono una valenza civile e collettiva.

Nell'epoca Romana era il pater familias che insegnava tra le mura domestiche e nei luoghi di incontro sociale; solo successivamente la cultura greca condusse la "scuola" romana verso un insegnamento organizzato con maestri esterni spesso liberti, che anche su iniziativa di privati aprivano scuole. In relazione alle materie di insegnamento ed all'età degli allievi, gli edifici che ospitavano scuole variavano: dalle case private alle basiliche. Le scuole erano caratterizzate dalle iscrizioni murarie all'esterno, gli ambienti erano concepiti sia all'aperto come giardini che al chiuso, arredati semplicemente da sgabelli e da una sedia per il maestro (cathedra).

L'avvento del cristianesimo incrementa la nascita di scuole, a carattere privato, mentre la scuola pubblica si avvierà solo in periodo imperiale. La scuola come luogo era presente in tutti gli spazi domestici, civili e religiosi, come una sorta di educazione diffusa e trasversale anche nelle locazioni fisiche e negli scenari che si differenziavano a seconda del tipo di insegnamento e non specializzava un unico ambiente dedicato. Non esistono pertanto raffigurazioni di un edificio funzionalmente progettato per questo scopo, ma esistono rappresentazioni di momenti didattici in numerosi ed eterogenei luoghi.

E' nell'epoca di Domiziano che nasce il primo tipo edilizio destinato ad ospitare gli spazi per la formazione, che in questo caso era destinata al personale adibito a vari compiti nell'amministrazione del palazzo. L'edificio prendeva il nome di paedagogium ed era al servizio del palazzo imperiale, composto da varie stanze che circondano un peristilio. I numerosi graffiti presenti sulle pareti hanno messo in luce la funzione didattica di questo spazio, che probabilmente era presente in forme più semplificate in numerose domus del periodo.

Con il declino dell'impero e l'avvio del "primo millennio" Scompare la scuola nell'accezione romana del termine e dei luoghi, ma iniziano a comparire altri centri di cultura che sorgono presso le abbazie e le chiese ma anche presso le corti dei sovrani nel caso delle arti e presso le prime botteghe artigiane.

I monasteri benedettini assumono un ruolo di primaria importanza per la conservazione e la trasmissione della cultura; ospitando le maggiori biblioteche e organizzando scuole anche se con una funzione formativa quasi esclusiva per il sacerdozio e la catechesi. Le scuole coincidono o convivono con le biblioteche, ma i centri religiosi non sono gli unici luoghi per l'apprendimento. La didattica infatti si fa anche nelle botteghe di pittori, decoratori, scultori e mastri vetrai. L'arte diviene veicolo didascalico seppure quasi sempre con soggetti religiosi.

Il termine schola, per identificare il luogo dell'insegnamento è nato con Carlo Magno, assumendo anche una connotazione laica. Accanto alle sedi parrocchiali o episcopali sorsero nel regno di Carlo Magno, scuole miste, dove si potevano studiare i classici oltre ai testi sacri. Poco si conosce però di quegli

spazi se non che venivano ospitati in diverse tipologie di edifici e spesso coincidevano ancora con chiostrì, cenacoli e biblioteche. Non si può ancora parlare di edifici specializzati per la scuola, mentre invece ne esistono per la cura dei testi.

Nell' XI secolo i monasteri si avviano verso il declino e nascono altri luoghi per l'apprendimento come le scuole episcopali, che sono destinate alla formazione del clero e si moltiplicano le scuole aperte ai laici, ma sempre sotto l'autorità religiosa, specialmente nel periodo comunale.

La situazione della scuola inizia a cambiare nel XII secolo e si trasforma profondamente nel corso del secolo successivo. Per quanto riguarda le scuole religiose, le scuole episcopali tendono a sparire e si sviluppano abbastanza rapidamente scuole laiche a tre diversi livelli, grosso modo corrispondenti alle attuali scuole primaria, secondaria e universitaria.

Le scuole sono sia private che Comunali ed ognuna impegnava in genere un solo maestro che nel caso delle scuole private viveva solo delle quote pagate dagli scolari. Un maestro poteva insegnare a cento o centocinquanta scolari.

Le scuole però non si identificano ancora in un luogo fisico diverso dall'agorà o da altri luoghi pubblici e anche le università che vedono la luce a partire dal XII secolo, non godono di luoghi specifici e sedi proprie. L'insegnamento si svolge nei chiostrì, sotto i portici o in altre parti della città legate alle possibilità di residenza di studenti e maestro. Manca dunque un edificio specifico ma le relazioni con la città sono molto estese e vivaci configurando una scuola diffusa e aperta.

In epoca rinascimentale il sistema scolastico delle città italiane rimase fondamentalmente quello che si era delineato nel corso del Duecento, basato su scuole ecclesiastiche per la formazione del clero e scuole laiche, private e comunali, per i laici, che dopo un primo livello elementare si differenziavano in scuole d'abaco le scuole di grammatica. Il numero delle scuole aumentò però notevolmente. Per adeguarsi alle esigenze mutate dei tempi nascono i primi spazi dedicati alle scuole e alle università con aule, biblioteche e teatri. Le prime furono le istituzioni universitarie come l'Arciginnasio a Bologna nel 1562, La Sapienza a Pisa e a seguire quelle dell'Europa del Nord e quelle americane del dopo rivoluzione con caratteristiche stilistiche dell'architettura gotica inglese che si manterranno fino al '900. Questi edifici erano caratterizzati da un'ampia corte centrale, che diventerà il "campus", attorno al quale si svilupperanno i corpi direzionali, di facoltà e di servizio tipici in molte architetture contemporanee. Un'idea più solida e organica di collocazione nella città dei luoghi per la cultura e l'educazione si ha nel periodo dei "lumi". Nel Settecento inizia l'istituzione di scuole pubbliche promosse e controllate dallo Stato (e non dai Comuni, come era accaduto nel Medioevo).

La scuola dell'obbligo viene per la prima volta introdotta in Germania con il trattato di Weimar (1919), anche se, già nel 1717, le Autorità prussiane avevano introdotto un programma d'istruzione obbligatorio che però, i Land tedeschi iniziarono a seguire nel XIX° secolo.

Con la rivoluzione francese si afferma una nuova concezione della scuola, che, bandendo qualsiasi insegnamento religioso, deve essere laica, basata da



una parte sulla trasmissione di capacità professionali utili, contenuti verificabili e metodi razionali e dall'altra sulla formazione civile.

. Prendono quindi piede biblioteche e musei civici, università e scuole che, nel tempo, anche se con un'involuzione ottocentesca, assumono tipologie specifiche, caratterizzate dal loro aspetto monumentale e rappresentativo per la città.

La Rivoluzione Industriale portò la necessità di forze lavoro tecniche e scientifiche specializzate che verso la fine del XIX° secolo determinò un incremento di edifici scolastici nelle città in piena espansione; non si trattava di nuove costruzioni, bensì della conversione di vecchi edifici a nuove funzioni. L'Inghilterra fu la prima a dover affrontare il problema dell'educazione per le nuove classi sociali, fin dagli inizi del XIX secolo, ma l'istituzione dell'obbligatorietà della scuola avviene solo nel 1870 e con essa si iniziano a costruire i nuovi edifici scolastici senza però avere una visione chiara e coerente di come coniugare l'educazione a un linguaggio architettonico specifico per questa funzione.

In Germania, specialmente in Prussia e Sassonia e negli Stati Uniti l'impegno dei governi nell'istituire un nuovo sistema scolastico è maggiore e prevede numerosi stanziamenti, quindi già nella prima metà dell'Ottocento, si iniziano a definire dei layout e dei principi progettuali specifici per questa istituzione che saranno alla base delle tipologie sviluppate in altre nazioni.

Con l'introduzione della scuola dell'obbligo si stabilirono per la prima volta regolamenti per la progettazione e gli arredi; la scuola inizia a distinguersi come tipologia architettonica indipendente.

In Italia, prima con la Legge Casati del 1859, che per la prima volta definisce un vero e proprio sistema dell'istruzione in Italia, successivamente con la legge del 1911 la scuola elementare diventa un servizio statale, ponendo a carico delle istituzioni il pagamento degli stipendi dei maestri elementari, così da poter disciplinare l'obbligo scolastico in modo più vigoroso.

Nasce un'architettura di gusto eclettico che unisce dettagli neoliberty a nuove tecniche costruttive, come i nuovissimi solai in cemento armato, in un insieme in cui l'attenzione funzionale si coniuga a un'estetica volta a sottolineare l'importanza civile dell'istituzione scolastica.

Nelle scuole rurali assumono grande importanza gli spazi verdi, con l'intento di insegnare le tecniche agricole e di allevamento.

Fenomeno che caratterizza questo periodo è la riconversione di edifici dismessi, come caserme e ospedali, alla funzione scolastica.

Tale sviluppo tipologico subì un arresto con l'avvento della prima guerra mondiale; ma neppure nel dopoguerra, negli anni venti, si ebbe un boom di costruzioni scolastiche dato che non ne sussisteva la necessità.

Nel Dopoguerra tuttavia si avviava un'opera di ricostruzione morale e umana che non poteva non coinvolgere l'architettura che è da sempre legata in maniera concreta alle esigenze di vita e di quotidianità della gente.

Ancor prima che gli architetti sviluppassero nuove tipologie di edifici scolastici, l'architettura moderna nasce nel segno dell'istruzione presentandosi essa stessa come una scuola. Nel 1919 viene fondato a Weimar il Bauhaus statale la cui direzione è affidata a Walter Gropius.

L'esempio a cui si ispirava il Bauhaus veniva dall'Arts and Crafts Movement, un movimento nato in Inghilterra nell'Ottocento come reazione allo scadimento qualitativo ed estetico degli oggetti di uso comune imputabile all'incontrollata industrializzazione.

Il trasferimento del Bauhaus a Dessau nel 1924 dà a Gropius la possibilità di progettare e arredare la nuova sede insieme ai colleghi e agli allievi. L'edificio, più di ogni altra cosa, doveva costituire il manifesto concreto della scuola. La struttura dell'edificio scolastico è articolata in due volumi a forma di rigoroso parallelepipedo sono tra loro collegati tramite un lungo corpo sospeso su pilastri in calcestruzzo armato. Sotto questo ponte coperto passa la strada di accesso al Bauhaus; un po' discosto dal resto sorge la palazzina a cinque piani, dove sono riunite le camere e i servizi per gli studenti interni, collegato alla struttura principale da un basso corpo di fabbrica.

Nel suo insieme la sede di Dessau ha la forma di due "L" incastrate fra loro, mentre i prospetti rinviano inequivocabilmente alle funzioni che si svolgono in quei locali: grandi vetrate nei laboratori per il maggior soleggiamento possibile, lunghe finestre a nastro nelle aule e l'amministrazione.

Gli unici materiali visibili sono il vetro, il ferro e l'intonaco bianco e non esistono cornici né altri elementi decorativi non direttamente necessari alla struttura. L'impiego del calcestruzzo armato fa sì che i solai dei vari piani siano grandi piastre rette da pochi pilastri posti all'interno della costruzione che permettono una pianta libera. Il vetro è utilizzato da Gropius come simbolo di chiarezza di pensiero, pulizia morale e di una scuola in cui il sapere verrà impartito in modo leale e democratico, senza prevaricazioni né preconcetti.

La ricerca architettonica per gli edifici scolastici negli anni Venti, apporta nuovi approcci e soluzioni. Nei tessuti urbani ad alta densità caratterizzati da una limitazione di spazio, i progettisti cercano di applicare i principi della tipologia scolastica ad edifici a più piani.

In questi anni iniziano in Europa anche a comparire le prime scuole all'aria aperta usate anche come strutture per la cura e la salute dei bambini tubercolotici o rachitici, patologie molto comuni al tempo, prima che venisse introdotta la penicillina negli anni '40.

La scuola all'aria aperta solitamente segue la tipologia a padiglione, come nell'edificio di Beaudouin e Lods realizzato nel 1935 a nei pressi di Parigi, una delle ultime realizzazioni di questo tipo prima della Seconda Guerra Mondiale. Il progetto è disegnato per rispondere a tre precisi criteri: viene ricercata una stretta collaborazione tra architetti, amministrazione locale ed educatori, il layout distributivo si basa sull'applicazione della teoria del "circolazioni school system" ovvero, l'elemento più importante del progetto di una scuola sta nella sua articolazione tra classi, corridoi, cambi di livello e i movimenti che si svolgono al suo interno; infine, viene garantita la doppia relazione di ogni aula con l'esterno. Nella metà degli anni '30 in concomitanza con l'affermarsi di regimi autoritari in Italia, Germania e Spagna, si diffondono anche nuovi ideali: l'ubbidienza e la devozione allo Stato influenza i caratteri culturali e pone come priorità l'allenamento ginnico e nuovi ideali educativi.



Fig. 4.11 - École de plein air de Suresnes, Beaudouin e Lods

La visione di una scuola libera e aperta, viene fondamentale abbandonata a causa dell'affermazione di una retorica di propaganda che si esprime nelle forme degli edifici così come nei sistemi educativi. Le architetture sono fortemente caratterizzate e stilisticamente definite; in particolare negli edifici urbani, le tipologie hanno una forte identità formale e monumentale che non si discosta però dalle forme rigorose e dalla distribuzione interna degli edifici scolastici ottocenteschi, neoclassici.

Volumi geometrici elementari, coperture piane, elementi cilindrici e aperture di luce a forma circolare generano architetture austere e metafisiche.

Lo stile architettonico, semplice e privo di decorazioni, si ripete nel territorio nazionale con poche varianti estetiche e distributive. Su un impianto a L, la distribuzione è organizzata con un piano seminterrato ad uso cantina e deposito, un piano rialzato per le aule e per una grande sala multifunzionale e il primo piano con l'abitazione del maestro. Queste scuole prevedono uno spazio all'aperto piantato ad alberi da frutta e usato come spazio di ricreazione e orto.

Esperienze significative e fuori dal coro sono comunque numerose. Giuseppe Terragni per l'asilo Sant'Elia a Como del 1934-1937 progetta spazi che superano la tipologia aula-corridoio, privilegiando uno spazio unitario e più flessibile che nel corso del tempo si è saputo adattare ai mutamenti del sistema scolastico.

Contenuto in uno schema planimetrico sostanzialmente quadrangolare, organizzato da volumi bassi disposti intorno ad un cortile centrale e circondati dal giardino, l'asilo sant'Elia vede distribuiti nel corpo principale gli spazi dell'atrio, lo spogliatoio e i servizi. Il fabbricato che penetra il giardino, da un lato, ospita le aule e gli spazi per il gioco e la ricreazione, direttamente affacciati al cortile interno, mentre l'altro volume è attrezzato con la palestra.

Gli ambienti sono caratterizzati dalle ampie superfici vetrate che garantiscono ambienti luminosi e comunicazione diretta tra lo spazio interno e il giardino. Gli ambienti sono caratterizzati da forte domesticità, immersi nel verde e tra portici e pensiline, gazebo metallici e balaustre traforate, lo spazio, così come lo sguardo, si estende metaforicamente verso il cielo, la strada, il contesto.

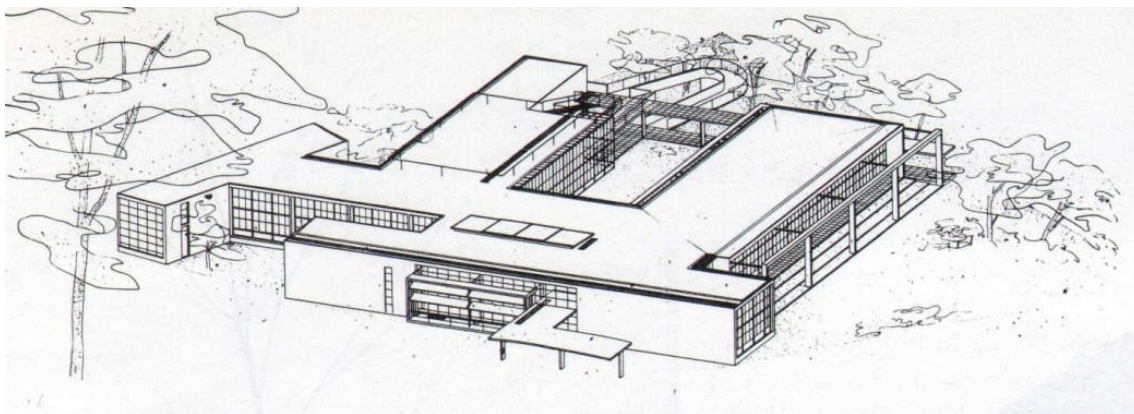


Fig. 4.12 – Asilo di S. Elia a Como, Giuseppe Terragni

Bisogna attendere il secondo dopoguerra in Europa per assistere al ritorno del dibattito sulla scuola, frutto della necessità di ripensare l'educazione, fortemente compromessa dalle dittature.

In seguito a numerosi congressi inerenti l'edilizia scolastica (in tutta Europa), torna in auge l'idea dell'aula all'aperto, metafora della liberazione dalle regole autoritarie. Si costruiscono ampie tipologie a padiglione con aule caratterizzate da illuminazione bilaterale e flessibilità nella disposizione degli arredi. Ad eccezione di alcuni singoli edifici l'architettura scolastica rimane noiosa ed impersonale.

Anche in Italia si assiste al nascere di una visione dello spazio per l'educazione come luogo di vita sociale e con l'attribuzione del valore non solo figurativo di centro di quartiere, passando dal funzionalismo fisico della scuola caserma (aulacorridoio) al funzionalismo psicologico dello spazio non autoritario con aule distribuite senza corridoi né portici. Il concetto più discusso in quegli anni è quello di "unità funzionale", ossia il corpo di fabbrica minimo che ospita le aule unitamente a un ambiente per le esercitazioni e l'attività assembleare che unendosi in più unità separate formano l'aggregato scuola o "organismo scolastico".

Nella metà degli anni '60, l'organizzazione gerarchica verticale della tipologia scolastica viene messa definitivamente in dubbio. In nome della "democrazia" si propone una struttura orizzontale e un nuovo tipo di edificio scolastico. Un modello che integra i vari tipi e gradi di scuola in un unico edificio, la cosiddetta comprehensive school. Queste tipologie vengono diffuse da progettisti inglesi e statunitensi, e si esprimono nel concetto di campus.



Individuali metodi pedagogici e la naturale tendenza degli scolari al lavoro in piccoli gruppi si espressero nella creazione di aree centrali collettive come la biblioteca o le aule di gruppo che rappresentavano il cuore pulsante della scuola.

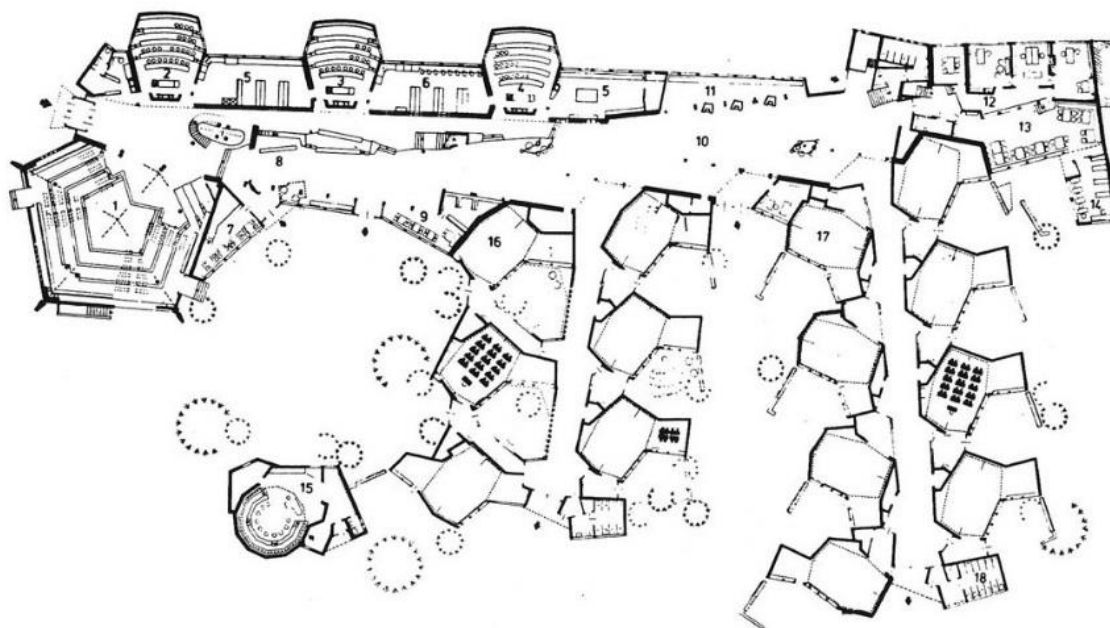


Fig. 4.13 – Geswister Schule, Shaaron

Nel frattempo la ricerca nelle facoltà di architettura italiane comincia a orientarsi sul tema della scuola moderna. E' l'inizio di una fase che fra gli inizi degli anni Sessanta e metà degli anni Settanta, si pone l'obbiettivo di omogeneizzare la qualità su tutto il territorio nazionale e adeguare i cantieri ad un processo tecnologico più avanzato con l'approfondimento della ricerca sulla prefabbricazione come sistema indispensabile per razionalizzare il processo edilizio.

I vantaggi del processo di prefabbricazione e le tecnologie costruttive economiche e rapide furono presto dimenticate mentre la scuola pluridisciplinare, assunse ben presto un'immagine negativa.

Sul finire degli anni Settanta, la prolungata crisi economica, accompagnata da un calo demografico ha determinato il superamento naturale di situazioni critiche come doppi e tripli turni, producendo anche una più ampia disponibilità di locali, con la conseguente convinzione diffusa che lo spazio fosse un problema ormai risolto nelle scuole italiane. Si è perciò assistito a una pesante riduzione delle iniziative per la costruzione di nuovi edifici e l'attività edilizia si è orientata per lo più verso la semplice manutenzione.

Gli anni Ottanta sono quindi caratterizzati da un clima di frammentario sperimentalismo, per lo più centrato sulla memoria storica come elemento conduttore del progetto, semplificato verso un abaco infinito di figure ripetitive.

Dalla metà degli anni '90, si riafferma la tendenza alla progettazione di edifici cubici compatti che, a prescindere dalla loro rigida soluzione di pianta, offrono un'ampia molteplicità di relazioni spaziali.

## 4.5 Tipologie di layout

Le tipologie di edifici scolastici possono essere suddivisi a seconda del loro layout e sistema di accesso solo per razionalizzare i diversi approcci in modo sistematico, con la consapevolezza che la complessità dell'architettura non può essere ridotta ad una semplice tabella.

Nelle scuole si riconoscono principalmente tre schemi di distribuzione planimetrica:

- i sistemi lineari importati sul concetto di corridoio come “strada” interna;
- i sistemi a campus;
- i sistemi additivi a nucleo centrale.

I primi, sono caratterizzati da un unico volume lineare di uno o più livelli articolato lungo una direzione principale su cui si affacciano gli ambienti e da cui possono partire ulteriori bracci di distribuzione, generando uno schema a pettine. In questi casi è possibile localizzare le funzioni collettive all'incrocio tra le tratte e le aree didattiche possono essere organizzate indipendentemente l'una dall'altra. L'uso di colori e materiali diversi può inoltre facilitare la gerarchia e la riconoscibilità tra i diversi spazi.

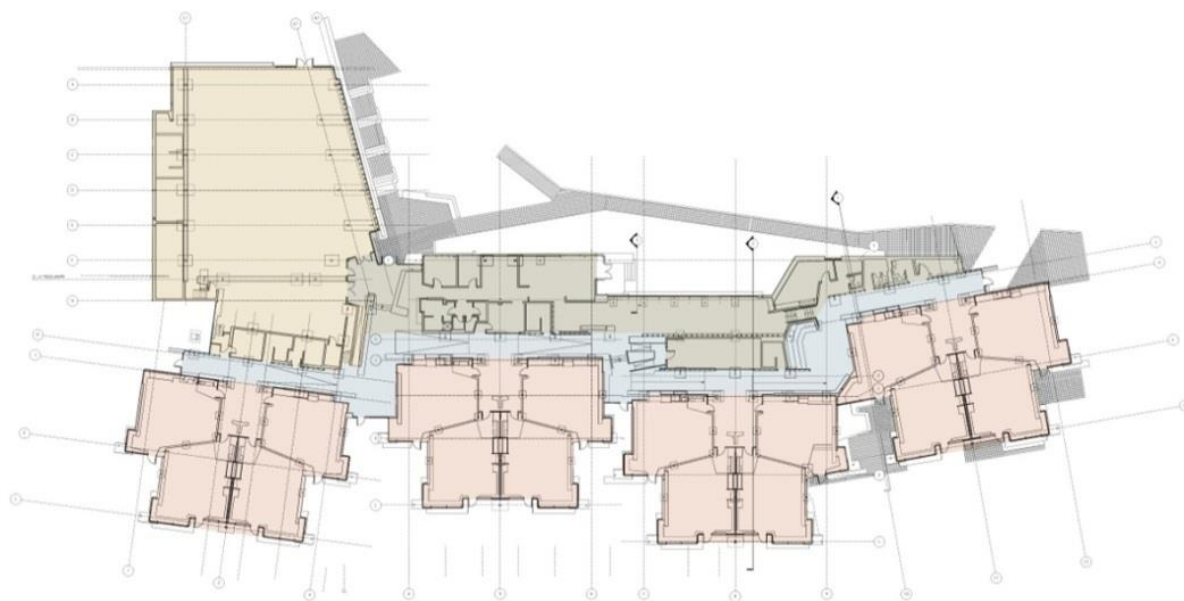


Fig. 4.14 – Strawberry Vake School in Canada, Patkau Architects

Il cosiddetto schema a campus adotta il linguaggio nato nelle università americane, con singoli edifici posizionati in un contesto di verde dove la circolazione avviene prevalentemente all'aperto, cosa che può costituire un aspetto negativo se gli edifici sono molto lontani l'uno dall'altro comportando tempi lunghi per gli spostamenti. La scuola è vista come una serie semi-autonoma di edifici, che possono essere dedicati ad una specifica attività o ambito di studio, ogni blocco può quindi restare aperto oltre l'orario scolastico ad uso della collettività, come avviene di frequente nel caso delle palestre.

Teoricamente ogni parte può essere diversa dall'altra, cosa che può rendere la varietà una caratteristica del linguaggio architettonico; in generale si tratta di progetti estensivi che si sviluppano poco in altezza.



Fig. 4.15 – Feather River Accademy in California, A4E

Il terzo schema è un ibrido tra i primi due, in cui le varie parti sono raccolte intorno a un cuore centrale su cui queste affacciano. Il vantaggio offerto da questo layout è la possibilità di creare blocchi funzionalmente autonomi senza il rischio di una eccessiva frammentarietà, evitata proprio grazie allo spazio centrale che diventa una risorsa condivisa, facilmente accessibile da tutti.



Fig. 4.16 – Markt Indelsdorf, Almann Sattler

I paradigmi che ne derivano sono essenzialmente due. Il primo, relativo alla gran parte degli edifici scolastici, si manifesta dove l'approccio al progetto viene dettato quasi esclusivamente dal rispetto degli standard istituzionali, spesso inadeguati ai cambiamenti della società, che prescrivono il numero e le caratteristiche dimensionali degli spazi in una sorta di zoning predefinito e nel rispetto di uno spesso scarno budget da cui derivano architetture banali e impersonali. Secondariamente, emergono le realizzazioni dei singoli progettisti, che a fronte dei vincoli normativi ed economici, apportano un linguaggio formale e distributivo personale e nuovo frutto di una riflessione attenta sul tema e sulla società, e di una rielaborazione delle teorie pedagogiche con la conseguente elaborazione di una idea coerente di spazio.

Nell'edilizia scolastica, l'approccio formale della progettazione architettonica è da sempre testimone del mutamento delle condizioni sociali e dell'evoluzione dei principi educativi

## **4.6 Problematiche e propositi**

Progettare una scuola presenta svariate problematiche, in alcuni casi anche difficili da affrontare in quanto non è sufficiente solo una conoscenza, seppur ottima, dell'architettura, ma serve conoscere anche il campo della pedagogia.

Tra pedagogia e architettura si deve stabilire un rapporto ineludibile durante la fase di progettazione dei nuovi edifici scolastici per favorire l'innovazione della scuola sia in termini strutturali ed estetici, sia in termini didattici ed educativi. Tra ambiente e didattica ci deve essere sinergia in quanto l'organizzazione degli spazi è funzionale al rinnovamento della didattica.

Un luogo bello e curato viene percepito dalla pedagogia come condizione di benessere fisico e psicologico perciò come un diritto delle persone in generale e ancora più dei bambini e dei ragazzi. Curare la progettazione degli spazi corrisponde a curare l'immagine del bambino o del ragazzo che ne usufruirà. Un ambiente deve permettere o vietare, sollecitare o censurare, educare gli sguardi, le esplorazioni, le sensibilità.

Il dialogo tra pedagogisti, insegnanti, architetti e designer deve essere elemento essenziale per cercare risposte nuove a nuove domande che il nostro tempo è chiamato a vivere; saperi e competenze diverse si arricchiscono nell'appartenere a un laboratorio di ricerca permanente, che ridefinisce con continuità i suoi obiettivi e per questo si mantiene vivo e interessante.

Il progetto contemporaneo della scuola deve saper riflettere lo slancio verso il rinnovamento dell'istruzione, permettendo nuove forme di connessione tra studente e insegnante, individuo e società, e prevedendo ambienti e servizi che connettano le attività curricolari alla comunità. I ragazzi vivono una realtà extrascolastica, ricchissima di informazioni e di mezzi per accedervi, sono abilissimi utenti delle nuove tecnologie, vivono in spazi sempre più vicini alle loro sensibilità: crescono i luoghi per socializzare, fare musica, sport. Ogni mattina i ragazzi lasciano il loro microcosmo per andare a scuola, un luogo che dovrebbe accogliere e stimolare nuove relazioni. La situazione attuale della scuola italiana, pare spesso impermeabile ad ogni innovazione o cambio di rotta ma si possono



comunque riconoscere nuove tendenze emergenti che influenzano le relazioni spaziali, rendendole maggiormente adeguate agli standard del XXI secolo.

Spesso le scuole costruite negli ultimi anni sono un esempio di architetture che dialogano poco col mondo della didattica, sono ambienti progettati seguendo in modo rigido la normativa vigente, ambienti che non sembrano pensati per educare ed ospitare la crescita dei ragazzi, ma solo per rispettare le indicazioni dei minimi normativi. Analizzando le scuole esistenti spesso si ripresentano sempre gli stessi problemi e gli stessi difetti progettuali.

Lo studio del rapporto interno-esterno dell'edificio ad esempio è un'aspetto tra i meno approfonditi, e spesso è causa di una scarsa accessibilità e fruibilità da parte degli utenti alle diverse attività. L'area esterna è parte integrante e indispensabile della struttura educativa, spesso però viene lasciata abbandonata. Per la sicurezza degli ambienti scolastici spesso si ricorre a sistemi che penalizzano la libertà di movimento degli utenti o dell'insegnamento. La tecnologia moderna fornisce valide soluzioni che non creano pesanti condizionamenti all'uso simultaneo di ambiente interno con quello esterno e viceversa. Spesso si ritengono superflui gli spazi esterni, invece, dove possibile, non si deve assolutamente rinunciare a dotare le scuole di aree all'aperto di proprio uso esclusivo assicurando la loro tenuta e manutenzione.

L'importanza delle aree a cielo aperto è inoltre data dal fatto che esse possono fornire svariate occasioni di apprendimento sensoriale grazie sia alle piante e ai materiali di pavimentazione che alle azioni prodotte su di essi dagli agenti atmosferici: la pioggia enfatizza gli odori e, incidendo sulle diverse superfici che incontra, ne differenzia le qualità materiche e formali; il vento crea sibili e correnti d'aria, fa stormire le foglie degli alberi, fa vibrare e battere elementi leggeri. La relazione interno-esterno è importante dal punto di vista pedagogico che sottolinea l'importanza dei sensi nella comprensione ambientale. In particolare, nella scuola è, essenziale che il ragazzo, per potersi appropriare del proprio intorno, sperimenti l'ambiente mediante l'intero spettro delle modalità sensoriali.

Secondo uno studio condotto da Legambiente sulla qualità dell'edilizia scolastica in Italia, le scuole nelle quali ci sono giardini e spazi verdi sono il 62,89%, mentre in Sicilia ce ne sono molti meno, il 29,52%. Ci sono altri dati interessanti da analizzare, che ci fanno comprendere quanto la scuola in Italia sia in una situazione non molto incoraggiante sia dal punto di vista della qualità degli edifici, dei servizi di cui essi dispongono, sia da quello della sicurezza.

Per quanto riguarda la qualità degli spazi è interessante il dato sulla superficie utile per alunno. Lo spazio di cui ogni ragazzo può godere è nella gran parte dei casi ridottissimo, infatti circa il 20 % degli studenti può contare su meno di un metro quadrato (dato puramente algebrico frutto della divisione della superficie dell'aula per il numero degli occupanti e che, se si vuole avere un'idea realistica dello spazio tra un banco e l'altro va ulteriormente ridotto).

La funzione della palestra è presente solo nella metà delle scuole siciliane, dato costante anche nel resto d'Italia. Il 10 %, poi, occupa edifici nati per tutt'altra destinazione: conventi, caserme edifici storici e abitazioni private. Molto spesso questi edifici, non essendo stati pensati per essere destinati ad un uso di

apprendimento e crescita, presentano grandi spazi autoritari che possono opprimerlo invece di stimolarlo a socializzare.

Gli spazi molto grandi sarebbe meglio evitarli, progettando spazi gradevoli e accoglienti, che facciano riferimento più alla dimensione familiare che a quella di massa. L'auditorium è un esempio di grande spazio, che oltre a risultare ingestibile dal punto di vista del comfort termico, dell'illuminazione e dell'acustica, sottrae spazio ad altre attività ed è usato in poche occasioni durante l'anno. Dovrebbero invece essere previsti più ambienti destinati alle attività di laboratorio in ottica di una scuola sempre più orientata verso una specializzazione dell'insegnamento.

Le problematiche delle scuole italiane non si fermano soltanto all'edificio in se, ma riguardano anche il suo intorno e i servizi che vengono offerti agli utenti. L'analisi di Legambiente evidenzia come gli edifici scolastici siano poco serviti da scuolabus: in Italia il 25,89%, mentre in Sicilia il dato è molto più basso 4,57%. L'autobus non è il solo mezzo per raggiungere la scuola, ce ne sono altri anche più ecologici, come ad esempio, il pedibus, che in Sicilia non è utilizzato da nessuna scuola, e la bicicletta per la quale occorrono piste ciclabili per non correre pericoli durante il tragitto casa-scuola. Quanto alla sicurezza fuori dalla scuola, è importante che le aree prossime agli edifici presentino provvedimenti per garantire la sicurezza dei bambini e dei ragazzi come aree ZTL, che in Sicilia esistono solo per lo 0,82% degli edifici e Zone30 adottate per lo 0,41%.

Gli edifici scolastici, integrati in una rete ciclabile, sono molto pochi sia in Sicilia (0,38%) che in Italia (10,48%). Prevalentemente quindi le scuole vengono raggiunte in auto, con tutti gli svantaggi che questo comporta, soprattutto dal punto di vista ambientale per quello che riguarda l'inquinamento dovuto all'emissione di gas di scarico, ma anche all'inquinamento acustico, oltre che dai possibili disagi di traffico che si crea puntualmente nei pressi delle scuole, dovuti anche alla mancanza di parcheggi presenti solo per il 53% degli edifici scolastici italiani (49,43% in Sicilia).

I problemi però più gravi sono quelli riguardanti la sicurezza degli edifici. Oltre ai problemi di presenza di amianto che si stanno debellando col passare degli anni con dati confortanti, ma non ancora rassicuranti visto il 10,31% degli edifici italiani ancora da bonificare, i rischi maggiori sono quelli legati alla struttura dell'edificio e alla sicurezza in caso di incendio. Il 51,61% delle scuole italiane (il 41,71% in Sicilia) non possiede il certificato di idoneità statica; il 58,08% (36,38% in Sicilia) è privo di certificato di agibilità; il certificato di prevenzione incendi è in possesso solo del 34,50% degli edifici (25,52% per le scuole siciliane). Questi dati sono agghiaccianti se si pensa alle conseguenze che potrebbero avere sui ragazzi e i bambini che frequentano le scuole italiane.

La salute degli studenti non è in pericolo solo per questi problemi, ma anche per problemi riguardanti la salubrità degli spazi interni e delle zone esterne. Sin dal 1983 l'Organizzazione Mondiale della Sanità ha infatti sostenuto l'esistenza di una "sick building syndrome": una sindrome da costruzione malsana, intendendo per malsana non esclusivamente le costruzioni con umidità, muffa e poca luce, ma anche costruzioni edificate con materiali tossici e arredate con altrettanti mobili tossici. L'OMS ha stabilito, dopo attente analisi, che l'inquinamento

dell'aria presente negli ambienti interni (indoor) è superiore addirittura a quello dell'ambiente esterno. Questo è imputabile alle svariate sostanze tossiche, colle dei mobili, dei pavimenti, accessori, che distribuiscono nell'ambiente: formaldeide, radon, benzene, etc. Varie sono le sostanze potenzialmente tossiche e allergizzanti in ambiente scolastico, tra queste possiamo elencare alcune fonti indoor come materiali didattici, da costruzione e di arredo, detergenti chimici, nonché muffe e pollini presenti negli spazi esterni dove i bambini giocano e spendono il loro tempo libero. L'OMS ha quindi stilato una lista di fattori dell'inquinamento indoor, come materiali isolanti artificiali, vernici, laccature, diluenti, colle, rivestimenti sintetici di pareti, pavimenti e soffitti. E' stato calcolato che circa un terzo degli edifici realizzati negli ultimi trent'anni provoca disturbi agli occupanti e che circa il 40% dei materiali utilizzati in edilizia e nell'arredamento è potenzialmente aggressivo. Un dato allarmante se si considerano le svariate combinazioni possibili tra costruzioni/arredamento che si hanno negli edifici pubblici. Un altro elemento da non sottovalutare è l'interazione indoor-outdoor, ovvero l'influenza dell'inquinamento esterno sull'ambiente confinato. L'inquinamento indoor dipende quindi anche dalla qualità dell'aria intorno alla scuola. Se per esempio è vicino ad un'area molto trafficata le concentrazioni di particolato (PM10) saranno più alte.

L'edificio in se, quindi, non è l'unica fonte di inquinamento, ma è importante anche la sua collocazione. Fattori di rischio ambientale possono essere rappresentati da: vicinanza ad aree industriali, ad elettrodotti, ad emittenti radio televisive, ad antenne cellulari, a discariche, ad aeroporti e ad autostrade. Nel 2,5% dei casi, poi, le fonti sono più di una e i singoli effetti si sommano.

La sicurezza, la salute ed il confort degli utenti devono essere assolutamente salvaguardati, ma anche l'attenzione verso l'ambiente e la natura non deve essere trascurata, anche perché in stretta relazione col futuro benessere delle persone. La scuola può rappresentare l'occasione perfetta per educare e sensibilizzare i ragazzi fin dall'infanzia al rispetto per l'ambiente, sia attraverso la didattica, sia con l'architettura. Un' edificio che rispetta l'ambiente guida anche i suoi utenti a farlo. Sempre dai dati raccolti da Legambiente nel 2012 si evince la scarsa preoccupazione nel costruire o ristrutturare edifici secondo i criteri di bioedilizia con una media dello 0,47% in Italia; in Sicilia invece non vi è alcun edificio. Oltre alla qualità dell'involucro edilizio rispettare l'ambiente significa anche fare attenzione ai consumi. In una scuola i consumi maggiori sono quelli per il riscaldamento e per l'illuminazione. Mentre per ridurre i consumi per il riscaldamento è necessario effettuare sostanziali modifiche all'impianto e soprattutto all'involucro, per l'illuminazione basterebbe utilizzare lampade a risparmio energetico. In Italia gli edifici in cui si utilizzano fonti d'illuminazione a basso consumo sono il 60,58% del totale, mentre in Sicilia il 29,69%; dati soprattutto quelli regionali che non sono affatto confortanti e che evidenziano quanto sia ancora poco considerato il tema del risparmio energetico. A supporto di quest'ultima affermazione ci sono anche i dati riguardanti gli edifici scolastici in cui si utilizzano fonti d'energia rinnovabile che in Sicilia sono il 13,90% del totale mentre in Italia il 12,40%.

Molte delle scuole esistenti potrebbero quindi far fronte ai difetti di progettazione migliorando alcuni aspetti che, non comportano elevate spese o che, addirittura, dopo un investimento iniziale, permettono di recuperare il denaro speso e successivamente di risparmiare sui costi di gestione dell'edificio. Le scuole di nuova costruzione, invece, dovrebbero tener conto di tutte le problematiche riscontrate e cercare in tutti i modi di non ripetere gli stessi errori fatti in passato, cercando, inoltre, soluzioni innovative che possano, al di là di rispettare i minimi normativi dettati dalla legge, anche offrire un'architettura di qualità puntando al benessere dell'utente che, nel caso specifico delle scuole, risulta fondamentale in quanto potrebbe influenzare, più che negli altri casi, la personalità, la maturazione e in generale la vita di chi passerà molta parte del suo tempo all'interno dell'edificio.

## **4.7 Riferimenti normativi**

Dopo un periodo di sostanziale staticità fino agli anni '60, per quanto riguarda gli aspetti normativi, finanziari e di attuazione dell'edilizia scolastica, a partire dal 1965 sono stati introdotti elementi di novità, che nell'arco di venti anni hanno modificato profondamente il quadro di riferimento. Si è trattato delle leggi che finanziavano l'edilizia scolastica di ogni ordine e grado e delle relative normative tecniche che le corredevano: la legge 28 luglio 1967, n. 641, e la legge 5 agosto 1975, n. 412.

Le novità furono innanzitutto di carattere quantitativo. Dall'Unità d'Italia non si era mai intervenuti con così consistenti finanziamenti nel tentativo di superare le sperequazioni, lo stato di degrado e l'insufficienza in cui la scuola, salvo iniziative sporadiche, era stata abbandonata. La condizione si era particolarmente aggravata negli anni '50 quando a una situazione degradata dai precedenti anni di immobilismo e dagli eventi bellici si erano sovrapposti gli effetti di un forte aumento demografico e di una migrazione interna, che avevano accresciuto a dismisura i grandi centri urbani e le relative aree metropolitane. I doppi e i tripli turni, l'affollamento insopportabile degli edifici, l'edilizia inidonea sono stati per anni la norma nell'intero Paese con punte particolarmente critiche nel sud.

Le due leggi citate, per quanto attuate in modo disomogeneo e con lentezza, hanno tuttavia contribuito in larga misura a ridurre gli aspetti più critici del problema, anche se non si può affermare che esso sia stato del tutto risolto, e hanno stabilito inoltre che l'intero onere di costruzione degli edifici scolastici fosse a carico dello Stato.

Il problema del sovraffollamento, successivamente, è andato via via scomparendo grazie al vistoso calo demografico (riduzione delle nascite e parallelo incremento delle classi di età avanzata) che ha profondamente modificando la struttura demografica del Paese, in misura più accentuata al Centro-Nord, ma sensibilmente anche al Sud.

Le innovazioni introdotte con la normativa tecnica (quella vigente risale al 1975), hanno ricondotto lo standard delle scuole italiane a livelli paragonabili a quelli europei, ma ancora con molte lacune. Le norme hanno introdotto anche criteri di progettazione avanzati e innovativi, in gran parte ispirati a quanto avveniva nel resto del mondo occidentale e dettati dalla convinzione che fosse in



atto un processo di trasformazione e aggiornamento della scuola italiana. Purtroppo si rilevano aspetti di contraddizione all'interno delle norme stesse che, potendo essere interpretate in modo più tradizionale, spesso hanno in pratica consentito il perpetuarsi di tipologie conservatrici e rigide, al punto da influenzare negativamente le innovazioni educative.

Si sono così costruite strutture nuove adeguate come dimensione complessiva (già questo è un notevole vantaggio rispetto al precedente regolamento D.P.R. 1 dicembre 1956, n. 1688), ma molto rigide e dispersive nell'articolazione degli spazi con la tipologia aule/corridoio che si è dimostrata assai persistente.

In seguito negli anni '90, nel Centro-Nord si è verificata la scomparsa dei doppi turni e la disponibilità di spazi liberi all'interno dell'edificio da destinare a usi didattici non tradizionali (prevalentemente laboratori). Talvolta sono stati liberati interi edifici scolastici che hanno consentito di abbandonare le strutture meno idonee dal punto di vista igienico, della sicurezza e della funzionalità.

L'aver costruito solo lo stretto necessario e averlo fatto anche male, non può che essere considerato un fallimento, perché privo di prospettiva e capace di condizionare negativamente per molti anni a venire la scuola italiana.

Se la sperimentazione costituisce un momento di fondamentale importanza per la costruzione di una scuola efficiente e pienamente adeguata alle esigenze locali, se il riequilibrio tra edifici inadeguati e scuole efficienti è uno degli obiettivi generali del Paese, dobbiamo porre le condizioni perché questo possa attuarsi ovunque, tenendo conto dello spazio fisico insieme alle altre componenti educative. Non è lecito proporre edifici di seconda categoria proprio dove la qualità edilizia è un obiettivo lontano.

Una proposta corretta per quelle parti del Paese in cui ancora si verificano situazioni difficili può consistere nel costruire edifici che, in una prima fase d'emergenza, possano essere usati in regime di affollamento, che lasci margini più ampi alla nuova didattica.

Perciò occorre progettare l'emergenza tenendo ben presente che il futuro dovrà essere quello di una scuola rinnovata e soprattutto di qualità.

Il D.M. 18/12/1975 resta però la principale legge di riferimento, ma c'è da considerare che sia i parametri descrittivi sia quelli prestazionali di natura cogente relativi agli edifici scolastici nel loro complesso sono di fatto inesistenti; infatti, il decreto ministeriale del 1975 è in revisione per essere sostituito da una nuova norma contenente indicazioni più adeguate ai cambiamenti introdotti nelle attività scolastiche dai cambiamenti sociali e culturali nonché dalle riforme del sistema dell'istruzione; al momento, però, non è stata emanata alcuna nuova indicazione che fornisca i criteri per la progettazione ex-novo o per il recupero delle scuole.

L'unico riferimento tecnico cogente riguarda i requisiti acustici passivi degli edifici, D.P.C.M. 5 dicembre 1997, che fissa i valori per gli indici dei requisiti suddetti conformemente alle rispettive norme volontarie di riferimento.

Altre indicazioni sulle prestazioni ambientali sono disponibili nel sistema normativo volontario e attengono all'illuminazione e al benessere termico.

Di fatto, le norme che risultano incidere in misura maggiore sugli aspetti impiantistici e dimensionali degli edifici scolastici, con ricadute in alcuni casi

anche sull'organizzazione delle attività, sono le norme relative alle barriere architettoniche e alla sicurezza in caso di incendio (vedi cap. 4.18).

Per quanto riguarda i futuri indirizzi normativi, la Legge 11 gennaio 1996, n. 23 "Norme per l'edilizia scolastica", seguita dalla Circolare Ministero della Pubblica Istruzione 4 aprile 1996, n. 139 "Direttiva -edilizia scolastica: revisione norme tecniche" ha dato vita, in collaborazione con l'Osservatorio sull'edilizia scolastica, ad un gruppo di ricerca incaricato di redigere la "Proposta per l'elaborazione delle linee guida per la redazione della normativa tecnica per l'edilizia scolastica".

La ricerca che ha preceduto la redazione della proposta di normativa tecnica, i cui risultati non sono ancora stati divulgati, costituisce la sistematizzazione più aggiornata del problema del rapporto fra le attività didattiche ed educative e gli spazi che le ospitano. Fra i principali risultati c'è la definizione delle aree problema, per ciascuna delle quali sono stati esaminati il rapporto con le norme ed i cambiamenti dovuti alla nuova didattica e l'individuazione dei nuovi requisiti funzionali per gli spazi in cui si esplicano le attività. La proposta di norma ha tentato di superare le prescrizioni descrittive e propone un approccio prestazionale, completando le indicazioni dimensionali con le caratteristiche qualitative dell'ambiente scolastico.

La ricerca per il progetto di norma ha fatto propria la necessità, affermata negli ultimi anni nell'ambito della ricerca pedagogica, di una progettazione dell'ambiente scolastico adeguata ad attività e obiettivi educativi variabili e rispondente a modelli organizzativi differenti e modificabili nel tempo; la futura norma, quindi, sarebbe centrata sul nesso tra l'efficacia dell'azione formativa e le caratteristiche morfologiche, funzionali e percettive degli spazi in cui essa viene attuata.

Quadro normativo a cui si farà riferimento per la progettazione

- *D.M. 18 dicembre 1975 "Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici minimi di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica"*
- *Legge 11 gennaio 1996, n. 23 "Norme per l'edilizia scolastica"*
- *Circolare Ministero della Pubblica Istruzione 4 aprile 1996, n. 139 "Direttiva - edilizia scolastica: revisione norme tecniche"*
- *D.P.R. 24 luglio 1996, n. 503 "Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici"*
- *D.M. 26 agosto 1992 "Norme di prevenzione incendi per l'edilizia scolastica"*
- *D.P.C.M. 5 dicembre 1997 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici"*

Le norme a cui si fa riferimento per il controllo delle condizioni ambientali sono:

- *UNI ISO EN 7730 "Determinazione degli indici PMV e PPD e specifica delle condizioni di benessere termico"*

- *UNI EN 12464-1 "Illuminazione dei Luoghi di Lavoro"*
- *UNI 10840:2000 "Luce e illuminazione - Locali scolastici - Criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale"*
- *UNI EN 1729-1:2006: Mobili - Sedie e tavoli per istituzioni scolastiche - Parte 1: Dimensioni funzionali*
- *UNI EN 1729-2:2006: "Mobili - Sedie e tavoli per istituzioni scolastiche - Parte 2: Requisiti di sicurezza e metodi di prova"*

## **4.8 Riferimenti progettuali**

<b>PROGETTO:</b>	C.I.P. - I.E.S Rodriguez-Fornos
<b>PROGETTISTA:</b>	Lluís Clotet Ballus e Ignacio Paricio Ansuategui
<b>LUOGO:</b>	Valencia, Spagna
<b>REALIZZAZIONE:</b>	2003
<b>CARATTERISTICHE:</b>	Probabilmente la cosa più importante è cercare di rendere l'ambiente scolastico silenzioso e isolato da ogni altra attività centrale e periferica. Nel disegno queste volontà prendono forma in un edificio chiuso su se stesso, con poche aperture verso l'esterno, proteggendo l'interno delicato grazie a quattro cortili di 14x35 m.

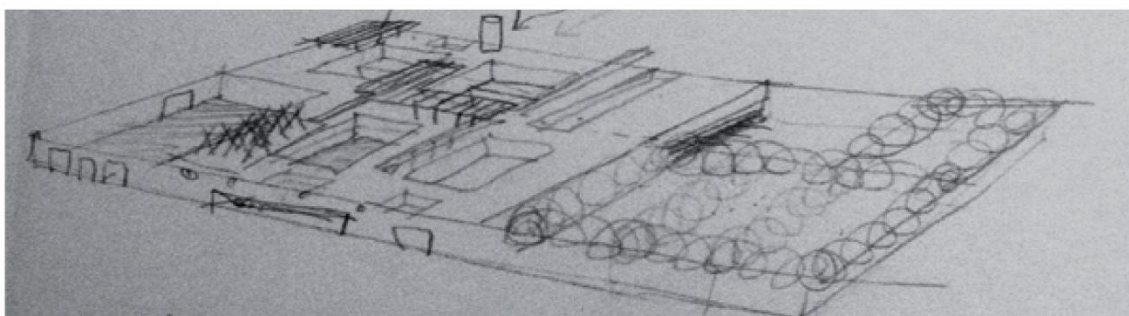


Fig. 4.17 – C.I.P, I.E.S, Ballus & Ansuategui



<b>PROGETTO:</b>	<b>Madinat Al Zahra Museum</b>
<b>PROGETTISTA:</b>	Nieto Sobejano Arquitectos
<b>LUOGO:</b>	Cordoba, Spagna
<b>REALIZZAZIONE:</b>	2009
<b>CARATTERISTICHE:</b>	La volontà di mimetizzarsi nell'intorno agricolo ha portato gli architetti a realizzare un museo ipogeo che si imposta su un mix di pieni e vuoti. Il risultato è un percorso formato da corti interne e patii che guidano il visitatore nel museo, regolando la radiazione solare e migliorando il comfort interno.



Fig. 4.18 – Madinat al Zahra Museum, Sobejano

**PROGETTO:** Brilliant Primary School Amp Sports Hall

**PROGETTISTA:** Chartier-Dalix Architects

**LUOGO:** Boulogne Billancourt, Francia

**REALIZZAZIONE:** In fase di realizzazione

**CARATTERISTICHE:** L'obiettivo del progetto è quello di creare un nuovo ecosistema sul tetto: una natura primitiva, che si estende nella trama di un muro abitato. L'edificio nasce dall'estrusione di un pezzo di terra in altezza, che protegge gli spazi aperti ricreativi centrali. Le aule avvolgono questi spazi e sono accompagnate da aree verdi in genere accessibili o in continuità visiva permanente.



Fig. 4.19 – Brillant primary school, C&D Architects



**PROGETTO:** Vulcano Buono

**PROGETTISTA:** Renzo Piano Building Workshop

**LUOGO:** Nola, Napoli, Italia

**REALIZZAZIONE:** 2007

**CARATTERISTICHE:** La costruzione a forma di vulcano, che fa esplicito riferimento al Vesuvio (di cui è la riproduzione a scala 1 a 50), sembra essere il risultato di un sollevamento della crosta terrestre. Il progetto “copia la natura che ha di fronte”, afferma Piano; e poi aggiunge, “tuttavia, più che di mera imitazione parlerei di allusione, si riconosce qualcosa come spesso capita in musica; si è consapevoli di aver riconosciuto, ma non si sa cosa.



Fig. 4.20 – Vulcano Buono, Piano

<b>PROGETTO:</b>	Escuela Infantil Pablo Neruda
<b>PROGETTISTA:</b>	María José Pizarro, Óscar Rueda
<b>LUOGO:</b>	Alcorcón, Madrid, España
<b>REALIZZAZIONE:</b>	2010
<b>CARATTERISTICHE:</b>	Questa scuola è pensata come un gioco di costruzioni per bambini, formata da pezzi che si differenziano per colori e materiali che costituiscono le differenti aule. Ad ognuna è associata una scala e un colore in funzione dell'età del bambino alla quale è destinata. Dall'esterno l'edificio si percepisce come una grande copertura che galleggia su un mondo di colori e texture che attirano il bambino ad entrare.



Fig. 4.21 – Escuela infantil Neruda, Pizarro&Rueda



<b>PROGETTO:</b>	Arc en Ciel
<b>PROGETTISTA:</b>	Bernard Bühler Architects
<b>LUOGO:</b>	Bordeaux, Francia
<b>REALIZZAZIONE:</b>	2010
<b>CARATTERISTICHE:</b>	L'edificio accoglie circa quaranta appartamenti e diversi uffici, si sviluppa su 6 livelli, appare come composto da 3 strati: a pian terreno la facciata è trattata con una griglia metallica che verrà coperta da piante rampicanti, il primo piano è completamente vetrato, mentre i restanti 4 piani sono protetti da fasce verticali di vetro colorato STADIP. Dei cubi colorati, estensioni di terrazzi o appartamenti, sporgono dalla facciata e rompono il ritmo degli elementi vetrati.



Fig. 4.22 – Arc en Ciel, B&B Architects

<b>PROGETTO:</b>	MUSAC
<b>PROGETTISTA:</b>	Luis M. Mansilla, Emilio Tuñón
<b>LUOGO:</b>	León, Spagna
<b>REALIZZAZIONE:</b>	2004
<b>CARATTERISTICHE:</b>	Una delle caratteristiche di questo edificio è la facciata multicolore che si apre sulla piazza principale: costituita da più di 3.000 lastre di vetro colorato è ispirata alle vetrata “The Falconer”, una delle più antiche della maestosa cattedrale della città risalente al XIII secolo. Le 42 differenti tonalità di colore dei pannelli vetrati variano in base all’incidenza della luce del sole, facendo apparire l’edificio in continuo mutamento.



Fig. 4.23 – Musac, Mansilla&tunon



<b>PROGETTO:</b>	Montessori School Fuji Kindergarten
<b>PROGETTISTA:</b>	Takaharu, Yui Tezuka Architects
<b>LUOGO:</b>	Tachikawa, Tokio, Giappone
<b>REALIZZAZIONE:</b>	2007
<b>CARATTERISTICHE:</b>	L'idea degli architetti è quella di progettare un edificio rivolto al benessere e alla gioia di chi lo vive. Il disegno scaturisce dalle necessità che il metodo educativo Montessori riconosce come primarie per un bambino: muoversi, correre, interagire liberamente con i compagni e con il mondo esterno. La copertura praticabile è una sorta di pontile anulare che raddoppia la superficie degli ambienti sottostanti destinati ad accogliere le attività di oltre 500 bambini.



Fig. 4.24 – Montessori school, You Teizuka Architects

<b>PROGETTO:</b>	Sidwell Friends School
<b>PROGETTISTA:</b>	Andropogon Associates, K. Timberlake Associates
<b>LUOGO:</b>	Washington, D.C.
<b>REALIZZAZIONE:</b>	2006
<b>CARATTERISTICHE:</b>	La scuola si caratterizza per un cortile centrale con impianto di fitodepurazione progettato per utilizzare acque bianche e nere sia per scopi ecologici che educativi. Questa soluzione integra la gestione delle acque al paesaggio, collegando indissolubilmente l'edificio al suo sito. Inoltre il cortile costituisce un "paesaggio di lavoro", dove i processi biologici puliscono l'acqua fornendo agli studenti un vivido esempio di come questi sistemi funzionano in natura.

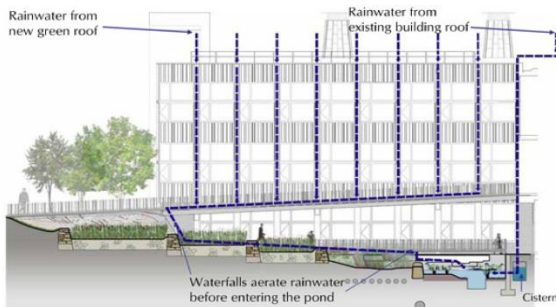


Fig. 4.25 – Sidwell friend school, Adropogon Associates



## 4.9 Concept architettonico formale

Dopo aver analizzato le problematiche riscontrate nelle scuole costruite negli ultimi anni in Italia, aver stabilito le disposizioni delle normative vigenti da rispettare e dopo aver fissato gli obiettivi cardine da seguire lungo tutta la fase di progettazione, si è passati allo studio di forma e di soluzioni architettoniche che possano sostenere il raggiungimento degli obiettivi preposti.

Il concept architettonico è impostato sui seguenti cardini:

- Adattamento alla forma molto irregolare del lotto
- Valorizzazione del paesaggio circostante di alto valore
- Adattamento alla morfologia del terreno circostante oltre che dell'area di progetto
- Sicurezza e protezione per gli studenti
- Progettazione di un'unico edificio che raccolga tutte le funzioni e non di tanti edifici frammentati.
- Relazione con tutta la comunità
- Offerta di spazi verdi ed all'aperto protetti e funzionali all'insegnamento
- Offerta di spazi facilmente accessibili dai disabili
- Offerta di spazi riservati e privati ai docenti
- Offerta di spazi laboratorio per specializzare gli insegnamenti
- Spazi adeguati alle attività motorie per gli studenti fin dai 3 anni
- Sfruttamento delle risorse naturali quali vento, luce, acqua ed energia
- Progettazione di ambienti confortevoli, personalizzabili e che stimolino l'apprendimento.
- Offerta di spazi corridoio non monotoni, pensati sia per la circolazione che per l'aggregazione.
- Tutela della relazione interno-esterno
- Progettazione di un involucro performante
- Uso di materiali ecologici e risedenti nella tradizione locale
- Progettazione di un'architettura educativa ed esemplare per la comunità
- Offerta di servizi in orari extrascolastici
- Relazione con il contesto ambientale
- Chiusura all'interno, essendoci nell'immediato intorno scarsa qualità architettonica degli edifici.

L'isola di Lipari così come tutto l'arcipelago delle Eolie è di origine vulcanica, la conformazione del terreno è caratterizzato da rilievi e avvallamenti. Il sito di progetto è circondato da due rilievi collinari e si trova in corrispondenza di una grande depressione, accentuata anche dalla gola che lo attraversa. Inoltre la zona in corrispondenza del lotto, vista dall'alto ha una forma circolare che è riconducibile al cratere di un vulcano, anche se quest'ultimo può avere varie forme, ma sempre curve e chiuse.



Fig. 4.26 – Concept architettonico

Nasce proprio da qui l'idea di una forma curva e chiusa che possa accogliere le 3 scuole dell'istituto comprensivo. La forma circolare, data la geometria allungata del lotto, non si adatterebbe a esso e nello specifico non soddisferebbe le richieste dimensionali del progetto. Dal punto di vista puramente formale, inoltre, il cerchio è una forma perfetta ed attiene al mondo naturale che vista la sua complessità, è impossibile da riprodurre. È una forma che ha tanti richiami simbolici e riconducibile a vari significati complicati e problematici.

Si è quindi deciso di allungare il cerchio per adattarlo al lotto, ottenendo quindi una forma ellissoidale. L'ellisse è utilizzata fin dall'inizio, nella storia dell'edilizia, basti pensare al Colosseo, non p così ricca di significati come il cerchio e si confà maggiormente alle nostre esigenze. Il concetto di linea curva chiusa però rimane ed è idoneo a soddisfare molti tra gli obiettivi preposti, come quello della chiusura verso l'interno e della protezione e sicurezza degli studenti. Oltre a ciò, l'ellisse, se sufficientemente allungata, è più funzionale all'organizzazione di spazi interni di forma regolare così come quelli presenti in una scuola.



Fig. 4.27 – Concept architettonico

Dal centro dell'ellisse partono poi dei prolungamenti che arrivano fino alle fine del lotto e ricordano dei petali attaccati ad una corona centrale.

Lo studio in sezione è riferito sempre al concetto di cratere vulcanico e cercando sempre di adattarsi al contesto ambientale. È proprio dai rilievi circostanti, infatti, che derivano le linee caratterizzanti la sezione, che sembra quasi continuare una lunga sezione ambientale fatta comprendendo anche i due rilievi.



Fig. 4.28 – Concept architettonico

L'idea di progetto non può che nascere dalla particolare conformazione del territorio circostante al lotto. Una depressione tra 2 alte colline che non può non terminare, trovandosi in una zona vulcanica, con un cratere, che sembra già disegnato. La depressione inoltre è facilmente riconoscibile grazie alla gola che divide il lotto in 2 parti e che crea il presupposto per i tagli netti dell'ellisse scelta per rappresentare il cratere vulcanico.

La forma del lotto a sua volta è un altro elemento determinante nelle scelte progettuali: difficile da gestire, in quanto assolutamente non regolare, costringe ad adattarsi a esso, e indica la via della mimetizzazione per evitare di compromettere la naturalità del luogo.

L'ellisse, oltre a rappresentare il cratere, supporta il concetto di chiusura verso l'interno dell'edificio, voluta per la scarsa qualità architettonica degli edifici circostanti e per il passaggio della strada provinciale esattamente di fianco al lotto.

La mimetizzazione invece porta ad abbassarsi di livello e costringe quindi l'utenza a guardare verso l'alto e a contemplare la bellezza della natura ancora priva della mano dell'uomo.

## 4.10 Studio planivolumetrico

Una volta definita la forma che dovrà assumere l'oggetto architettonico si studiano gli accessi, il posizionamento dell'edificio all'interno del lotto e si definiscono gli spazi verdi e all'aperto. Si è deciso di occupare la zona più grande del lotto, destinando quella più piccola, separata da Via Golia, ad uso parcheggi. L'edificio sarà "incastonato" nel terreno scosceso che caratterizza il lotto e proverà a mimetizzarsi con l'ambiente circostante, restando al di sotto della maggior parte dei lotti e dalle strade limitrofi. La S.P.180 posizionata a Sud-Est essendo fonte di inquinamento visivo acustico e ambientale sarà lasciata il più distante possibile dall'edificio. Lungo il confine con la provinciale saranno inoltre piantati degli alberi con il compito di creare una barriera visiva e acustica e di offrire aria pulita e ombra all'area verde che sarà posizionata in quella zona. L'ellisse centrale ospiterà un grande atrio all'aperto che sarà il cuore delle scuole. Altre aree verdi saranno posizionate lungo il confine con gli edifici preesistenti a Nord-Ovest. A Nord diretto verso la città un grande spazio all'aperto accoglierà la piazza che condurrà all'ingresso delle scuole. L'accesso all'edificio non poteva non essere posizionato a Nord in comunicazione con la comunità. Infatti, più volte abbiamo affermato nel corso della tesi quanto sia importante il dialogo tra l'edificio scolastico e la città. La scuola nel suo insediarsi non può esimere da essere evento urbano capace di attribuire o riattribuire ad una parte di città, ad un quartiere, il valore di luogo, di sistema di riferimento attraverso quel rapporto con l'esterno necessario per comprendere quei fenomeni di caratterizzazione che ogni scuola assume nel suo interno. Inoltre l'ingresso situato in Via Golia risulta più privato e più protetto rispetto ad uno posto lungo la S.P.180, evitando così anche possibili problemi di congestione di traffico

L'ingresso della scuola è situato nella parte più tranquilla del lotto e lontano da fattori di disturbo, quali la strada provinciale e le aree non ancora urbanizzate. Si cerca di mantenere il contatto con il contesto urbano e il contesto paesaggistico. I parcheggi si nascondono all'occhio dell'osservatore grazie alla posizione più elevata rispetto al livello d'ingresso, mentre l'accesso ciclopedonale sfrutta il tessuto stradale a minor carico automobilistico, allineandosi alle caratteristiche del luogo. Gli spazi verdi antistanti l'ingresso cercano di nascondersi dal flusso turistico che inquinerebbe la salubrità del percorso formativo degli studenti.



## 4.11 Organizzazione funzionale

Il progetto contemporaneo della scuola deve saper riflettere lo slancio verso il rinnovamento dell'istruzione, permettendo nuove forme di connessione tra studente e insegnante, individuo e società, e prevedere ambienti e servizi che connettano le attività curricolari alla comunità.

Il compito del progettista, ma anche delle istituzioni, deve essere quello di recuperare la scuola come architettura di relazione. Quindi risultano fondamentali i servizi offerti dalle strutture scolastiche come gli spazi per sport e cultura e gli spazi di gioco per bambini che, se utilizzati per attività parascolastiche o pubbliche, possono diventare elementi di forte attrattività sociale, ponendo le basi per una profonda interazione.

La previsione e la collocazione degli spazi pubblici è quindi fondamentale: possono essere collocati in un unico gruppo multifunzionale sia lungo il perimetro della scuola, sia in uno spazio centrale di incontro. Le funzioni pubbliche, se sono collocate al centro dell'edificio con gli spazi privati delle aule lungo il perimetro, potrebbe crearsi un nucleo comune che genera senso di appartenenza ma ci sarebbero molte problematiche legate all'uso da parte di esterni in orari scolastici ed extrascolastici. Viceversa se questi spazi sono collocati in punti strategici lungo il perimetro della scuola, risultano più facili da controllare e da aprire all'uso della comunità.

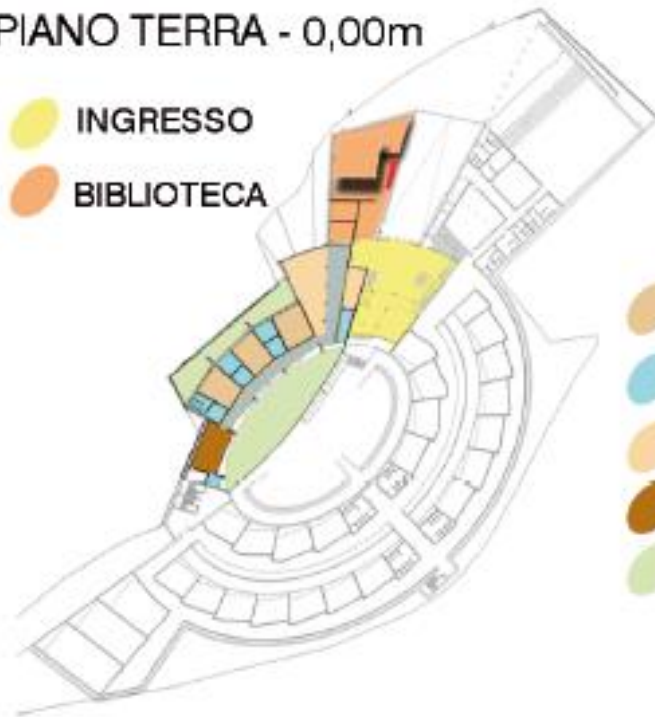
Le funzioni utilizzabili anche in orari extrascolastici dalla comunità, come la Biblioteca e la Palestra sono i 2 petali collocati nei pressi dell'ingresso e sono proiettati verso la città, in modo tale da garantire la protezione degli spazi privati, ma allo stesso tempo permettere una relazione diretta con gli abitanti di Canneto. Inoltre si è pensato di rendere utilizzabile durante gli orari extrascolastici, ma solo in alcune occasioni, lo spazio dell'atrio centrale all'aperto per eventi pubblici, ma sempre nell'ambito scolastico, con l'opportunità di usare i servizi igienici della scuola media che possono essere isolati dalle aule.

La hall centrale può anch'essa restare aperta in orari extrascolastici per garantire il controllo degli accessi alle funzioni pubbliche. L'accesso invece ai blocchi scuola non sarà consentito in quanto gli ambienti saranno chiusi al pubblico.

Le funzioni più private e strettamente destinate all'uso scolastico, come le aule, i laboratori, la segreteria e gli uffici docenti, sono organizzate nel resto del lotto. Lungo la corona centrale su due livelli sono collocate da una parte le aule della scuola media ed elementare e dall'altra le aule della scuola materna e gli uffici docenti. I laboratori e i servizi igienici delle scuole trovano posto invece in corrispondenza dei due petali nella parte Sud-Est e Sud-Ovest del lotto.

### PIANO TERRA - 0,00m

- INGRESSO
- BIBLIOTECA



### SCUOLA MATERNA

- Attività ordinate
- Attività pratiche
- Spazi per la mensa
- Attività motorie
- Attività libere

Fig. 4.29 – Distribuzione delle funzioni PT

### PIANO -1 - -1,55m

- PALESTRA
- INFERMERIA
- DEPOSITO



### SCUOLA MEDIA

- Aula
- Laboratorio
- WC
- Spazi collettivi

Fig. 4.30 – Distribuzione delle funzioni P-1

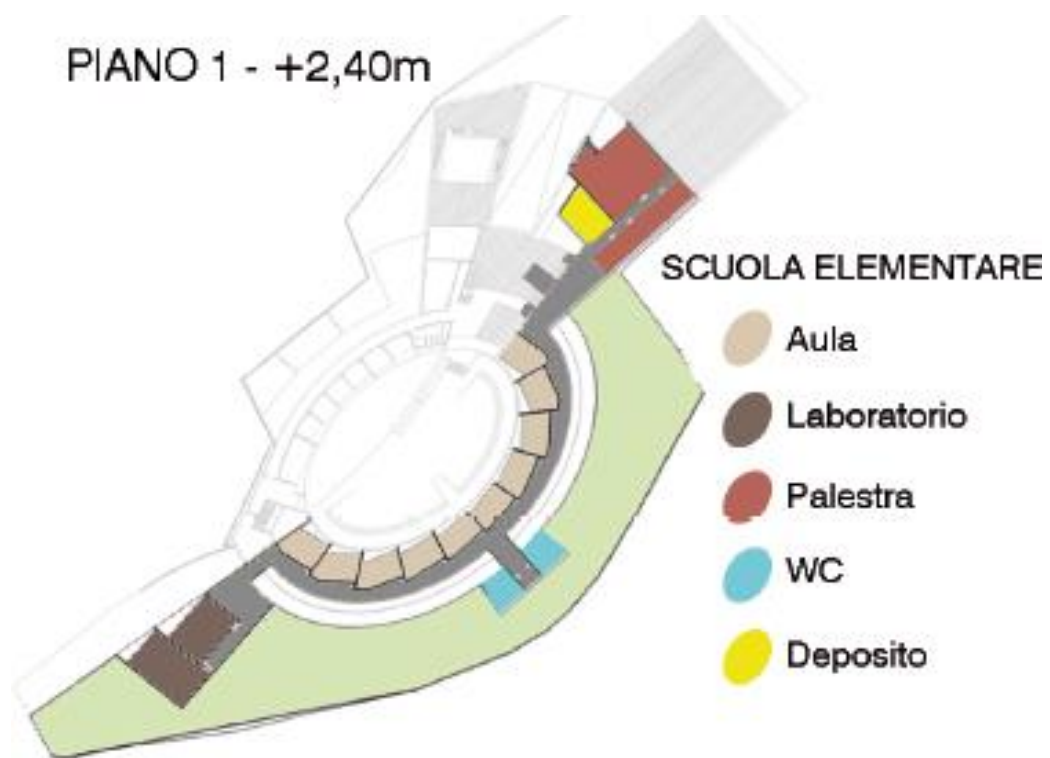


Fig. 4.31 – Distribuzione delle funzione P1

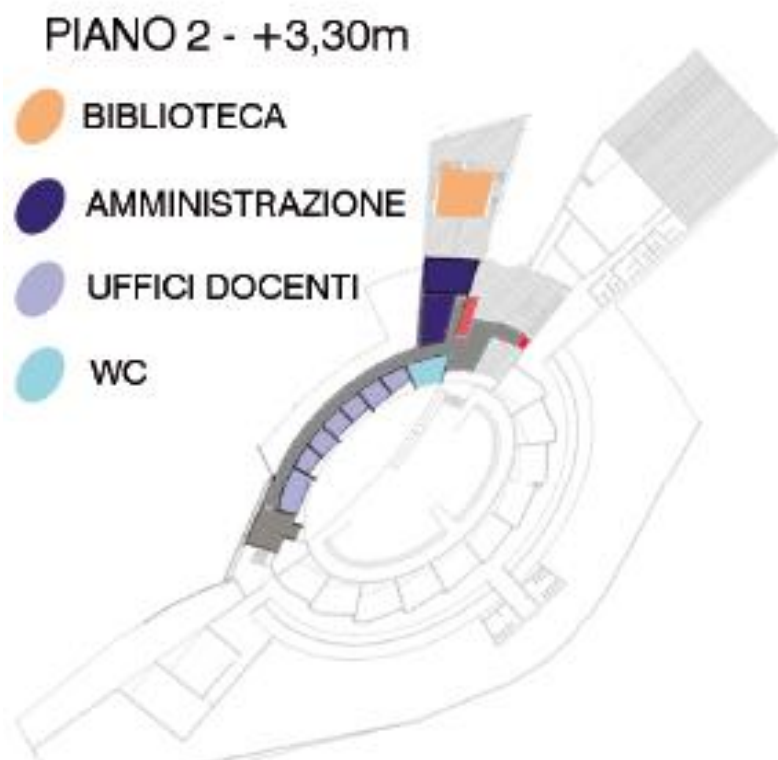


Fig. 4.32 – Distribuzione delle funzioni P2

#### 4.11.1 HALL D'INGRESSO

La hall d'ingresso è il nodo di distribuzione principale di tutto il complesso, situato a quota 0,00 m, vi si accede dopo aver percorso la piazza e una rampa inclinata dell'1,5%, situata tra i volumi della Palestra e della Biblioteca che formano una specie di imbuto, che indirizza verso l'ingresso della scuola. La copertura inclinata verso il centro dell'ellisse e la rampa, inclinata dell'1,5%, danno la percezione di discesa verso il cratere mentre la vista, seppur parziale, dell'atrio centrale genera curiosità ad entrare nell'edificio.

Una volta entrati ci ritroviamo in un ambiente a doppia altezza dove è collocata la reception, di fronte si vede l'atrio attraverso una parete totalmente vetrata ed il soppalco con la scala annessa, che porta ai servizi di segreteria e agli uffici docenti. La reception sarà una sorta di segreteria aperta, con il compito di controllare l'accesso all'atrio centrale, ma anche agli altri ambienti, di divulgare agli studenti e ai professori avvisi e comunicazioni didattiche (circolari ad esempio), di consegnare materiale didattico (il giornale scolastico, le pagelle, etc...) oppure di informare gli utenti esterni riguardo gli appuntamenti con gli insegnanti o le modalità di iscrizione alle scuole.

Sulla destra allo stesso livello invece c'è l'ingresso alla Scuola materna facilmente individuabile in quanto preceduto da uno spazio di altezza minore rispetto alla hall e anche perché sono presenti due porte attigue, una più piccola riservata solo ai bambini (o agli adulti se camminano a carponi) ed una normale per le altre persone.

Ruotando lo sguardo ancor di più verso destra troviamo il desk office della Biblioteca, con relativo ingresso.

Spostandoci a sinistra ci sono tre rampe di scale: due portano al livello -1,55 m della scuola media ed una al livello +2,40 m della scuola elementare. Questi due livelli, più il livello degli uffici, sono connessi verticalmente anche da due ascensori della capienza di 12 persone ciascuno, installati soprattutto per garantire l'accesso ai disabili a tutti i livelli.

La palestra, con i servizi annessi, è situata a livello -1,55 m ed è raggiungibile grazie ad una scala che si trova immediatamente a sinistra dopo essere entrati nella hall.

#### 4.11.2 LA SCUOLA MATERNA

La scuola materna sarà frequentata da bambini da 3 a 6 anni e quindi gli spazi sono stati pensati per adattarsi ad una percezione diversa da quella degli adulti. Per i bambini di questa età è molto importante sviluppare i sensi ed educarli. La scuola deve essere un luogo capace di sostenere e alimentare le percezioni sensoriali dei bambini attraverso la creazione di situazioni diverse per luce, colore, suoni, microclima e materiali. Una componente importante per l'esperienza sensoriale dei bambini (e non solo) è la luce naturale che fa percepire il clima esterno, il trascorrere del tempo (i bambini non sanno leggere l'ora), quindi deve essere assolutamente presente pur essendo in un ambiente interno. Portare la luce naturale all'interno vuol dire anche instaurare delle relazioni con l'esterno e con gli spazi all'aperto, che sono fondamentali per stimolare la fantasia



dei bambini e mantenere sempre il contatto con la natura, che potrà essere ancora più diretto negli spazi esterni. In contatto col mondo esterno sarà possibile allenare tutti i sensi perché ci potrà essere la presenza di componenti naturali difficilmente presenti all'interno come vento e acqua.

Una volta entrati nella scuola materna si percepisce immediatamente la volontà di connessione con l'esterno per merito delle ampie vetrate che illuminano l'ambiente e permettono la vista verso l'area verde della biblioteca e verso gli spazi all'aperto riservati ai bambini. Nello stesso ambiente è collocata l'area pranzo servita da un deposito e da un wc; non è presente la cucina per motivi di superficie insufficiente, preferendo ad essa lo spazio per attività motorie e gli spazi all'aperto. Per ovviare a questa mancanza sarà attivo un servizio di catering che potrà facilmente fornire i pasti ai bambini grazie anche alla collocazione dell'area pranzo nei pressi dell'ingresso.

Alcuni alimenti potranno anche essere prelevati direttamente dagli orti scolastici, curati dai bambini, che sono collocati nelle aree all'aperto di circa 55 m<sup>2</sup> riservate a ciascuna classe. Questi spazi sono collegati con l'aula tramite una grande vetrata completamente apribile, in modo da poter espandere l'aula nei giorni caldi e creare un unico ambiente interno ed esterno.

Una vetrata posizionata sull'altro lato della classe da sul corridoio e permette l'accesso visivo all'atrio centrale, ma solo ai bambini, in quanto è posizionata in basso ed è alta 1,30 m. Una parte sopraelevata del grande atrio centrale costituisce uno spazio protetto e ombreggiato destinato all'area giochi all'aperto dove si potranno svolgere vari tipi di attività che coinvolgano i bambini di tutta la scuola materna. Quest'area è accessibile dal corridoio che fiancheggia l'atrio centrale ed è in stretto legame con esso grazie alle ampie vetrate. Esso connette l'ingresso e spazio ristoro con le 3 aule e con lo spazio destinato ad attività motorie.

Le 3 classi, quindi, mantengono sempre la relazione con lo spazio esterno e sono in diretto contatto con esso. Sono destinate ad accogliere massimo 24 alunni e per ciascuna di essa è previsto lo spazio spogliatoio e i servizi igienici con sanitari di dimensioni apposite per i bambini.

Lo spazio per attività motorie sarà fornito di appositi attrezzi per bambini quali mini cyclette, mini tapis-roulant, piccole pareti di arrampicata, quadro svedese per bambini e vari altri giochi. Anche questo spazio mantiene il legame con l'esterno grazie alla grande vetrata verso l'atrio centrale.

#### 4.11.3 SERVIZI PER LA DIDATTICA

I servizi per la didattica comprendono: la segreteria didattica, la segreteria amministrativa, la sala docenti, l'ufficio del preside e gli uffici per i professori. La segreteria didattica e amministrativa sono delle funzioni che devono offrire dei servizi anche ad utenti esterni e per questo devono essere raggiunte senza passare attraverso gli ambienti prettamente didattici, nonostante debbano comunque essere vicine ed in connessione con essi. L'accesso quindi alle segreterie ha luogo direttamente dalla hall principale, magari dopo essere passati a chiedere informazioni presso la reception, ed è costituito da una scala, o in alternativa da un ascensore, che conduce ad un livello soppalcato a quota +3,30

m. Raggiunto il soppalco c'è una zona d'attesa da cui si può godere la vista dell'atrio centrale e dei rilievi di Monte Sant'Angelo e Monte Rosa. Da qui si può accedere alle segreterie, oppure, in caso di appuntamento con un professore, agli uffici. La zona degli uffici rimane più riservata ed è organizzata con un corridoio, che è illuminato da una finestra posta ad 1,6 m di altezza da terra e offre la vista verso il Monte Sant'Angelo. Da qui si accede agli uffici che si affacciano sull'atrio interno e godono inoltre della vista del Monte Rosa. In fondo al corridoio c'è una sala riunioni e le scale d'emergenza con zona filtro, che permettono di evacuare il piano e uscire nell'atrio.

#### 4.11.4 LA SCUOLA MEDIA

L'accesso alla scuola media avviene dalla hall d'ingresso tramite 2 scale, o in alternativa 2 ascensori, che portano ad una quota di -1,55 m. La scuola media è organizzata secondo un layout lineare, in cui i corridoi sono le strade interne e connettono le diverse funzioni. La localizzazione delle varie funzioni è un criterio fondamentale, è necessario infatti che la distribuzione consenta la connessione diretta tra le diverse aree. Oltre alle funzioni specifiche per ogni scuola, le aree di circolazione interna sono gli spazi dove gli studenti passano la maggior parte del tempo libero tra le lezioni, per ricreazione e per muoversi tra un'aula e l'altra. I corridoi nel nostro caso non sono affatto monotoni e lineari, ma movimentati dalla forma delle aule che si organizzano in modo radiale attorno a 2 fuochi posizionati sull'asse maggiore dell'ellisse generatrice. I volumi delle varie aule invadono il corridoio e si susseguono creando sequenze spaziali stimolanti. Inoltre i muri dalla parte del corridoio sono colorati con diversi colori che raggruppano le sezioni. Ad ogni sezione appartiene un colore e ogni aula della sezione ha una tonalità diversa dello stesso colore creando così un ambiente vivace. Nonostante uno dei 2 corridoi principali sia ipogeo e controterra, è garantita la relazione con l'esterno grazie ai lucernari a specchio (vedi capitolo VII), mentre l'altro corridoio si affaccia sull'atrio interno alla scuola media, che è stato scavato nel terreno per fornire la luce naturale alle aule senza affaccio sull'atrio centrale ed nel quale è stato installato l'impianto di fitodepurazione (vedi capitolo 8.2).

Le aule si sviluppano secondo due lunghi serpentoni e sono in totale 21, con capienza massima di 24 alunni ciascuna. Dovendo adattarsi alla forma curva dell'ellisse sono pensate come se fossero costituite da 3 spazi attaccati, ma differenziati dal tipo di pavimentazione: uno spazio perfettamente rettangolare prettamente per le lezioni, con i banchi, la cattedra, la lavagna, e altri 2 spazi di esubero che si vengono a creare dalla rotazione attorno ai 2 fuochi degli spazi rettangolari. Uno dei 2 spazi si trova in fondo all'aula e può essere utilizzato come guardaroba, come spazio per l'archiviazione o per qualsiasi altra esigenza, mentre l'altro è esterno, ma coperto, e si trova sul lato della classe che si affaccia nell'atrio. Lo spazio esterno è separato dall'interno da una vetrata a tutt'altezza, lunga quanto tutto il lato dell'area rettangolare, che può essere completamente aperta quando c'è un clima esterno confortevole per creare un unico ambiente, mettendo in contatto diretto esterno e interno oltre che per fornire aria pulita all'aula. La vetrata è schermata internamente da tende a rullo che sono colorate

dalla parte diretta verso l'atrio dello stesso colore dei muri della classe all'esterno, mentre internamente avranno un colore sobrio così come i muri interni.

Oltre alle aule che ospitano le lezioni generiche per gruppi di età differente ci sono anche i laboratori riservati agli insegnamenti specializzati condivisi da tutti gli allievi della scuola. Le aule dei laboratori sono spazi molto ampi e molto liberi in modo da potersi adattare alle più svariate esigenze. Sicuramente ospiteranno una sala informatica e di lingue, ma potranno anche esserci laboratori di falegnameria o di musica oppure dedicati alla lavorazione della ceramica locale. I laboratori sono collocati in fondo al serpentone delle aule, dalla parte opposta dell'ingresso, in una zona più isolata e riservata in modo tale da evitare disturbi alle aule per le attività normali.

A disposizione di tutti gli studenti è stata progettata una palestra regolamentare dotata di tribune telescopiche e di spogliatoi sia per insegnanti che per alunni divisi per sesso. La palestra può essere usata in 2 configurazioni: una sfruttando interamente il campo da basket regolamentare, l'altra dividendo il campo in 2, tramite una parete mobile a scomparsa e attraverso la chiusura delle tribune telescopiche in modo tale da avere 2 campi di pallavolo regolamentari posti trasversalmente a quello da basket.

La palestra può essere utilizzata anche in orari extrascolastici in quanto può essere isolata dalla zona delle classi e vi si può accedere dalla hall d'ingresso; l'ingresso alle tribune è invece collocato prossimo all'accesso al lotto e caratterizzato da un grande portale vetrato, oltre che dall'aggetto della copertura che protegge l'ingresso.

Durante i periodi meno piovosi e più caldi le attività motorie potranno essere svolte anche nell'atrio centrale. Qui trova posto un campo di pallavolo e degli spazi verdi per attività all'aperto o semplicemente per sedersi. Queste funzioni principali sono corredate da spazi di servizio come i magazzini, l'infermeria e i servizi igienici che sono situati in posizione centrale rispetto allo sviluppo delle classi.

#### 4.11.5 LA SCUOLA ELEMENTARE

La scuola elementare è collocata esattamente sopra a quella media, ad una quota di +2,40 m. Vi si accede sempre dall'hall d'ingresso tramite una rampa di scale o gli ascensori. Le classi della scuola elementare sono 10, sempre da 24 alunni ciascuna ed il layout di distribuzione è esattamente uguale a quello della scuola media. L'unica differenza sta nel fatto che essendoci circa la metà delle classi rispetto alla scuola media, vi è solo un corridoio principale, in stretto contatto con l'esterno affacciandosi sull'atrio interno e verso il grande spazio verde destinato alle attività all'aperto.

Lo spazio all'aperto, in parte tetto verde della scuola media, è adiacente alla S.P.180, ma collocato ad un livello inferiore e separato da essa grazie ad una nutrita schiera di alberi che fanno da barriera visiva e acustica, permettendo anche di ottenere aree ombreggiate e di offrire aria pulita.

Nell'area esterna sono sistemati gli orti didattici, che non sono altro che delle aule a cielo aperto. Qui i bambini possono imparare la coltura di ortaggi veri,

piantare i semi e vederli gradualmente trasformarsi in piante imparando ad osservare la natura, i suoi ritmi lenti e perfetti, il ciclo delle stagioni ed a raccogliere i frutti di questo lavoro e perché no successivamente a venderli, organizzando un mercato nel grande atrio centrale. In questo modo i baby ortolani possono cimentarsi in un'attività manuale che li stimola a sperimentare e sviluppare nuove abilità e attitudini, scoprire il mondo delle piante, fare esperienze concrete, che si rivelano rilassanti e istruttive, oltre che a lavorare in gruppo, coinvolgendo anche i ragazzi diversamente abili. I bambini imparano a riconoscere le specie di uso comune osservandone la crescita mentre stanno all'aria aperta e a contatto con la terra. A livello pedagogico si cominciano ad assumere un compito ed una responsabilità all'interno di un gruppo di lavoro. L'orto scolastico è anche un'occasione per fare educazione alimentare per far comprendere ai piccoli l'importanza della qualità dei cibi nel mantenere se stessi in buona salute. L'esperienza dell'orto è dunque trasversale e consente di studiare contemporaneamente scienze, botanica, storia ma anche geografia e arte. Gli orti sono circondati da un'area che presenta una pavimentazione con ghiaia fatta da differenti tipi di pietre che vista la zona potranno essere di origine vulcanica, così da permettere un ulteriore spunto didattico.

Oltre agli orti nell'area esterna ci sono spazi per giocare e fare attività motoria, e spazi dedicati alle lezioni all'aperto o alla sperimentazione pratica degli insegnamenti impartiti nei laboratori collocati appositamente vicino allo spazio all'aperto.

La scuola elementare è dotata anche di palestra interna, collocata accanto all'ingresso, in modo tale da essere distaccata dalle aule per evitare disturbi a chi fa lezione. Le dimensioni non ospitano un campo regolamentare di pallavolo, ma questo non è un problema in quanto, in questa età non si usano solitamente i campi veri e propri, ma piuttosto degli spazi per giocare con la palla in cerchio o fare esercizi di vario genere. La palestra è ad ogni modo fornita di spogliatoi che sono collocati esattamente sopra quelli della palestra più grande, per facilitare il passaggio delle tubazioni, oltre che per avere un risparmio economico.

Queste funzioni principali sono corredate da spazi di servizio come il magazzino e i servizi igienici che sono situati in posizione centrale rispetto allo sviluppo delle classi e sono esattamente sopra quelli della scuola media.

#### 4.11.6 LA BIBLIOTECA SCOLASTICA

La biblioteca scolastica è uno spazio educativo che concorre agli obiettivi formativi della scuola in cui è incardinata. È un luogo con scaffali aperti, con tanti libri che siano sia di divulgazione, sia libri di saggistica, di narrativa per bambini, di lingua e che consente al bambino o al ragazzo di approfondire, di apprendere e di ampliare il suo linguaggio. Avere un luogo all'interno della scuola che è per tutti significa rendere accessibile a tutti una fonte di conoscenza, di arricchimento, di approfondimento. Le attività di educazione alla lettura e alla ricerca che in essa si svolgono mirano a formare l'allievo come lettore e "ricercatore" motivato, autonomo e critico. Uno spazio per la lettura significa rendere la scuola un luogo potenziale importante per la formazione dei futuri cittadini non renderla soltanto un



luogo dove si danno nozioni e si danno tecniche ma anche un luogo di formazione a tutto tondo.

La biblioteca scolastica aperta al pubblico ha un'importante ruolo all'interno della comunità per favorire la diffusione della cultura con attività di studio e di ricerca per tutti anche in orari extrascolastici, offrendo la possibilità di contatto e reciproca influenza della scuola non solo alle famiglie ma a tutta la società civile in una visione di educazione permanente.

La scelta della collocazione della biblioteca nei pressi dell'ingresso alla scuola e rivolta verso la città, nasce proprio da queste ultime considerazioni. Essendo stata pensata per funzionare anche in orari extrascolastici in modo autonomo, infatti ha un accesso indipendente da quello della scuola, anche se comunica direttamente con essa attraverso la hall d'ingresso, e servizi igienici propri. La prima cosa che troviamo una volta fatto accesso alla biblioteca è la postazione del bibliotecario, che non è la classica scrivania ma meglio un bancone, un po' come quelli che troviamo negli uffici di informazione turistica, con nicchie in cui si mettono volantini e dépliant di attività da tenere a portata di mano per fornire informazioni agli utenti. Lo spazio di consultazione libri è ad un livello più alto, a quota +2,10m, ed è raggiungibile o tramite una scala, oppure tramite una serie di rampe con la duplice funzione di rendere accessibile il livello superiore ai disabili e di creare uno spazio dinamico di ricerca del libro. Le rampe infatti hanno come parapetto le scaffalature aperte, che consentono il libero accesso ai libri. Questi saranno organizzati per sezioni, riconoscibili dal colore della scaffalatura e della pavimentazione della rampa. Oltre allo spazio di consultazione con banchi e sedie collocato a quota +2,10 m, ce n'è un altro ad un livello soppalcato sovrapposto alla rampa. Il soppalco ospiterà una zona più riservata, di meditazione e concentrazione e metterà ancora una volta il ragazzo, il bambino o qualsiasi altro utente, in rapporto con l'esterno e con la natura. Infatti il soppalco è sospeso ad una quota di +4,65m e risulta essere il punto più alto di tutto l'edificio, regalando al lettore la possibilità di leggere guardando il mare.

La biblioteca inoltre è anche dotata di uno spazio verde all'aperto, non visibile dall'esterno, che darà la libertà di consultare i libri all'aria aperta oppure svolgere attività di gruppo per le classi.

## **4.12 Colore e pedagogia**

Il colore è un elemento che pervade tutto, è dato per scontato da tutti ed è poco studiato, analizzato, considerato, eppure ci coinvolge totalmente, è un elemento che arricchisce il nostro mondo e dà la percezione di tutto ciò che ci circonda, infatti un mondo privo di colori non sarebbe neanche immaginabile.

Il tema del colore applicato negli ambienti scolastici è stato oggetto di numerosi studi già agli inizi del secolo scorso. L'applicazione corretta del colore in tutti gli ambienti scolastici favorisce il benessere psicofisico, e le motivazioni dei fruitori, siano essi bambini, studenti, insegnanti, genitori, aumenta la qualità ambientale e favorisce la capacità di concentrazione.

Rudolf Steiner è stato uno dei primi ad occuparsi degli effetti del cromatismo sulla psiche umana. Nel 1919 aprì la sua prima scuola a Stoccarda, dove applicò i suoi studi degli effetti dei colori sulle persone sviluppando delle tavole cromatiche

per le aule. La scuola steineriana punta sullo sviluppo del bambino attraverso i sensi e considera l'ambiente scolastico, ritenuto di rilevante importanza, in stretta correlazione rispetto al processo educativo. Di notevole interesse è la scelta oltre che delle forme architettoniche e dei materiali, anche del colore delle pareti, che viene scelto a seconda del periodo evolutivo degli alunni: le aule per i più piccoli sono dipinte di rosa intenso (ricordano il colore dell'utero materno), poi man mano che i bambini crescono, si passa ai rosa più chiari, agli aranci, ai gialli, mentre per i ragazzi che cominciano a sviluppare le facoltà critiche, le aule vengono dipinte con le gamme di colori freddi: verdi, azzurri e violetti.

I colori non sono importanti solo per i ragazzi ma sono hanno un ruolo fondamentale per tutte le persone perché esercitano una forte influenza sul nostro umore e sulle nostre sensazioni. Ognuno di noi ha un suo spettro di colori preferito ed ha anche una serie di colori che non apprezza particolarmente. Di conseguenza, la colorazione di ciò che ci circonda influenza il nostro umore. Comunque, l'apprezzamento o meno di un colore dipende da molti fattori: la tonalità del colore, il tipo di luce (naturale o artificiale, marcata o soffusa...), il nostro umore momentaneo, il ritmo biologico.

Esaminiamo gli effetti che possono avere i colori sull'uomo:

- Il colore rosso:

È un colore ottimista, vitale, attivo, stimolante, che simboleggia il calore, il movimento, una battaglia, una vita appassionata. È il colore che più di altri rappresenta l'essere umano, è stravagante ed è legato al coraggio, al sacrificio, alla gentilezza, ai sentimenti forti e agli impeti di passione. Il colore rosso suscita sempre qualche sensazione dentro di noi. Può piacere oppure no, ma sicuramente nessuno può rimanere indifferente. Il rosso incrementa il tono dei muscoli, stimola il battito cardiaco e la produzione di adrenalina, aumenta la pressione e la circolazione sanguigna, migliora la funzionalità renale.

- Il colore arancione

È un colore fulgido, luminoso, caldo, il colore del sole e del fuoco. Lo associamo al tramonto e al sorgere del sole, ai frutti succosi come le albicocche, i mandarini, le arance. Per i popoli dell'India simboleggia il coraggio e il sacrificio. Non è un colore così aggressivo e passionale come il rosso, rimane però uno stimolante emozionale, è un colore allegro e confortante, che aiuta a migliorare l'umore. Per le sue numerose e positive caratteristiche, rappresenta un nuovo elemento coadiuvante nella cura della depressione. Il colore arancione rappresenta il calore, la generosità, la spensieratezza e la giocosità. Stimola l'appetito e, si dice, aiuta a svegliarsi bene la mattina. Il colore arancione rinforza i polmoni, il pancreas e la milza, migliora il funzionamento del muscolo cardiaco.

- Il colore giallo

È il colore del sole, della luce e dell'ottimismo, che rivitalizza, riattiva e libera dalle paure. Fa rimanere svegli e favorisce la concentrazione, simboleggia la

creatività e la saggezza, incoraggia il movimento. Una sua importante caratteristica è la comunicatività (è la ragione per cui le cassette postali sono gialle). Migliora l'umore se utilizzato per pitturare le pareti o altre zone dell'ambiente. Il colore giallo ha una particolare influenza sugli organi respiratori, aiuta nella cura della psiconevrosi, aumenta la pressione sanguigna, eleva il battito cardiaco e la velocità di respirazione. Ha un'influenza benefica sul sistema nervoso. Le tonalità più frequenti di giallo sono: giallo pallido (effetto calmante e riflessivo), giallo squillante (vitalità, spavalderia), giallo olivastro (umore crepuscolare) e giallo limone (una sensazione di vitalità, di freschezza, di completezza).

- Il colore marrone:

Corrisponde alla sensazione della corporeità, è il colore che rappresenta la sensazione applicata ai sensi, la soddisfazione a livello fisico, ma indica anche le radici, il focolare e un certo tipo di sicurezza.

- Il colore verde:

È considerato il colore della salute. Con questo colore cerchiamo di curare i nervosismi e le isterie perché ha un effetto calmante sul sistema nervoso, ha un'influenza positiva nei momenti di spossatezza, aiuta in caso di emicrania. Una nota caratteristica della luce verde è quella di allargare i capillari, abbassare la pressione sanguigna, stimola la secrezione dei succhi gastrici. In altre situazioni rilassa, tranquillizza, invita al rilassamento e alla riflessione. Il suo significato simbolico influenza le caratteristiche personali dell'individuo, è inoltre un simbolo che sviluppa l'equilibrio.

- Il colore blu:

Appartiene alla categoria dei colori primari. Il suo contrario è il colore giallo, e la miscela di questi due colori dà come risultato il verde, che accomuna le caratteristiche di entrambi i colori. Il blu è un colore molto diffuso, lo troviamo sia nel cielo che nei mari. Il blu simboleggia: la saggezza, l'intelligenza, l'immortalità, l'infinito, la profondità, la sublimità, la spiritualità e la misticità. Ecco alcune associazioni psicologiche: chiarezza, freschezza, leggerezza (il colore dell'atmosfera), trasparenza, lontananza, quietezza, silenziosità. Gli effetti fisiologici del colore blu sono vari: abbassa il battito cardiaco e la velocità di respirazione, acquieta, favorisce il lavoro intellettuale, l'introspezione, il raccoglimento, dirige l'attenzione verso noi stessi, è per questo noto come il colore della quiete e del riposo.

- Il colore viola:

È una miscela dei colori blu e rosso. A seconda della quantità dei due colori presenti nella miscela, si creano diverse tonalità di colore viola, e si riesce perciò ad evidenziare maggiormente gli effetti conseguenti del colore predominante. Con

più colore blu avremo pace, lontananza, spiritualità, mentre, con il colore rosso otterremo movimento, passione, forza vitale, calore dell'energia. Visto che accomuna le caratteristiche così estreme di due colori primari (caldo, freddo...) ha un effetto in parte misterioso.

- Il colore bianco:

È il colore della chiarezza. È il risultato della miscela dei tre colori primari: giallo, rosso e blu. Per questo di solito si risponde positivamente al colore bianco. Simboleggia la chiarezza, l'innocenza e la purezza, la nascita e perciò un nuovo inizio. Combinato a leggere tonalità di azzurro appare molto freddo. Il colore bianco è simbolo di divinità, di completezza, di orgoglio, di bontà e di eternità.

Un appartamento dipinto di bianco è luminoso, appare spazioso, ma se il bianco abbonda può sembrare sterile, abbandonato, quasi ospedaliero, per questo si consiglia di decorare le pareti dipinte di bianco con quadri, poster o fotografie.

Tenendo conto della teoria steineriana e in generale degli effetti che i colori possono avere sulla psiche, è stata fatta la scelta dei colori.

Le pareti interne delle aule delle scuole saranno caratterizzate da colorazioni che seguono la teoria dei colori di Steiner: rosa per la scuola materna, arancione per la scuola elementare e verde per quella media. Questi saranno in ogni caso affiancati dal bianco che dà un senso di spaziosità, pulizia e rende l'ambiente più luminoso. Inoltre il colore bianco è quello in cui si notano di più i cambiamenti della luce naturale e quindi permette di mantenere il contatto con il mondo esterno. Il bianco sarà utilizzato, ma senza essere affiancato ad altri colori, anche per i servizi igienici. Quali pareti colorate e quali no?

Le pareti esterne in corrispondenza della porta d'ingresso all'aula saranno dipinte con i colori dell'arcobaleno, che saranno ripresi anche dalle tende verso gli atri esterni. Ogni sezione così avrà il suo colore di appartenenza e il corridoio, in questo modo, sarà contraddistinto da una varietà cromatica che offrirà ai bambini e ai ragazzi differenti esperienze sensoriali.

Gli spazi dedicati ad attività motorie saranno colorati di giallo, il colore dell'azione, i laboratori di marrone, e gli spazi ristoro di arancione, colore che stimola l'appetito. I colori non saranno comunque utilizzati come colori puri, ma saranno resi più tenui con l'aggiunta di bianco o nero per rendere più blando l'effetto.

Queste scelte sono state fatte affinché gli utenti possano beneficiare delle proprietà legate alla percezione di ogni colore, ma anche per creare un'identità distintiva e di riconoscimento per ogni classe e ambiente.



### 4.13 Studio dei prospetti

La composizione delle facciate nasce dall'idea di esprimere purezza e semplicità e di rendere riconoscibili gli spazi interni dall'esterno, seguendo l'obiettivo di non occultare le attività che si svolgono nell'edificio e offrire molta luce naturale. Il materiale che più poteva soddisfare questi principi era sicuramente il vetro, che con la sua trasparenza non occulta e rivela tutto quello accade dietro di lui. Il vetro però allo stesso tempo oltre allo sguardo lascia entrare anche i raggi solari e quindi il calore e non permette di utilizzare la massa termica per ripararsi dal caldo, che nel nostro caso non è affatto gradito essendo in un clima mediterraneo. Anche lo studio dell'architettura tipica di Lipari, mette in evidenza come il vetro sia poco utilizzato con aperture per lo più rettangolari e di piccole dimensioni che possano garantire un adeguato clima interno. Quindi sia per questioni legate al rapporto con l'architettura locale che per ragioni di clima, la scelta di facciate completamente vetrate è stata abbandonata.

La soluzione scelta prevede una facciata ventilata costituita da pannelli in ceramica di dimensioni 40x150 cm, colorati con 3 tonalità differenti e disposti in modo casuale. Sia il materiale che i colori delle facciate si rifanno all'architettura di Lipari. Infatti la ceramica è molto utilizzata, non solo a Lipari ma anche in Sicilia, mentre i colori sono quelli che caratterizzano lo skyline di Lipari e le facciate degli edifici principali dell'isola. L'intento però di avere un'architettura pulita e semplice e di rendere permeabile alla vista le facciate è stato perseguito ugualmente tramite l'uso di aperture di forma rettangolare, di dimensioni però molto più grandi di quelle che si possono riscontrare nell'architettura locale. Non vi è più infatti la necessità di avere delle aperture molto piccole come quelle dell'architettura Liparese, in quanto grazie allo sviluppo dell'edilizia sono state studiate tecnologie che permettono di schermare le finestre e di avere un clima interno confortevole anche grazie al maggior isolamento dell'edificio e all'uso di impianti di raffrescamento, il cui uso sarà comunque limitato. Le ampie finestre saranno quindi schermate con dei frangisole verticale in ceramica che ripareranno dai raggi solari.

#### 4.13.1 INGRESSO



Fig. 4.33 – Sezione C-C, vista blocco palestra



Fig. 4.34 – Sezione D-D, vista blocco biblioteca

La prima immagine che si percepisce dell'edificio è quella legata alle facciate che circondano la piazza all'ingresso. Queste facciate devono essere attrattive e non noiose, in modo da attirare ed invogliare i ragazzi e i bambini a frequentare gli ambienti scolastici, ma allo stesso tempo devono essere adeguate all'importanza ed alla serietà della funzione scolastica. La colorazione disordinata della facciata produce un ambiente giocoso ed accogliente che non intimorisce i ragazzi e li fa sentire a proprio agio, entrando subito in confidenza con l'edificio, mentre la composizione semplice delle aperture e la ceramica restituiscono quell'importanza e rigore che si confà ad un edificio scolastico.

Entrando a sinistra c'è la facciata della palestra, che è articolata secondo due traiettorie. La parte più a Nord è caratterizzata da una grande portale vetrato alto 3 metri e lungo quasi quanto tutta la facciata e dall'aggetto della copertura che genera un 'ambiente riparato dal sole e dall'acqua, che designa l'ingresso alle tribune della palestra.

L'altra parte della facciata è composta da 2 finestre a nastro: una si trova in corrispondenza della palestra della scuola elementare, quindi ad un livello da terra di +4,40 m, mentre l'altra si trova di fianco alle scale che portano agli spogliatoi della palestra ma rimane comunque ad un'altezza tale da non permettere la vista verso l'interno.

Spostandosi dalla parte opposta le facciate da analizzare sono 2: quella di fronte al prospetto della palestra e quella rivolta verso la città e quindi verso il mare. È proprio da questa facciata che parte la composizione anche dell'altra. Infatti per permettere la vista verso il mare dalla zona soppalcata della biblioteca è stata inserita una lunga finestra d'angolo, che connette le due facciate, caratterizzandole e mettendole in stretto contatto tra loro. Questa finestra è l'unica

della facciata che presenta però anche un'altra apertura e cioè quella della porta d'ingresso alla biblioteca.

Fa parte integrante della facciata ad Est, così come della palestra, l'aggetto della copertura che si assottiglia man mano che sta per terminare conferendo slancio al volume generato a partire dal centro dell'ellisse. L'aggetto ha anche la funzione pratica di creare una zona coperta destinata al posteggio delle bici.

Tutte le finestre sono contraddistinte da cornici che si rifanno allo stile Liparese e sono schermate da frangisole colorati in ceramica, posizionati in verticale per schermare dalle radiazioni provenienti da est e da ovest, fatta eccezione per il portale d'ingresso alla palestra che riceve ombra dall'aggetto della copertura.

#### 4.13.2 ATRIO



Fig. 4.35 – Sezione A-A, vista dell'atrio interno

Se la prima impressione è quella fornita dai prospetti all'entrata, successivamente la zona a cui gli studenti saranno più legati è quella dell'atrio centrale verso il quale si affacceranno la maggior parte degli ambienti. L'atrio è uno spazio più intimo, riservato solo a coloro i quali frequentano la scuola abitualmente, ed è per questo che non vi è la necessità di nascondersi dagli sguardi esterni. L'atrio interno è per questo trattato con superfici vetrate che anche grazie alla forma circolare dell'atrio mettono in comunicazione gli ambienti tra loro. La scelta di avere un nastro trasparente è legato sia ad un significato simbolico, infatti la trasparenza indica sincerità e chiarezza, ma anche ad una questione funzionale. Infatti in questo modo viene garantita la possibilità di controllare gli spazi interni dall'esterno e viceversa oppure controllare da un'ambiente un altro; ad esempio un professore dal suo ufficio potrà guardare sia quello che sta succedendo nell'atrio, ma anche all'interno delle altre classi. Non essendo possibile avere un nastro vetrato continuo, per le ragioni legate al clima, di cui prima abbiamo discusso, si è scelto di proteggere le vetrate con aggetti verticali e orizzontali, con i frangisole verticali in ceramica utilizzati anche per i prospetti d'ingresso e anche con delle tende interne colorate verso l'esterno in modo da dare vivacità all'atrio, ma anche riconoscibilità alle aule. Gli aggetti non sono altro che il prolungamento all'esterno del solaio interpiano e della struttura interna costituita dai setti in cemento armato.

L'atrio interno, quindi, mette a nudo l'edificio sia per quanto riguarda la sua struttura sia per le funzioni che esso ospita, facendo sì che questo luogo diventi un posto intimo, riservato, protetto dall'esterno e familiare per gli studenti, ma anche per i professori.

## 4.14 I materiali

La scelta dei materiali per quanto riguarda il rivestimento di copertura e delle facciate è ricaduta sulla ceramica, che è stata utilizzata anche per la maggior parte delle pavimentazioni esterne ed interne e per i frangisole. Essendo in un clima mediterraneo si è voluto evitare l'uso di materiali di origine metallica, in quanto questi avrebbero portato a problemi di surriscaldamento eccessivo nel periodo estivo, andando ad influenzare negativamente il comportamento climatico dell'edificio. Il rame, utilizzato per le scossaline è l'unico materiale metallico utilizzato in facciata. La ceramica offre la possibilità di utilizzare vari colori ed è un materiale che fa parte della tradizione siciliana consentendo quindi di mantenere uno stretto rapporto con il luogo, anche se la tecnologia con la quale verrà utilizzata non sarà quella tradizionale.

La ceramica può essere considerato un materiale biosostenibile in quanto è ottenuto a partire da materie prime naturali rinnovabili che vengono cotte a temperature superiori ai 1000 C°, in particolare:

- Argilla atomizzata
- Argilla micronizzata
- Sabbia feldspatica
- Acqua
- Ossido di ferro

L'intero ciclo di vita della ceramica è a basso impatto ambientale in quanto il suo metodo di fabbricazione non comporta consumi di energia eccessivi e durante la produzione, la messa in opera, l'utilizzo e lo smaltimento finale non vengono utilizzate o rilasciate sostanze tossiche, nocive e/o inquinanti e in generale pericolose per l'uomo e per l'ambiente. Dopo la demolizione infatti, i materiali di risulta sono inerti e riutilizzabili in diverse applicazioni di ingegneria civile oltre che per produrre altra ceramica.

La sua elevata durabilità, il basso costo di manutenzione, e la facilità di pulizia la rendono anche un materiale economico. La manutenzione della ceramica è minima in quanto è resistente ai prodotti chimici aggressivi, all'abrasione e all'acqua e la sua pulizia dipende dall'inquinamento ambientale della zona nella quale è localizzato l'edificio. La sporcizia è dovuta soprattutto ai gas di scarico delle automobili, ma grazie al basso assorbimento della ceramica (inferiore all'1%) non penetra all'interno della placca e si deposita sulla superficie che si pulisce con la pioggia. In caso di eccessiva sporcizia può essere pulita con acqua pressurizzata, senza nessun solvente, e la frequenza di questa pulizia è di circa 10 anni se ci si trova in una zona con inquinamento medio, così come lo è la nostra.

La ceramica utilizzata inoltre ha un'ottima resistenza al fuoco in quanto incombustibile e si posiziona nella classe A1 secondo la normativa europea UNI EN 13501-1:2009 e non ha reazione al fuoco.

Insieme alla ceramica il materiale più utilizzato è il vetro. La ricca presenza di questo materiale è legata principalmente all'obiettivo di garantire spazi interni



ricchi di luce naturale e molto aerati. Il vetro, utilizzato sempre in modo trasparente, permette di mantenere il contatto col mondo esterno e con la natura, e questo aspetto è fondamentale in una scuola, come abbiamo detto più volte. Oltre ai vantaggi legati al confort ambientale offerti dal vetro, è importante il suo valore simbolico in quanto indica la sincerità, l'onestà, la chiarezza di pensiero, la genuinità, la pulizia morale. Così come nel Bauhaus, simboleggia una scuola in cui il sapere verrà impartito in modo leale e libero, senza preconcetti e senza occultare niente.

Le pavimentazioni esterne sono in masselli autobloccanti, tranne nei luoghi di attività all'aperto in cui viene usato come materiale l'EPDM.

L'EPDM (etilene, propilene, diene, monomero) è costituito da un sottofondo in granuli di gomma riciclati, mentre la finitura superiore è in granuli di gomma EPDM legati con resine poliuretatiche che vengono colati in opera con appositi macchinari. È generalmente usato per le piste di atletica, ma anche per le aree gioco per bambini o per i campi da gioco all'aperto perché è una superficie anti trauma. È infatti capace di assorbire gli impatti con il suolo e quindi offre un buon grado di sicurezza per i bambini che così potranno godere di aree sicure in cui giocare. Inoltre è permeabile, antisdrucchiolo, di facile manutenzione e disponibile in varie colorazioni.

In generale per quanto riguarda gli altri materiali utilizzati per l'interno come l'intonaco e quelli utilizzati per gli arredi, saranno materiali atossici facendo attenzione alle sostanze nocive che essi possono produrre nell'aria e da cui dipende anche la qualità dell'aria indoor. La causa più frequente di disagi negli ambienti interni è la formaldeide, un gas incolore con caratteristico odore pungente e irritante. La formaldeide è molto solubile in acqua e quindi provoca facilmente irritazione alle mucose con cui viene a contatto interessando naso, gola e vie respiratorie, occhi, cute. Le fonti principali sono gli arredi interni perché è una sostanza che viene utilizzata nella produzione di resine, che sono alla base di vernici e collanti. Saranno utilizzati quindi arredi interni ecologici che utilizzano vernici naturali e che sono caratterizzati da colla con bassi contenuti di formaldeide.

## 4.15 Vision e linee guida



Fig. 4.36 – Percorso sensoriale

Alcuni aspetti del progetto necessitano di un approfondimento particolare, che purtroppo non si è avuto la possibilità di fare. Sono state però pensate delle proposte che possono rappresentare delle soluzioni progettuali valide e possono indirizzare eventuali sviluppi futuri del progetto.

### 4.15.1 GIOCHI E SENSI

Per quanto riguarda l'area giochi della scuola materna si è pensato di attrezzarla con vari giochi, che possano stimolare i bambini e che possano sviluppare i loro sensi. Per quello che riguarda le sensazioni si è pensato di predisporre dei percorsi sensoriali da fare a piedi nudi, costituiti da piccole vasche riempite di materiali fissi o mobili di natura e consistenza differenti come tronchi, cortecce, pigne, sassi, foglie di pino, acqua, sabbia e altri ancora per sperimentare le sensazioni tattili che essi possono regalare.

Verranno installati altri giochi sempre legati alle esperienze sensoriali. Si propone ad esempio l'installazione di giochi per bambini differenti dai soliti come il gioco chiamato "Shadow play".

"Shadow play" è un gioco interattivo ed educativo dove le forme e i colori riflessi sul suolo grazie ai raggi solari, possono essere indirizzate e sovrapposte tra loro dal bambino. Allo stesso tempo è un elemento che crea zone d'ombra per ripararsi dal sole. Il gioco è costituito da un palo ancorato al suolo e da una parte

rotativa. Nella parte superiore c'è un pannello opaco o traslucido colorato che produce l'ombra al suolo. Ci sono differenti disegni dei pannelli con lettere, numeri, forme oppure è possibile personalizzarli.

L'area esterna della scuola elementare oltre agli spazi per giocare con la

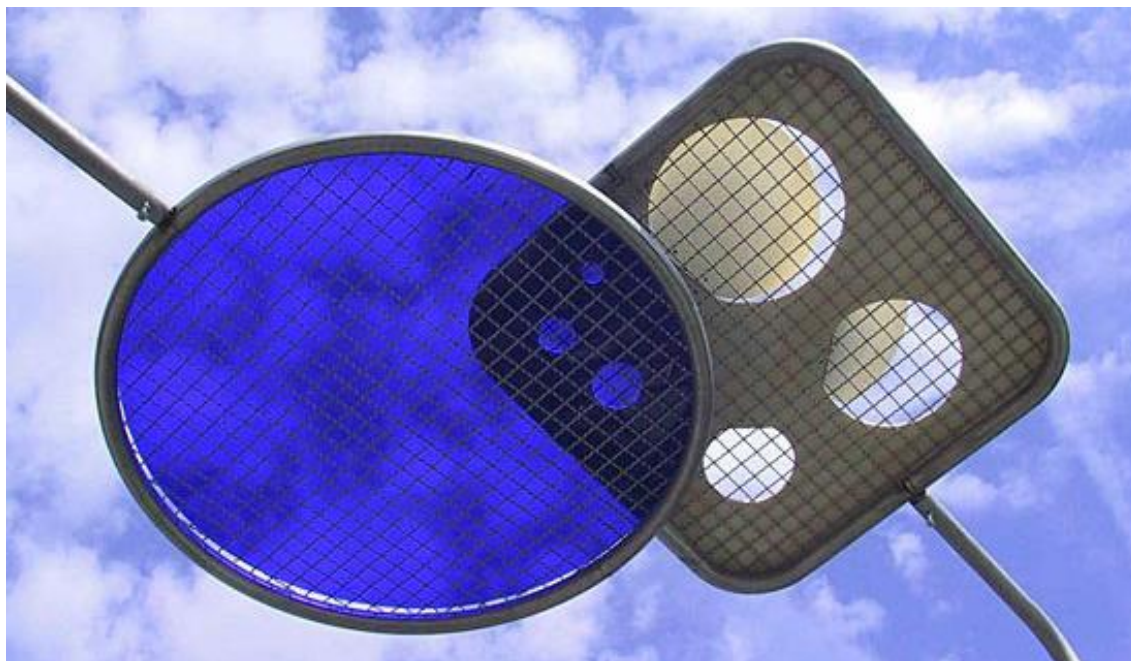


Fig. 4.37 – Shadow Play

palla potrà presentare delle zone in cui possono essere installati dei giochi più particolari, come ad esempio il “Wall-Holla”.

“Wall-Holla” è una struttura verticale che occupa 13 m<sup>2</sup> e combina differenti funzioni attrattive tipiche di un parco per bambini e destinato ad età diverse. È composto da una specie di labirinto per il quale bisogna passare a gattoni, da un muro di scalata, da scivoli e da pali per i pompieri. I nastri ondulati creano un labirinto verticale che risulta essere molto attrattivo per la fantasia dei bambini. Il labirinto è fatto in EPDM, così come la zona circostante il muro di scalata, e si alterna a zone in cui ci sono maglie di corde a cui i bambini si possono appendere, dondolarsi, sedersi. Questa struttura stimola il senso di avventura e creatività dei bambini che possono scalare lungo la parete esterna, giocare a nascondersi all'interno del labirinto e fare tanti altri giochi.

Sempre restando nell'ambito dei giochi, si propone l'installazione di un piccolo scivolo all'interno della biblioteca scolastica. Lo scivolo collegherà la parte della biblioteca a livello +2,10m con quella a quota 0,00m e contribuirà a creare un ambiente attrattivo per i bambini che a volte percepiscono la biblioteca come un luogo troppo noioso e serio per le loro abitudini ed esigenze, fornendo inoltre un'alternativa più rapida alle scale che spesso per i bambini sono pericolose e faticose da affrontare.



#### 4.15.2 PROGETTAZIONE DEL VERDE



Fig. 4.38 – Wall-Holla

Un approfondimento importante lo meriterebbe anche la progettazione del verde e delle specie da piantare. Questo aspetto però non rientra tra gli obiettivi specifici del progetto. Si propongono quindi delle linee guida che potranno essere approfondite in seguito. Per quanto riguarda gli orti si cercherà di piantare le specie di piante tipiche della zona di Lipari, ma in generale piante tipiche degli orti, che possono crescere in tutte le zone. A Lipari sono molto presenti gli arbusti aromatici di rosmarino, di timo, di eliotropia e di lentisco che potranno essere piantati insieme a ortaggi tipici quali pomodori, zucchine, melanzane etc.... Oltre a fornire uno spunto didattico molto interessante gli orti offrono la possibilità di creare delle esperienze sensoriali particolari, legate all'olfatto, grazie agli odori variegati prodotti dalle piante, alla vista, in quanto le piante mutano col passare delle stagioni, e al tatto poiché verranno curate direttamente dai bambini che saranno felici di sporcarsi le mani di terra. Anche il resto della vegetazione presente nelle aree verdi sarà per lo più di origine locale e nella zona in cui si dispone di molta terra potranno essere piantati anche alberi da frutta tipici come il fico, il mandorlo, il susino, il carrubo e il ficodindia, che oltre a servire per la parte didattica e ad offrire i loro frutti che potranno essere mangiati dai bambini, forniranno altre esperienze sensoriali, questa volta legate al gusto oltre che alla vista e all'olfatto. Gli alberi inoltre avranno la funzione di schermare visivamente e



acusticamente dalla Strada Provinciale e creare delle zone d'ombra cosicché anche nelle stagioni più calde sarà possibile fare delle lezioni all'aperto, magari seduti per terra sotto l'ombra di un fico e a fine lezione fare merenda con i frutti offerti dagli alberi.

#### **4.16 Ecosostenibilità**

L'energia è indispensabile alla vita sulla Terra: gli esseri viventi trasformano il cibo in energia. Anche le macchine costruite dall'uomo nel corso dei secoli hanno sempre avuto bisogno di forme di energia per funzionare. La produzione ed il consumo di energia hanno però avuto un grande impatto sull'intero pianeta, infatti la contraddizione attuale tra i vantaggi del continuo sviluppo e il degrado ambientale derivano proprio dallo sfruttamento sconsiderato delle risorse.

Questo strano modello di sviluppo ha provocato enormi danni ambientali, ha sfruttato indiscriminatamente preziose risorse naturali squilibrando il nostro ecosistema naturale.

Il primo campanello di allarme per la crescita economica, demografica e degrado ambientale squilla all'inizio degli anni '70, con la nascita di un movimento di pensiero che sosteneva l'impossibilità di continuare a perseguire questo modello di sviluppo ad alto consumo di risorse esauribili ed elevate emissioni di inquinanti.

Si incomincia a parlare di Ecosviluppo e Sviluppo Sostenibile prospettando un nuovo modello di sfruttamento effettivo delle risorse del Pianeta basato però sul rispetto della natura.

Nel 1987 la Commissione Mondiale per l'Ambiente e lo Sviluppo ha enunciato questo nuovo modello in 4 punti essenziali:

- Lo Sviluppo Sostenibile ha l'obiettivo di soddisfare i bisogni del presente senza compromettere le capacità delle future generazioni di soddisfare i propri bisogni
- Non bisogna interrompere la crescita economica, ma questa dovrà continuare in buona parte anche a vantaggio dei Paesi poveri.
- Il soddisfacimento dei bisogni dovrà riguardare innanzitutto i bisogni essenziali dei poveri della Terra: cibo, acqua, salute, istruzione.
- Lo sviluppo dovrà tener conto della conservazione dell'ambiente.

Questo è stato il punto di partenza che ha incominciato a rendere più consapevoli i cittadini del Pianeta.

Successivamente sono stati fatti summit e conferenze riguardanti lo sviluppo sostenibile che hanno stabilito dei patti tra i paesi come ad esempio il Protocollo di Kyoto del febbraio 2005 durante il quale sono state stipulate convenzioni internazionali a difesa dell'ambiente, alle quali però non hanno partecipato molti Stati importanti. Nel 2007 il Pacchetto Clima 20%-20%-20% realizzato dalla Comunità Europea ha proposto una nuova politica energetica. Si tratta di realizzare una riduzione del 20% di emissioni di CO<sub>2</sub>, una produzione di un 20% di energia da fonti rinnovabili, un 20% di risparmio di energia, il tutto entro l'anno

2020. Ancora una volta la proposta è isolata; l'Europa da una parte e le grandi potenze come USA, CINA, INDIA dall'altra parte senza adesione.

Anche la maniera di fare architettura è iniziata a cambiare ammettendo il fallimento delle costruzioni realizzate in precedenza

L'assenza di sostenibilità della produzione edile, è infatti, evidente, visto che gli edifici sono responsabili di circa un quinto delle emissioni di CO<sub>2</sub>, e la maggior parte di queste è imputabile ai bisogni in riscaldamento. Colpa ancor più grave da imputare al settore dell'edilizia, che però allo stesso tempo rappresenta l'inizio da cui ripartire per rendere le prossime architetture più rispettose dell'ambiente è che vi è un forte margine di riduzione realizzabile sui consumi.

La prima reazione, meritevole, è stata di cercare di migliorare l'efficienza delle costruzioni, per influire su questo forte margine di progressione nei confronti della riduzione dei consumi, e per conseguenza della riduzione della produzione di CO<sub>2</sub>. Sono stati (ri)scoperti i benefici della cura dell'orientamento dell'edificio, dei guadagni solari e del corretto isolamento termico.

Fare architettura sostenibile vuol dire trovare un complesso di soluzioni progettuali che possano consentire di assicurare all'interno di un edificio il mantenimento delle condizioni di comfort ambientale inteso come soddisfacimento dei requisiti di controllo microclimatico, di illuminazione naturale, limitando al minimo il ricorso a impianti che comportano consumi energetici da fonti convenzionali

Oltre che costruire edifici che possano limitare o ancor meglio azzerare le emissioni di CO<sub>2</sub> è necessario sensibilizzare la collettività ad avere comportamenti rispettosi nei confronti dell'ambiente ad esempio utilizzando i mezzi pubblici invece dell'auto, limitare i consumi d'acqua, differenziare i rifiuti in modo da poterli riciclare.

All'interno di questa collettività, tuttavia esiste un insieme più ristretto particolarmente sensibile: i bambini.

Una coscienza ecologica collettiva, infatti nasce soprattutto grazie all'educazione ed è appunto la scuola una delle istituzioni più importanti per diffondere una conoscenza consapevole del rapporto fra uomo e ambiente. Un'opera di divulgazione che richiede un'offerta formativa adeguata ma anche una serie di azioni concrete e consapevoli da parte delle istituzioni: ecco perciò come lo stesso ambiente scolastico può diventare il primo veicolo di sensibilità ambientale e offrire un esempio nei confronti di una collettività la cui sensibilità ecologica cerca un riscontro anche a livello istituzionale.

La scuola dovrebbe riflettere le nuove esigenze della società, che oggi sono quelle di risparmio energetico così come nelle epoche passate gli edifici pubblici quali la chiesa, la basilica, il foro romano, erano un modello per tutta l'architettura civile e oggi, l'edificio collettivo dovrebbe recuperare questa significatività di modello architettonico. Dato che gli spazi per la didattica rivestono un ruolo di particolare rilevanza sociale, essendo destinati ad ospitare attività collettive per utenti di età differenziata, possono e devono contribuire alla riqualificazione del processo edilizio

L'evoluzione dei requisiti edilizi verso standard di qualità sempre più elevati richiede un costo apparentemente superiore. In cambio di un maggiore

investimento in qualità, viene però garantito il risparmio nel futuro, tale da permettere di recuperare anche tutto il costo supplementare.

È un investimento che può avere tempi di ritorno di oltre 10 anni, ma l'edificio, specialmente se amministrato dalla collettività può e deve permettersi queste strategie, elaborandole all'interno di una politica di lungimiranza.

Pur nella diversità degli approcci possibili, le tendenze emergenti e più consapevoli sono rivolte soprattutto ad ottimizzare l'efficienza energetica dell'edificio e a diminuire lo sfruttamento delle risorse naturali ricorrendo a materiali riciclabili o ecocompatibili e a fonti rinnovabili di produzione dell'energia.

Stiamo già vivendo una crisi ecologica ed energetica che in previsione diventerà sempre più stringente e impegnativa, oggi, è necessario costruire edifici sostenibili, in grado di depurare e riutilizzare l'acqua di scarico, recuperare l'acqua piovana, produrre energia con pannelli solari termici, pannelli fotovoltaici o dispositivi eolici. La sostenibilità, soprattutto per le nuove costruzioni, inizia comunque dalle cosiddette tecniche passive che, sfruttando particolari accorgimenti, come la ventilazione naturale, l'isolamento termico e un corretto orientamento delle superfici vetrate, consentono forti risparmi di energia con costi aggiuntivi minimi o assenti. L'applicazione dei sistemi di valutazione della sostenibilità risulta particolarmente significativo per edifici a carattere didattico, ove l'aspetto prestazionale si fonde con quello educativo. Tra i molteplici obiettivi, uno dei più significativi è che il sistema scolastico formi non solo studenti adeguatamente preparati ma cittadini consapevoli delle ineludibili problematiche di carattere ambientale che siamo chiamati ad affrontare.

La progettazione dell'edificio, quindi, non poteva prescindere dal considerare l'impatto ambientale che l'edificio potesse avere su un territorio così incontaminato come quello dell'isola di Lipari.

Si fa qui un elenco delle scelte progettuali legate alla sostenibilità:

- Disposizione interna dei locali è stata fatta per garantire il miglior confort possibile ai vari ambienti: per evitare che i raggi solari diretti colpiscano le aule, provocando il surriscaldamento nei mesi caldi, esse sono state posizionate per lo più verso Nord, lasciando il corridoio verso Sud, che capta il calore durante le stagioni fredde e lo trasmette alle aule. Durante i mesi più caldi la scuola sarà chiusa, quindi i possibili problemi di surriscaldamento saranno limitati. Oltre al confort termico, questa soluzione permette di stare lontani da fonti di rumore come la Strada Provinciale, assicurando un buon confort acustico.
- Aggetti e schermature: per avere degli ambienti interni protetti dai raggi solari diretti sono stati previsti frangisole esterni a lamelle verticali per i raggi provenienti da est e da ovest, e degli aggetti o dei frangisole a lamelle orizzontali integrati al vetro per quelli provenienti da Sud. I frangisole saranno inclinati in modo tale da schermare dai raggi nei mesi più caldi e lasciarli passare in quelli più freddi.
- Materiali ecosostenibili: (vedi capitolo 4.14) materiali sia per il rivestimento esterno che per gli arredi interni che a lungo termine non

rilasciano sostanze nocive, che siano riciclabili e che richiedano poca energia grigia

- Studio delle facciate: in base all'orientamento della facciata e all'ambiente interno, è stata scelta una soluzione che potesse contribuire al risparmio energetico e al benessere degli ambienti interni.
- Serramenti performanti: vetro basso emissivo accoppiato ad un telaio in alluminio con taglio termico in modo da raggiungere per tutti i serramenti una trasmittanza non superiore a  $1.50 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Questa soluzione può comportare un costo iniziale più alto, ma i suoi benefici permetteranno un grosso risparmio economico negli anni successivi.
- Sfruttamento della ventilazione naturale: (vedi capitolo 6.7) grazie alle ampie finestre presenti nelle classi e alle bocchette d'aerazione che comunicano con il corridoio, nelle stagioni con temperature miti sarà garantita la ventilazione trasversale. Inoltre la presenza degli atri sui quali affacciano le classi, permettono di avere area più fresca che verrà sfruttata dalle aule nei mesi più caldi.
- Riciclo dell'acqua: (vedi capitolo 8.2) è stato studiato un impianto di fitodepurazione che permetterà di riciclare sia l'acqua piovana, che le acque grigie dei rubinetti e orinatoi. L'acqua riciclata potrà essere usata per l'irrigazione e per gli scarichi dei wc.
- Utilizzo di energie rinnovabili: (vedi capitolo 8.1) sarà installato su una parte della copertura per una superficie di circa  $600 \text{ m}^2$  un impianto fotovoltaico che sarà in grado di produrre circa  $90000 \text{ kWh}$  all'anno
- Sistema di costruzione stratificata a secco: (vedi capitolo 6.5) questa tecnologia costruttiva scelta per le chiusure e per le partizioni permette reversibilità e flessibilità, oltre ad un minor impatto ambientale durante il periodo di messa in opera, essendo questo più breve e richiedendo minor utilizzo di energie grigie. A esso è direttamente collegato l'uso di importanti spessori di isolante che garantiscono basse trasmittanze.
- Impatto sul vicinato: si è pensato ad un edificio abbastanza basso sulla linea dell'orizzonte, con anche delle parti ipogee, per evitare di ostruire la vista agli edifici circostanti. Inoltre l'edificio offre servizi alla collettività come la biblioteca la palestra e alcuni spazi verdi, seppure semi-privati.
- Permeabilità delle acque meteoriche: grazie alla ridotta cementificazione, ai parcheggi "vegetalizzati", alle coperture verdi e agli spazi verdi all'aperto, sarà consentita permeabilità all'acqua, quando questa non verrà raccolta.
- Stimolare l'uso dei mezzi pubblici: verrà installata una fermata d'autobus nei pressi della scuola che potrà consentire a tutti gli studenti di Lipari di raggiungerla, senza usare l'auto; inoltre una pista ciclabile collegherà l'edificio con il centro città, permettendo quindi l'uso di un mezzo ecologico come lo è la bicicletta in totale sicurezza con a disposizione anche appositi parcheggi. Oltre a queste due soluzioni sarà possibile raggiungere la scuola col pedibus attraverso percorsi pedonali a traffico ridotto.



## 4.17 Soluzioni tecnologiche principali

Le tecnologie di chiusura utilizzate sono:

- Facciata ventilata

La norma UNI 11018 definisce la ventilata come "un tipo di facciata a schermo avanzato in cui l'intercapedine tra il rivestimento e la parete è progettata in modo tale che l'aria in essa presente possa fluire per effetto camino in modo naturale e/o in modo artificialmente controllato, a seconda delle necessità stagionali e/o giornaliere, al fine di migliorarne le prestazioni termo-energetiche complessive". Il movimento dell'aria nell'intercapedine infatti contribuisce ad asciugare eventuali infiltrazioni d'acqua e ad allontanare il calore accumulato per irraggiamento solare nello strato di rivestimento, migliorando anche la termocoibenza della parete durante il periodo invernale. La facciata ventilata permette di avere diversi tipi di rivestimenti, con la possibilità di avere differenti aspetti estetici. La scelta nel nostro caso è ricaduto su un rivestimento in pannelli di ceramica di cm 1500 x 40 che sono di facile manutenzione grazie alla possibilità di sostituire le placche ceramiche in maniera isolata e permette una rapida messa in opera, contribuendo quindi alla riduzione dei costi.

- Tetto ventilato con fotovoltaico

Il rivestimento della copertura è per la maggior parte costituito da tegole in ceramica di dimensione 1000x750mm con posa di tipo "a cascata" che garantiscono la completa impermeabilizzazione verticale. Le tegole in ceramica per una parte di copertura pari a circa 600 m<sup>2</sup>, in corrispondenza della biblioteca sono integrati con moduli fotovoltaici che integrano solidalmente ed indissolubilmente una canalina per la raccolta delle acque meteoriche ed il loro scarico in gronda. Sono installate su orditure in legno e così da permettere una buona ventilazione sul retro del modulo che evita accumuli di calore che possono ridurre la potenza dell'impianto fotovoltaico.

- Tetto verde

Il tetto verde di tipo intensivo è utilizzato per gli ambienti dell'edificio alti un solo piano, come ad esempio su parte della scuola media; in questo caso il tetto verde è una zona all'aperto a disposizione della scuola elementare. La scelta del tetto verde non è stata fatta solo per poter sfruttare la copertura come area giochi, ma anche per i molteplici vantaggi che ha in sé questo tipo di copertura.

Una delle debolezze del nostro sito di progetto è senz'altro la vicinanza alla S.P.180, in quanto fonte di inquinamento acustico. La copertura verde adiacente alla Strada Provinciale 180 permette di ridurre l'inquinamento acustico, in quanto le coperture verdi assorbono le onde sonore riducendone di conseguenza la propagazione: il substrato assorbe le onde a basse frequenze e la vegetazione le onde a frequenze alte. Inoltre le polveri che si depositano su di essa vengono

trattenute e grazie al processo di fotosintesi delle piante, le sostanze nocive vengono assorbite e trasformate in ossigeno.

I green roof sono importanti anche per quel che riguarda il confort igrotermico, infatti diminuiscono la temperatura dell'ambiente esterno riducendo l'effetto dell'isola di calore. Ciò vuol dire che questi tipi di coperture rallentano e riducono il carico termico entrante negli ambienti interni. Ciò accade perché i tetti-giardino trattengono e accumulano dal 50 al 90% dell'acqua piovana e la restituiscono poi all'ambiente per evaporazione. Solo 8 cm di terriccio restituiscono all'ambiente tramite evaporazione il 70% della pioggia. Attraverso questo processo l'aria diviene più umida e, rinfrescandosi, può ridurre la percezione di aria asciutta e polverosa caratteristica appunto delle isole di calore negli insediamenti urbani.

Oltre ai vantaggi ecologici ci sono anche vantaggi prettamente funzionali: il tetto giardino offre protezione meccanica agli strati componenti la copertura, abbassa le temperature delle guaine isolanti e protegge dall'azione disgregante gelo/disgelo sugli strati più esposti.

L'investimento iniziale per l'installazione di un tetto verde può risultare più elevato rispetto ad una normale copertura, ma è assolutamente ripagato col passare degli anni. Una copertura di questo tipo garantisce una maggiore durata temporale allo strato impermeabile che è protetto dagli agenti atmosferici dalle radiazioni solari e dalle variazioni brusche di temperatura, infatti mentre su una copertura a verde le temperature massime estive si aggirano intorno ai 25°, su una copertura tradizionale possono raggiungere anche gli 80°

Il tetto verde garantendo anche prestazioni di isolamento termico in inverno e di raffrescamento in estate, consente risparmi nei costi di riscaldamento e di condizionamento. Infine permette anche di risparmiare sul costo dei canali di smaltimento acque, in quanto la capacità di ritenzione idrica del terreno produce un ritardo nei tempi di deflusso delle acque piovane.

## 4.18 Progetto antincendio

### 4.18.1 RIFERIMENTI NORMATIVI

- Decreto 28 Febbraio 2000 "Utilizzazione di porte resistenti al fuoco di grandi dimensioni"
- Decreto 27 Gennaio 1999 "Resistenza al fuoco di porte ed altri elementi di chiusura"
- D.P.R. 12 Gennaio 1998 "Regolamento recante la disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi"
- Lettera-Circolare 17 Maggio 1996 "Chiarimenti sulla larghezza delle porte delle aule didattiche ed esercitazione"
- Decreto 26 Agosto 1992 "Norme di prevenzione incendi per l'edilizia scolastica"
- D.M. 30 Novembre 1983 "Termini, definizioni generali e simboli grafici di prevenzione incendi"

### 4.18.2 CLASSIFICAZIONE

Le scuole sono suddivise in relazione alle presenze effettive contemporanee in esse prevedibili di alunni e di personale docente e non docente:

Piano	Macro gruppo	Presenze max.
-1	Scuola media	546
Terra	Ingresso	5
Terra	Scuole materna	78
Terra	Biblioteca	2
1	Scuola Elementare	260
2	Uffici	10
		901

TIPO	PRESENZE CONTEMPORANEE
0	Fino a 100
1	Da 101 a 300
2	Da 301 a 500
3	Da 501 a 800
4	Da 801 a 1200
5	Oltre 1200

### 4.18.3 CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

#### SCelta DELL'AREA

Gli edifici da adibire a scuole non devono essere ubicati in prossimità di attività che comportino gravi rischi di incendi e/o esplosione.

Per quanto riguarda la scelta del sito, sono state rispettate le disposizioni contenute nel D.M. 18 Dicembre 1975.

## ACCESSO ALL'AREA

Per consentire l'intervento dei mezzi di soccorso dei Vigili del fuoco (Vvf), gli accessi all'area ove sorgono gli edifici oggetto delle presenti norme devono avere i seguenti requisiti minimi:

- Larghezza: 3,50m
- Altezza libera: 4m
- Reggia di volta: 13m
- Pendenza: non superiore al 10%

Essendo l'altezza dell'edificio<sup>42</sup> inferiore a 12m, non è necessario assicurare la possibilità di accostamento all'edificio delle autoscale dei Vvf.



Fig. 4.39 - Classificazione di reazione al fuoco

### 4.18.4 COMPORTAMENTO AL FUOCO

Per comportamento al fuoco si intende l'insieme di trasformazioni fisiche e chimiche di un materiale o di un elemento da costruzione sottoposto all'azione del fuoco.

#### RESISTENZA AL FUOCO DELLE STRUTTURE

I requisiti di *resistenza al fuoco*<sup>43</sup> degli elementi strutturali vanno valutati secondo le prescrizioni e le modalità di prova stabilite dalla C.M. n.91 del 14 Settembre 1961, prescindendo dal tipo di materiale impiegato nella realizzazione degli elementi medesimi. Il dimensionamento degli spessori e delle protezioni da adottare, nonché la classificazione degli edifici in funzione del *carico di incendio*<sup>44</sup>, vanno determinati con le tabelle e con le modalità specificate nella circolare n.91.

<sup>42</sup> Altezza ai fini antincendio: altezza misurata dal livello inferiore dell'apertura più alta dell'ultimo piano abitabile e/o agibile, escluse quelle dei vani tecnici, al livello del piano esterno più basso.

<sup>43</sup> Resistenza al fuoco: Attitudine di un elemento da costruzione a conservare, secondo un programma termico prestabilito e per un tempo determinato, in tutto o in parte: la stabilità "R", la tenuta "E", l'isolamento termico "I".

<sup>44</sup> Carico d'incendio: Potenziale termico della totalità dei materiali combustibili contenuti in uno spazio, ivi compresi i rivestimenti dei muri, delle pareti provvisorie, dei pavimenti e dei soffitti. Convenzionalmente è espresso in kg di legno equivalente (4.400 Kcal/kg)



Le strutture dovranno comunque essere realizzate in modo da garantire, per edifici fino a 12m, una resistenza al fuoco di almeno:

- R60 strutture portanti
- R60 strutture separanti

#### **REAZIONE AL FUOCO DEI MATERIALI**

Per la classificazione di *reazione al fuoco* <sup>45</sup>dei materiali, si fa riferimento al D.M. 26 Giugno 1984:

- Negli atri, corridoi, disimpegno, scale, rampe e passaggi in genere, è consentito l'impiego di materiali di classe 1 in ragione del 50% massimo della loro superficie totale (pavimento + pareti + soffitto + proiezioni orizzontali delle scale). Per le restanti parti devono essere impiegati materiali di classe 0;
- In tutti gli ambienti è consentito che le pavimentazioni compresi i relativi rivestimenti siano di classe 2 e che gli altri materiali di rivestimento siano in classe 1; oppure di classe 2 se in presenza di impianti di spegnimento automatico asserviti ad impianti di rilevazione incendi. I rivestimenti lignei possono essere mantenuti in opera, tranne che nelle vie d'esodo e nei laboratori, a condizione che vengano opportunamente trattati con prodotti vernicianti omologato di classe 1 di reazione al fuoco, secondo le modalità contenute nel D.M. 6 Marzo 1992.
- I materiali di rivestimento combustibili, ammessi nelle varie classi di reazione al fuoco, devono essere posti in opera in aderenza agli elementi costruttivi di classe 0 escludendo spazi vuoti o intercapedini;
- I materiali suscettibili di prender fuoco su entrambe le facce (tendaggi, ecc.) devono essere di classe di reazione al fuoco non superiore a 1

#### 4.18.5 SEZIONAMENTI

##### **COMPARTIMENTAZIONE**

La compartimentazione, sia orizzontale che verticale, è uno dei parametri fondamentali per la sicurezza ai fini antincendio. Essa permette di confinare un eventuale incendio ad una certa zona evitando o ritardando un incendio generalizzato.

L'edificio in questione, avendo un'altezza antincendio inferiore a 12m, deve essere suddiviso in compartimenti anche costituiti da più piani, di superficie non eccedente i 6000m<sup>2</sup>.

La compartimentazione si realizza mediante strutture, chiamate tagliafuoco, di adeguata tenuta REI. Si possono considerare spazi liberi a cielo aperto,

---

<sup>45</sup> *Reazione al fuoco: grado di partecipazione di un materiale combustibile al fuoco al quale è sottoposto. In relazione a ciò i materiali sono assegnati alle classi 0,1,2,3,4,5 con l'aumentare della loro partecipazione alla combustione; quelli di classe 0 sono incombustibili*

adeguatamente vasti, come divisori delle diverse aree da frazionare, supplendo alla mancanza di muri tagliafuoco. Nel caso della formazione di un compartimento, oltre a proteggere i collegamenti tra i piani, bisognerà realizzare solai tagliafuoco con costi abbastanza elevati.

## **SCALE**

Le caratteristiche di resistenza al fuoco dei vani scala devono essere congrue con quanto previsto al punto 8.4.1.

La larghezza minima delle scale deve essere di 1,20m mentre le rampe devono essere rettilinee, non devono rappresentare restringimenti, devono avere non meno di 3 gradini e non più di 15; i gradini devono essere a pianta rettangolare, devono avere alzata e pedata costanti, rispettivamente non superiore a 17cm e non inferiore a 30cm.

Il vano scala, tranne quello a prova di fumo<sup>46</sup> o a prova di fumo interno, deve avere superficie netta di aerazione permanente in sommità non inferiore a 1m<sup>2</sup>. Nel vano di aerazione è consentita l'installazione di dispositivi per la protezione dagli agenti atmosferici.

## **ASCENSORI E MONTACARICHI**

Le caratteristiche di resistenza al fuoco dei vani ascensori devono essere congrue con quanto previsto dal punto 8.4.1.

### **4.18.6 MISURE PER L'EVACUAZIONE IN CASI DI EMERGENZA**

#### **AFFOLLAMENTO**

Il massimo affollamento ipotizzabile è fissato in:

- Aule: 26persone/aula;
- Aree destinate a servizi: persone effettivamente presenti +20%
- Refettori e palestre: densità di affollamento pari a 0,4persone/m<sup>2</sup>.

#### **CAPACITÀ DI DEFLUSSO O SFOLLAMENTO**

Corrisponde al numero massimo di persone che, in un sistema di vie d'uscita, si assume possano defluire attraverso una uscita di modulo 1(0,60m). Tale dato tiene conto del tempo occorrente per lo sfollamento ordinato di un compartimento. La capacità di deflusso per gli edifici scolastici deve essere non superiore a 60 per ogni piano

---

<sup>46</sup> *Scala a prova di fumo: Scala in vano costituente compartimento antincendio avente accesso per ogni piano da spazio scoperto o da disimpegno aperto per almeno un lato su spazio scoperto dotato di parapetto a giorno.*

*Scala a prova di fumo interna: Scala in vano costituente compartimento antincendio avente accesso, per ogni piano, da filtro a prova di fumo*

## **SISTEMI DI VIE D'USCITA**

Ogni scuola deve essere provvista di un sistema organizzato di vie d'uscita<sup>47</sup> dimensionato in base al massimo affollamento ipotizzabile in funzione della capacità di deflusso ed essere dotata di almeno 2 uscite verso luogo sicuro.

Gli spazi frequentati dagli alunni o dal personale docente e non, qualora distribuiti su più piani, devono essere dotati, oltre che della scala che serve al normale afflusso, almeno di una scala di sicurezza esterna o a prova di fumo interna.

## **LARGHEZZA DELLE VIE D'USCITA**

La larghezza delle vie d'uscita corrisponde al numero complessivo dei moduli di uscita necessari allo sfollamento totale del compartimento, deve essere multipla del modulo d'uscita e non inferiore a 2.

La misurazione della larghezza delle singole uscite va eseguita nel punto più stretto della luce. Anche le porte dei locali frequentati dagli studenti devono avere, singolarmente, larghezza non inferiore a 1,20m

## **LUNGHEZZA VIE D'USCITA**

La lunghezza delle vie d'uscita deve essere non superiore a 60m e deve essere misurata dal luogo sicuro alla porta più vicina allo stesso di ogni locale frequentato dagli studenti o dal personale docente e non docente. Il percorso deve essere senza ostacoli al deflusso e consentire alle persone che occupano un edificio o un locale di raggiungere un luogo sicuro<sup>48</sup>.

## **NUMERO DELLE USCITE**

Il numero delle uscite dai singoli piani dell'edificio non deve essere inferiore a 2. Esse vanno poste in punti ragionevolmente contrapposti.

Le aule didattiche devono essere servite da una porta ogni 50 persone presenti; le porte devono aprirsi nel senso dell'esodo quando il numero massimo di persone presenti nell'aula sia superiore a 25 e per le aule esercitazione dove si depositano o manipolano sostanze infiammabili. Le porte che si aprono verso corridoi interni di deflusso devono essere realizzate in modo da non ridurre la larghezza utile dei corridoi.

### **4.18.7 SPAZI A RISCHIO SPECIFICO**

Gli spazi a rischio specifico sono classificati in:

- Spazi per esercitazione;

---

<sup>47</sup> Uscita: apertura atta a consentire il deflusso di persone verso un luogo sicuro avente altezza non inferiore a 2,00m

<sup>48</sup> Luogo sicuro: Spazio scoperto ovvero compartimento antincendio avente caratteristiche idonee a ricevere e contenere un predeterminato numero di persone (luogo sicuro statico), ovvero consentirne il movimento ordinato (luogo sicuro dinamico)

- Spazi per deposito;
- Spazi per l'informazione e attività parascolastiche;

### **SPAZI PER ESERCITAZIONI**

Comprendono tutti quei locali ove si svolgono prove, esercitazioni, sperimentazioni, lavori, ecc.

Questi spazi devono essere ubicati fuori-terra o al 1° interrato; le strutture di separazione devono avere caratteristiche di resistenza al fuoco valutate secondo Circolare n.91 e dovranno comunque essere realizzate in modo da garantire una resistenza al fuoco almeno REI60. Gli spazi per le esercitazioni dove vengono manipolate sostanze esplosive e/o infiammabili devono essere provvisti di aperture di aerazione, permanente, ricavate su pareti attestate all'esterno di superficie pari a 1/20 della superficie in pianta del locale.

### **SPAZI PER DEPOSITI**

Comprendono tutti quegli ambienti destinati alla conservazione di materiali per uso didattico o per i servizi amministrativi.

Le strutture di separazione devono avere caratteristiche di resistenza al fuoco valutate secondo Circolare n.91 e dovranno comunque essere realizzate in modo da garantire una resistenza al fuoco almeno REI60. L'accesso al deposito deve avvenire tramite porte almeno REI60 dotate di congegno di autochiusura. La superficie massima lorda di ogni singolo locale non può essere superiore a

- 1000m<sup>2</sup> per piani fuoriterra;
- 500m<sup>2</sup> per piani interrati

I suddetti locali devono avere apertura di aerazione non inferiore a 1/40 della superficie in pianta protette da robuste griglie a maglia fitta. Il carico d'incendio non deve superare i 30kg/m<sup>2</sup> per evitare l'aggiunta di un sistema automatico di spegnimento degli incendi. Ogni 200m<sup>2</sup> di superficie dovrà essere previsto un estintore di capacità non inferiore a 21°

### **SPAZI PER L'INFORMAZIONE**

Comprendono auditori, aule magne, sale per rappresentazione. Detti spazi devono essere ubicati in locali fuori-terra o al 1° interrato fino alla quota massima di -7,50m; se la capienza supera le 100 persone e vengono adibiti a manifestazioni non scolastiche, si applicano le norme di sicurezza per i locali di pubblico spettacolo. Nel caso in cui suddette norme non possano essere rispettate, le manifestazioni in argomento potranno essere svolte a condizione che non si verifichi contemporaneità con l'attività scolastica.



## CAPITOLO V

# IL PROGETTO STRUTTURALE

Il capitolo ha l'obiettivo di dimensionare gli elementi strutturali critici del plesso scolastico per avere un'idea dello spazio da riservare alla struttura durante la fase progettuale definendo le tecnologie da impiegare nel rispetto degli scopi progettuali. Un corretto pre-dimensionamento della struttura può contribuire a velocizzare l'elaborazione del progetto in fase esecutiva e sicuramente ottimizza il processo decisionale per quanto riguarda la disposizione impiantistica. Si è approfondito lo studio delle travi reticolari che sorreggono le coperture della palestra e della biblioteca, prendendo come caso studio la trave di lunghezza maggiore.

## 5.1 Riferimenti normativi

### RIFERIMENTI NORMATIVI NAZIONALI

- 2009 Circolare 2 Febbraio, n. 617 C.S.LL.PP., “Istruzioni per le applicazioni delle “Norme Tecniche per le costruzioni”
- 2008 NTC 4 febbraio n.29, Norme tecniche per le costruzioni
- 2008 Decreto Ministeriale 14 gennaio, “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”
- 2003 Documento 25 marzo, Criteri per l’individuazione delle zone sismiche
- 1974 Legge 2 febbraio, n.74 Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
- 1971 Legge 5 novembre n° 1086, “Norma per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale, precompresso ed a struttura metallica”

### RIFERIMENTI NORMATIVI EUROPEI

- 2009 Istruzioni per l’applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni
- 2005 UNI EN 1993-1-1: Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio
- 2005 UNI EN 10025-2 Prodotti laminati a caldo per impieghi strutturali
- 2005 UNI EN ISO 10684 Elementi di collegamento – Rivestimenti di zinco per immersione a caldo
- 2000 UNI EN ISO 898 Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio
- 1999 UNI 3740 Bulloneria in acciaio. Prescrizioni tecniche
- 1994 R-UNI EN 10113 Prodotti laminati a caldo di acciai saldabili a grano fine, per impieghi strutturali.
- 1966 UNI 4262 Corrosione dei materiali metallici. Prove di servizio in laboratorio. Corrosione per immersione continua in soluzioni aerate
- 1966 UNI 4263 Corrosione dei materiali metallici. Prove di servizio in esercizio. Corrosione atmosferica
- UNI EN 1011:2005 Saldatura – Raccomandazioni per la saldatura dei materiali metallici
- UNI EN ISO 12944:2001 Pitture e vernici – Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura

## 5.2 Dati generali

L'edificio consta di due piani interrati e due piani fuori terra, tutti a differenti quote di posa per un'altezza massima di 9.66 m. La pianta non è regolare e poggia sulla quota più bassa di una vallata chiudendo la via torrente Boccetta che allo stato attuale si unisce ad una gola in stato di degrado. Nello specifico, la pianta si può schematizzare come una forma ellittica che genera dei prolungamenti trapezoidali, i quali scandiscono le diverse destinazioni dell'istituto. In più, data l'estensione del progetto, sono stati previsti 3 giunti d'elevazione verticale che dividono la struttura portante in modo da avere tre blocchi indipendenti accomunati solo dalla fondazione tipo piastra.



Fig. 5.1 - Suddivisione della platea di fondazione

La struttura pensata è mista: gli elementi orizzontali sono in acciaio mentre gli elementi verticali, essendo in buona parte controterra, sono costituiti da setti portanti in cemento armato. Le solette sono in lamiera grecata con getto collaborante e i nuclei di controvento in calcestruzzo armato. La scelta di questo mix strutturale si rifà a considerazioni circa la sostenibilità dell'intervento e uso di vani impianti nel solaio (vedi Allegato B, TAV19 – TAV20 – TAV21).

La quota di progetto è di 16 s.l.m. e il contesto urbano è caratterizzato da edifici di massimo 3 piani fuori terra e con una densità più bassa rispetto al centro del comune. In ambito strutturale questa collocazione influenzerà i carichi agenti dovuti a sisma, neve e vento.

Di seguito le caratteristiche dei materiali scelti per i calcoli:

cemento scelto	C35/45	
resistenza caratteristica a compressione $f_{ck}$	35	[MPa]
resistenza caratteristica a compressione $f_{ck}$	35000	[kN/m <sup>2</sup> ]
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo $\gamma_c$	1,5	[-]
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo $\alpha_{cc}$	0,85	[-]
Resistenza di progetto a compressione $f_{cd}$	19833	[kN/m <sup>2</sup> ]
acciaio scelto	B450C	
Tensione snervamento armatura $f_{yk}$	450	[MPa]
Tensione snervamento armatura $f_{yk}$	450000	[kN/m <sup>2</sup> ]
Coefficiente di sicurezza acciaio $\gamma_s$	1,15	[-]
Tensione snervamento di progetto $f_{yd}$	391304	[kN/m <sup>2</sup> ]

Tab. 5.1 – Caratteristiche dei materiali



### 5.3 Corrosione degli acciai in ambiente aggressivo

L'area di progetto è classificata come ambiente aggressivo dall'Eurocodice 2, bisognerà quindi porre particolare attenzione al problema del decadimento che gli acciai subiscono a contatto con l'ambiente, ossia la corrosione. Questo processo è detto anche antimetallurgia perché tende a riportare questi materiali allo stato in cui si trovano in natura. I danni provocati dalla corrosione sono enormi, e possono portare alla riduzione di vita di servizio dell'edificio.

I venti spiranti dal mare, trasportano particelle solide, fortemente abrasive ed i sali spruzzati nell'aria dalle onde, trasformati in aerosol contengono in larga misura gli aggressivi presenti nell'acqua di mare, con tutte le complicazioni interattive che ne conseguono. I principali fattori di corrosione marina sono la presenza di cloruri, umidità e temperatura elevata.

Le principali proprietà che caratterizzano l'ambiente da un punto di vista corrosivistico sono legate alla composizione chimica delle regioni a contatto con il materiale metallico: il pH, il potere ossidante e la presenza di micro o macro organismi.

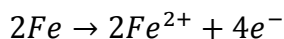
<b>aggressività</b>	<b>DEBOLE</b>	<b>FORTE</b>	<b>MOLTO FORTE</b>
Valore del pH	6,5 / 5,5	5,5 / 4,5	< 4,5
CO <sub>2</sub> (*) (mg/litro)	15 / 30	30 / 60	> 60
Ammonio NH <sub>4</sub> (+) (mg/litro)	15 / 30	30 / 60	> 60
Magnesio Mg (++) (mg/litro)	100/300	300/1500	> 1500
Solfato SO <sub>4</sub> (--)(mg/litro)	200/600	600/2500	> 2500

In particolare, per quanto riguarda gli ambienti marini, avviene per lo più un meccanismo elettrochimico<sup>49</sup>.

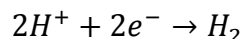
Se l'acciaio al carbonio è a contatto con una soluzione acida areata la reazione globale di corrosione sarà:

Ferro + soluzione acida => ioni ferro + idrogeno

Essa è costituita dalla reazione anodica di ossidazione del ferro, che produce elettroni:



E dalla reazione catodica di riduzione dell'idrogeno a idrogeno gassoso:



In più, oltre alle due reazioni elettrochimiche, intervengono anche altri due processi:

---

<sup>49</sup> Definiamo reazione elettrochimica una reazione che ha luogo sulla superficie metallica a cui partecipano, come reagenti o come prodotti, oltre a specie chimiche anche elettroni. Sono reazioni di ossido-riduzione.

- Il trasporto all'interno della fase metallica degli elettroni dalla zona anodica alla regione catodica,
- Alla circolazione all'interno dell'elettrolita di una corrente portata dagli ioni.

Sali come cloruri o solfati alcalini portano a prodotti di corrosione solubili sia dal lato anodico che catodico. La loro presenza contribuisce ad aumentare la velocità di attacco.

### **PROTEZIONE ALLA CORROSIONE DEL CALCESTRUZZO ARMATO**

Nel caso delle strutture in calcestruzzo armato, la precauzione primaria per ritardare il degrado consiste nel conferimento di un buon ricoprimento delle armature con il calcestruzzo, nel caso di spessori superiori a 50mm è consigliabile un'armatura addizionale per evitare fenomeni fessurativi.

I parametri che definiscono la miscela dell'impasto necessaria per ottenere la protezione dell'armatura e del calcestruzzo dagli attacchi ambientali devono essere assegnate con criteri che esulano dal solo conseguimento delle resistenze minime richieste. Si riportano nella seguente tabella, secondo l'Eurocodice 2, le caratteristiche minime che deve possedere un calcestruzzo esposto ad atmosfera salina:

Classe di resistenza	Contenuto min. aria %	Contenuto min. cemento è [kg/m <sup>3</sup> ]	Rapporto max. a/c	Classe
C30/37	/	300	00.55	XD1

### **PROTEZIONE ALLA CORROSIONE RETICOLARE – RIVESTIMENTO CON ZINCO**

Il metodo di protezione scelto per le travature reticolari prescinde da considerazioni quali:

- il trasporto prevede sicuramente un percorso via mare;
- è previsto il montaggio in corso d'opera;
- l'elemento strutturale ha pregio architettonico.

L'impiego di rivestimenti metallici, che costituisce uno dei metodi più comuni di prevenzione della corrosione, sono in genere indicati con il nome del metallo di cui sono formati e particolarmente importanti dal punto di vista corrosionistico sono la continuità e l'uniformità superficiale, nonché l'assenza di porosità dei depositi.

In presenza di imperfezioni si ha invece formazione di coppie galvaniche, costituite dal rivestimento e dalle aree scoperte della base, il cui funzionamento può offrire a questa ultima una protezione di tipo catodico, o invece ne può

stimolare l'attacco a seconda della nobiltà assunta (misurata dal potenziale di corrosione), nell'ambiente considerato, dal rivestimento e dal metallo base.

Il metallo del rivestimento scelto per il caso in questione è **lo zinco**: i rivestimenti in zinco sono largamente utilizzati per la protezione dell'acciaio al carbonio. Il comportamento anodico di questo metallo rispetto al ferro rende meno severe rispetto ad altri metalli più nobili le esigenze riguardanti l'uniformità e l'assenza di porosità dei depositi.

Se il metallo che costituisce il rivestimento è meno del materiale metallico ricoperto, le eventuali discontinuità del rivestimento e in particolare quindi la sua porosità, in quanto è il metallo stesso del rivestimento che, assumendo funzionamento anodico, subisce l'attacco (figura a).

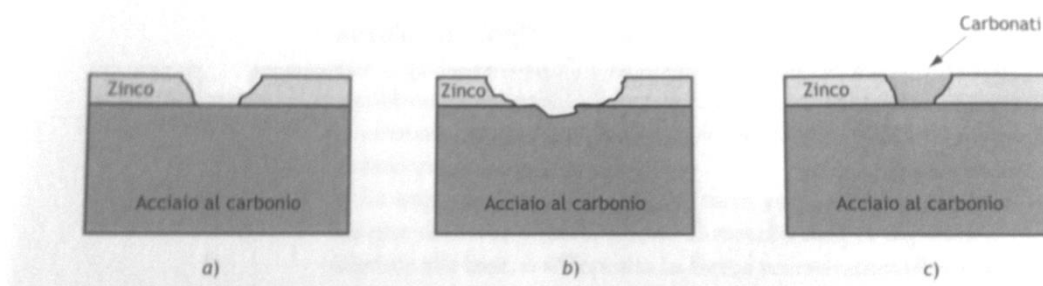


Fig. 5. 2 Corrosione dell'acciaio al carbonio

L'estensione della superficie del metallo ricoperto su cui si esplica l'azione protettiva del rivestimento è legata alla conducibilità e alla geometria dell'ambiente aggressivo. Per esempio, per rivestimenti di zinco su acciaio al carbonio, una zona scoperta di poco più di 1 mm di diametro può, in atmosfera, presentare al centro segni di corrosione (figura b), mentre in acqua salmastra o di mare, esercitandosi l'azione protettiva a distanza, l'attacco corrosivo non si manifesta anche in presenza di ampie zone scoperte.

La resistenza di questi rivestimenti è funzione delle condizioni ambientali e la loro durata è proporzionale allo spessore. Il loro consumo si può ritenere:

- 0,2/0,3  $\mu\text{m}/\text{y}$  in ambiente rurale;
- 0,5-0,8  $\mu\text{m}/\text{y}$  in ambiente marino;
- 2-16  $\mu\text{m}/\text{y}$  in ambiente urbano e industriale.

La zincatura dei profili circolari sarà effettuata in fabbrica per immersione in bagni di zinco o per via elettrolitica in modo da velocizzare il montaggio in cantiere.

### **PROTEZIONE ALLA CORROSIONE DELLE TRAVI IN ACCIAIO – PITTURAZIONE**

Nel caso di elementi strutturali metallici nascosti si è scelta un tipo di protezione alla corrosione da applicare in opera che prevede l'uso di pitture, ossia

sistemi eterogenei costituiti da un insieme di pigmenti dispersi in un composto filmogeno, detto legante, portato alla viscosità di applicazione desiderata con l'aggiunta di un'adatta miscela di solventi e diluenti.

Le pitture possono esplicare la loro azione protettiva attraverso due meccanismi:

- Effetto di tipo barriera: si basa sulla formazione di strati che impediscono la diffusione di ossigeno o riducono la concentrazione ionica mantenendo così elevata la resistenza elettrica nella zona prossima al metallo;
- Effetto di tipo attivo: si basa sull'azione protettiva dei pigmenti che, inseriti nel film, sono in grado di adsorbirsi sulla superficie metallica e di creare condizioni di inibizione e passività.

Nella protezione dei metalli in ambienti aggressivi si prediligono film protettivi in cui è prevalente la protezione di tipo attivo.

Affinché un film protettivo possa rimanere tale per la vita di servizio prevista, deve resistere all'azione aggressiva dell'ambiente esterno; pertanto deve:

- Presentare una buona resistenza chimica nelle varie condizioni ambientali;
- Sviluppare la massima aderenza nei confronti del metallo base;
- Possedere adeguate caratteristiche meccaniche;
- Possedere adeguate proprietà reologiche.

Tra la vasta gamma di leganti si è pensato all'applicazione di **leganti oleoresinosi** che formano le pitture oleofenoliche: costituite da poliesteri di elevato peso molecolare preparati per reazione di alcool polivalenti con miscele di acidi grassi.

Questa pittura è ottenuta per reazione degli oli vegetali con resine sintetiche; ha un costo ragionevole e buone caratteristiche estetiche di elasticità e di ancoraggio anche su superfici non sabbiate per resistere in atmosfere non inquinate.

In base alla percentuale e tipo di olio possiamo avere:

- Resine essiccate: hanno una percentuale di olio superiore al 55% e induriscono attraverso la reazione dell'ossigeno atmosferico
- Resine non essiccate: hanno una bassa percentuale di olio e induriscono a temperature abbastanza elevate e in forno.



La pittura può essere effettuata direttamente in cantiere prima della posa dell'elemento; per questo è opportuno esplicitare il ciclo di pitturazione che realizza di grado elevato.

Un errato ciclo di pitturazione può non essere protettivo.

I passaggi che il tecnico deve effettuare sono:

1. Mano di fondo: sviluppa la massima aderenza al supporto grazie a forze di interazioni di natura chimico-fisica tra film e supporto. L'aderenza dipende dal grado di pulitura della superficie metallica che, nel caso di pitture oleofenoliche non richiede una pulitura particolarmente accurata;
2. Mano intermedia: da spessore al film di pitturazione per aumentare l'impermeabilità del ciclo di pitturazione utilizzando materiali meno costosi;
3. Mano di copertura: formulata in funzione dell'ottenimento della massima resistenza chimica, senza condizionamenti da implicazioni di aderenza al supporto.

## 5.4 Azione sismica

Questo paragrafo ha la finalità di determinare le azioni orizzontali causate dal sisma sulle solette. Il calcolo è stato fatto sul blocco 1, che rappresenta la parte dell'edificio in cui sono poste le aule della scuola materna ed elementare. L'analisi sismica viene eseguita secondo il metodo illustrato nelle Nuove Norme Tecniche per le costruzioni nel capitolo 3.2. 7.3 e 7.5 I dati sotto riportati sono stati presi dall'allegato S. Per il calcolo degli spettri di risposta è stato utilizzato il foglio di calcolo fornito dall'ente responsabile.

CARICHI PERMANENTI W (trovati da  $G_1$  e  $G_2$ )

Perimetro piano tipo (2p)	405	[m]
Area piano tipo (A)	2160	[m <sup>2</sup> ]
n° piani	1	[-]
peso strut. Oriz. Piano tipo/m <sup>2</sup> ( $G_1$ )	1.87	[kN/m <sup>2</sup> ]
peso strut. Oriz. copertura/m <sup>2</sup> ( $G_1$ )	1.87	[kN/m <sup>2</sup> ]
peso strut. CV/m ( $G_1$ )	0	[kN/m]
peso al piano strut. Oriz. Piano tipo ( $G_1$ )	4039.20	[kN]
peso al piano strut. Oriz. copertura ( $G_1$ )	4039.20	[kN]
peso al piano strut. CV ( $G_1$ )	0	[kN]
peso globale carichi permanenti strut. ( $G_1$ )	4039.2	[kN]
peso non strut. Oriz. Piano tipo/m <sup>2</sup> ( $G_2$ )	1.12	[kN/m <sup>2</sup> ]
peso non strut. Oriz. copertura/m <sup>2</sup> ( $G_2$ )	1.44	[kN/m <sup>2</sup> ]
peso non strut. CV/m ( $G_2$ )	2.42	[kN/m]
peso PV tra locali/m ( $G_2$ )	2.42	[kN/m]
peso PV tra locali/m <sup>2</sup> "spalmato" ( $G_2$ )	1.2	[kN/m <sup>2</sup> ]
peso PV tra appartamenti/m ( $G_2$ )	0	[kN/m]
peso PV tra appartamenti/m <sup>2</sup> "spalmato" ( $G_2$ )	0	[kN/m <sup>2</sup> ]
peso al piano non strut. Oriz. Piano tipo ( $G_2$ )	2419.20	[kN]
peso al piano non strut. Oriz. copertura ( $G_2$ )	3110.40	[kN]
peso al piano non strut. CV ( $G_2$ )	5227.2	[kN]
peso al piano PV tra locali "spalmato" ( $G_2$ )	2592	[kN]
Peso globale carichi permane. non strut. ( $G_2$ )	10929.6	[kN]

PESO DEGLI ELEMENTI		
peso al piano Oriz. Piano tipo (W)	6458.40	[kN]
peso al piano Oriz. copertura (W)	7149.60	[kN]
peso al piano CV (W)	5227.20	[kN]
peso al piano PV tra locali "spalmato" (W)	2592.00	[kN]
peso al piano PV tra apparta. "spalmato" (W)	0.00	[kN]
Peso partizione più pesante (W)	2592.00	[kN]
CARICHI PERMANENTI W (trovati da G <sub>1</sub> e G <sub>2</sub> )		
carichi variabili uniformemente distribuiti/m <sup>2</sup> q <sub>k</sub>	3	[kN/m <sup>2</sup> ]
carichi al piano variabili unif. distribuiti q <sub>k</sub>	6480	[kN]
carichi variabili uniformemente distribuiti q <sub>k</sub> tot	6480	[kN]

**Tabella 3.1.II – Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici**

Cat.	Ambienti	q <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Q <sub>k</sub> [kN]	H <sub>k</sub> [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> <del>Cat. C1 Copedali, ristoranti, caffè, banche, scuole</del> Cat. C2 Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi	3,00 4,00	2,00 4,00	1,00 2,00
	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	5,00	5,00	3,00
	<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 —	6,00 —	1,00* —
	<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			

CARICHI PERMANENTI W (trovati da  $G_1$  e  $G_2$ )

Le azioni variabili vengono moltiplicati per il coefficiente  $\Psi_2$  relativo alla loro categoria (vedi tabella 2.5.I).

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

**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

peso globale carichi permanenti strut. ( $G_1$ )	4039	[kN]
Peso globale carichi permane. non strut. ( $G_2$ )	10930	[kN]
carichi variabili uniformemente distribuiti $q_k$ tot	6480	[kN]
carico variabili da neve $q_s$ tot	2592	[kN]
$\Psi_2$ carichi uniformemente distribuiti	0.6	[-]
$\Psi_2$ neve	0	[-]
carico per azione sismica per SLU e SLE (W)	18857	[kN]

## TEMPO DI RITORNO PER GLI STATI LIMITE

Obiettivo di questa analisi è trovare le azioni orizzontali agenti sulle singole solette (o orizzontamenti). L'analisi sismica viene eseguita secondo il metodo illustrato nelle Nuove Norme Tecniche per le costruzioni nel capitolo 3.2. e 7.3, 7.5 I dati sotto riportati sono stati presi dall'allegato S delle NTC2008. Per il calcolo degli spettri di risposta è stato utilizzato il foglio di calcolo fornito dall'ente responsabile.

città	Lipari	
latitudine	38.27	gradi N
longitudine	14.9543	gradi E
altri dati	edificio regolare	
	altezza < 40 [m]	

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad (2.4.1)$$

Il valore del coefficiente d'uso  $C_U$  è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

Se  $V_R \leq 35$  anni si pone comunque  $V_R = 35$  anni.

*Classe I:* Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

*Classe II:* Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

*Classe III:* Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

*Classe IV:* Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Tabella 2.4.I – Vita nominale  $V_N$  per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale $V_N$ (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva <sup>1</sup>	$\leq 10$
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	$\geq 50$
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$



### PERIODO DI RIFERIMENTO (TEMPO DI RITORNO) $V_R$

vita nominale $V_N$	72	anni
coefficiente d'uso $C_U$	2	[-]
tempo di ritorno $V_R$	144	anni

### VALORI DEI PARAMETRI $A_g$ , $F_o$ , $T_C^*$ PER IL PERIODO DI RITORNO $T_R$ DI RIFERIMENTO

Essendo Lipari un'isola al di fuori del reticolo, sono stati inseriti manualmente nel foglio di calcolo i seguenti parametri:

$a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;

$F_o$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

$T_C^*$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

TABELLA 2: Valori di  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  per le isole, con l'esclusione della Sicilia, Ischia, Procida e Capri.

Isole	$T_R=30$			$T_R=50$			$T_R=72$			$T_R=101$			$T_R=140$			$T_R=201$			$T_R=475$			$T_R=975$			$T_R=2475$		
	$a_g$	$F_o$	$T_C^*$	$a_g$	$F_o$	$T_C^*$	$a_g$	$F_o$	$T_C^*$	$a_g$	$F_o$	$T_C^*$	$a_g$	$F_o$	$T_C^*$	$a_g$	$F_o$	$T_C^*$	$a_g$	$F_o$	$T_C^*$	$a_g$	$F_o$	$T_C^*$	$a_g$	$F_o$	$T_C^*$
Arcipelago Toscano, Isole Egadi, Pantelleria, Sardegna, Lampedusa, Linosa, Ponza, Palmarola, Zannone	0,186	2,61	0,273	0,235	2,67	0,296	0,274	2,70	0,303	0,314	2,73	0,307	0,351	2,78	0,313	0,393	2,82	0,322	0,500	2,88	0,340	0,603	2,98	0,372	0,747	3,09	0,401
Ventotene, Santo Stefano	0,239	2,61	0,245	0,303	2,61	0,272	0,347	2,61	0,298	0,389	2,66	0,326	0,430	2,69	0,366	0,481	2,71	0,401	0,600	2,92	0,476	0,707	3,07	0,517	0,852	3,27	0,564
Ustica, Tremiti	0,429	2,50	0,400	0,554	2,50	0,400	0,661	2,50	0,400	0,776	2,50	0,400	0,901	2,50	0,400	1,056	2,50	0,400	1,500	2,50	0,400	1,967	2,50	0,400	2,725	2,50	0,400
Alicudi, Filicudi,	0,350	2,70	0,400	0,558	2,70	0,400	0,807	2,70	0,400	1,020	2,70	0,400	1,214	2,70	0,400	1,460	2,70	0,400	2,471	2,70	0,400	3,212	2,70	0,400	4,077	2,70	0,400
Panarea, Stromboli, Lipari, Vulcano, Salina	0,618	2,45	0,287	0,817	2,48	0,290	0,983	2,51	0,294	1,166	2,52	0,290	1,354	2,56	0,290	1,580	2,56	0,292	2,200	2,58	0,306	2,823	2,65	0,316	3,746	2,76	0,324

TR [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
30	0.618	2.450	0.287
50	0.817	2.480	0.290
72	0.983	2.510	0.294
101	1.166	2.520	0.290
140	1.354	2.560	0.290
201	1.580	2.560	0.292
475	2.200	2.580	0.306
975	2.823	2.650	0.316
2475	3.746	2.760	0.324

### TEMPO DI RITORNO $V_R$ PER GLI STATI LIMITE

STATO LIMITE	TR [anni]	ag [g]	Fo [-]	TC* [s]
SLO	87	1.080	2.515	0.292
SLD	145	1.374	2.560	0.290
SLV	1367	3.128	2.689	0.319
SLC	2475	3.746	2.760	0.324

## FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$   info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE {

- SLO -  $P_{VR} = 81\%$
- SLD -  $P_{VR} = 63\%$

Stati limite ultimi - SLU {

- SLV -  $P_{VR} = 10\%$
- SLC -  $P_{VR} = 5\%$

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

Stato Limite	Strategia per costruzioni ordinarie	Strategia scelta
SLO	87	87
SLD	145	145
SLV	~100	1367
SLC	~100	2475

LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- .....■..... Strategia scelta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

## FORMULAZIONE DEGLI SPETTRI DI RISPOSTA

Per il calcolo della forza orizzontale alla base dell'edificio è necessario trovare lo spettro delle accelerazioni relative allo stato limite considerato. Lo spettro assume valori diversi a seconda dell'intervallo del periodo considerato.

### 3.2.3.2.1 Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Quale che sia la probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{V_R}$  considerata, lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle espressioni seguenti:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned} \tag{3.2.4}$$

nelle quali  $T$  ed  $S_e$  sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale orizzontale. Nelle (3.2.4) inoltre

$S$  è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente

$$S = S_S \cdot S_T, \tag{3.2.5}$$

essendo  $S_S$  il coefficiente di amplificazione stratigrafica (vedi Tab. 3.2.V) e  $S_T$  il coefficiente di amplificazione topografica (vedi Tab. 3.2.VI);

## Ss COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA

### Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti  $S_S$  e  $C_C$  valgono 1.

Per le categorie di sottosuolo **B**, **C**, **D** ed **E** i coefficienti  $S_S$  e  $C_C$  possono essere calcolati, in funzione dei valori di  $F_0$  e  $T_C^*$  relativi al sottosuolo di categoria **A**, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.V, nelle quali  $g$  è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Tabella 3.2.V – Espressioni di  $S_S$  e di  $C_C$

Categoria sottosuolo	$S_S$	$C_C$
<b>A</b>	1,00	1,00
<b>B</b>	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
<b>C</b>	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
<b>D</b>	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$

## CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Fo	2.56	[-]
ag	1.373754	[g]
g	1	[g]
S <sub>s</sub>	-2.87522	[-]

Se  $S_s < 1,8$ , allora considero in ogni caso  $S = 1,8$

## S<sub>T</sub> COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S<sub>T</sub>

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S <sub>T</sub>
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

## CATEGORIA TOPOGRAFICA

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

$S_s$	1.8	[-]
$S_T$	1.2	[-]
S	2.16	[-]

## H ORIZZONTALE

$\xi$  coefficiente di smorzamento viscoso di solito è considerato  $\xi=5\%$ . E  $\eta=1$

$\eta$  è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali  $\xi$  diversi dal 5%, mediante la relazione

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55, \quad (3.2.6)$$

dove  $\xi$  (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;

Se gli stati limite SL non vengono calcolati con opportuni accelerogrammi, allora si calcola  $\eta$ :

$$\eta=1/q$$

## Q FATTORE DI STRUTTURA

Il valore del fattore di struttura  $q$  da utilizzare per ciascuna direzione della azione sismica, dipende dalla tipologia strutturale, dal suo grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e prende in conto le non linearità di materiale. Esso può essere calcolato tramite la seguente espressione:

$$q = q_0 \cdot K_R \quad (7.3.1)$$



## Q<sub>0</sub> VALORE MASSIMO DEL FATTORE DI STRUTTURA

### 7.5.2.2 Fattori di struttura

Per ciascuna tipologia strutturale il valore massimo di riferimento per q<sub>0</sub> è indicato in Tab. 7.5.II.

Tabella 7.5.II – Limiti superiori dei valori di q<sub>0</sub> per le diverse tipologie strutturali e le diverse classi di duttilità.

TIPOLOGIA STRUTTURALE	q <sub>0</sub>	
	CD "B"	CD "A"
a) Strutture intelaiate c) Strutture con controventi eccentrici	4	5α <sub>v</sub> /α <sub>1</sub>
b1) Controventi concentrici a diagonale tesa attiva b2) Controventi concentrici a V	4 2	4 2,5
d) Strutture a mensola o a pendolo inverso	2	2α <sub>v</sub> /α <sub>1</sub>
e) Strutture intelaiate con controventi concentrici	4	4α <sub>v</sub> /α <sub>1</sub>
f) Strutture intelaiate con tamponature in muratura	2	2

Per le strutture regolari in pianta possono essere adottati i seguenti valori di α<sub>v</sub>/α<sub>1</sub>:

- edifici a un piano α<sub>v</sub>/α<sub>1</sub> = 1,1
- edifici a telaio a più piani, con una sola campata α<sub>v</sub>/α<sub>1</sub> = 1,2
- edifici a telaio con più piani e più campate α<sub>v</sub>/α<sub>1</sub> = 1,3
- edifici con controventi eccentrici a più piani α<sub>v</sub>/α<sub>1</sub> = 1,2
- edifici con strutture a mensola o a pendolo inverso α<sub>v</sub>/α<sub>1</sub> = 1,0

### CLASSI DI DUTTILITÀ CD

- Classe di duttilità alta (CD "A"):
- Classe di duttilità bassa (CD "B").

### K<sub>R</sub> FATTORE RIDUTTIVO

K<sub>R</sub> è un fattore riduttivo che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione, con valore pari ad 1 per costruzioni regolari in altezza e pari a 0,8 per costruzioni non regolari in altezza.

q <sub>0</sub>	5.5	[-]
K <sub>R</sub>	0.8	[-]
q	4.4	[-]
ξ	5	[-]
η	1	[-]

## H VERTICALE

Per la componente verticale non sono presenti opportuni accelerogrammi,  $\eta$  viene quindi calcolato come:

$$\eta = 1/q$$

## Q PER LA COMPONENTE VERTICALE

Per la componente verticale dell'azione sismica il valore di  $q$  utilizzato, a meno di adeguate analisi giustificative, è  $q = 1,5$  per qualunque tipologia strutturale e di materiale, tranne che per i ponti per i quali è  $q = 1$ .

$q$	1.5	[-]
$\eta$	0.666667	[-]

## $T_c$ PERIODO INIZIALE DELLO SPETTRO A VELOCITA' COSTANTE

$T_c$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da

$$T_c = C_c \cdot T_c^* \quad (3.2.7)$$

dove  $T_c^*$  è definito al § 3.2 e  $C_c$  è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (vedi Tab. 3.2.V);

## C<sub>C</sub> COEFFICIENTE IN FUNZIONE DEL SOTTOSUOLO

### Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  valgono 1.

Per le categorie di sottosuolo **B**, **C**, **D** ed **E** i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  possono essere calcolati, in funzione dei valori di  $F_0$  e  $T_C^*$  relativi al sottosuolo di categoria **A**, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.V, nelle quali  $g$  è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Tabella 3.2.V – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_{eg}}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_{eg}}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_{eg}}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_{eg}}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

$T_C^*$	0.29	[s]
$C_c$	2.321192	[-]
$T_C$	0.673146	[s]

### T<sub>B</sub> PERIODO DELLO SPETTRO AD ACCELERAZIONE COSTANTE

$T_B$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante,

$$T_B = T_C / 3, \quad (3.2.8)$$

$T_C$	0.673146	[s]
$T_B$	0.224382	[s]

### **T<sub>D</sub> PERIODO INIZIALE DELLO SPETTRO A SPOSTAMENTO COSTANTE**

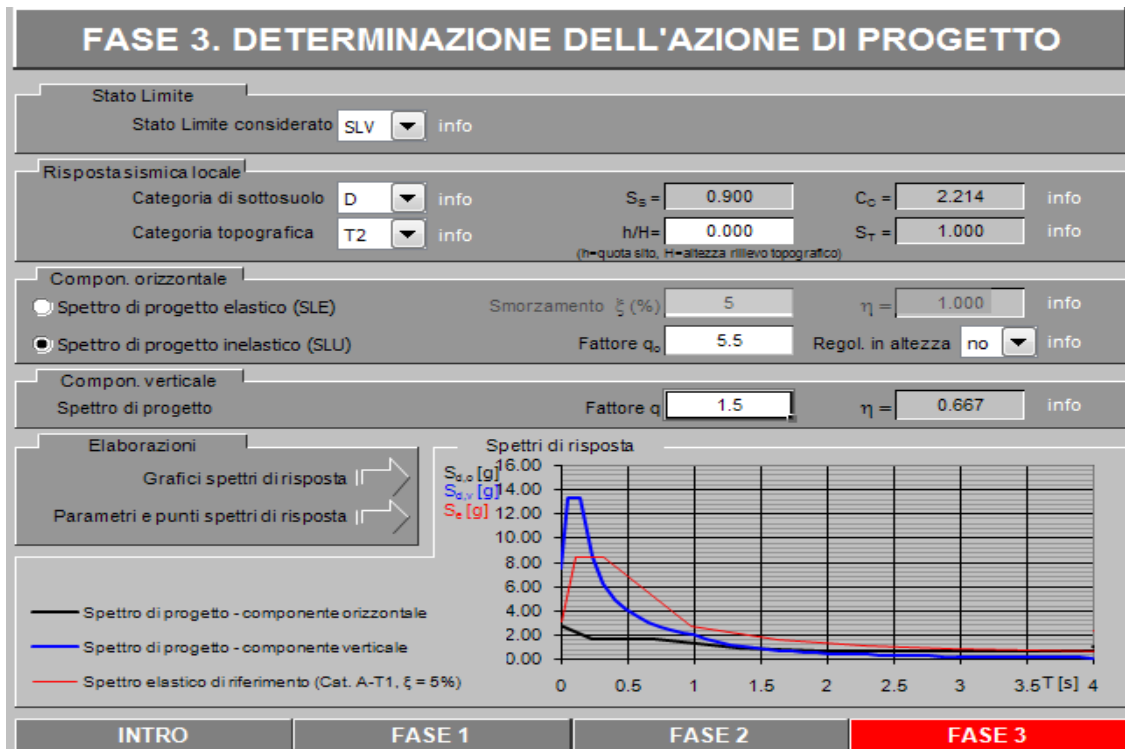
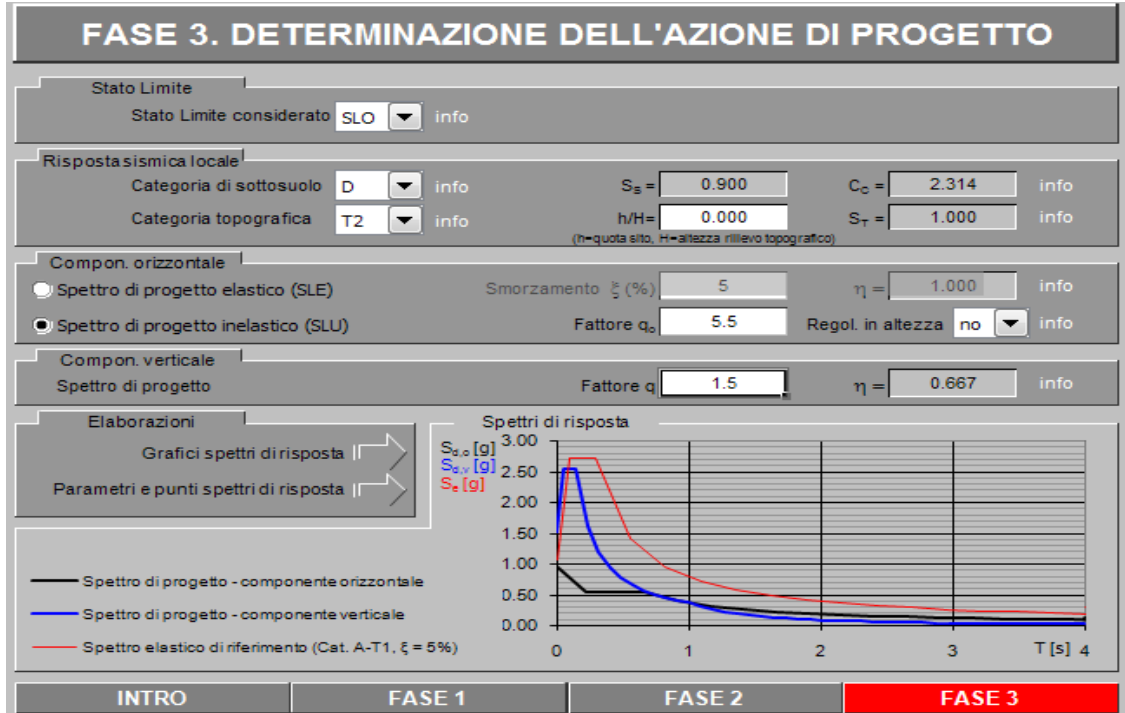
T<sub>D</sub> è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4,0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1,6. \quad (3.2.9)$$

ag	1.373754	[g]
g	1	[g]
T <sub>D</sub>	7.095016	[s]

## SPETTRO DI PROGETTO INELASTICO

Per l'analisi dell'azione sismica per lo SLU va considerato uno spettro di risposta inelastico che tiene conto Gli Stati Limite che vengono analizzati sono SLO e SLV





## 5.5 Forza orizzontale alla base dell'edificio

### ANALISI STATICA

L'analisi statica viene condotta a partire dalle indicazioni contenute nella NTC2008 capitolo 7.3.3.2. L'edificio è infatti regolare in pianta, ha un'altezza inferiore ai 40m e i pesi sono equamente distribuiti in altezza. È dunque possibile calcolare il periodo di vibrazione  $T_1$  secondo la procedura seguente.

requisiti:	edificio regolare in altezza
	altezza < 40 m
	$T_1 < 2,5 \cdot T_c$
	$T_1 < T_D$

dove:  $H$  è l'altezza della costruzione, in metri, dal piano di fondazione e  $C_1$  vale 0,085 per costruzioni con struttura a telaio in acciaio, 0,075 per costruzioni con struttura a telaio in calcestruzzo armato e 0,050 per costruzioni con qualsiasi altro tipo di struttura.

$C_1$	0.085	[s/m]
$H$	9.66	[m]
$T_1$	0.47	[s]

### $S_D$ DELLO SPETTRO DI RISPOSTA PER SLV

Dopo aver trovato il valore  $T_1$  si può trovare nel foglio precedente lo spettro di risposta  $S_d$  (che equivale ad una accelerazione)

$T_1$	0.47	[s]
$S_d$ SLV	1.721	[g]

### $S_D$ DELLO SPETTRO DI RISPOSTA PER SLO

$S_d$ SLO	0.556	[g]
-----------	-------	-----

**F<sub>h</sub> FORZA ORIZZONTALE ALLA BASE DELL'EDIFICIO PER SLV E SLO**

S <sub>d</sub> SLV	1.721	[g]
S <sub>d</sub> SLO	0.556	[g]
W - tecnologia secco	18857	[kN]
λ	0.85	[-]
g	1	[g]
F <sub>h</sub> SLV - tecnologia a secco	27585	[kN]
F <sub>h</sub> SLO - tecnologia a secco	8912	[kN]

**F<sub>i</sub> FORZA ORIZZONTALE SUGLI ORIZZONTAMENTI PER SLV E SLO<sup>50</sup>**

$$F_i = F_h \cdot z_i \cdot W_i / \sum_j z_j W_j \quad (7.3.6)$$

dove:

$$F_h = S_d(T_1) \cdot W \cdot \lambda / g$$

F<sub>i</sub> è la forza da applicare alla massa i-esima;

W<sub>i</sub> e W<sub>j</sub> sono i pesi, rispettivamente, della massa i e della massa j;

z<sub>i</sub> e z<sub>j</sub> sono le quote, rispetto al piano di fondazione (v. § 3.2.3.1), delle masse i e j;

quota PT	0	[m]
quota P1	3.4	[m]
quota copertura	7.8	[m]

**PESO DEGLI ELEMENTI**

Peso globale Oriz. Piano tipo (W)	6458	[kN]
Peso globale Oriz. copertura (W)	7149	[kN]
Peso globale CV (W)	5227	[kN]
Peso globale PV tra locali (W)	2592	[kN]

**W<sub>i</sub> PESO SUI SINGOLI ORIZZONTAMENTI**

<sup>50</sup> si calcola la quota a partire dal livello 0 del terreno, non dal livello del magrone, perché si considera che tutto ciò che è interrato si muova in maniera solidale col terreno. Per lo stesso motivo non ha senso calcolare il peso della soletta che non grava sulla struttura e in più si muove col terreno

peso soletta PT	0	[kN]
peso soletta P1	14277	[kN]
peso copertura	7149	[kN]

#### **F<sub>1</sub> FORZA ORIZZONTALE SUGLI ORIZZONTAMENTI PER SLV**

F <sub>h</sub> SLV	1003	[kN]	
z <sub>j</sub> W <sub>j</sub> PT	0	[kNm]	
z <sub>j</sub> W <sub>j</sub> P1	48542	[kNm]	
z <sub>j</sub> W <sub>j</sub> copertura	55762	[kNm]	
Σz <sub>j</sub> W <sub>j</sub> edificio	104305	[kNm]	
F <sub>h</sub> PT	0	[kN]	
F <sub>h</sub> P1	467	[kN]	
F <sub>h</sub> copertura	536	[kN]	
Σ F <sub>h</sub> edificio	1003	[kN]	verificato

#### **F<sub>1</sub> FORZA ORIZZONTALE SUGLI ORIZZONTAMENTI PER SLO**

F <sub>h</sub> SLO	9452	[kN]	
z <sub>j</sub> W <sub>j</sub> PT	0	[kNm]	
z <sub>j</sub> W <sub>j</sub> P1	48542	[kNm]	
z <sub>j</sub> W <sub>j</sub> copertura	55762	[kNm]	
Σz <sub>j</sub> W <sub>j</sub> edificio	104305	[kNm]	
F <sub>h</sub> PT	0	[kN]	
F <sub>h</sub> P1	4399	[kN]	
F <sub>h</sub> copertura	5053	[kN]	
Σ F <sub>h</sub> edificio	9452	[kN]	verificato

## 5.6 Azione del vento

L'azione del vento è definita nel paragrafo 3.3.1 delle NTC : "Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando, in generale, effetti dinamici. Per le costruzioni usuali tali azioni sono convenzionalmente ricondotte alle azioni statiche equivalenti ...".

### VELOCITA' DI RIFERIMENTO $v_b$

Altitudine luogo di progetto $a_s$	18	m s.l.m.	
$a_0$	500	m	(da tabella 3.3.I per zona 9)
$v_{b0}$	31	$m/s^2$	(da tabella 3.3.I per zona 9)

Tabella 3.3.I - Valori dei parametri  $v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_a$

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_a$ [1/s]
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,010
2	Emilia Romagna	25	750	0,015
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,020
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,020
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,015
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,020
7	Liguria	28	1000	0,015
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,010
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,020

### PRESSIONE DEL VENTO

$$P = q_b * C_e * C_p * C_d$$

$$\text{Calcolo della pressione cinetica di riferimento } q_b = 1/2 * (\rho * v_b^2)$$

Densità dell'aria $\rho$	1.25	$Kg/m^3$
Velocità di riferimento $v_b$	31	$m/s^2$
Pressione cinetica di riferimento $q_b$	601	$N/m^2$

Calcolo del coefficiente di esposizione	$\text{se } z > z_{\min} C_e = K_r^2 * c_t * \ln(z/z_0) * [7 + c_t * \ln(z/z_0)]$ $\text{se } z < z_{\min} \quad C_e(z) = C_e(z_{\min})$
---	--

Altezza dell'edificio z	3,4	m
Rugosità del terreno	B	
Zona	9	
Distanza dalla costa	> 10	km
Categoria di esposizione del sito	III	
Z <sub>min</sub>	5	m

**Tabella 3.3.III - Classi di rugosità del terreno**

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...)

Il diagramma illustra le zone costiere (1, 2, 3, 4, 5) in relazione alla distanza dalla costa (mare) e all'altitudine. Le distanze indicate sono 2 km, 10 km, 30 km, 500m e 750m. La tabella sottostante mostra la corrispondenza tra le classi di rugosità del terreno (A, B, C, D) e le zone costiere (I, II, III, IV, V).

	ZONE 1,2,3,4,5					
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**

**Tabella 3.3.II – Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione**

Categoria di esposizione del sito	k <sub>r</sub>	z <sub>0</sub> [m]	z <sub>min</sub> [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12



$z > z_{min}$	no	
---------------	----	--

per calcolare  $C_e$  uso la  $z_{min}$

### AZIONE DEL VENTO – PIANO TERRA

Coefficiente di topografia $C_t$	1		(valore usato generalmente)
$k_r$	0.23		(da tabella 3.3.II per categoria V)
$z_0$	0.7	m	(da tabella 3.3.II per categoria V)
Coefficiente di esposizione $C_e$	0.93		

Calcolo del coefficiente dinamico  $C_d$ <sup>51</sup>

Forma regolare	no	
$z < 80$ m	verificata	
Coefficiente dinamico $C_d$	1	(da NTC 2008 cap. 3.3.8)

<sup>51</sup> Il coefficiente dinamico può essere assunto cautelativamente pari ad 1 nelle costruzioni non eccedenti 80 m di altezza.

Calcolo del coefficiente di forma (o aerodinamico)  $C_p$ <sup>52</sup>

Copertura	
Sopravento	No
Sottovento	No
Radente	Si
$\alpha$	$0^\circ < \alpha < 20^\circ$
$C_{pe}$	-0.4
Facciata sopravento	
Sopravento	Si
Sottovento	No
Radente	No
$\alpha$	$90^\circ > 60^\circ$
$C_{pe}$	0.8
Facciata sottovento	
Sopravento	No
Sottovento	Si
Radente	No
$\alpha$	$90^\circ > 60^\circ$
$C_{pe}$	-0.4

<sup>52</sup> Per elementi sopravento, con inclinazione sull'orizzontale  $0^\circ < \alpha < 20^\circ$  e per elementi sottovento (intendendo come tali quelli non direttamente investiti dal vento o quelli investiti da vento radente)  $C_{pe} = -0,4$ . Per elementi sopravento (cioè direttamente investiti dal vento), con inclinazione sull'orizzontale  $\alpha > 60^\circ$ ,  $C_{pe} = +0,8$ .

Calcolo della pressione del vento  $P = q_b * C_e * C_p * C_d$

Parete sopravento		
Pressione cinetica di riferimento $q_b$	601	N/m <sup>2</sup>
Coefficiente di esposizione $C_e$	0.93	
Coefficiente di forma ( aerodinamico) $C_p$	0.8	
Coefficiente dinamico $C_d$	1	
Pressione del vento P	0.45	kN/m <sup>2</sup>

Parete sottovento		
Pressione cinetica di riferimento $q_b$	391	N/m <sup>2</sup>
Coefficiente di esposizione $C_e$	0.93	
Coefficiente di forma ( aerodinamico) $C_p$	-0.4	
Coefficiente dinamico $C_d$	1	
Pressione del vento P	-0.15	kN/m <sup>2</sup>

### AZIONE DEL VENTO - PIANO 1

Altezza dell'edificio z	3.4	m	
Rugosità del terreno	B		(da tabella 3.3.III)
Zona	9		(da tabella 3.3.I per zona 1 Lombardia)
Distanza dalla costa	>10	km	
Categoria di esposizione del sito	III		(da figura 3.3.2)
$z_{min}$	5	m	(da tabella 3.3.II per categoria V)
$z > z_{min}$	no		per calcolare $C_e$ uso la $z_{min}$
Coefficiente di topografia $C_t$	1		(valore usato generalmente)
$k_r$	0.23		(da tabella 3.3.II per categoria V)
$z_0$	0.7	m	(da tabella 3.3.II per categoria V)
Coefficiente di esposizione $C_e$	0.93		

### Calcolo del coefficiente dinamico $C_d$

Forma regolare	no	
$z < 80$ m	verificata	
Coefficiente dinamico $C_d$	1	

(da NTC 2008 cap. 3.3.8)

## CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI FORMA $C_p$

Copertura	
Sopravento	No
Sottovento	No
Radente	Si
$\alpha$	$0^\circ < 0^\circ < 20^\circ$
$C_{pe}$	-0.4 (da Circolare 2009 cap. 3.3.10.1)
Facciata sopravento	
Sopravento	Si
Sottovento	No
Radente	No
$\alpha$	$90^\circ > 60^\circ$
$C_{pe}$	0.8 (da Circolare 2009 cap. 3.3.10.1)
Facciata sottovento	
Sopravento	No
Sottovento	Si
Radente	No
$\alpha$	$90^\circ > 60^\circ$
$C_{pe}$	-0.4 (da Circolare 2009 cap. 3.3.10.1)
Parete sopravento	
Pressione cinetica di riferimento $q_b$	601
Coefficiente di esposizione $C_e$	0.93
Coefficiente di forma ( aerodinamico) $C_p$	0.8
Coefficiente dinamico $C_d$	1
Pressione del vento P	0.45
Parete sottovento	
Pressione cinetica di riferimento $q_b$	391
Coefficiente di esposizione $C_e$	0.93
Coefficiente di forma ( aerodinamico) $C_p$	-0.4
Coefficiente dinamico $C_d$	1
Pressione del vento P	-0.15



## FORZA DEL VENTO - PIANO TERRA

### FORZA SUL PIANO TERRA SOPRAVENTO - FACCIATA MAGGIORE

Pressione P	0.45	[kN/m <sup>2</sup> ]
lunghezza facciata	130	[m]
altezza incidente	3.4	[m]
Superficie incidente S	442	[m <sup>2</sup> ]
Forza F	198.05	[kN]

### FORZA SUL PIANO TERRA SOTTOVENTO - FACCIATA MAGGIORE

Pressione P	-0.15	[kN/m <sup>2</sup> ]
lunghezza facciata	177	[m]
altezza incidente	3.4	[m]
Superficie incidente S	602	[m <sup>2</sup> ]
Forza F	-87.69	[kN]
Forza F sopravento	198.05	[kN]
Forza F sottovento	-87.69	[kN]
Forza F totale	285.74	[kN]

### FORZA SUL PIANO TERRA SOPRAVENTO - FACCIATA MINORE

Pressione P	0.45	[kN/m <sup>2</sup> ]
lunghezza facciata	130	[m]
altezza incidente	3.4	[m]
Superficie incidente S	442	[m <sup>2</sup> ]
Forza F	198.05	[kN]

### FORZA SUL PIANO TERRA SOTTOVENTO - FACCIATA MINORE

Pressione P	-0.15	[kN/m <sup>2</sup> ]
lunghezza facciata	177	[m]
altezza incidente	3.4	[m]
Superficie incidente S	601.8	[m <sup>2</sup> ]
Forza F	-87.69	[kN]
Forza F sopravento	198.05	[kN]
Forza F sottovento	-87.69	[kN]
Forza F totale	285.74	[kN]

## FORZA DEL VENTO – PIANO 1

### FORZA SUL PIANO 2 SOPRAVENTO - FACCIATA MAGGIORE

Pressione P	0.45	[kN/m <sup>2</sup> ]
lunghezza facciata	130	[m]
altezza incidente	3.24	[m]
Superficie incidente S	421	[m <sup>2</sup> ]
Forza F	188.73	[kN]

### FORZA SUL PIANO 2 SOTTOVENTO - FACCIATA MAGGIORE

Pressione P	-0.15	[kN/m <sup>2</sup> ]
lunghezza facciata	177	[m]
altezza incidente	3.24	[m]
Superficie incidente S	573	[m <sup>2</sup> ]
Forza F	-83.56	[kN]

### FORZA SUL PIANO 2 TOTALE - FACCIATA MAGGIORE

Forza F sopravento	188.73	[kN]
Forza F sottovento	-83.56	[kN]
Forza F totale	272.30	[kN]

### FORZA SUL PIANO 2 SOPRAVENTO - FACCIATA MINORE

Pressione P	0.45	[kN/m <sup>2</sup> ]
lunghezza facciata	130	[m]
altezza incidente	4.25	[m]
Superficie incidente S	552.5	[m <sup>2</sup> ]
Forza F	247.57	[kN]

### FORZA SUL PIANO 2 SOTTOVENTO - FACCIATA MINORE

Pressione P	-0.15	[kN/m <sup>2</sup> ]
lunghezza facciata	177	[m]
altezza incidente	4.25	[m]
Superficie incidente S	752.25	[m <sup>2</sup> ]
Forza F	-109.61	[kN]
Forza F sopravento	247.57	[kN]
Forza F sottovento	-109.61	[kN]
Forza F totale	357.18	[kN]

## SPINTA DEL VENTO SUGLI ORIZZONTAMENTI

Vengono analizzate in questa parte le forze sugli orizzontamenti della facciata che vengono ricavate dalle forze sulla facciata utilizzando la formula:

$$F_n = F_{(n+1)/2} + F_{(n-1)/2}$$

### FORZA SULLA FACCIATA MAGGIORE

Forza F1	286	[kN]
Forza F2	272	[kN]
Forza totale in facciata Ftot <sub>1</sub>	558	[kN]

### FORZA SULLA FACCIATA MINORE

Forza F1	286	[kN]
Forza F2	357	[kN]
Forza totale in facciata Ftot <sub>2</sub>	643	[kN]

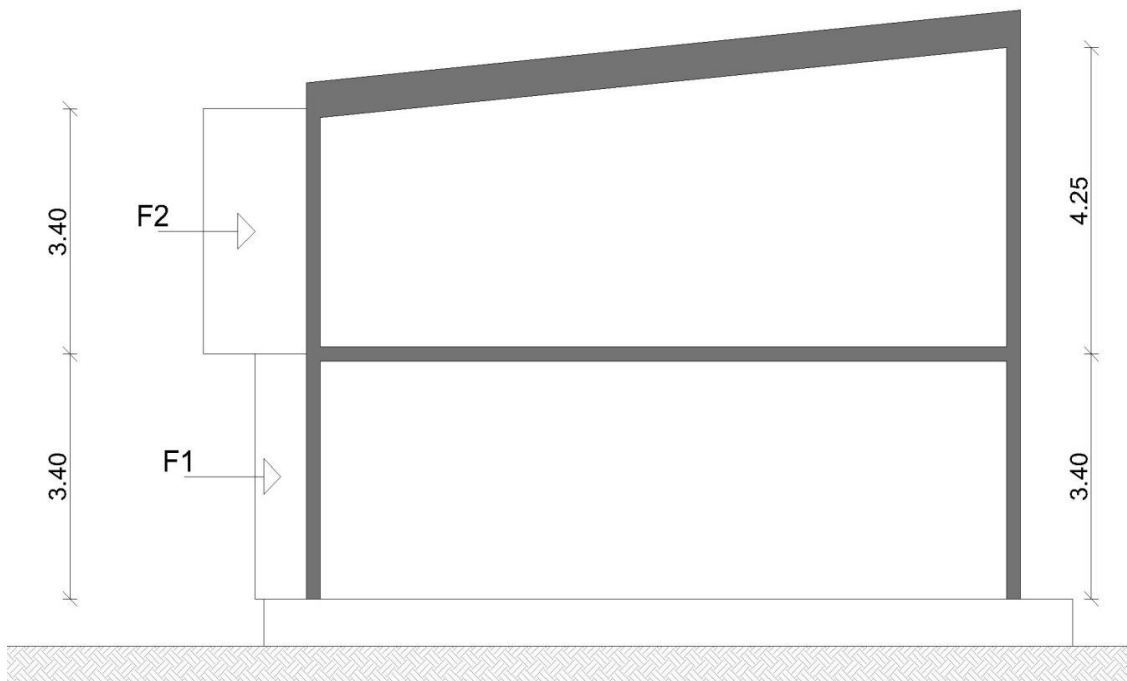


Fig. 5.3 - Sezione dell'edificio su cui agisce l'azione del vento

### FORZA SUGLI ORIZZONTAMENTI – FACCIATA MAGGIORE

Piano	Forza	
Copertura	136	[kN]
1°	279	[kN]
terra	143	[kN]

### FORZA SUGLI ORIZZONTAMENTI – FACCIATA MINORE

Piano	Forza	
Copertura	179	[kN]
1°	321	[kN]
terra	143	[kN]

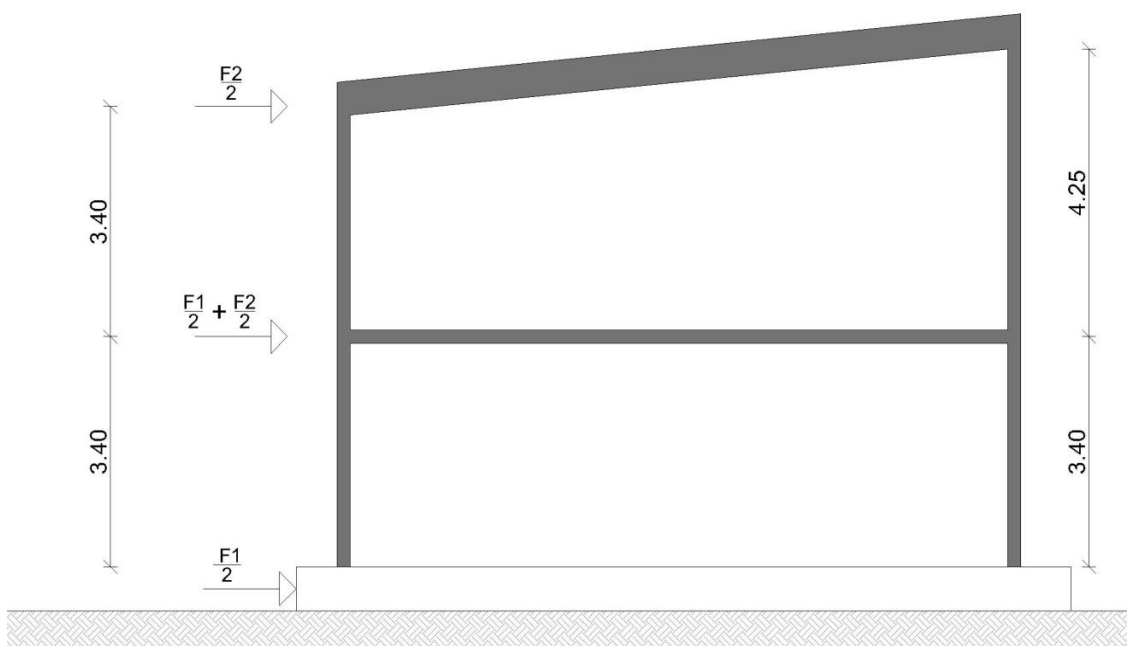


Fig. 5.4 - Forza del vento sugli orizzontamenti

## 5.7 Azione della neve

L'azione della neve è definita nel paragrafo 3.4.1 delle NTC : "Si ipotizza che il carico agisca in direzione verticale e lo si riferisce alla proiezione orizzontale della superficie della copertura". Il valore di riferimento per la neve al suolo è stato secondo le formule del paragrafo 3.4.2 delle NTC e considerando di trovarsi in Zona III a Messina e al di sotto dei 200 m s.l.m.

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

Altitudine luogo di progetto $a_s$	18	m s.l.m.	$a_s < 200$ m ZONA III
Valore caratteristico neve al suolo $q_{sk}$	0.6	kN/m <sup>2</sup>	
Coefficiente di esposizione $C_e$	1		
Coefficiente termico $C_t$	1		Senza studio materiali copertura
Angolo formato tra falda e orizzontale $\alpha$	10	°	$0^\circ < \alpha < 30^\circ$
Coefficiente di forma per coperture $\mu_i$	0.8		Tabella 3.4.II NTC 2008
Carico neve sulla copertura $q_s$	0.48	kN/m <sup>2</sup>	

**Tabella 3.4.II** – Valori del coefficiente di forma

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_i$	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

**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



## 5.8 Peso dei pacchetti tecnologici

In questa fase è stato analizzato il peso dei pacchetti utilizzando lo spessore, la densità e il peso volumico. I pesi verranno successivamente utilizzati per fare le combinazioni di carico.

### PESO ELEMENTI TECNICI VERTICALI - CHIUSURE PERIMETRALI

P.V. 03 chiusura verticale										
Strato	elemento non omogeneo	area [m <sup>2</sup> ]	spessore equivalente [m]	spessore [m]	δ densità [kg/m <sup>3</sup> ]	g acc. di gravità [m/s <sup>2</sup> ]	peso voluminico [N/m <sup>3</sup> ]	peso voluminico [kN/m <sup>3</sup> ]	interpiano al rustico [m]	Peso/m [kN/m]
Lastra in cartongesso		inserire spessore	inserire spessore -->	0,0125	940	9,81	9221,4	9,2214	3	0,3458025
Pannello in granuli di gomma		inserire spessore	inserire spessore -->	0,02	780	9,81	7651,8	7,6518	3	0,459108
Lastra in cartongesso		inserire spessore	inserire spessore -->	0,0125	940	9,81	9221,4	9,2214	3	0,3458025
Isolante termico in lana minerale		inserire spessore	inserire spessore -->	0,22	40	9,81	392,4	0,3924	3	0,25894
Lastra in cemento alleggerito fibrorinforzato		inserire spessore	inserire spessore -->	0,025	1020	9,81	10300,5	10,3005	3	0,772375
Isolamento termico in pse		inserire spessore	inserire spessore -->	0,07	30	9,81	294,3	0,2943	3	0,061803
Finitura esterna in pannelli di vetro		inserire spessore	inserire spessore -->	0,01	2700	9,81	26487	26,487	3	0,79461
									tot. G <sub>1</sub> [kN/m]	3,0386475

### PESO ELEMENTI TECNICI VERTICALI - PARTIZIONI INTERNE

P.V. 03										
Strato	elemento non omogeneo	area [m <sup>2</sup> ]	spessore equivalente [m]	spessore [m]	δ densità [kg/m <sup>3</sup> ]	g acc. di gravità [m/s <sup>2</sup> ]	peso voluminico [N/m <sup>3</sup> ]	peso voluminico [kN/m <sup>3</sup> ]	interpiano al rustico [m]	Peso/m [kN/m]
Lastra in cartongesso		inserire spessore	inserire spessore -->	0,0125	940	9,81	9221,4	9,2214	3	0,3458025
Pannello in granuli di gomma		inserire spessore	inserire spessore -->	0,02	780	9,81	7651,8	7,6518	3	0,459108
Lastra in cartongesso		inserire spessore	inserire spessore -->	0,0125	940	9,81	9221,4	9,2214	3	0,3458025
Isolante termico in lana minerale		inserire spessore	inserire spessore -->	0,15	40	9,81	392,4	0,3924	3	0,17658
Lastra in cartongesso		inserire spessore	inserire spessore -->	0,0125	940	9,81	9221,4	9,2214	3	0,3458025
Lastra in cartongesso		inserire spessore	inserire spessore -->	0,0125	940	9,81	9221,4	9,2214	3	0,3458025
Rivestimento in piastrelle		inserire spessore	inserire spessore -->	0,01	2000	9,81	19620	19,62	3	0,5886
									tot. G <sub>1</sub> [kN/m]	2,607498
									g <sub>2</sub> [kN/mq]	1,2

### PESO ELEMENTI TECNICI ORIZZONTALI -

C.O. 04										
Strato	elemento non omogeneo	area [m <sup>2</sup> ]	spessore equivalente [m]	spessore [m]	δ densità [kg/m <sup>3</sup> ]	g acc. di gravità [m/s <sup>2</sup> ]	peso voluminico [N/m <sup>3</sup> ]	peso voluminico [kN/m <sup>3</sup> ]	Peso/m [kN/m <sup>2</sup> ]	
tegola fotovoltaica		inserire spessore	inserire spessore -->	0,008	2152	9,81	21111,12	21,11112	0,16888896	
orditura secondaria	x	0,0016	0,0016		470	9,81	4610,7	4,6107	0,00737712	
orditura primaria	x	0,0016	0,0016		470	9,81	4610,7	4,6107	0,00737712	
strato di ripartizione dei carichi		inserire spessore	inserire spessore -->	0,05	2000	9,81	19620	19,62	0,981	
isolamento termico in polistirene espanso		inserire spessore	inserire spessore -->	0,08	30	9,81	294,3	0,2943	0,023544	
isolamento acustico in sughero		inserire spessore	inserire spessore -->	0,01	150	9,81	1471,5	1,4715	0,014715	
isolante lana minerale		inserire spessore	inserire spessore -->	0,04	30	9,81	294,3	0,2943	0,011772	
sottostruttura cartongesso		inserire spessore	inserire spessore -->	inserire spessore qui		9,81	0	0	0	
cartongesso		inserire spessore	inserire spessore -->	0,025	940	9,81	9221,4	9,2214	0,230535	
									tot.	1,4452092

C.O. 05										
Strato	elemento non omogeneo	area [m <sup>2</sup> ]	spessore equivalente [m]	spessore [m]	δ densità [kg/m <sup>3</sup> ]	g acc. di gravità [m/s <sup>2</sup> ]	peso voluminico [N/m <sup>3</sup> ]	peso voluminico [kN/m <sup>3</sup> ]	Peso/m [kN/m <sup>2</sup> ]	
pacchetto verde		inserire spessore	inserire spessore -->	0,16	719	9,81	7053,39	7,05339	1,1285424	
strato di ripartizione dei carichi		inserire spessore	inserire spessore -->	0,04	2000	9,81	19620	19,62	0,7848	
isolamento acustico in sughero		inserire spessore	inserire spessore -->	0,01	150	9,81	1471,5	1,4715	0,014715	
isolamento termico in polistirene espanso		inserire spessore	inserire spessore -->	0,1	30	9,81	294,3	0,2943	0,02943	
isolante lana minerale		inserire spessore	inserire spessore -->	0,04	30	9,81	294,3	0,2943	0,011772	
sottostruttura cartongesso		inserire spessore	inserire spessore -->	inserire spessore qui		9,81	0	0	0	
cartongesso		inserire spessore	inserire spessore -->	0,025	940	9,81	9221,4	9,2214	0,230535	
									tot.	2,1997944

P.O. 01										
Strato	elemento non omogeneo	area [m <sup>2</sup> ]	spessore equivalente [m]	spessore [m]	δ densità [kg/m <sup>3</sup> ]	g acc. di gravità [m/s <sup>2</sup> ]	peso voluminico [N/m <sup>3</sup> ]	peso voluminico [kN/m <sup>3</sup> ]	Peso/m [kN/m <sup>2</sup> ]	
gres porcellanato		inserire spessore	inserire spessore -->	0,003	2300	9,81	22563	22,563	0,067689	
strato di ripartizione dei carichi e pendenza		inserire spessore	inserire spessore -->	0,04	2000	9,81	19620	19,62	0,7848	
isolamento termico in polistirene espanso		inserire spessore	inserire spessore -->	0,1	30	9,81	294,3	0,2943	0,02943	
isolante lana minerale		inserire spessore	inserire spessore -->	0,04	30	9,81	294,3	0,2943	0,011772	
sottostruttura cartongesso		inserire spessore	inserire spessore -->	inserire spessore qui		9,81	0	0	0	
cartongesso		inserire spessore	inserire spessore -->	0,025	940	9,81	9221,4	9,2214	0,230535	
									tot.	1,124226

Partizione soppalco										
Strato	elemento non omogeneo	area [m <sup>2</sup> ]	spessore equivalente [m]	spessore [m]	δ densità [kg/m <sup>3</sup> ]	g acc. di gravità [m/s <sup>2</sup> ]	peso voluminico [N/m <sup>3</sup> ]	peso voluminico [kN/m <sup>3</sup> ]	Peso/m [kN/m <sup>2</sup> ]	
gres porcellanato		inserire spessore	inserire spessore -->	0,003	2300	9,81	22563	22,563	0,067689	
strato di ripartizione dei carichi e pendenza		inserire spessore	inserire spessore -->	0,04	2000	9,81	19620	19,62	0,7848	
									tot.	0,852489

## 5.9 Pre-dimensionamento lamiera grecata

Per il pre-dimensionamento della grecata si utilizzano come riferimento i carichi SLU. Le varie componenti vanno quindi moltiplicate per i coefficienti di sicurezza opportuni (STR).

Le tabelle utilizzate per il pre-dimensionamento sono quelle della ditta Marcegaglia e viene scelta l'altezza della grecata in base allo spessore, al sovraccarico di esercizio, alla luce della grecata e alle campate.

### SCelta DEI COEFFICIENTI DI SICUREZZA

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

**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.

### SCelta DELLA CATEGORIA

**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	2,00	2,00	1,00
	Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
C	<b>Ambienti suscettibili di affollamento</b> Cat. C1 Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole	3,00	2,00	1,00
	Cat. C2 Balconi, ballatoi e sale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi	4,00	4,00	2,00
	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	5,00	5,00	3,00

## SCelta DELLA LAMIERA GRECATA

EGB 1200 - H=14 cm														▲▲ 1 campata - 1 span			
Spessore Thickness mm	Sovraccarico di esercizio utile uniformemente distribuito kN/m <sup>2</sup> - Useful working overload, uniformly distributed (kN/m <sup>2</sup> )																
	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	7,00	8,00	10,00	12,00	15,00	20,00	
Luce massima in m per solai - Maximum span in m for floors																	
0,7	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,77	2,58	2,43	2,18	1,98	1,70	1,51	1,30	1,09	
0,8	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	2,95	2,76	2,59	2,33	2,12	1,87	1,62	1,40	1,15	
1,0	3,35	3,49	3,49	3,49	3,49	3,49	3,35	3,32	3,10	2,92	2,62	2,39	2,06	1,83	1,58	1,26	
1,2	3,58	3,58	3,58	3,58	3,58	3,58	3,58	3,53	3,30	3,11	2,80	2,56	2,21	1,97	1,70	1,28	

lamiera grecata collaborante	n° campate	luce	altezza grecata+getto [cm]	peso pacchetto [kN/m]	peso partizione più pesante g <sub>2</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	V <sub>02</sub>	categoria	carichi Vert. Unif. Distr. q <sub>2</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	V <sub>02</sub>	sovraccarico di esercizio [kN/m]	sp. lamiera [mm]
C.O. 04	1	2	14	1,45	1,2	1,5	C1	3	1,5	8,47	1
P.O. 01	1	2	14	1,12	1,2	1,5	C1	3	1,5	7,99	1
C.O. 05	1	2	14	2,20	1,2	1,5	C1	3	1,5	9,60	1
P.O. 02	1	2	14	0,85	0	1,5	C1	4	1,5	7,28	1

## PESO DELLA LAMIERA GRECATA

Strato	elemento non omogeneo	area [mq]	spessore equivalente [spessore [m]	δ densità [kg/m <sup>3</sup> ]	g acc. di gravità [m/s <sup>2</sup> ]	peso voluminico [N/m <sup>3</sup> ]	peso voluminico [kN/m]	Peso/m [kN/mq]
lamiera grecata collaborante		inserire spessore	inserire spessore ->	0,1	1900	9,81	18639	18,639
							tot.	1,8639

## 5.10 Dimensionamento delle travi secondarie

La trave è dimensionata in base ai carichi agenti su di essa, già calcolati in precedenza e in base alla sua luce e all'area di solaio che regge. Come riportato dalla normativa (DM 14 2008), i carichi agenti sono stati suddivisi in permanenti fissi (strutturali), permanenti portati (non strutturali ma sempre presenti) e variabili. In questo caso fra i carichi fissi si considera il peso strutturale del solaio e delle travi, fra i portati il peso non strutturale del solaio e quello delle partizioni ed infine fra i variabili solo quelli accidentali. I valori dei pesi sono presi dai fogli di calcolo riportati precedentemente in questa relazione.

### CARICHI PERMANENTI W TRAVE SECONDARIA INTERPIANO



Fig. 5.5 – Area d'influenza travi secondarie P1

luce trave che regge il solaio (l)	3.6	[m]
larghezza di influenza trave (i)	1.29	[m]
superficie che grava sulla trave (S)	4.64	[m <sup>2</sup> ]
peso strut. Oriz. Piano tipo/m <sup>2</sup> (G1)	1.87	[kN/m <sup>2</sup> ]
peso globale strut. Oriz. Su S (G1)	9	[kN]
peso globale strut. Oriz. Su l trave (PG1)	2.41	[kN/m]
peso non strut. Oriz. Piano tipo/m <sup>2</sup> (G2)	1.12	[kN/m <sup>2</sup> ]
peso PV tra locali/m (G2)	2.60	[kN/m]
peso PV tra locali/m <sup>2</sup> "spalmato" (G2)	1.2	[kN/m <sup>2</sup> ]
peso globale non strut. Su S (G2)	5	[kN]
Peso globale carichi permanenti su S (G2)	11	[kN]
Peso globale carichi permane. su l trave (PG2)	2.99	[kN/m]

## CARICHI PERMANENTI W TRAVE SECONDARIA COPERTURA

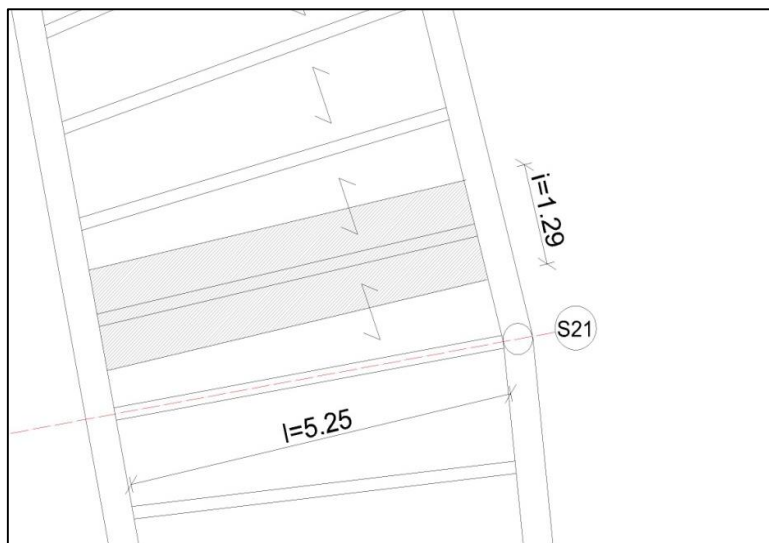


Fig. 5.6 - Area d'influenza travi secondarie coperture

luce trave che regge il solaio (l)	5.25	[m]
larghezza di influenza trave (i)	1.29	[m]
superficie che grava sulla trave (S)	7	[m <sup>2</sup> ]
peso strut. Oriz. copertura/m <sup>2</sup> (G1)	1.87	[kN/m <sup>2</sup> ]
peso globale strut. Oriz. Su S (G1)	13	[kN]
peso globale strut. Oriz. Su l trave (PG1)	2.41	[kN/m]
peso non strut. Oriz. copertura/m <sup>2</sup> (G2)	1.45	[kN/m <sup>2</sup> ]
peso globale non strut. Oriz. Su S (G2)	10	[kN]
peso globale non strut. Oriz. Su l trave (PG2)	1.87	[kN/m]

## CARICHI VARIABILI $Q_k$ RELATIVI ALL'UTILIZZO DELL'EDIFICIO

I carichi variabili vengono considerati in base alla categoria dell'edificio e fanno riferimento alla tabella 3.1.II del N.T.C. 2008

luce trave che regge il solaio (l)	3.6	[m]
larghezza di influenza trave (i)	1.29	[m]
superficie che grava sulla trave (S)	5	[m <sup>2</sup> ]
carichi verticali uniformemente distribuiti/m <sup>2</sup> $q_k$	3	[kN/m <sup>2</sup> ]
carichi verticali unif. distribuiti $q_k$ su S	14	[kN]
carichi vert. unif. distribuiti $q_k$ su l trave (Q)	3.87	[kN/m]



## COMBINAZIONE DI CARICO - SLU E SLE

Si calcolano ora le combinazioni di carico allo SLU ed SLE necessari per le relative verifiche. Lo SLU è associato al collassi di tutta la struttura o di una sua parte e la sicurezza è legata all'incolumità delle persone. Lo SLE corrisponde a situazioni raggiunte le quali i requisiti funzionali della struttura o di alcune sue parti non sono più soddisfatti. Essi causano danni limitati, ma rendono la struttura non più idonea alle esigenze definite nel progetto.

- 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:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

**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.

**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

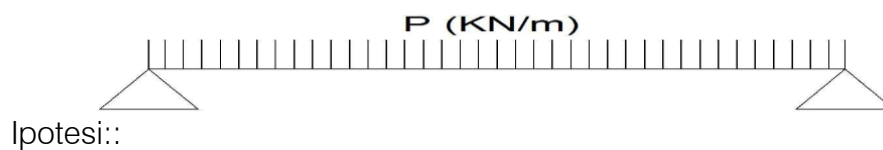
### TRAVE SECONDARIA INTERPIANO

peso globale strut. Oriz. Su l trave ( $P_{G1}$ )	2.41	[kN/m]
Peso globale carichi permane. su l trave ( $P_{G2}$ )	2.99	[kN/m]
car. var. vert. unif. distribuiti $q_k$ su l trave (Q)	3.87	[kN/m]
$\gamma_{G1}$	1.3	[-]
$\gamma_{G2}$	1.5	[-]
$\gamma_{Qi}$	1.5	[-]
carico su l trave per SLU ( $P_u$ )	13.43	[kN/m]
carico su l trave per SLE ( $P_E$ )	9.28	[kN/m]
carichi variabili su l trave per SLE ( $P_{E\text{ var}}$ )	3.87	[kN/m]

### TRAVE SECONDARIA COPERTURA

peso globale strut. Oriz. Su l trave ( $P_{G1}$ )	2.41	[kN/m]
Peso globale carichi permane. su l trave ( $P_{G2}$ )	1.87	[kN/m]
car. var. vert. unif. Distrib. $q_k$ su l trave ( $Q_{k1}$ )	3.87	[kN/m]
carico verticale da neve $q_s$ su l trave ( $Q_{k2}$ )	1.55	[kN/m]
$\gamma_{G1}$	1.3	[-]
$\gamma_{G2}$	1.5	[-]
$\gamma_{Qi}$	1.5	[-]
$\Psi_0$ neve	0.5	[-]
carico su l trave per SLU ( $P_u$ )	12.91	[kN/m]
carico su l trave per SLE ( $P_E$ )	8.93	[kN/m]
carichi variabili su l trave per SLE ( $P_{E\text{ var}}$ )	4.64	[kN/m]

### SCHEMA STATICO – TRAVE APPOGGIO-APPOGGIO



- travi considerate come putrelle ideali;

- travi imbullonate solo sull'anima così da non trasmettere momento tra gli elementi
- carico distribuito perché il solaio si appoggia su tutta la luce della trave

## FRECCIA $\Delta$ E DIMENSIONAMENTO DELLA TRAVE SECONDARIA INTERPIANO

### CARICHI AGENTI

CARICO DISTRIBUITO DEL SOLAIO CHE GRAVA SULLA TRAVE SECONDARIA		
modulo elastico acciaio $E_s$	210000000	[kN/m <sup>2</sup> ]
luce trave $l$	3.6	[m]
carico su l trave per SLU ( $P_U$ )	13.43	[kN/m]
carico su l trave per SLE ( $P_E$ )	9.28	[kN/m]
carichi variabili su l trave per SLE ( $P_{E\text{var}}$ )	3.87	[kN/m]

### FRECCIA MASSIMA AMMESSA $\delta_{\max}$ PER I CARICHI GLOBALI

La verifica della freccia ammissibile viene fatta sul SLE. L'SLU viene invece considerato per le verifiche del momento e del taglio massimo

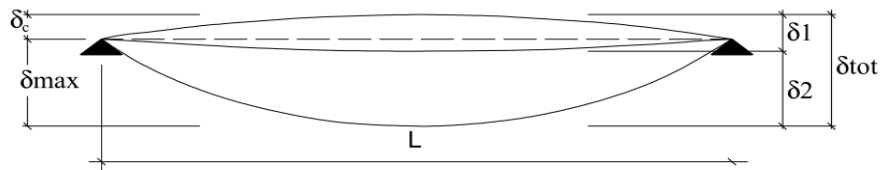


Figura 4.2.1 - Definizione degli spostamenti verticali per le verifiche in esercizio

essendo:

$\delta_c$  la monta iniziale della trave,

$\delta_1$  lo spostamento elastico dovuto ai carichi permanenti,

$\delta_2$  lo spostamento elastico dovuto ai carichi variabili,

$\delta_{\max}$  lo spostamento nello stato finale, depurato della monta iniziale =  $\delta_{\text{tot}} - \delta_c$ .

**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.*

$\delta_{max}/l$ ammessa per carichi globali	1/250	[-]
$\delta_2/l$ ammessa per carichi variabili	1/300	[-]

Utilizzando il corollario di Mohr posso trovare la freccia  $\delta$  come:

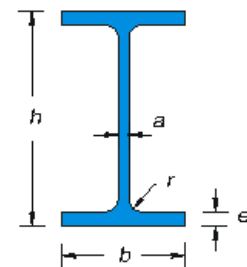
$$\delta_{max} = (5/384) * (P_E/EI) * l^4$$

### SCELTA DELLA IPE

Per verificare che la freccia di progetto sia minore del valore massimo, invertendo la formula precedente si ricava la minima inerzia che la trave deve avere; da profilario si sceglie la prima trave esistente in commercio che abbia un'inerzia superiore al valore così ricavato. Invertendo la formula:

$$I = (5/384) * (P_E * l^4) / (E * \delta_{max})$$

modulo elastico acciaio $E_s$	210000000	[kN/m <sup>2</sup> ]
luce trave $l$	3.6	[m]
carico su $l$ trave per SLE ( $P_E$ )	9.28	[kN/m]
carichi variabili su $l$ trave per SLE ( $P_E$ var)	3.87	[kN/m]
$\delta_{max}/l$ ammessa per carichi globali	1/250	[-]
$\delta_{max}$	0.014	[m]
Momento di inerzia $I$	6.71143E-06	[m <sup>4</sup> ]
Momento di inerzia $I$	671	[cm <sup>4</sup> ]



h mm	b mm	a mm	e mm	r mm	Peso kg/m	Sezione cm <sup>2</sup>	Momenti di inerzia		Moduli di resistenza		Raggi di inerzia	
							Jx cm <sup>4</sup>	Jy cm <sup>4</sup>	Wx cm <sup>3</sup>	Wy cm <sup>3</sup>	ix cm	iy cm
80	46	3,8	5,2	5	6,0	7,64	80,14	8,49	20,03	3,69	3,24	1,05
100	55	4,1	5,7	7	8,1	10,32	171,0	15,92	34,20	5,79	4,07	1,24
120	64	4,4	6,3	7	10,4	13,21	317,8	27,67	52,96	8,65	4,90	1,45
140	73	4,7	6,9	7	12,9	16,43	541,2	44,92	77,32	12,31	5,74	1,65
160	82	5,0	7,4	9	15,8	20,09	869,3	68,31	108,7	16,66	6,58	1,84
180	91	5,3	8,0	9	18,8	23,95	1.317	100,9	146,3	22,16	7,42	2,05
200	100	5,6	8,5	12	22,4	28,48	1.943	142,4	194,3	28,47	8,26	2,24
220	110	5,9	9,2	12	26,2	33,37	2.772	204,9	252,0	37,25	9,11	2,48
240	120	6,2	9,8	15	30,7	39,12	3.892	283,6	324,3	47,27	9,97	2,69
270	135	6,6	10,2	15	36,1	45,95	5.790	419,9	428,9	62,20	11,23	3,02
300	150	7,1	10,7	15	42,2	53,81	8.356	603,8	557,1	80,50	12,46	3,35
330	160	7,5	11,5	18	49,1	62,61	11.770	788,1	713,1	98,52	13,71	3,55
360	170	8,0	12,7	18	57,1	72,73	16.270	1.043	903,6	122,8	14,95	3,79
400	180	8,6	13,5	21	66,3	84,46	23.130	1.318	1.156	146,4	16,55	3,95
450	190	9,4	14,6	21	77,6	98,82	33.740	1.676	1.500	176,4	18,48	4,12
500	200	10,2	16,0	21	90,7	115,5	48.200	2.142	1.928	214,2	20,43	4,31
550	210	11,1	17,2	24	106	134,4	67.120	2.668	2.441	254,1	22,35	4,45
600	220	12,0	19,0	24	122	156,0	92.080	3.387	3.069	307,9	24,30	4,66

Fig. 5.7 – Profilario IPE

IPE scelta	IPE 220	
Momento di inerzia I della IPE scelta	2772.00	[cm <sup>4</sup> ]
Modulo plastico di resistenza W <sub>pl</sub>	252.00	[cm <sup>3</sup> ]
altezza h	220.00	[mm]
larghezza IPE b	110.00	[mm]
spessore anima s <sub>a</sub>	5.90	[mm]
spessore ali e	9.20	[mm]
sezione A	26.20	[cm <sup>2</sup> ]
raggio raccordo ali-anima r	12.00	[mm]



## VERIFICA FRECCIA $\Delta_2$ CARICHI VARIABILI

$\delta_2 = (5/384) * (P_{E\text{ var}}/EI) * l^4$		
modulo elastico acciaio $E_s$	210000000	[kN/m <sup>2</sup> ]
luce trave $l$	5.25	[m]
carichi variabili su $l$ trave per SLE ( $P_{E\text{ var}}$ )	4.64	[kN/m]
Momento di inerzia $I$ della IPE scelta	2772.00	[cm <sup>4</sup> ]
Momento di inerzia $I$ della IPE scelta	0.00002772	[m <sup>4</sup> ]
$\delta_2$ carichi variabili	0.008	[m]
$\delta_2/l$ carichi variabili	0.0015	[-]
$\delta_2/l$ ammissibile carichi variabili	1/300	[-]
$\delta_2/l$ ammissibile carichi variabili	0.0033	[-]
verifica	verificata	

## VERIFICA $\Delta_{\text{MAX}}$ CON PESO PROPRIO DELLA TRAVE

Dopo aver scelto la sezione della trave si verifica che l'inerzia della stessa soddisfi i carichi per cui è stato dimensionato sommato al carico dato dal suo peso proprio.

$$l = (5/384) * ((P_E + P_p) * l^4) / (E * \delta_{\text{max}})$$

modulo elastico acciaio $E_s$	210000000	[kN/m <sup>2</sup> ]
luce trave $l$	5.25	[m]
carico su $l$ trave per SLE $P_E$	8.93	[kN/m]
Area sezione $A$ trave	26.20	[cm <sup>2</sup> ]
Densità acciaio $\rho$	7850	[kg/m <sup>3</sup> ]
$g$ acc. di gravità	9.81	[m/s <sup>2</sup> ]
Peso proprio trave su $l$ trave per SLE $P_p$	0.20	[kN/m]
$\delta_{\text{max}}/l$ ammessa per carichi globali	1/250	[-]
$\delta_{\text{max}}$	0.021	[m]
Momento di inerzia $I$ necessario	2048	[cm <sup>4</sup> ]
Momento di inerzia $I$ sezione in esame	2772	[cm <sup>4</sup> ]
verifica	verificata	

## CLASSIFICAZIONE SEZIONE

### 4.2.3.1 Classificazione delle sezioni

Le sezioni trasversali degli elementi strutturali si classificano in funzione della loro capacità rotazionale  $C_\theta$  definita come:

$$C_\theta = \vartheta_r / \vartheta_y - 1 \quad (4.2.1)$$

essendo  $\vartheta_r$  e  $\vartheta_y$  le curvature corrispondenti rispettivamente al raggiungimento della deformazione ultima ed allo snervamento. Si distinguono le seguenti classi di sezioni:

*classe 1* quando la sezione è in grado di sviluppare una cerniera plastica avente la capacità rotazionale richiesta per l'analisi strutturale condotta con il metodo plastico di cui al § 4.2.3.2 senza subire riduzioni della resistenza. Possono generalmente classificarsi come tali le sezioni con capacità rotazionale  $C_\theta \geq 3$

*classe 2* quando la sezione è in grado di sviluppare il proprio momento resistente plastico, ma

acciaio scelto	S355 (Fe510)	
tensione di snervamento $f_{yk}$	355	[N/mm <sup>2</sup> ]
tensione a rottura $f_{tk}$	510	[N/mm <sup>2</sup> ]

Relazione da rispettare per essere in classe 1:

$$c/t \leq 72\varepsilon \quad \varepsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$$

### INTERPIANO

altezza h	160.00	[mm]
spessore ali e	7.40	[mm]
raggio raccordo ali-anima r	9.00	[mm]
altezza anima c	127.20	[mm]
spessore anima t	5.00	[mm]
c/t	25.44	[-]
tensione di snervamento $f_{yk}$	355	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\varepsilon$	0.81	[-]
$72\varepsilon$	58.58	[-]
classe della sezione	classe 1	

## COPERTURA

altezza h	220.00	[mm]
spessore ali e	9.20	[mm]
raggio raccordo ali-anima r	12.00	[mm]
altezza anima c	177.60	[mm]
spessore anima t	5.90	[mm]
c/t	30.10	[-]
tensione di snervamento $f_{yk}$	355	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\epsilon$	0.81	[-]
$72\epsilon$	58.58	[-]
classe della sezione	classe 1	

### CLASSE DELLE ALI

acciaio scelto	S355 (Fe510)	
tensione di snervamento $f_{yk}$	355	[N/mm <sup>2</sup> ]
tensione a rottura $f_{tk}$	510	[N/mm <sup>2</sup> ]

Relazione da rispettare per essere in classe 1:  $c/t \leq 9\epsilon$   $\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$

### INTERPIANO

larghezza IPE b	82.00	[mm]
spessore anima $s_a$	5.00	[mm]
raggio raccordo ali-anima r	9.00	[mm]
lunghezza ala c	29.5	[mm]
spessore ali t	7.40	[mm]
c/t	3.99	[-]
tensione di snervamento $f_{yk}$	355	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\epsilon$	0.81	[-]
$9\epsilon$	26.85	[-]
classe della sezione	classe 1	

## COPERTURA

larghezza IPE b	110.00	[mm]
spessore anima s <sub>a</sub>	5.90	[mm]
raggio raccordo ali-anima r	12.00	[mm]
lunghezza ala c	40.05	[mm]
spessore ali t	9.20	[mm]
c/t	4.35	[-]
tensione di snervamento f <sub>yk</sub>	355	[N/mm <sup>2</sup> ]
ε	0.81	[-]
9ε	26.85	[-]
classe della sezione	classe 1	

### VERIFICA DEL MOMENTO

#### Flessione monoassiale (retta)

Il momento flettente di calcolo M<sub>Ed</sub> deve rispettare la seguente condizione:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1 \quad (4.2.12)$$

dove la resistenza di calcolo a flessione retta della sezione M<sub>c,Rd</sub> si valuta tenendo conto della presenza di eventuali fori in zona tesa per collegamenti bullonati o chiodati.

La resistenza di calcolo a flessione retta della sezione M<sub>c,Rd</sub> vale:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} \quad \text{per le sezioni di classe 1 e 2;} \quad (4.2.13)$$

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} \quad \text{per le sezioni di classe 3;} \quad (4.2.14)$$

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{eff,min} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} \quad \text{per le sezioni di classe 4;} \quad (4.2.15)$$

**Tabella 4.2.V** Coefficienti di sicurezza per la resistenza delle membrature e la stabilità

Resistenza delle Sezioni di Classe 1-2-3-4	$\gamma_{M0} = 1,05$
Resistenza all'instabilità delle membrature	$\gamma_{M1} = 1,05$
Resistenza all'instabilità delle membrature di ponti stradali e ferroviari	$\gamma_{M1} = 1,10$
Resistenza, nei riguardi della frattura, delle sezioni tese (indebolite dai fori)	$\gamma_{M2} = 1,25$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1 \quad (4.2.12)$$

#### INTERPIANO

In coerenza con lo schema statico si può trovare il momento agente:  $M_{Ed} = (PU \cdot l^2) / 8$

luce trave l	3.6	[m]
carico su l trave per SLU (PU)	13.43	[kN/m]
momento flettente agente MEd	21.76	[kNm]
Mc,Rd=Mpl,Rd		
Modulo plastico di resistenza Wpl	108.70	[cm <sup>3</sup> ]
Modulo plastico di resistenza Wpl	0.000109	[m <sup>3</sup> ]
tensione di snervamento fyk	355	[N/mm <sup>2</sup> ]
tensione di snervamento fyk	355000	[kN/m <sup>2</sup> ]
coefficiente di sicurezza $\gamma_{M0}$	1.05	[-]
momento resistente Mc,Rd	36.75	[kNm]
momento flettente agente MEd	21.76	[kNm]
momento resistente Mc,Rd	36.75	[kNm]
MEd/Mc,Rd	0.59	[-]
verifica	verificato	



## COPERTURA

In coerenza con lo schema statico si può trovare il momento agente:  $M_{Ed} = (PU \cdot l^2) / 8$

carico su l trave per SLU (PU)	12.91	[kN/m]
momento flettente agente $M_{Ed}$	44.48	[kNm]

Modulo plastico di resistenza $W_{pl}$	252.00	[cm <sup>3</sup> ]
Modulo plastico di resistenza $W_{pl}$	0.000252	[m <sup>3</sup> ]
tensione di snervamento $f_{yk}$	355	[N/mm <sup>2</sup> ]
tensione di snervamento $f_{yk}$	355000	[kN/m <sup>2</sup> ]
coefficiente di sicurezza $\gamma_{M0}$	1.05	[-]
momento resistente $M_{c,Rd}$	85.20	[kNm]
momento flettente agente $M_{Ed}$	44.48	[kNm]
momento resistente $M_{c,Rd}$	85.20	[kNm]
$M_{Ed}/M_{c,Rd}$	0.52	[-]
verifica	verificato	

## VERIFICA DEL TAGLIO

### Taglio

Il valore di calcolo dell'azione tagliante  $V_{Ed}$  deve rispettare la condizione

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1, \quad (4.2.17)$$

dove la resistenza di calcolo a taglio  $V_{c,Rd}$ , in assenza di torsione, vale

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}, \quad (4.2.18)$$

dove  $A_v$  è l'area resistente a taglio.

Per profilati ad I e ad H caricati nel piano dell'anima si può assumere

$$A_v = A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f; \quad (4.2.19)$$

per profilati a C o ad U caricati nel piano dell'anima si può assumere

$$A_v = A - 2 b t_f + (t_w + r) t_f; \quad (4.2.20)$$

per profilati ad I e ad H caricati nel piano delle ali si può assumere

$$A_v = A - \sum (h_w t_w); \quad (4.2.21)$$

per profilati a T caricati nel piano dell'anima si può assumere

$$A_v = 0,9 (A - b t_f); \quad (4.2.22)$$

per profili rettangolari cavi "profilati a caldo" di spessore uniforme si può assumere

$$\begin{aligned} A_v &= Ah/(b+h) \text{ quando il carico è parallelo all'altezza del profilo,} \\ A_v &= Ab/(b+h) \text{ quando il carico è parallelo alla base del profilo;} \end{aligned} \quad (4.2.23)$$

per sezioni circolari cave e tubi di spessore uniforme:

$$A_v = 2A/\pi; \quad (4.2.24)$$

dove:

$A$  è l'area lorda della sezione del profilo,

$b$  è la larghezza delle ali per i profilati e la larghezza per le sezioni cave,

$h_w$  è l'altezza dell'anima,

$h$  è l'altezza delle sezioni cave,

$r$  è il raggio di raccordo tra anima ed ala,

$t_f$  è lo spessore delle ali,

$t_w$  è lo spessore dell'anima.

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} \quad (4.2.18)$$

**Tabella 4.2.V** Coefficienti di sicurezza per la resistenza delle membrature e la stabilità

Resistenza delle Sezioni di Classe 1-2-3-4	$\gamma_{M0} = 1,05$
Resistenza all'instabilità delle membrature	$\gamma_{M1} = 1,05$
Resistenza all'instabilità delle membrature di ponti stradali e ferroviari	$\gamma_{M1} = 1,10$
Resistenza, nei riguardi della frattura, delle sezioni tese (indebolite dai fori)	$\gamma_{M2} = 1,25$

In coerenza con lo schema statico si può trovare il taglio agente:  $V_{Ed} = (PU \cdot l)/2$

luce trave l	3.6	[m]
carico su l trave per SLU PU	13.43	[kN/m]
taglio agente VEd	24	[kN]

$$A_v = A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f \quad (4.2.19)$$

larghezza IPE b	82.00	[mm]
spessore anima (sa) t <sub>w</sub>	5.00	[mm]
spessore ali (e) t <sub>f</sub>	7.40	[mm]
Area lorda sezione A	20.09	[cm <sup>2</sup> ]
raggio raccordo ali-anima r	9.00	[mm]
larghezza IPE b	0.0820	[m]
spessore anima (sa) t <sub>w</sub>	0.0050	[m]
spessore ali (e) t <sub>f</sub>	0.0074	[m]
Area lorda sezione A	0.00201	[m <sup>2</sup> ]
raggio raccordo ali-anima r	0.009	[m]
Area resistente a taglio AV	0.0010	[m <sup>2</sup> ]
Area resistente a taglio AV	0.0010	[m <sup>2</sup> ]
tensione di snervamento f <sub>yk</sub>	355	[N/mm <sup>2</sup> ]
tensione di snervamento f <sub>yk</sub>	355000	[kN/m <sup>2</sup> ]
coefficiente di sicurezza γ <sub>M0</sub>	1.05	[-]
taglio resistente V <sub>c,Rd</sub>	188	[kN]

taglio agente VEd	24	[kN]
taglio resistente V <sub>c,Rd</sub>	188	[kN]
VEd/V <sub>c,Rd</sub>	0.13	[-]
verifica	verificato	

## COPERTURA

In coerenza con lo schema statico si può trovare il taglio agente:  $V_{Ed} = (PU^*)/2$

luce trave l	5.25	[m]
carico su l trave per SLU PU	12.91	[kN/m]
taglio agente V <sub>Ed</sub>	34	[kN]

$$A_v = A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f; \quad (4.2.19)$$

larghezza IPE b	110.00	[mm]
spessore anima (s <sub>a</sub> ) t <sub>w</sub>	5.90	[mm]
spessore ali (e) t <sub>f</sub>	9.20	[mm]
Area lorda sezione A	26.20	[cm <sup>2</sup> ]
raggio raccordo ali-anima r	12.00	[mm]
larghezza IPE b	0.1100	[m]
spessore anima (s <sub>a</sub> ) t <sub>w</sub>	0.0059	[m]
spessore ali (e) t <sub>f</sub>	0.0092	[m]
Area lorda sezione A	0.00262	[m <sup>2</sup> ]
raggio raccordo ali-anima r	0.012	[m]
Area resistente a taglio A <sub>v</sub>	0.0009	[m <sup>2</sup> ]

Area resistente a taglio A <sub>v</sub>	0.0009	[m <sup>2</sup> ]
tensione di snervamento f <sub>yk</sub>	355	[N/mm <sup>2</sup> ]
tensione di snervamento f <sub>yk</sub>	355000	[kN/m <sup>2</sup> ]
coefficiente di sicurezza γ <sub>M0</sub>	1.05	[-]
taglio resistente V <sub>c,Rd</sub>	170	[kN]

taglio agente V <sub>Ed</sub>	34	[kN]
taglio resistente V <sub>c,Rd</sub>	170	[kN]
V <sub>Ed</sub> /V <sub>c,Rd</sub>	0.20	[-]
verifica	verificato	

## 5.11 Dimensionamento trave primaria critica

### CARICHI PERMANENTI W TRAVE PRIMARIA INTERPIANO

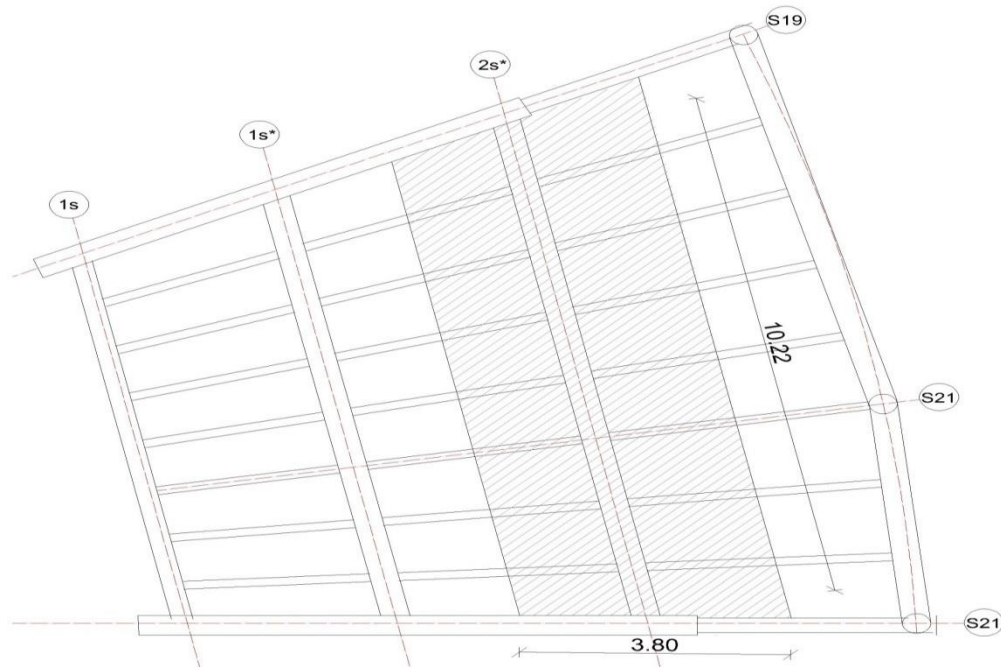


Fig. 5.8 – Area d'influenza trave primaria S21, P1

luce trave che regge il solaio (l)	10.22	[m]
larghezza di influenza trave (i)	3.8	[m]
superficie che grava sulla trave (S)	38.84	[m <sup>2</sup> ]
peso strut. Oriz. Piano tipo/m <sup>2</sup> (G <sub>1</sub> )	1.87	[kN/m <sup>2</sup> ]
peso globale strut. Oriz. Su S (G <sub>1</sub> )	73	[kN]
peso globale strut. Oriz. Su l trave (P <sub>G1</sub> )	7.11	[kN/m]
peso non strut. Oriz. Piano tipo/m <sup>2</sup> (G <sub>2</sub> )	1.12	[kN/m <sup>2</sup> ]
peso PV tra locali/m (G <sub>2</sub> )	2.60	[kN/m]
peso PV tra locali/m <sup>2</sup> "spalmato" (G <sub>2</sub> )	1.2	[kN/m <sup>2</sup> ]
peso globale non strut. Su S (G <sub>2</sub> )	43	[kN]
Peso globale PV tra locali (G <sub>2</sub> )	47	[kN]
Peso globale carichi permanenti su S (G <sub>2</sub> )	90	[kN]
Peso globale carichi permane. su l trave (P <sub>G2</sub> )	8.82	[kN/m]



## CARICHI PERMANENTI W TRAVE PRIMARIA COPERTURA

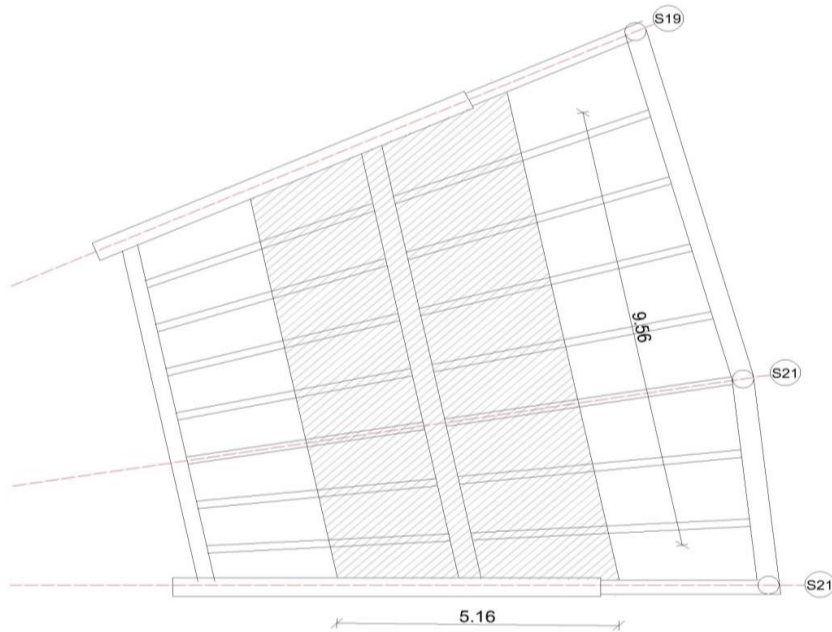


Fig. 5.9 – Area d’influenza trave primaria, S21, Copertura

luce trave che regge il solaio (l)	9.56	[m]
larghezza di influenza trave (i)	5.16	[m]
superficie che grava sulla trave (S)	49	[m <sup>2</sup> ]
peso strut. Oriz. copertura/m <sup>2</sup> (G <sub>1</sub> )	1.87	[kN/m <sup>2</sup> ]
peso globale strut. Oriz. Su S (G <sub>1</sub> )	92	[kN]
peso globale strut. Oriz. Su l trave (P <sub>G1</sub> )	9.65	[kN/m]
peso non strut. Oriz. copertura/m <sup>2</sup> (G <sub>2</sub> )	1.45	[kN/m <sup>2</sup> ]
peso globale non strut. Oriz. Su S (G <sub>2</sub> )	72	[kN]
peso globale non strut. Oriz. Su l trave (P <sub>G2</sub> )	7.48	[kN/m]

## CARICHI VARIABILI $Q_k$ RELATIVI ALL'UTILIZZO DELL'EDIFICIO

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
	<b>Ambienti suscettibili di affollamento</b> Cat. C1 Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole	3,00	2,00	1,00
	Cat. C2 Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi	4,00	4,00	2,00
C	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	5,00	5,00	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	$\geq 6,00$ —	6,00 —	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** —
	<b>Coperture e sottotetti</b> Cat. H1 Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione	0,50	1,20	1,00
H	Cat. H2 Coperture praticabili Cat. H3 Coperture speciali (impianti, eliporti, altri) da valutarsi caso per caso	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				

## INTERPIANO

luce trave che regge il solaio (l)	10.23	[m]
larghezza di influenza trave (i)	3.435	[m]
superficie che grava sulla trave (S)	35	[m <sup>2</sup> ]
carichi verticali uniformemente distribuiti/m <sup>2</sup> q <sub>k</sub>	3	[kN/m <sup>2</sup> ]
carichi verticali unif. distribuiti q <sub>k</sub> su S	105	[kN]
carichi vert. unif. distribuiti q <sub>k</sub> su l trave (Q)	10.31	[kN/m]

## COPERTURA

luce trave che regge il solaio (l)	9.56	[m]
larghezza di influenza trave (i)	5.16	[m]
superficie che grava sulla trave (S)	49	[m <sup>2</sup> ]
carichi verticali uniformemente distribuiti/m <sup>2</sup> q <sub>k</sub>	0.5	[kN/m <sup>2</sup> ]
carichi verticali unif. distribuiti q <sub>k</sub> su S	25	[kN]
carichi vert. unif. distribuiti q <sub>k</sub> su l trave (Q)	2.58	[kN/m]

## COMBINAZIONE DI CARICO - SLU E SLE

- 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:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

**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.

**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

## INTERPIANO

peso globale strut. Oriz. Su l trave ( $P_{G1}$ )	7.11	[kN/m]
Peso globale carichi permane. su l trave ( $P_{G2}$ )	8.82	[kN/m]
car. var. vert. unif. distribuiti $q_k$ su l trave (Q)	10.31	[kN/m]
$\gamma_{G1}$	1.3	[-]
$\gamma_{G2}$	1.5	[-]
$\gamma_{Qi}$	1.5	[-]
carico su l trave per SLU ( $P_U$ )	37.92	[kN/m]
carico su l trave per SLE ( $P_E$ )	26.23	[kN/m]
carichi variabili su l trave per SLE ( $P_{E\text{ var}}$ )	10.31	[kN/m]

## COPERTURA

peso globale strut. Oriz. Su l trave (PG1)	9.65	[kN/m]
Peso globale carichi permane. su l trave (PG2)	7.48	[kN/m]
car. var. vert. unif. Distrib. $q_k$ su l trave (Qk1)	5.00	[kN/m]
carico verticale da neve $q_s$ su l trave (Qk2)	4.59	[kN/m]
$\gamma_{G1}$	1.3	[-]
$\gamma_{G2}$	1.5	[-]
$\gamma_{Qi}$	1.5	[-]
$\Psi_0$ neve	0.5	[-]
carico su l trave per SLU (PU)	19.36	[kN/m]
carico su l trave per SLE (PE)	13.53	[kN/m]
carichi variabili su l trave per SLE (PE var)	6.50	[kN/m]

### SCHEMA STATICO – TRAVE APPOGGIO-APPOGGIO



IPOTESI:



- travi considerate come putrelle ideali, cioè le ali resistono a flessione e l'anima resiste solo a taglio
- le travi saranno imbullonate solo sull'anima, quindi non sarà trasmesso momento ma solamente taglio fra trave e pilastro o fra trave principale e secondaria
- il carico si considera distribuito perché il solaio appoggia su tutta la luce della trave (in questo caso non ci sono carichi concentrati)

## FRECCIA $\Delta$ E DIMENSIONAMENTO DELLA TRAVE

### FRECCIA AMMESSA

La verifica della freccia ammissibile viene fatta sul SLE. L'SLU viene invece

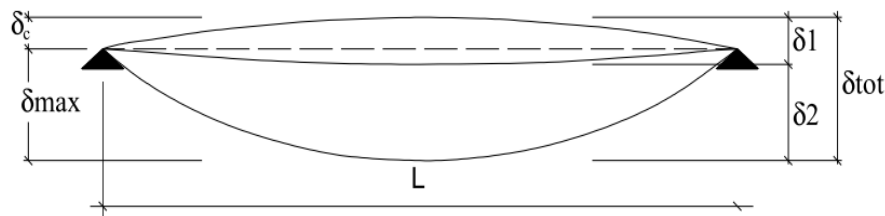


Figura 4.2.1 - Definizione degli spostamenti verticali per le verifiche in esercizio

essendo:

$\delta_C$  la monta iniziale della trave,

$\delta_1$  lo spostamento elastico dovuto ai carichi permanenti,

$\delta_2$  lo spostamento elastico dovuto ai carichi variabili,

$\delta_{max}$  lo spostamento nello stato finale, depurato della monta iniziale =  $\delta_{tot} - \delta_C$ .

considerato per le verifiche del momento e del taglio massimo

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.*

$\bar{\delta}_{max}/l$ ammessa per carichi globali	1/250	[-]
$\bar{\delta}_2/l$ ammessa per carichi variabili	1/300	[-]

La freccia massima nella mezzera della trave con schema appoggio-appoggio è data dalla sovrapposizione degli effetti del carico concentrato e di quello distribuito; le espressioni sono le seguenti:

Freccia per carichi distribuiti:	$\bar{\delta}_{max1} = (5/384) * (P_E/EI) * l^4$
Freccia per carichi concentrati	$\bar{\delta}_{max2} = (P_{cE} * l^3) / 48EI$

### INTERPIANO

CARICO DISTRIBUITO DEL SOLAIO SULLA TRAVE PRIMARIA		
modulo elastico acciaio $E_s$	210000000	[kN/m <sup>2</sup> ]
luce trave l	10.23	[m]
carico su l trave per SLU $P_U$	37.92	[kN/m]
carico su l trave per SLE $P_E$	26.23	[kN/m]
carichi variabili su l trave per SLE $P_{E\ var}$	10.31	[kN/m]
CARICO CONCENTRATO DELLA TRAVE II SULLA PRIMARIA		
carico su l trave secondaria per SLU $P_U$	13.43	[kN/m]
carico su l trave secondaria per SLE $P_E$	9.28	[kN/m]
carichi variabili su l trave per SLE $P_{E\ var}$	3.87	[kN/m]
lunghezza incidente trave secondaria $l_{sec}$	1.75	[m]
carico concentr. della trave 2a SLU $P_{cU}$	24	[kN]
carico concentr. della trave 2a SLE $P_{cE}$	16	[kN]
car. var. contr della trave 2a SLE $P_{cE\ var}$	7	[kN]

## SCELTA PROFILO

$I = ((5/384) * (P_E * l^4) + (1/48) * (P_{cE} * l^3)) / (E * \delta_{maxTOT})$		
modulo elastico acciaio $E_s$	210000000	[kN/m <sup>2</sup> ]
luce trave l	10.23	[m]
carico su l trave per SLE $P_E$	26.23	[kN/m]
carico concentr. della trave 2a SLE $P_{cE}$	16.24	[kN]
$\delta_{max}/l$ ammessa per carichi globali	1/250	[-]
$\delta_{max}$	0.041	[m]
Momento di inerzia I	0.000477448	[m <sup>4</sup> ]
Momento di inerzia I	47745	[cm <sup>4</sup> ]

IPE scelta	IPE 500	
Momento di inerzia I della IPE scelta	49500.00	[cm <sup>4</sup> ]
Modulo plastico di resistenza $W_{pl}$	1928.00	[cm <sup>3</sup> ]
altezza h	500.00	[mm]
larghezza HEB b	200.00	[mm]
spessore anima a	10.20	[mm]
spessore ali e	16.00	[mm]
Area sezione A	115.50	[cm <sup>2</sup> ]
raggio raccordo ali-anima r	21.00	[mm]

Si verifica che la sezione della trave primaria sia maggiore o uguale a quella secondaria. Se così non fosse bisognerebbe aumentare la sezione della trave primaria.

## VERIFICA FRECCIA $\Delta_2$ CARICHI VARIABILI

Nella verifica della freccia dovuta ai carichi variabili si considerano per i carichi solamente i carichi variabili, appunto, e per l'inerzia quella della trave scelta. Avendo una azione dovuta ad un carico distribuito e una dovuta a un carico concentrato, si considera la sovrapposizione degli effetti:

$$\bar{\delta}_2 = \bar{\delta}_{2 \text{ car var}} + \bar{\delta}_{2 \text{ car con}}$$

$$\bar{\delta}_2 = (5/384) * (P_{E \text{ var}}/EI_{\text{asta}}) * l^4 + (P_{cE \text{ var}} * l^3)/48EI_{\text{asta}}$$

modulo elastico acciaio $E_s$	210000000	[kN/m <sup>2</sup> ]
luce trave $l$	10.23	[m]
carichi variabili su $l$ trave per SLE $P_{E \text{ var}}$	10.31	[kN/m]
car. var. contr della trave 2a SLE $P_{cE \text{ var}}$	7	[kN]
Momento di inerzia $I$ della IPE scelta	49500	[cm <sup>4</sup> ]
Momento di inerzia $I$ della IPE scelta	0.00049500	[m <sup>4</sup> ]
$\bar{\delta}_2$ carichi variabili	0.016	[m]
$\bar{\delta}_2/l$ carichi variabili	0.002	[-]
$\bar{\delta}_2/l$ ammissibile carichi variabili	1/300	[-]
$\bar{\delta}_2/l$ ammissibile carichi variabili	0.003	[-]
verifica	verificata	

## VERIFICA ΔMAX CON PESO PROPRIO DELLA TRAVE

Dopo aver scelto la sezione della trave si verifica che l'inerzia della stessa soddisfi i carichi per cui è stato dimensionato sommato al carico dato dal suo peso proprio.

INTERPIANO

$I = \frac{(5/384) * ((P_E + P_p) * l^4) + (1/48) * (P_{cE} * l^3)}{E * \delta_{maxTOT}}$		
modulo elastico acciaio $E_s$	210000000	[kN/m <sup>2</sup> ]
luce trave l	10.23	[m]
carico su l trave per SLE $P_E$	26.23	[kN/m]
Area sezione A trave	115.50	[cm <sup>2</sup> ]
Densità acciaio $\rho$	7850	[kg/m <sup>3</sup> ]
g acc. di gravità	9.81	[m/s <sup>2</sup> ]
Peso proprio trave su l trave per SLE $P_p$	0.89	[kN/m]
carico concentr. della trave 2a SLE $P_{cE}$	16.24	[kN]
$\delta_{max}/l$ ammessa per carichi globali	1/250	[-]
$\delta_{max}$	0.041	[m]
Momento di inerzia I necessario	49221	[cm <sup>4</sup> ]
Momento di inerzia I sezione in esame	49500	[cm <sup>4</sup> ]
verifica	verificata	

COPERTURA

CARICHI CHE GRAVANO SULLA TRAVE PRIMARIA		
CARICO DISTRIBUITO DEL SOLAIO SULLA TRAVE PRIMARIA		
modulo elastico acciaio $E_s$	210000000	[kN/m <sup>2</sup> ]
luce trave l	9.56	[m]
carico su l trave per SLU $P_U$	19.36	[kN/m]
carico su l trave per SLE $P_E$	13.53	[kN/m]
carichi variabili su l trave per SLE $P_{E, var}$	6.5	[kN/m]



CARICO CONCENTRATO DELLA TRAVE II SULLA PRIMARIA		
carico su I trave secondaria per SLU PU	12.91	[kN/m]
carico su I trave secondaria per SLE PE	8.93	[kN/m]
carichi variabili su I trave per SLE PE var	4.64	[kN/m]
lunghezza incidente trave secondaria lsec	2.5	[m]
carico concentr. della trave 2a SLU PcU	32	[kN]
carico concentr. della trave 2a SLE PcE	22	[kN]
car. var. contr della trave 2a SLE PcE var	12	[kN]

Nella valutazione dei carichi sono considerati i pesi dei pacchetti e dei carichi variabili agenti, ma non il peso della struttura propria delle travi secondarie (e primarie)

### SCelta DEL PROFILO

Per verificare che la freccia di progetto sia minore del valore massimo, si sommano i due valori precedenti e si inverte la formula, ricavando la minima inerzia che la trave deve avere; da profilario si sceglie la prima trave esistente in commercio che abbia un'inerzia superiore al valore così ricavato.

$I = ((5/384) * (P_E * l^4) + (1/48) * (P_{cE} * l^3)) / (E * \delta_{maxTOT})$		
modulo elastico acciaio $E_s$	210000000	[kN/m <sup>2</sup> ]
luce trave l	9.56	[m]
carico su I trave per SLE $P_E$	13.53	[kN/m]
carico concentr. della trave 2a SLE $P_{cE}$	22.33	[kN]
$\delta_{max}/l$ ammessa per carichi globali	1/250	[-]
$\delta_{max}$	0.038	[m]
Momento di inerzia I	0.000233849	[m <sup>4</sup> ]
Momento di inerzia I	23385	[cm <sup>4</sup> ]

IPE scelta	IPE 450	
Momento di inerzia I della IPE scelta	33740.00	[cm <sup>4</sup> ]
Modulo plastico di resistenza $W_{pl}$	1500.00	[cm <sup>3</sup> ]
altezza h	450.00	[mm]
larghezza b	190.00	[mm]

spessore anima a	9.40	[mm]
spessore ali e	14.60	[mm]
Area sezione A	98.82	[cm <sup>2</sup> ]
raggio raccordo ali-anima r	21.00	[mm]

Si verifica che la sezione della trave primaria sia maggiore o uguale a quella secondaria. Se così non fosse bisognerebbe aumentare la sezione della trave primaria.

### VERIFICA FRECCIA Δ2 CARICHI VARIABILI

Nella verifica della freccia dovuta ai carichi variabili si considerano per i carichi solamente i carichi variabili, appunto, e per l'inerzia quella della trave scelta. Avendo una azione dovuta ad un carico distribuito e una dovuta a un carico concentrato, si considera la sovrapposizione degli effetti:

$$\delta_2 = \delta_{2 \text{ car var}} + \delta_{2 \text{ car con}}$$

$$\delta_2 = (5/384) * (P_{E \text{ var}}/EI_{\text{asta}}) * l^4 + (P_{cE \text{ var}} * l^3)/48EI_{\text{asta}}$$

modulo elastico acciaio E <sub>s</sub>	210000000	[kN/m <sup>2</sup> ]
luce trave l	9.56	[m]
carichi variabili su l trave per SLE P <sub>E var</sub>	6.5	[kN/m]
car. var. contr della trave 2a SLE P <sub>cE var</sub>	12	[kN]
Momento di inerzia I della IPE scelta	33740	[cm <sup>4</sup> ]
Momento di inerzia I della IPE scelta	0.00033740	[m <sup>4</sup> ]
δ <sub>2</sub> carichi variabili	0.013	[m]
δ <sub>2</sub> /l carichi variabili	0.001	[-]
δ <sub>2</sub> /l ammissibile carichi variabili	1/300	[-]
δ <sub>2</sub> /l ammissibile carichi variabili	0.003	[-]
verifica	verificata	

## VERIFICA ΔMAX CON IL PESO PROPRIO DELLA TRAVE

Dopo aver scelto la sezione della trave si verifica che l'inerzia della stessa soddisfi i carichi per cui è stato dimensionato sommato al carico dato dal suo peso proprio.

$$I = ((5/384) * ((P_E + P_p) * l^4) + (1/48) * (P_{cE} * l^3)) / (E * \delta_{maxTOT})$$

modulo elastico acciaio $E_s$	210000000	[kN/m <sup>2</sup> ]
luce trave $l$	9.56	[m]
carico su $l$ trave per SLE $P_E$	13.53	[kN/m]
Area sezione $A$ trave	98.82	[cm <sup>2</sup> ]
Densità acciaio $\rho$	7850	[kg/m <sup>3</sup> ]
$g$ acc. di gravità	9.81	[m/s <sup>2</sup> ]
Peso proprio trave su $l$ trave per SLE $P_p$	0.76	[kN/m]
carico concentr. della trave 2a SLE $P_{cE}$	22.33	[kN]
$\delta_{max}/l$ ammessa per carichi globali	1/250	[-]
$\delta_{max}$	0.038	[m]
Momento di inerzia $I$ necessario	24416	[cm <sup>4</sup> ]
Momento di inerzia $I$ sezione in esame	33740	[cm <sup>4</sup> ]
verifica	verificata	

## CLASSIFICAZIONE SEZIONI

### CLASSE DELL'ANIMA

Per poter adottare il metodo plastico descritto nel punto 4.2.3.2 della NTC è necessario che la sezione della struttura sia della classe 1.

#### 4.2.3.1 Classificazione delle sezioni

Le sezioni trasversali degli elementi strutturali si classificano in funzione della loro capacità rotazionale  $C_{\theta}$  definita come:

$$C_{\theta} = \vartheta_r / \vartheta_y - 1 \quad (4.2.1)$$

essendo  $\vartheta_r$  e  $\vartheta_y$  le curvature corrispondenti rispettivamente al raggiungimento della deformazione ultima ed allo snervamento. Si distinguono le seguenti classi di sezioni:

*classe 1* quando la sezione è in grado di sviluppare una cerniera plastica avente la capacità rotazionale richiesta per l'analisi strutturale condotta con il metodo plastico di cui al § 4.2.3.2 senza subire riduzioni della resistenza. Possono generalmente classificarsi come tali le sezioni con capacità rotazionale  $C_{\theta} \geq 3$

*classe 2* quando la sezione è in grado di sviluppare il proprio momento resistente plastico, ma con capacità rotazionale limitata. Possono generalmente classificarsi come tali le sezioni con capacità rotazionale  $C_{\theta} \geq 1,5$

*classe 3* quando nella sezione le tensioni calcolate nelle fibre estreme compresse possono raggiungere la tensione di snervamento, ma l'instabilità locale impedisce lo sviluppo del momento resistente plastico;

*classe 4* quando, per determinarne la resistenza flettente, tagliante o normale, è necessario tener conto degli effetti dell'instabilità locale in fase elastica nelle parti compresse che compongono la sezione. In tal caso nel calcolo della resistenza la sezione geometrica effettiva può sostituirsi con una *sezione efficace*.

Le sezioni di classe 1 e 2 si definiscono *compatte*, quelle di classe 3 *moderatamente snelle* e quelle di classe 4 *snelle*. Per i casi più comuni delle forme delle sezioni e delle modalità di sollecitazione, le seguenti Tab. 4.2.I, 4.2.II e 4.2.III forniscono indicazioni per la classificazione delle sezioni.

La classe di una sezione composta corrisponde al valore di classe più alto tra quelli dei suoi elementi componenti.

acciaio scelto	S355 (Fe510)	
tensione di snervamento $f_{yk}$	355	[N/mm <sup>2</sup> ]
tensione a rottura $f_{tk}$	510	[N/mm <sup>2</sup> ]

Relazione da rispettare per essere in classe 1:  $c/t \leq 72\varepsilon$   $\varepsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$

## INTERPIANO

altezza h	500.00	[mm]
spessore ali e	16.00	[mm]
raggio raccordo ali-anima r	21.00	[mm]
altezza anima c	426.00	[mm]
spessore anima t	10.20	[mm]
c/t	41.76	[-]
tensione di snervamento $f_{yk}$	355	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\epsilon$	0.81	[-]
72 $\epsilon$	58.58	[-]
classe della sezione	classe 1	

## COPERTURA

altezza h	450.00	[mm]
spessore ali e	14.60	[mm]
raggio raccordo ali-anima r	21.00	[mm]
altezza anima c	378.80	[mm]
spessore anima t	9.40	[mm]
c/t	40.30	[-]
tensione di snervamento $f_{yk}$	355	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\epsilon$	0.81	[-]
72 $\epsilon$	58.58	[-]
classe della sezione	classe 1	



## CLASSE DELLE ALI

acciaio scelto	S355 (Fe510)	
tensione di snervamento $f_{yk}$	355	[N/mm <sup>2</sup> ]
tensione a rottura $f_{tk}$	510	[N/mm <sup>2</sup> ]

Relazione da rispettare per essere in classe 1:  $c/t \leq 9\varepsilon$   $\varepsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$

## INTERPIANO

larghezza IPE b	200.00	[mm]
spessore anima $s_a$	10.20	[mm]
raggio raccordo ali-anima r	21.00	[mm]
lunghezza ala c	73.9	[mm]
spessore ali t	16.00	[mm]
c/t	4.62	[-]
tensione di snervamento $f_{yk}$	355	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\varepsilon$	0.81	[-]
$9\varepsilon$	26.85	[-]
classe della sezione	classe 1	

## COPERTURA

larghezza IPE b	190.00	[mm]
spessore anima $s_a$	9.40	[mm]
raggio raccordo ali-anima r	21.00	[mm]
lunghezza ala c	69.3	[mm]
spessore ali t	14.60	[mm]
c/t	4.75	[-]
tensione di snervamento $f_{yk}$	355	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\varepsilon$	0.81	[-]
$9\varepsilon$	26.85	[-]
classe della sezione	classe 1	

## VERIFICA DEL MOMENTO

### INTERPIANO

In coerenza con lo schema statico si può trovare il momento agente come la sovrapposizione degli effetti:  $M_{Ed} = ((P_U + P_{pU}) * l^2) / 8 + P_{cU} * (l/4)$

luce trave l	10.23	[m]
carico su l trave per SLU $P_U$	37.92	[kN/m]
Peso proprio trave su l trave per SLE $P_p$	0.89	[kN/m]
$\gamma_{G1}$	1.3	[-]
Peso proprio trave su l trave per SLU $P_{pU}$	1.16	[kN/m]
carico concentr. della trave 2a SLU $P_{cU}$	24	[kN]
momento flettente agente $M_{Ed}$	571	[kNm]

$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd}$		
Modulo plastico di resistenza $W_{pl}$	1928.00	[cm <sup>3</sup> ]
Modulo plastico di resistenza $W_{pl}$	0.001928	[m <sup>3</sup> ]
tensione di snervamento $f_{yk}$	355	[N/mm <sup>2</sup> ]
tensione di snervamento $f_{yk}$	355000	[kN/m <sup>2</sup> ]
coefficiente di sicurezza $\gamma_{M0}$	1.05	[-]
momento resistente $M_{c,Rd}$	651.85	[kNm]

momento flettente agente $M_{Ed}$	571.29	[kNm]
momento resistente $M_{c,Rd}$	651.85	[kNm]
$M_{Ed}/M_{c,Rd}$	0.88	[-]
verifica	verificato	

## COPERTURA

In coerenza con lo schema statico si può trovare il momento agente come la sovrapposizione degli effetti:  $M_{Ed} = ((P_U + P_{pU}) * l^2) / 8 + P_{cU} * (l/4)$

luce trave l	9.56	[m]
carico su l trave per SLU $P_U$	19.36	[kN/m]
Peso proprio trave su l trave per SLE $P_p$	0.76	[kN/m]
$\gamma_{G1}$	1.3	[-]
Peso proprio trave su l trave per SLU $P_{pU}$	0.99	[kN/m]
carico concentr. della trave 2a SLU $P_{cU}$	32	[kN]
momento flettente agente $M_{Ed}$	298	[kNm]

$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd}$		
Modulo plastico di resistenza $W_{pl}$	1500.00	[cm <sup>3</sup> ]
Modulo plastico di resistenza $W_{pl}$	0.001500	[m <sup>3</sup> ]
tensione di snervamento $f_{yk}$	355	[N/mm <sup>2</sup> ]
tensione di snervamento $f_{yk}$	355000	[kN/m <sup>2</sup> ]
coefficiente di sicurezza $\gamma_{M0}$	1.05	[-]
momento resistente $M_{c,Rd}$	507.14	[kN*m]

momento flettente agente $M_{Ed}$	298.31	[kN*m]
momento resistente $M_{c,Rd}$	507.14	[kN*m]
$M_{Ed}/M_{c,Rd}$	0.59	[-]
verifica	verificato	

## VERIFICA DEL TAGLIO

### INTERPIANO

In coerenza con lo schema statico si può trovare il taglio agente come la sovrapposizione degli effetti:  $V_{Ed} = ((P_U + P_{pU}) * l) / 2 + P_{cU} / 2$

luce trave l	10.23	[m]
carico su l trave per SLU $P_U$	37.92	[kN/m]
Peso proprio trave su l trave per SLU $P_{pU}$	1.16	[kN/m]
carico concentr. della trave 2a SLU $P_{cU}$	24	[kN]
taglio resistente $V_{Ed}$	206	[kN]

larghezza IPE b	200.00	[mm]
spessore anima ( $s_a$ ) $t_w$	10.20	[mm]
spessore ali (e) $t_f$	16.00	[mm]
Area lorda sezione A	115.50	[cm <sup>2</sup> ]
raggio raccordo ali-anima r	21.00	[mm]
larghezza IPE b	0.2000	[m]
spessore anima ( $s_a$ ) $t_w$	0.0102	[m]
spessore ali (e) $t_f$	0.0160	[m]
Area lorda sezione A	0.01155	[m <sup>2</sup> ]
raggio raccordo ali-anima r	0.021	[m]
Area resistente a taglio $A_v$	0.0060	[m <sup>2</sup> ]

Area resistente a taglio $A_v$	0.0060	[m <sup>2</sup> ]
tensione di snervamento $f_{yk}$	355	[N/mm <sup>2</sup> ]
tensione di snervamento $f_{yk}$	355000	[kN/m <sup>2</sup> ]
coefficiente di sicurezza $\gamma_{M0}$	1.05	[-]
taglio resistente $V_{c,Rd}$	1168	[kN]

taglio resistente $V_{Ed}$	206	[kN]
taglio resistente $V_{c,Rd}$	1168	[kN]
$V_{Ed}/V_{c,Rd}$	0.18	[-]
verifica	verificato	

## COPERTURA

In coerenza con lo schema statico si può trovare il taglio agente come la sovrapposizione degli effetti:  $V_{Ed} = ((P_U + P_{pU}) * l) / 2 + P_{cU} / 2$

luce trave l	9.56	[m]
carico su l trave per SLU $P_U$	19.36	[kN/m]
Peso proprio trave su l trave per SLU $P_{pU}$	0.99	[kN/m]
carico concentr. della trave 2a SLU $P_{cU}$	32	[kN]
taglio resistente $V_{Ed}$	109	[kN]

larghezza IPE b	190.00	[mm]
spessore anima ( $s_a$ ) $t_w$	9.40	[mm]
spessore ali (e) $t_f$	14.60	[mm]
Area lorda sezione A	98.82	[cm <sup>2</sup> ]
raggio raccordo ali-anima r	21.00	[mm]
larghezza IPE b	0.1900	[m]
spessore anima ( $s_a$ ) $t_w$	0.0094	[m]
spessore ali (e) $t_f$	0.0146	[m]
Area lorda sezione A	0.00988	[m <sup>2</sup> ]
raggio raccordo ali-anima r	0.021	[m]
Area resistente a taglio $A_v$	0.0051	[m <sup>2</sup> ]



Area resistente a taglio $A_v$	0.0051	[m <sup>2</sup> ]
tensione di snervamento $f_{yk}$	355	[N/mm <sup>2</sup> ]
tensione di snervamento $f_{yk}$	355000	[kN/m <sup>2</sup> ]
coefficiente di sicurezza $\gamma_{M0}$	1.05	[-]
taglio resistente $V_{c,Rd}$	992	[kN]

taglio resistente $V_{Ed}$	109	[kN]
taglio resistente $V_{c,Rd}$	992	[kN]
$V_{Ed}/V_{c,Rd}$	0.11	[-]
verifica	verificato	

## 5.12 Calcolo del pilastro di bordo critico

### CARICHI PERMANENTI W TRAVI SU PILASTRO DI BORDO AL P1

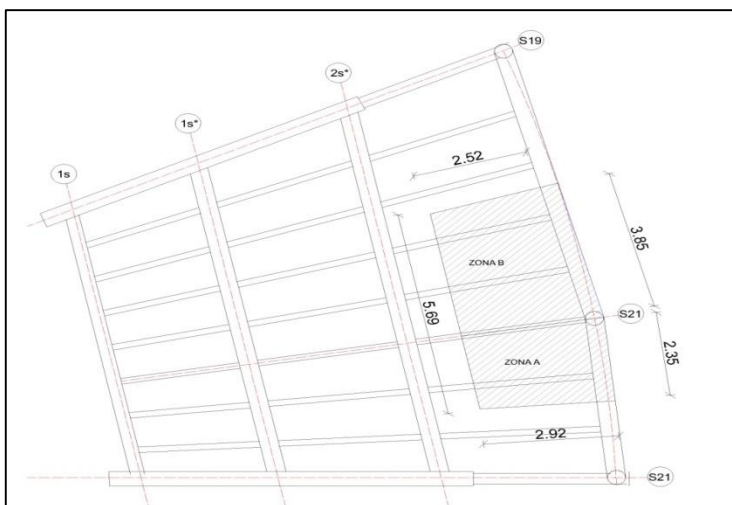


Fig 5.10 – Area d'influenza, s3, P1

larghezza di influenza pilastro (l)	2.92	[m]			
larghezza di influenza pilastro (i)	5.69	[m]			
superficie che grava sul pilastro (S)	17	[m <sup>2</sup> ]			
lato 1 area A <sub>1</sub>	2.92	[m]			
lato 2 area A <sub>2</sub>	2.35	[m]			
Superficie area A	7	[m <sup>2</sup> ]			
Superficie area B	10	[m <sup>2</sup> ]			
	interpiano		copertura		
n° orizzontamenti	1		1	[-]	
	primaria	secondaria	primaria	secondaria	
tipo di trave	IPE 500	IPE 160	IPE 450	IPE 220	
Area sezione trave	115.50	20.09	98.82	33.37	[cm <sup>2</sup> ]
Densità acciaio ρ	7850				[kg/m <sup>3</sup> ]
g acc. di gravità	9.81				[m/s <sup>2</sup> ]
lunghezza travi zona A	2.35	2.52	2.35	2.52	[m]
lunghezza travi zona B	3.85	2.52	3.85	2.52	[m]
n° ragguagliato travi zona A	1	1.5	1	1.5	[-]

n° ragguagliato travi zona B	1	2.5	1	2.5	[-]
peso volumico zona A	2.09	0.58	1.79	0.97	[kN]
peso volumico zona B	3.42	0.97	2.93	1.62	[kN]
Peso travi in un piano zona A su nodo C	2.68		2.76		[kN]
Peso travi in un piano zona B sul pilastro	4.40		4.55		[kN]
Peso globale al PT	14				[kN]

### CARICHI PERMANENTI W SU PILASTRO CENTRATO AL PT

larghezza di influenza pilastro (l)	2.92	[m]		
larghezza di influenza pilastro (i)	5.69	[m]		
superficie che grava sul pilastro (S)	17	[m <sup>2</sup> ]		
Superficie area A	7	[m <sup>2</sup> ]		
Superficie area B	10	[m <sup>2</sup> ]		
	interpiano		copertura	
n° orizzontamenti	1		1	[-]
peso strutturale orizzontale/m <sup>2</sup> (G <sub>1</sub> )	1.87		1.87	[kN/m <sup>2</sup> ]
peso strutturale orizzontale area A (G <sub>1</sub> )	13		13	[kN]
peso strutturale orizzontale area B (G <sub>1</sub> )	18		18	[kN]
Peso globale struttura travi sul pilastro PT	14			[kN]
peso globale carichi permanenti strut. (G <sub>1</sub> )	77			[kN]
peso non strutturale orizzontale/m <sup>2</sup> (G <sub>2</sub> )	1.12		1.45	[kN/m <sup>2</sup> ]
peso PV tra locali/m (G <sub>2</sub> )	2.60			[kN/m]
peso PV tra locali/m <sup>2</sup> "spalmato" (G <sub>2</sub> )	1.2		/	[kN/m <sup>2</sup> ]

Peso partizione più pesante (G <sub>2</sub> )	1.2	/		
peso globale non strutturale area A (G <sub>2</sub> )	16		10	[kN]
peso globale non strutturale area B (G <sub>2</sub> )	23		14	[kN]
peso globale non strutturale al PT (G <sub>2</sub> )	63			[kN]

**CARICHI VARIABILI  $Q_k$  RELATIVI ALL'UTILIZZO DELL'EDIFICIO**

larghezza di influenza pilastro (l)	2.92	[m]
larghezza di influenza pilastro (i)	5.69	[m]
superficie che grava sul pilastro (S)	17	[m <sup>2</sup> ]
Superficie area A	7	[m <sup>2</sup> ]
Superficie area B	10	[m <sup>2</sup> ]
n° piani	2	[-]
carichi variabili uniformemente distribuiti/m <sup>2</sup> $q_k$	3	[kN/m <sup>2</sup> ]
carichi variabili unif. Distribuiti area A $q_k$	21	[kN]
carichi variabili unif. Distribuiti area B $q_k$	1	[kN]
carichi variabili uniformemente distribuiti $q_k$ tot	43	[kN]

**CARICO DA NEVE**

larghezza di influenza pilastro (l)	2.92	[m]
larghezza di influenza pilastro (i)	5.69	[m]
superficie che grava sul pilastro (S)	17	[m <sup>2</sup> ]
Superficie area A	7	[m <sup>2</sup> ]
Superficie area B	10	[m <sup>2</sup> ]
n° piani	4	[-]
carico variabili da neve/m <sup>2</sup> $q_s$	0.48	[kN/m <sup>2</sup> ]
carico variabili da neve area A $q_s$	3	[kN]
carico variabili da neve area B $q_s$	5	[kN]
carico variabili da neve copertura $q_s$	8	[kN]

### COMBINAZIONE DI CARICO - SLU – CARICO AL PIEDE

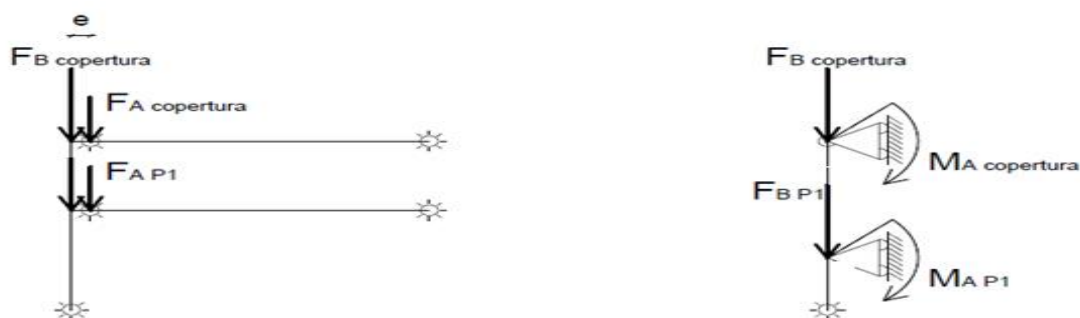
peso globale carichi permanenti strut. ( $G_1$ )	77	[kN]
Peso globale carichi permane. non strut. ( $G_2$ )	63	[kN]
carichi variabili uniformemente distribuiti $q_k$ tot	43	[kN]
carico variabili da neve $q_s$ tot	20	[kN]
$\gamma_{G1}$	1.3	[-]
$\gamma_{G2}$	1.5	[-]
$\gamma_{Qi}$	1.5	[-]
$\Psi_0$ neve	0.5	[-]
carico sul pilastro di bordo SLU ( $N_{Ed}$ )	273	[kN]

CARICHI ZONA A			
	interpiano	copertura	
peso globale carichi permanenti strut. ( $G_1$ )	16	16	[kN]
Peso globale carichi permane. non strut. ( $G_2$ )	16	10	[kN]
carichi variabili uniformemente distribuiti $q_k$ tot	21	21	[kN]
carico variabili da neve $q_s$ tot	/	8	[kN]
$\gamma_{G1}$	1.3		[-]
$\gamma_{G2}$	1.5		[-]
$\gamma_{Qi}$	1.5		[-]
$\Psi_0$ neve	0.5		[-]
carico sul pilastro centrato SLU ( $N_{Ed}$ )	75	72	[kN]



CARICHI AREA B			
	interpiano	copertura	
peso globale carichi permanenti strut. ( $G_1$ )	23	23	[kN]
Peso globale carichi permane. non strut. ( $G_2$ )	23	14	[kN]
carichi variabili uniformemente distribuiti $q_k$ tot	1	1	[kN]
carico variabili da neve $q_s$ tot	/	12	[kN]
$\gamma_{G1}$	1.3		[-]
$\gamma_{G2}$	1.5		[-]
$\gamma_{Qi}$	1.5		[-]
$\Psi_0$ neve	0.5		[-]
carico sul pilastro centrato SLU ( $N_{Ed}$ )	65	61	[kN]

### SCHEMA STATICO E SOLLECITAZIONI SULLA COLONNA



Si considerano le unioni trave-pilastro imbullonate a formare una cerniera, non viene quindi trasmesso al pilastro alcun momento flettente proveniente dalla trave. Viene quindi trasmessa solamente l'azione assiale che avrà però una certa eccentricità, infatti grava sull'unione bullonata che non si trova sull'asse del pilastro.

Forza al piede del pilastro $F_i$	$F_i = F_{Ai} + F_{Bi} + F_{Ai+1} + F_{B+1}$
-----------------------------------	--

Momento flettente $M_{Ai}$	$M_{Ai} = F_{Ai}e$
----------------------------	--------------------

orizzontamento	$F_i$ [kN]	$M_{Ai}$ [kNm]
copertura	136	10.5
1°	273	10.1
terra	273	0.0

L'eccentricità  $e$  è la distanza dal baricentro dell'unione all'asse del pilastro, si considera quindi il baricentro spostato di 50 mm dal bordo del pilastro e metà dell'altezza dello stesso ipotizzata di 180 mm. e è quindi pari a 14 cm.

## PRE-DIMENSIONAMENTO

### 4.2.4.1.1 Resistenza di calcolo

La resistenza di calcolo delle membrature  $R_d$  si pone nella forma:

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_M} \quad (4.2.4)$$

dove:

$R_k$  è il valore caratteristico della resistenza – trazione, compressione, flessione, taglio e torsione – della membratura, determinata dai valori caratteristici delle resistenza dei materiali  $f_{yk}$  e dalle caratteristiche geometriche degli elementi strutturali, dipendenti dalla classe della sezione; nel caso in cui si abbiano elementi con sezioni di classe 4 può farsi riferimento alle caratteristiche geometriche “efficaci”, area efficace  $A_{eff}$ , modulo di resistenza efficace  $W_{eff}$ , modulo di inerzia efficace  $J_{eff}$ , valutati seguendo il procedimento indicato in UNI EN1993-1-5. Nel caso di elementi strutturali formati a freddo e lamiere sottili, per valutare le caratteristiche geometriche “efficaci” si può fare riferimento a quanto indicato in UNI EN1993-1-3.

$\gamma_M$  è il fattore parziale globale relativo al modello di resistenza adottato.

Per le verifiche di resistenza delle sezioni delle membrature, con riferimento ai modelli di resistenza esposti nella presente normativa ed utilizzando acciai dal grado S 235 al grado S 460 di cui al § 11.3, si adottano i fattori parziali  $\gamma_{M0}$  e  $\gamma_{M2}$  indicati nella Tab. 4.2.V. Il coefficiente di sicurezza  $\gamma_{M2}$ , in particolare, deve essere impiegato qualora si eseguano verifiche di elementi tesi nelle zone di unione delle membrature indebolite dai fori.

Per valutare la stabilità degli elementi strutturali compressi, inflessi e presso-inflessi, si utilizza il coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_{M1}$ .

**Tabella 4.2.V** Coefficienti di sicurezza per la resistenza delle membrature e la stabilità

Resistenza delle Sezioni di Classe 1-2-3-4	$\gamma_{M0} = 1,05$
Resistenza all'instabilità delle membrature	$\gamma_{M1} = 1,05$
Resistenza all'instabilità delle membrature di ponti stradali e ferroviari	$\gamma_{M1} = 1,10$
Resistenza, nei riguardi della frattura, delle sezioni tese (indebolite dai fori)	$\gamma_{M2} = 1,25$

tensione di snervamento $f_{yk}$	355	[N/mm <sup>2</sup> ]
tensione a rottura $f_{tk}$	510	[N/mm <sup>2</sup> ]
Riduzione snervamento $f_{yk}$		
tensione di snervamento $f_{yk}$	355	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\gamma_{M0}$	1.05	[-]
snervamento ridotto $f_{yd}$	338	[N/mm <sup>2</sup> ]

$$A = N_{Ed} / f_{yd}$$

carico sul pilastro centrato SLU ( $N_{Ed}$ )	273	[kN]
carico sul pilastro centrato SLU ( $N_{Ed}$ )	273000	[N]
snervamento ridotto $f_{yd}$	338	[N/mm <sup>2</sup> ]
sezione pilastro A	8.07	[cm <sup>2</sup> ]
La HEA con la sezione che si avvicina di più all'area A è:		
prima ipotesi pilastro	100	HEA

## SCelta DELLA SEZIONE

Il secondo vincolo da rispettare è uno operativo. E' infatti difficile poter fissare una trave sulle ali del pilastro se questo sono più corte della base della trave.

Prima ipotesi	100	HEA	NON VERIFICATA STABILITA'
Seconda ipotesi	120	HEA	NON VERIFICATA STABILITA'
Terza ipotesi	140	HEA	NON VERIFICATA PRESSOFLESSIONE
SARA' UTILIZZATO UN PROFILO HEA 200 SECONDO VINCOLO OPERATIVO			

Pilastro scelto	200	HEB
Momento maggiore di inerzia I	3692.00	[cm <sup>4</sup> ]
Momento minore di inerzia I	1325.00	[cm <sup>4</sup> ]
altezza h	190.00	[mm]
larghezza b	200.00	[mm]
spessore anima a	6.50	[mm]
spessore ali e	10.00	[mm]
Area sezione A	53.83	[cm <sup>2</sup> ]
raggio raccordo ali-anima r	18.00	[mm]
Modulo di resistenza W <sub>y</sub>	388.60	[cm <sup>3</sup> ]

## VERIFICA CON IL PESO PROPRIO DEL PILASTRO

Dopo aver scelto la sezione del pilastro si verifica che l'area di sezione sia verificata anche con l'aggiunta del peso proprio del pilastro stesso.

$$A = N_{Ed} / f_{yd} \quad \text{con} \quad N_{Ed} = \text{carico SLU} + P_{pU}$$

carico sul pilastro centrato SLU	273	[kN]
Area sezione A	53.83	[cm <sup>2</sup> ]
Densità acciaio $\rho$	7850	[kg/m <sup>3</sup> ]
g acc. di gravità	9.81	[m/s <sup>2</sup> ]
Peso proprio pilastro per SLE $P_p$	0.41	[kN]
$\gamma_{G1}$	1.3	[-]
Peso proprio pilastro per SLU $P_{pU}$	0.54	[kN]
$N_{Ed}$	274	[kN]
snervamento ridotto $f_{yd}$	338	[N/mm <sup>2</sup> ]
sezione pilastro A necessaria	8.09	[cm <sup>2</sup> ]
sezione pilastro A adottata	53.83	[cm <sup>2</sup> ]
verifica	verificata	



## CLASSIFICAZIONE SEZIONE

### CLASSE DELLE ALI

tensione di snervamento $f_{yk}$	355	[N/mm <sup>2</sup> ]
tensione a rottura $f_{tk}$	510	[N/mm <sup>2</sup> ]

Relazione da rispettare per essere in classe 1:  $c/t \leq 9\epsilon$

$$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$$

larghezza b	200.00	[mm]
spessore anima a	6.50	[mm]
raggio raccordo ali-anima r	18.00	[mm]
lunghezza ala c	78.75	[mm]
spessore ali t	10.00	[mm]
c/t	7.875	[-]
tensione di snervamento $f_{yk}$	355	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\epsilon$	0.813616513	[-]
$9\epsilon$	26.84934494	[-]
classe della sezione	classe 1	

altezza h	190.00	[mm]
spessore ali e	10.00	[mm]
raggio raccordo ali-anima r	18.00	[mm]
altezza anima c	134.00	[mm]
spessore anima t	6.50	[mm]
c/t	20.61538462	[-]
tensione di snervamento $f_{yk}$	355	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\epsilon$	0.813616513	[-]
$33\epsilon$	26.84934494	[-]
classe della sezione	classe 1	

## VERIFICA' STABILITÀ PILASTRO DI BORDO IN COMPRESSIONE

La verifica della stabilità di un'asta compressa viene fatta con lo SLU

### 4.2.4.1.3 Stabilità delle membrature

#### 4.2.4.1.3.1 Aste compresse

La verifica di stabilità di un'asta si effettua nell'ipotesi che la sezione trasversale sia uniformemente compressa. Deve essere

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1, \quad (4.2.42)$$

dove

$N_{Ed}$  è l'azione di compressione di calcolo,

$N_{b,Rd}$  è la resistenza all'instabilità nell'asta compressa, data da

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_{yk}}{\gamma_{M1}} \quad \text{per le sezioni di classe 1, 2 e 3,} \quad (4.2.43)$$

e da

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A_{eff} f_{yk}}{\gamma_{M1}} \quad \text{per le sezioni di classe 4.} \quad (4.2.44)$$

I coefficienti  $\chi$  dipendono dal tipo di sezione e dal tipo di acciaio impiegato; essi si desumono, in funzione di appropriati valori della snellezza adimensionale  $\bar{\lambda}$ , dalla seguente formula

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1.0 \quad (4.2.45)$$

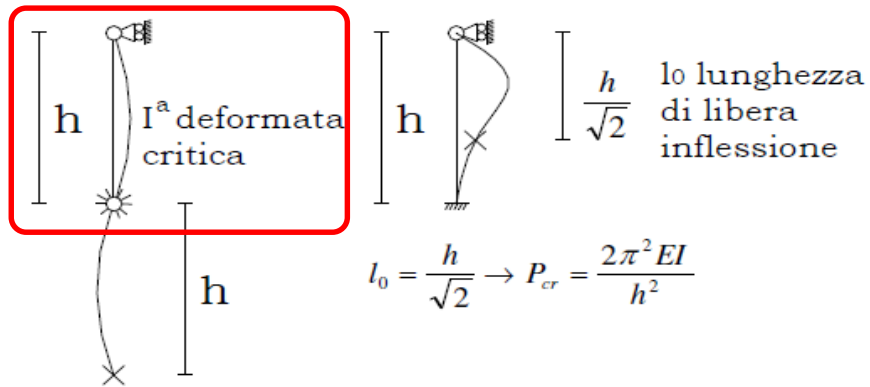
dove  $\Phi = 0.5[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2]$ ,  $\alpha$  è il fattore di imperfezione, ricavato dalla Tab 4.2.VI, e la snellezza adimensionale  $\bar{\lambda}$  è pari a

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_{yk}}{N_{cr}}} \quad \text{per le sezioni di classe 1, 2 e 3, e a} \quad (4.2.46)$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} \cdot f_{yk}}{N_{cr}}} \quad \text{per le sezioni di classe 4.} \quad (4.2.47)$$

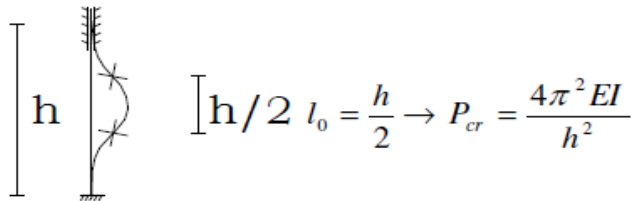
CARICO CRITICO  $N_{cr}$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{l_0^2} \quad (P_{cr} = N_{cr})$$



$$l_0 = \frac{h}{\sqrt{2}} \rightarrow P_{cr} = \frac{2\pi^2 EI}{h^2}$$

$$l_0 = h \rightarrow P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{h^2}$$



$$l_0 = \frac{h}{2} \rightarrow P_{cr} = \frac{4\pi^2 EI}{h^2}$$

modulo elastico acciaio $E_s$	210000000	[kN/m <sup>2</sup> ]
Momento maggiore di inerzia I	3692.00	[cm <sup>4</sup> ]
Momento maggiore di inerzia I	0.000036920	[m <sup>4</sup> ]
Momento minore di inerzia I	1325.00	[cm <sup>4</sup> ]
Momento minore di inerzia I	0.000013250	[m <sup>4</sup> ]
altezza pilastro h	3.4	[m]
lunghezza di libera inflessione $l_0$	3.40	[m]
Carico critico $N_{cr}$	2376	[kN]

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_{yk}}{N_{cr}}}$$

Area sezione A	53.83	[cm <sup>2</sup> ]
Area sezione A	0.005383	[m <sup>2</sup> ]
tensione di snervamento $f_{yk}$	355	[N/mm <sup>2</sup> ]
tensione di snervamento $f_{yk}$	355000	[kN/m <sup>2</sup> ]
Carico critico $N_{cr}$	2376	[kN]
Snellezza adimensionale	0.90	[-]

## CONTROLLO PER LA VERIFICA DI INSTABILITA'

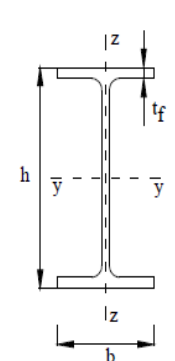
Nel caso in cui  $\bar{\lambda}$  sia minore di 0,2 oppure nel caso in cui la sollecitazione di calcolo  $N_{Ed}$  sia inferiore a  $0,04N_{cr}$ , gli effetti legati ai fenomeni di instabilità per le aste compresse possono essere trascurati.

Carico critico $N_{cr}$	2376	[kN]
verifica	si necessaria	

### FATTORE DI IMPERFEZIONE $\alpha$

Il fattore di imperfezione rappresenta il valore della curva di instabilità relativa alla sezione considerata. Vi sono curve diverse a seconda che la sezione si instabilizzi in una o in un'altra direzione, non sapendo a priori in quale direzione si instabilizzerà, si considera a favore di sicurezza sempre il minore valore di  $\alpha$ .

**Tabella 4.2.VI** Curve d'instabilità per varie tipologie di sezioni e classi d'acciaio, per elementi compressi.

Sezione trasversale	Limiti	Inflessione intorno all'asse	Curva di instabilità		
			S235, S275, S355, S420	S460	
	$h/b > 1,2$	$t_f \leq 40$ mm	y-y b	a a <sub>0</sub>	
		$40 \text{ mm} < t_f \leq 100$ mm	y-y c	a a	
	$h/b \leq 1,2$	$t_f \leq 100$ mm	y-y c	b a	
		$t_f > 100$ mm	y-y d	c c	
Curva di instabilità	a <sub>0</sub>	a	b	c	d
Fattore di imperfezione $\alpha$	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

altezza h	190.00	[mm]
larghezza b	200.00	[mm]
h/b	0.95	[-]
spessore ali t <sub>f</sub>	10.00	[mm]
curva di instabilità	b	
fattore di imperfezione α	0.34	[-]

COEFFICIENTE  $\phi$        $\Phi = 0.5[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2]$

fattore di imperfezione α	0.34	[-]
Snellezza adimensionale	0.90	[-]
coefficiente $\phi$	1.02	[-]

#### VERIFICA A PRESSOINFLESSIONE

Per la verifica a presso flessione del pilastro di bordo viene seguito il procedimento del metodo A illustrato nel punto C4.2.4.1.3.3.1 della circolare relativa alle NTC. Si considerano le unioni trave-pilastro imbullonate a formare una cerniera, non viene quindi trasmesso al pilastro alcun momento flettente proveniente dalla trave. Viene quindi trasmessa solamente l'azione assiale che avrà però una certa eccentricità, infatti grava sull'unione bullonata che non si trova sull'asse del pilastro.

#### C4.2.4.1.3.3.1 Metodo A

Nel caso di aste prismatiche soggette a compressione  $N_{Ed}$  e a momenti flettenti  $M_{y,Ed}$  e  $M_{z,Ed}$  agenti nei due piani principali di inerzia, in presenza di vincoli che impediscono gli spostamenti torsionali, si dovrà controllare che risulti:

$$\frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{\min} \cdot f_{yk} \cdot A} + \frac{M_{yeq,Ed} \cdot \gamma_{M1}}{f_{yk} \cdot W_y \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}\right)} + \frac{M_{zeq,Ed} \cdot \gamma_{M1}}{f_{yk} \cdot W_z \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}\right)} \leq 1 \quad (C4.2.32)$$

dove:

$\chi_{\min}$  è il minimo fattore  $\chi$  relativo all'inflessione intorno agli assi principali di inerzia;

$W_y$  e  $W_z$  sono i moduli resistenti elastici per le sezioni di classe 3 e i moduli resistenti plastici per le sezioni di classe 1 e 2,

$N_{cr,y}$  e  $N_{cr,z}$  sono i carichi critici euleriani relativi all'inflessione intorno agli assi principali di inerzia;

$M_{yeq,Ed}$  e  $M_{zeq,Ed}$  sono i valori equivalenti dei momenti flettenti da considerare nella verifica.

Se il momento flettente varia lungo l'asta si assume, per ogni asse principale di inerzia,

$$M_{eq,Ed} = 1,3 \cdot M_{m,Ed} \quad (C4.2.33)$$

essendo  $M_{m,Ed}$  il valor medio del momento flettente, con la limitazione

$$0,75 \cdot M_{\max,Ed} \leq M_{eq,Ed} \leq M_{\max,Ed} \quad (C4.2.34)$$

Nel caso di asta vincolata agli estremi, soggetta a momento flettente variabile linearmente tra i valori di estremità  $M_a$  e  $M_b$ ,  $|M_a| \geq |M_b|$ , (Figura C4.2.11), si può assumere per  $M_{eq,Ed}$  il seguente valore

$$M_{eq,Ed} = 0,6 \cdot M_a - 0,4 \cdot M_b \geq 0,4 \cdot M_a \quad (C4.2.35)$$



Figura C4.2.11 Trave soggetta a momenti d'estremità



Come si è visto nella verifica di instabilità il coefficiente  $\chi$  dipende dalla sezione, dall'acciaio utilizzato, dalla snellezza adimensionale e dal fattore di imperfezione  $\alpha$  e quindi dalla direzione in cui si instabilizza.  $\chi_{min}$  è il fattore relativo alla direzione più svantaggiosa nell'instabilizzarsi, ed è quindi esattamente il valore calcolato precedentemente.

coefficiente $\chi_{min}$	0.66	[-]
---------------------------	------	-----

#### MOMENTO EQUIVALENTE $M_{eq,Ed}$

Come si vede dallo schema statico precedente, ci si trova nel caso di asta vincolata con momenti agenti sugli estremi per cui si può calcolare il momento equivalente come:

$$M_{eq,Ed} = 0,6 \cdot M_a - 0,4 \cdot M_b \geq 0,4 \cdot M_a$$



con  $|M_a| \geq |M_b|$

orizzontamento	$M_{Ai}$ [kNm]	piano	$M_{eq,Ed}$ [kNm]
copertura	10.5		
1°	10.1	1°	4.03
terra	0.0	terra	6.05

#### VERIFICA A PRESSO FLESSIONE

$$\frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{min} \cdot f_{yk} \cdot A} + \frac{M_{yeq,Ed} \cdot \gamma_{M1}}{f_{yk} \cdot W_y \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}\right)} + \frac{M_{zeq,Ed} \cdot \gamma_{M1}}{f_{yk} \cdot W_z \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}\right)} \leq 1 \quad (C4.2.32)$$

piano	$N_{Ed}$ [kN]	$\gamma_{M1}$ [-]	$\chi_{min}$ [-]	$f_{yk}$ [MPa]	$A$ [cm <sup>2</sup> ]	$M_{eq,Ed}$ [kNm]	$W_y$ [cm <sup>3</sup> ]	$N_{cr}$ [kN]	verifica	verifica
1°	273	1.05	0.66	355	65.25	4.03	151.40	2691	0.27	verificato
terra	273	1.05	0.66	355	53.83	6.05	388.60	2376	0.28	verificato

## 5.13 Unioni bullonate

Si procede al dimensionamento e alla verifica delle piastre e dei relativi bulloni di unione tra pilastro e trave primaria e tra trave primaria e trave secondaria.

### UNIONE TRAVE PRIMARIA – PILASTRO

#### CLASSE DEI BULLONI

Nel dimensionamento delle unioni bullonate è necessario innanzitutto definire la classe dei bulloni. Di seguito la tabella con le diverse resistenze relative.

Classe	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
$f_{yb}$ [MPa]	240	300	480	649	900
$f_{tb}$ [MPa]	400	500	600	800	1000

con

$f_{yb}$  è la tensione di snervamento del bullone

$f_{tb}$  è la tensione di rottura del bullone

classe adottata	8.8	
$f_{yb}$	649	[MPa]
$f_{tb}$	800	[MPa]

#### VERIFICA A STRAPPAMENTO E TRANCIAMENTO

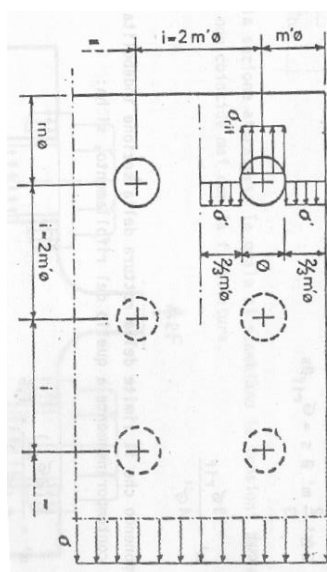
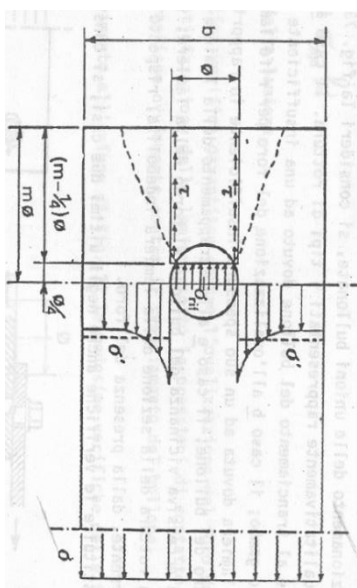
Le verifiche a strappamento a tranciamento sono fatte semplicemente rispettando alcuni parametri geometrici, inoltre sono verificate implicitamente dalla verifica a rifollamento perché prima dello strappamento e tranciamento avviene sempre il rifollamento, quindi basta verificare quest'ultimo perché siano tutti verificati.

Per la verifica a strappamento bisogna garantire che la distanza dell'ultima fila di bulloni nella direzione parallela alla forza agente sia pari a  $m\emptyset$ . Con  $m=2$  e  $\emptyset$  diametro dei bulloni.

In questo caso si sta dimensionando un'unione per la trave secondaria con un carico che grava verticalmente, quindi  $m\emptyset$  è la distanza dal lembo superiore del fazzoletto.

Per la verifica a strappamento è necessario invece garantire che l'interasse dei bulloni, in direzione perpendicolare alla forza agente, sia pari a  $2m'\emptyset$  e la distanza dal bordo della piastra  $m'\emptyset$ , con  $m'=1,5$ .

In questo caso, avendo il carico verticale, l'interasse considerato è  $i_x$  in direzione orizzontale.



diámetro bulloni $\emptyset$	17	[mm]
m	2	[-]
m'	1,5	[-]
m $\emptyset$	34	[mm]
m' $\emptyset$	25,5	[mm]

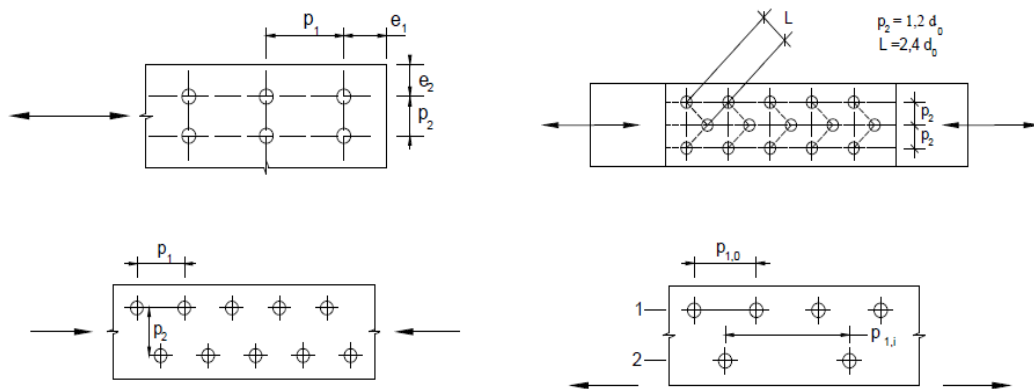
## INTERASSE DEI BULLONI IN DIREZIONE PARALLELA ALLA FORZA AGENTE

L'interasse dei bulloni in direzione parallela alla forza agente, in questo caso  $i_y$ , non deve essere inferiore al minimo specificato dal punto 4.2.8.1.1 delle NTC.

**Tabella 4.2.XIII** Posizione dei fori per unioni bullonate e chiodate.

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  $0,6 \cdot p_1$ .

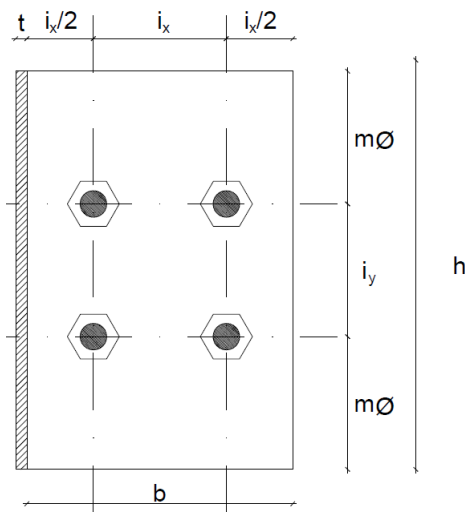


**Figura 4.2.3** - Disposizione dei fori per le realizzazioni di unioni bullonate o chiodate

Deve essere il diametro dei fori che può essere al massimo di 1,5 mm per bulloni di diametro fino a 20 mm e di 1,5 per diametri maggiori di 20 mm.

diametro bulloni $\emptyset$	17	[mm]
diametro foro $d_0$	18	[mm]
interasse minimo bulloni // forza V	40	[mm]

## GEOMETRIA DEI FAZZOLETTI A L E DEI BULLONI



Si ipotizza un'unione con uno o due fazzoletti ad L con le seguenti dimensioni. Essendo le piastre unite all'anima della trave bisogna verificare che l'altezza  $h$  sia inferiore all'anima della trave.

### DIMENSIONI PIASTRE

n° piastre $n_p$	2	[-]
spessore $t$	15	[mm]
lunghezza // all'anima $b$	120	[mm]
altezza $\perp$ all'anima $h$	200	[mm]
trave considerata	IPE 500	
altezza massima fazzoletto $h_{max}$	426	[mm]
verifica	verificato	

### NUMERO BULLONI

n° righe bulloni // anima	3	[-]
n° colonne bulloni $\perp$ anima	1	[-]
n° bulloni	3	[-]

## POSIZIONE BULLONI

Per far coincidere il baricentro delle rigidità dei bulloni col baricentro geometrico della piastra si è tenuto il limite  $m\emptyset$  anche per il lembo inferiore della piastra. Questo permette di avere una simmetria rispetto all'asse x.

distanza dai bordi sull'asse x	60	[mm]
interasse orizzontale bulloni // anima $i_x$	0	[mm]
verifica lunghezza piastra b	verificato	
distanza dai bordi sull'asse y	50	[mm]
interasse verticale bulloni $\perp$ anima $i_y$	50	[mm]
verifica altezza piastra h	verificato	
baricentro dei bulloni $x_G$	60	[mm]
baricentro dei bulloni $y_G$	100	[mm]

## CARICO VERTICALE V SUL GIUNTO E MOMENTO TORCENTE M

Si considera una unione bullonata per la connessione trave principale-pilastro. La trave in questione è una IPE 360. La forza agente è quella esercitata dalla combinazione di carico della trave secondaria allo SLU.

Il carico agente sul giunto è dato dal carico su tutta la trave diviso il numero di fazzoletti  $n_p$  che sostengono lo stesso elemento.

$$V = \frac{P_U l}{n_p}$$

La forza V non si considera agente sul baricentro della piastra, ma con una certa eccentricità e dell'asse di Truschino. Si considera quindi che la forza passi all'altezza della giunzione con l'altra trave.

$$e = x_G + t$$

Viene quindi esercitato un momento torcente  $M = V \cdot e$  che si scarica sugli stessi bulloni.

n° piastre $n_p$	2	[-]
carico su l trave per SLU $P_U$	38	[kN/m]
luce trave l	10,23	[m]
carico sul giunto V	194	[kN]
eccentricità e	75	[mm]
momento torcente M	14,55	[kNm]



## CARICO AGENTE RIPARTITO SUI BULLONI

Sui bulloni si scarica una parte del taglio  $V$  e una parte del momento  $M$ , quindi il carico agente  $F_{V,Ed}$  è la somma vettoriale delle due componenti

$$F_{V,Ed} = |R_V + R_M|$$

$R_V$  è la componente di taglio, è uguale per tutti i bulloni ed è pari a

$$R_V = \frac{V}{n}$$

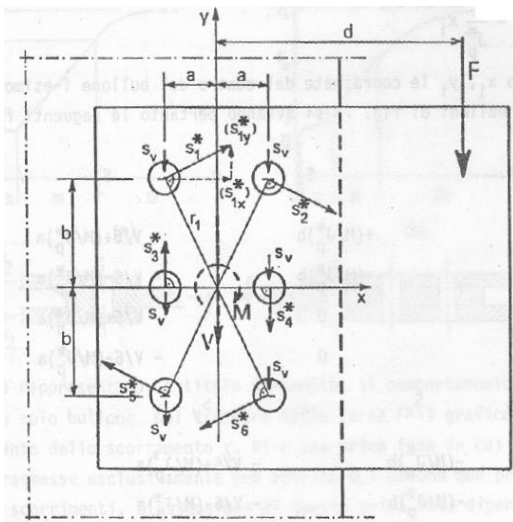
dove  $n$  è il numero di bulloni.

$R_M$  è la componente data dal momento torcente ed è pari a

$$R_{Mi} = \frac{M}{I_p} r_i$$

dove  $r$  è la distanza del bullone dal baricentro e  $I_p$  è il momento di inerzia polare ed è uguale a

$$I_p = \sum r^2$$



## SITUAZIONE CON 3 BULLONI

$R_V$	65	[kN]
distanza dal baricentro bullone 1 $r_1$	50	[mm]
distanza dal baricentro bullone 2 $r_2$	0	[mm]
distanza dal baricentro bullone 3 $r_3$	50	[mm]
momento di inerzia polare $I_p$	5000	[mm <sup>2</sup> ]
$R_{M1}$	145	[kN]
$R_{M2}$	0	[kN]
$R_{M3}$	145	[kN]

Nel caso di tre bulloni i vettori delle componenti sono perpendicolari, si ricava quindi il carico agente con il teorema di pitagora.

$F_{V,Ed1}$	159	[kN]
$F_{V,Ed2}$	65	[kN]
$F_{V,Ed3}$	159	[kN]
$F_{V,Ed \max}$	159	[kN]

## VERIFICA A TAGLIO

Per la verifica a taglio si seguono le specifiche del paragrafo 4.2.8.1.1 delle NTC:

La resistenza di calcolo a taglio dei bulloni e dei chiodi  $F_{v,Rd}$ , per ogni piano di taglio che interessa il gambo dell'elemento di connessione, può essere assunta pari a:

$$F_{v,Rd} = 0,6 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2}, \text{ bulloni classe 4.6, 5.6 e 8.8;} \quad (4.2.57)$$

$$F_{v,Rd} = 0,5 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2}, \text{ bulloni classe 6.8 e 10.9;} \quad (4.2.58)$$

$A_{res}$  indica l'area resistente della vite e si adotta quando il piano di taglio interessa la parte filettata della vite. Nei casi in cui il piano di taglio interessa il gambo non filettato della vite si ha

$$F_{v,Rd} = 0,6 f_{tb} A / \gamma_{M2}, \text{ bulloni - tutte le classi di resistenza,} \quad (4.2.60)$$

dove  $A$  indica l'area nominale del gambo della vite e  $f_{tb}$ , invece, indica la resistenza a rottura del materiale impiegato per realizzare il bullone. Con  $f_{tr}$  è indicata la resistenza del materiale utilizzato

$\gamma_{M2}$  è il coefficiente di sicurezza che per le unioni bullonate vale 1,25 come indicato nella tabella 4.2.XII delle NTC.

Si deve quindi verificare che 
$$\frac{F_{V,Ed}}{n_p F_{V,Rd}} \leq 1$$

Nel caso in cui l'elemento da unire sia collegato con due piastre, allora la resistenza di calcolo a taglio raddoppia perché vi sono due aree resistenti  $A_{res}$ .  $n_p$  è infatti il numero di piastre utilizzate nell'unione bullonata.

n° bulloni	3	[-]
$f_{tb}$	800	[MPa]
diámetro bulloni $\varnothing$	17	[mm]
Area resistente bullone	227	[mm <sup>2</sup> ]
$\gamma_{M2}$	1,25	[-]
$F_{V,Rd}$	87	[kN]
$F_{V,Ed}$	159	[kN]
n° piastre $n_p$	2	[-]
$F_{V,Ed} / n_p F_{V,Rd}$	0,91	[-]
verifica	verificato	

## VERIFICA A RIFOLLAMENTO

Anche per la verifica a taglio si seguono le specifiche del paragrafo 4.2.8.1.1 delle NTC:

La resistenza di calcolo a rifollamento  $F_{b,Rd}$  del piatto dell'unione, bullonata o chiodata, può essere assunta pari a

$$F_{b,Rd} = k \alpha f_{tk} d t / \gamma_{M2}, \quad (4.2.61)$$

dove:

$d$  è il diametro nominale del gambo del bullone,

$t$  è lo spessore della piastra collegata,

$f_{tk}$  è la resistenza a rottura del materiale della piastra collegata,  $\frac{F_{V,Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1$

$\alpha = \min \{e_1 / (3 d_0) ; f_{tb} / f_t ; 1\}$  per bulloni di bordo nella direzione del carico applicato,

$\alpha = \min \{p_1 / (3 d_0) - 0,25 ; f_{tb} / f_t ; 1\}$  per bulloni interni nella direzione del carico applicato,

$k = \min \{2,8 e_2 / d_0 - 1,7 ; 2,5\}$  per bulloni di bordo nella direzione perpendicolare al carico applicato,

$k = \min \{1,4 p_2 / d_0 - 1,7 ; 2,5\}$  per bulloni interni nella direzione perpendicolare al carico applicato,

essendo  $e_1$ ,  $e_2$ ,  $p_1$  e  $p_2$  indicati in Fig. 4.2.3 e  $d_0$  il diametro nominale del foro di alloggiamento del bullone,

## UNIONE TRAVE PRIMARIA – TRAVE SECONDARIA

### CLASSE DEI BULLONI

Nel dimensionamento delle unioni bullonate è necessario innanzitutto definire la classe dei bulloni. Di seguito la tabella con le diverse resistenze relative.

Classe	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
$f_{yb}$ [MPa]	240	300	480	649	900
$f_{tb}$ [MPa]	400	500	600	800	1000

con

$f_{yb}$  è la tensione di snervamento del bullone

$f_{tb}$  è la tensione di rottura del bullone

classe adottata	8.8	
$f_{yb}$	649	[MPa]
$f_{tb}$	800	[MPa]

## VERIFICA A STRAPPAMENTO E TRANCIAMENTO

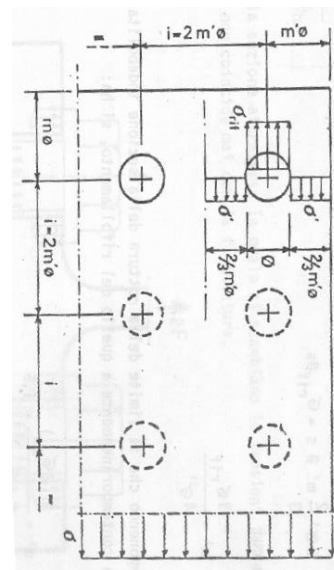
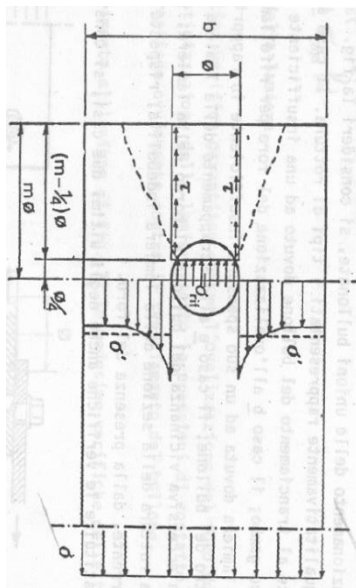
Le verifiche a strappamento a tranciamento sono fatte semplicemente rispettando alcuni parametri geometrici, inoltre sono verificate implicitamente dalla verifica a rifollamento perché prima dello strappamento e tranciamento avviene sempre il rifollamento, quindi basta verificare quest'ultimo perché siano tutti verificati.

Per la verifica a strappamento bisogna garantire che la distanza dell'ultima fila di bulloni nella direzione parallela alla forza agente sia pari a  $m\emptyset$ . Con  $m=2$  e  $\emptyset$  diametro dei bulloni.

In questo caso si sta dimensionando un'unione per la trave secondaria con un carico che grava verticalmente, quindi  $m\emptyset$  è la distanza dal lembo superiore del fazzoletto.

Per la verifica a strappamento è necessario invece garantire che l'interasse dei bulloni, in direzione perpendicolare alla forza agente, sia pari a  $2m'\emptyset$  e la distanza dal bordo della piastra  $m'\emptyset$ , con  $m'=1,5$ .

In questo caso, avendo il carico verticale, l'interasse considerato è  $i_x$  in direzione orizzontale.



diámetro bulloni $\emptyset$	11	[mm]
$m$	2	[-]
$m'$	1,5	[-]
$m\emptyset$	22	[mm]
$m'\emptyset$	16,5	[mm]

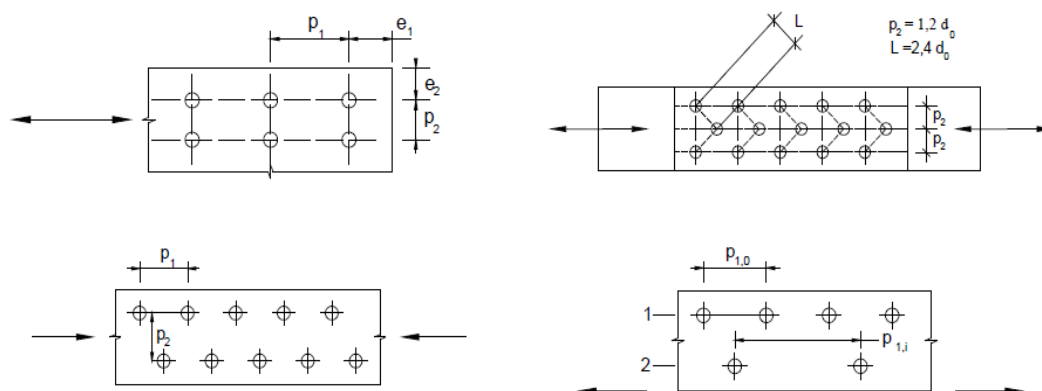
## INTERASSE DEI BULLONI IN DIREZIONE PARALLELA ALLA FORZA AGENTE

L'interasse dei bulloni in direzione parallela alla forza agente, in questo caso  $i_y$ , non deve essere inferiore al minimo specificato dal punto 4.2.8.1.1 delle NTC.

**Tabella 4.2.XIII** Posizione dei fori per unioni bullonate e chiodate.

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.



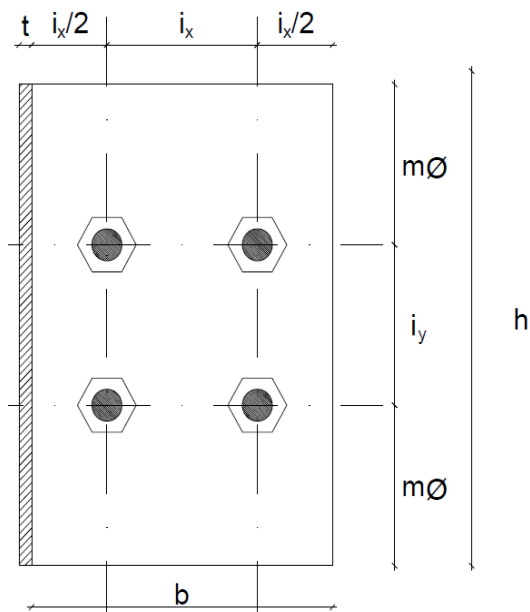
**Figura 4.2.3** - Disposizione dei fori per le realizzazioni di unioni bullonate o chiodate

Dove  $d_0$  è il diametro del foro che può essere al massimo di 1 mm per bulloni di diametro fino a 20 mm e di 1,5 per diametri maggiori di 20 mm.

diámetro bulloni $\emptyset$	11	[mm]
diámetro foro $d_0$	12	[mm]
interasse minimo bulloni // forza V	26	[mm]



## GEOMETRIA DEI FAZZOLETTI A L E DEI BULLONI



Si ipotizza un'unione con uno o due fazzoletti ad L con le seguenti dimensioni. Essendo le piastre unite all'anima della trave bisogna verificare che l'altezza  $h$  sia inferiore all'anima della trave.

### DIMENSIONI PIASTRE

n° piastre $n_p$	2	[-]
spessore $t$	8	[mm]
lunghezza // all'anima $b$	100	[mm]
altezza $\perp$ all'anima $h$	100	[mm]
trave considerata	IPE 160	
altezza massima fazzoletto $h_{max}$	127	[mm]
verifica	verificato	

### NUMERO BULLONI

n° righe bulloni // anima	2	[-]
n° colonne bulloni $\perp$ anima	2	[-]
n° bulloni	4	[-]

## POSIZIONE BULLONI

Per far coincidere il baricentro delle rigidità dei bulloni col baricentro geometrico della piastra si è tenuto il limite  $m\varnothing$  anche per il lembo inferiore della piastra. Questo permette di avere una simmetria rispetto all'asse x.

distanza dai bordi sull'asse x	33	[mm]
interasse orizzontale bulloni // anima $i_x$	33	[mm]
verifica lunghezza piastra b	verificato	
distanza dai bordi sull'asse y	33,33333	[mm]
interasse verticale bulloni $\perp$ anima $i_y$	33,33333	[mm]
verifica altezza piastra h	verificato	
baricentro dei bulloni $x_G$	50	[mm]
baricentro dei bulloni $y_G$	50	[mm]

## CARICO VERTICALE V SUL GIUNTO E MOMENTO TORCENTE M

Si considera una unione bullonata per la connessione trave principale-pilastro. La trave in questione è una IPE 360. La forza agente è quella esercitata dalla combinazione di carico della trave secondaria allo SLU.

Il carico agente sul giunto è dato dal carico su tutta la trave diviso il numero di fazzoletti  $n_p$  che sostengono lo stesso elemento.

$$V = \frac{P_U l}{n_p}$$

La forza V non si considera agente sul baricentro della piastra, ma con una certa eccentricità e dell'asse di Truschino. Si considera quindi che la forza passi all'altezza della giunzione con l'altra trave.

$$e = x_G + t$$

Viene quindi esercitato un momento torcente  $M = V \cdot e$  che si scarica sugli stessi bulloni.

n° piastre $n_p$	2	[-]
carico su l trave per SLU $P_U$	13	[kN/m]
luce trave l	3,6	[m]
carico sul giunto V	24	[kN]
eccentricità e	58	[mm]
momento torcente M	1,40	[kNm]

## CARICO AGENTE RIPARTITO SUI BULLONI

Sui bulloni si scarica una parte del taglio  $V$  e una parte del momento  $M$ , quindi il carico agente  $F_{V,Ed}$  è la somma vettoriale delle due componenti

$$F_{V,Ed} = |R_V + R_M|$$

$R_V$  è la componente di taglio, è uguale per tutti i bulloni ed è pari a

$$R_V = \frac{V}{n}$$

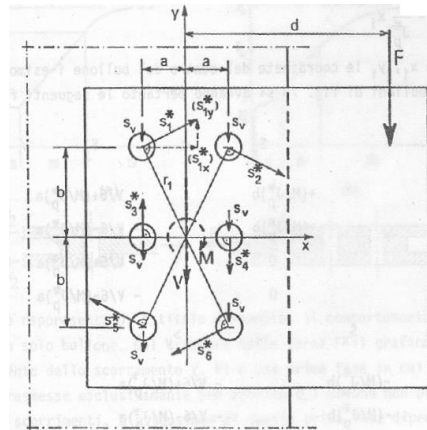
dove  $n$  è il numero di bulloni.

$R_M$  è la componente data dal momento torcente ed è pari a

$$R_{Mi} = \frac{M}{I_p} r_i$$

dove  $r$  è la distanza del bullone dal baricentro e  $I_p$  è il momento di inerzia polare ed è uguale a

$$I_p = \sum r^2$$



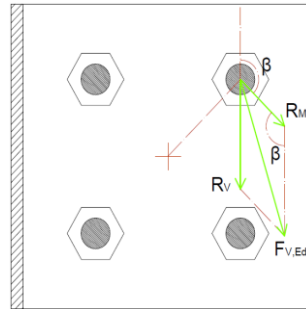
## SITUAZIONE CON 4 BULLONI

$R_V$	6	[kN]
distanza dal baricentro bullone 1 $r_1$	23,57023	[mm]
distanza dal baricentro bullone 2 $r_2$	23,57023	[mm]
distanza dal baricentro bullone 3 $r_3$	23,57023	[mm]
distanza dal baricentro bullone 3 $r_4$	23,57023	[mm]
momento di inerzia polare $I_p$	2222,222	[mm <sup>2</sup> ]
$R_{M1}$	15	[kN]
$R_{M2}$	15	[kN]
$R_{M3}$	15	[kN]
$R_{M4}$	15	[kN]

Nel caso di quattro bulloni i vettori delle componenti non sono perpendicolari, si ricava quindi il carico agente con il teorema di pitagora generalizzato

$$F_{v,edi} = \sqrt{R_V^2 + R_{Mi}^2 - 2R_V R_{Mi} \cos\beta}$$

dove  $\beta$  è supplementare dell'angolo tra i due vettori. Nella situazione con quattro bulloni  $\beta$  è sempre costante e pari a  $135^\circ$ .



$\beta$	135	[°]
$\beta$	2,36	[rad]
$F_{V,Ed1}$	20	[kN]
$F_{V,Ed2}$	20	[kN]
$F_{V,Ed3}$	20	[kN]
$F_{V,Ed4}$	20	[kN]
$F_{V,Ed \max}$	20	[kN]

## VERIFICA A TAGLIO

Per la verifica a taglio si seguono le specifiche del paragrafo 4.2.8.1.1 delle NTC:

La resistenza di calcolo a taglio dei bulloni e dei chiodi  $F_{v,Rd}$ , per ogni piano di taglio che interessa il gambo dell'elemento di connessione, può essere assunta pari a:

$$F_{v,Rd} = 0,6 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2}, \text{ bulloni classe 4.6, 5.6 e 8.8;} \quad (4.2.57)$$

$$F_{v,Rd} = 0,5 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2}, \text{ bulloni classe 6.8 e 10.9;} \quad (4.2.58)$$

$A_{res}$  indica l'area resistente della vite e si adotta quando il piano di taglio interessa la parte filettata della vite. Nei casi in cui il piano di taglio interessa il gambo non filettato della vite si ha

$$F_{v,Rd} = 0,6 f_{tb} A / \gamma_{M2}, \text{ bulloni - tutte le classi di resistenza,} \quad (4.2.60)$$

dove  $A$  indica l'area nominale del gambo della vite e  $f_{tb}$ , invece, indica la resistenza a rottura del materiale impiegato per realizzare il bullone. Con  $f_{tr}$  è indicata la resistenza del materiale utilizzato

$\gamma_{M2}$  è il coefficiente

$$\frac{F_{V,Ed}}{n_p F_{v,Rd}} \leq 1$$

e di sicurezza che per le unioni bullonate vale 1,25 come indicato nella tabella 4.2.XII delle NTC.

Si deve quindi verificare che

Nel caso in cui l'elemento da unire sia collegato con due piastre, allora la resistenza di calcolo a taglio raddoppia perché vi sono due aree resistenti Ares.  $n_p$  è infatti il numero di piastre utilizzate nell'unione bullonata.

n° bulloni	4	[-]
$f_{tb}$	800	[MPa]
diametro bulloni $\varnothing$	11	[mm]
Area resistente bullone	95	[mm <sup>2</sup> ]
$\gamma_{M2}$	1,25	[-]
$F_{V,Rd}$	36	[kN]
$F_{V,Ed}$	20	[kN]
n° piastre $n_p$	2	[-]
$F_{V,Ed} / n_p F_{V,Rd}$	0,27	[-]
Verifica	verificato	

#### VERIFICA A RIFOLLAMENTO

Anche per la verifica a taglio si seguono le specifiche del paragrafo 4.2.8.1.1 delle NTC:

La resistenza di calcolo a rifollamento  $F_{b,Rd}$  del piatto dell'unione, bullonata o chiodata, può essere assunta pari a

$$F_{b,Rd} = k \alpha f_{tk} d t / \gamma_{M2}, \quad (4.2.61)$$

dove:

$d$  è il diametro nominale del gambo del bullone,

$t$  è lo spessore della piastra collegata,

$f_{tk}$  è la resistenza a rottura del materiale della piastra collegata,

$\alpha = \min \{ e_1 / (3 d_0) ; f_{tb} / f_t ; 1 \}$  per bulloni di bordo nella direzione del carico applicato,

$\alpha = \min \{ p_1 / (3 d_0) - 0,25 ; f_{tb} / f_t ; 1 \}$  per bulloni interni nella direzione del carico applicato,

$k = \min \{ 2,8 e_2 / d_0 - 1,7 ; 2,5 \}$  per bulloni di bordo nella direzione perpendicolare al carico applicato,

$k = \min \{ 1,4 p_2 / d_0 - 1,7 ; 2,5 \}$  per bulloni interni nella direzione perpendicolare al carico applicato,

essendo  $e_1$ ,  $e_2$ ,  $p_1$  e  $p_2$  indicati in Fig. 4.2.3 e  $d_0$  il diametro nominale del foro di alloggiamento del bullone,

## BULLONI DI BORDO NELLA DIREZIONE DI CARICO APPLICATO

distanza dai bordi sull'asse y - $e_1$	33,33333	[mm]
distanza dai bordi sull'asse x - $e_2$	33	[mm]
diametro foro $d_0$	12	[mm]
$f_{tb}$	800	[MPa]
resistenza a rottura della piastra $f_{tk}$	510	[MPa]
$\alpha$	0,93	[-]
k	2,5	[-]
diametro bulloni $\emptyset$ - d	11	[mm]
spessore t	8	[mm]
$\gamma_{M2}$	1,25	[-]
$F_{b,Rd}$	83	[kN]
$F_{V,Ed}$	20	[kN]
$F_{V,Ed} / n_p F_{V,Rd}$	0,24	[-]
verifica	verificato	

## BULLONI INTERNI NELLA DIREZIONE DI CARICO APPLICATO

interasse orizz. bulloni // anima $i_x$ - $p_1$	33	[mm]
interasse vert. bulloni $\perp$ anima $i_y$ - $p_2$	33,33333	[mm]
diametro foro $d_0$	12	[mm]
$f_{tb}$	800	[MPa]
resistenza a rottura della piastra $f_{tk}$	510	[MPa]
$\alpha$	0,68	[-]
k	2,188889	[-]
diametro bulloni $\emptyset$ - d	11	[mm]
spessore t	8	[mm]
$\gamma_{M2}$	1,25	[-]
$F_{b,Rd}$	53	[kN]
$F_{V,Ed}$		[kN]
$F_{V,Ed} / n_p F_{V,Rd}$	0,00	[-]
verifica	verificato	



## 5.14 Calcolo del setto in calcestruzzo armato

Si procede ad un pre-dimensionamento del setto in calcestruzzo armato.

### CARICHI VARIABILI QK RELATIVI ALL'UTILIZZO DELL'EDIFICIO

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>	3,00	2,00	1,00
	Cat. C1 Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole	4,00	4,00	2,00
	Cat. C2 Balconi, ballatori e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi	5,00	5,00	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
	<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 —	6,00 —	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** —
	<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				

superficie di influenza corretta ( $S_c$ )	54.46	[m <sup>2</sup> ]
carichi verticali uniformemente distribuiti/m <sup>2</sup> $q_k$	3	[kN/m <sup>2</sup> ]
carichi verticali unif. distribuiti $q_k$ su S	163	[kN]

### COMBINAZIONE DI CARICO SUI SETTI CONTROVENTANTI - AZIONI VERTICALI

Si calcolano ora le combinazioni di carico allo SLU ed SLE necessari per le relative verifiche. Lo SLU è associato al collassi di tutta la struttura o di una sua parte e la sicurezza è legata all'incolumità delle persone. Lo SLE corrisponde a situazioni raggiunte le quali i requisiti funzionali della struttura o di alcune sue parti non sono più soddisfatti. Essi causano danni limitati, ma rendono la struttura non più idonea alle esigenze definite nel progetto.

#### COMBINAZIONI DI CARICO

- 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:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

**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.

**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

I carichi variabili possono essere ridotti con altri due coefficienti, uno che considera la non contemporaneità dei carichi, e l'altro ( $\alpha_A$ ) che riduce l'area di influenza.

### COEFFICIENTE DI RIDUZIONE $\alpha_A$

Secondo l'EC1 I sovraccarichi di una singola categoria possono essere ridotti in relazione alle aree sostenute dagli elementi pertinenti, attraverso un coefficiente di riduzione  $\alpha_A$ .

prospetto 6.1 **Categorie di destinazione d'uso**

Categoria	Destinazione d'uso specifica	Esempio
A	Aree per attività domestiche e residenziali	Camere in edifici residenziali e abitazioni unifamiliari; camere e corsie negli ospedali; camere negli alberghi e cucine e bagni negli ostelli.
B	Aree per uffici	
C	Aree nelle quali le persone possono adunarsi (ad eccezione delle aree definite nelle categorie A, B e D <sup>1)</sup> )	<b>C1:</b> aree con tavoli, ecc, per esempio, aree in scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, sale di lettura, sale di ricevimento. <b>C2:</b> aree con posti a sedere fissi, per esempio, aree nelle chiese, teatri o cinema, sale per conferenze, aule universitarie, aule magne, sale d'attesa, sale d'attesa ferroviarie. <b>C3:</b> Aree prive di ostacoli al movimento delle persone, per esempio, aree nei musei, sale d'esposizione, ecc., e aree di accesso negli edifici pubblici ed amministrativi, alberghi, ospedali, atri di stazioni ferroviarie. <b>C4:</b> Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, per esempio, sale da ballo, palestre, palcoscenici. <b>C5:</b> Aree suscettibili di grande affollamento, per esempio in edifici che ospitano eventi pubblici, come sale da concerto, palazzi degli sport, incluse le tribune, le gradinate e le aree d'accesso e le piattaforme ferroviarie.
D	Aree per attività commerciali	<b>D1:</b> Aree per acquisti generici al dettaglio <b>D2:</b> Aree in grandi magazzini
1)	L'attenzione è posta sul punto 6.3.1.1(2), in particolare per le categorie C4 e C5. Quando occorre considerare gli effetti dinamici, vedere EN 1990. Per la Categoria E, vedere prospetto 6.3.	
Nota 1	In relazione alle destinazioni d'uso previste, le aree suscettibili di essere inserite nelle categorie C2, C3, C4 possono essere inserite nella categoria C5 su decisione del committente e/o dell'appendice nazionale.	
Nota 2	L'appendice nazionale può provvedere alla definizione di sotto-categorie rispetto alle Categorie A, B, da C1 a C5, D1 e D2.	
Nota 3	Vedere punto 6.3.2 per attività di immagazzinamento o industriale.	

Il valore raccomandato del coefficiente di riduzione  $\alpha_A$  per le categorie da A ad E è determinato nel modo seguente:

$$\alpha_A = \frac{5}{7} \psi_0 + \frac{A_0}{A} \leq 1,0$$

con la restrizione per le categorie C e D:  $\alpha_A \geq 0,6$

$\psi_0$  è preso dalla tabella 2.5.I della NTC sopra indicata.

$A_0 = 10 \text{ m}^2$

A è l'area caricata

#### COMBINAZIONE DI CARICO SETTI - AZIONI VERTICALI

peso globale strut. Oriz. ( $P_{G1}$ ) interp	116	[kN]
peso globale strut. Oriz. ( $P_{G1}$ ) coper	110	[kN]
peso globale carichi perm. No stru ( $P_{G2}$ ) interp	255	[kN]
peso globale carichi perm. No stru ( $P_{G2}$ )	79	[kN]
car. var. vert. unif. distribuiti $q_k$ (Q) interp	163	[kN]
carico neve	26	[kN]
$\gamma_{G1}$	1.3	[-]
$\gamma_{G2}$	1.5	[-]
$\gamma_{Qi}$	1.5	[-]
$\psi_0$ utilizzo edificio	0.7	[-]
$\psi_0$ neve	0.5	[-]
numero di piani	1	[-]
carico per SLU ( $P_U$ ) interp	706	[kN]
carico per SLE ( $P_E$ ) interp	486	[kN]
carico per SLU ( $P_E$ ) coper	452	[kN]
carico per SLE ( $P_E$ ) coper	316	[kN]

## PREDIMENSIONAMENTO SETTO IN C.A.

### AZIONE ASSIALE SU OGNI PIANO

Di seguito sono riportate le forze agenti piano per piano e l'azione assiale risultante sul setto, suddivisa in  $N_{ak}$  (derivante dai carichi allo SLE) e  $N_{ed}$  (derivante dai carichi SLU) e calcolata come sommatoria delle forze agenti al piano considerato e di quelle agenti ai piani superiori.

Piano	F SLU [kN]	F SLE [kN]	$N_{ed}$ [kN]	$N_{ak}$ [kN]
Copertura	452	316	452	316
1°	706	486	1158	802
terra	706	486	1864	1288

## RESISTENZA DI CALCOLO A COMPRESSIONE DEL CLS E A TRAZIONE DELL'ACCIAIO

### 4.1.2.1.1.1 Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

Per il calcestruzzo la resistenza di calcolo a compressione,  $f_{cd}$ , è:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_C \quad (4.1.4)$$

dove:

$\alpha_{cc}$  è il coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata;

$\gamma_C$  è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo;

$f_{ck}$  è la resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo a 28 giorni.

Il coefficiente  $\gamma_C$  è pari ad 1,5.

Il coefficiente  $\alpha_{cc}$  è pari a 0,85.

Nel caso di elementi piani (solette, pareti, ...) gettati in opera con calcestruzzi ordinari e con spessori minori di 50 mm, la resistenza di calcolo a compressione va ridotta a  $0,80f_{cd}$ .

### 4.1.2.1.1.3 Resistenza di calcolo dell'acciaio

La resistenza di calcolo dell'acciaio  $f_{yd}$  è riferita alla tensione di snervamento ed il suo valore è dato da:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_S \quad (4.1.6)$$

dove:

$\gamma_S$  è il coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio;

$f_{yk}$  per armatura ordinaria è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio (v. § 11.3.2), per armature da precompressione è la tensione convenzionale caratteristica di snervamento data, a seconda del tipo di prodotto, da  $f_{pyk}$  (barre),  $f_{p(0.1)k}$  (fili),  $f_{p(1)k}$  (trefoli e trecce); si veda in proposito la Tab. 11.3.VII.

Il coefficiente  $\gamma_S$  assume sempre, per tutti i tipi di acciaio, il valore 1,15.

cemento scelto	C35/45	
resistenza caratteristica a compressione $f_{ck}$	35	[MPa]
resistenza caratteristica a compressione $f_{ck}$	35000	[kN/m <sup>2</sup> ]
resistenza media a compressione $f_{cm}$	43	[MPa]
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo $\gamma_c$	1.5	[-]
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo $\alpha_{cc}$	0.85	[-]
Resistenza di progetto a compressione $f_{cd}$	19833	[kN/m <sup>2</sup> ]
Resistenza di progetto a compressione $f_{cd}$	20	[MPa]
acciaio scelto	B450C	
Tensione snervamento armatura $f_{yk}$	450	[MPa]
Tensione snervamento armatura $f_{yk}$	450000	[kN/m <sup>2</sup> ]
Coefficiente di sicurezza acciaio $\gamma_s$	1.15	[-]
Tensione snervamento di progetto $f_{yd}$	391304	[kN/m <sup>2</sup> ]
Tensione snervamento di progetto $f_{yd}$	391	[MPa]
Modulo di Young $E_s$	206	[GPa]

### PREDIMENSIONAMENTO SEZIONE SETTO

L'area di predimensionamento  $A_{c0}$  si ricava dividendo l'azione assiale allo SLU  $N_{ed}$  per la resistenza di progetto a compressione  $f_{cd}$ . Le dimensioni del setto sono state però già predeterminate da esigenze costruttive (vano scale e ascensore), si procede quindi con una semplice verifica delle stesse tenendo come condizione:

$$A_{eff} > A_{c0}$$

con:

$$A_{eff} = a \cdot b$$

e:

$$A_{c0} = N_{ed} / f_{cd}$$



Piano	$N_{ed}$ [kN]	$A_{co}$ [m <sup>2</sup> ]	$a=h'$ [cm]	$b$ [cm]	$A_{eff}$ [m <sup>2</sup> ]
Copertura	452	0.023	762	20	1.524
1°	1158	0.058	762	20	1.524
terra	1864	0.094	762	20	1.524

## VERIFICA SEZIONE SETTO

### 7.4.6.1.4 Pareti

Lo spessore delle pareti deve essere non inferiore al valore massimo tra 150 mm, (200 mm nel caso in cui nelle travi di collegamento siano da prevedersi, ai sensi del § 7.4.4.6, armature inclinate), e 1/20 dell'altezza libera di interpiano.

Possono derogare da tale limite, su motivata indicazione del progettista, le strutture a funzionamento scatolare ad un solo piano non destinate ad uso abitativo.

Devono essere evitate aperture distribuite irregolarmente, a meno che la loro presenza non venga specificamente considerata nell'analisi, nel dimensionamento e nella disposizione delle armature.

In assenza di analisi più accurate si può assumere che l'altezza delle zone critiche sia la maggiore tra: la larghezza della parete e 1/6 della sua altezza.

Piano	150 mm	$h$ [cm]	$h/20$ [cm]	$b$ [cm]	verifica
Copertura	150	60	3	20	verificato
1°	150	340	17	20	verificato
terra	150	325	16.25	20	verificato

## VERIFICA DELLA SEZIONE DEL SETTO CONSIDERANDO IL PESO PROPRIO DELLO STESSO

Di seguito si prosegue con la verifica introducendo il peso proprio del setto, considerando l'altezza del setto al rustico. Si moltiplica il valore così ottenuto per il coefficiente di sicurezza  $\gamma_{G1}$  per ottenere il peso corretto allo SLU. Considerando il peso volumico del c.a.  $P_v$  pari a 25 kN/m<sup>3</sup>, come indicato al paragrafo 3.1.3.1 del DM 14 2008, si può allora calcolare il peso proprio del setto allo SLE e allo SLU come:

$$P_{proprio\ SLE} = a \cdot b \cdot h / P_v$$

$$P_{proprio\ SLU} = \gamma_{G1} \cdot P_{proprio\ SLE}$$

Piano	a=h'	b [cm]	h [cm]	P <sub>v</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	P <sub>proprio</sub> SLE[kN]	γ <sub>G1</sub> [-]	P <sub>proprio</sub> SLU[kN]
Copertura	760	20	60	25	23	1.3	30
1°	760	20	340	25	129	1.3	168
terra	760	20	325	25	124	1.3	161

**Tabella 3.1.I - Pesì dell' unità di volume dei principali materiali strutturali**

MATERIALI	PESO UNITÀ DI VOLUME [kN/m <sup>3</sup> ]
<b>Calcestruzzi cementizi e malte</b>	
Calcestruzzo ordinario	24,0
<b>Calcestruzzo armato (e/o precompresso)</b>	<b>25,0</b>
Calcestruzzi "leggeri": da determinarsi caso per caso	14,0 ÷ 20,0
Calcestruzzi "pesanti": da determinarsi caso per caso	28,0 ÷ 50,0

### AZIONE ASSIALE SU OGNI PIANO

Vengono ricalcolate le azioni assiali su ogni piano aggiungendo i rispettivi pesi proprio all'SLU e all'SLE a quelli già calcolati in precedenza.

Piano	F SLU [kN]	F SLE [kN]	N <sub>ed</sub> [kN]	N <sub>ak</sub> [kN]
Copertura	482	339	482	339
1°	874	615	1356	954
terra	867	610	2222	1564

### VERIFICA SEZIONE SETTO

L'area della sezione si ricava dividendo l'azione assiale allo SLU per la resistenza di progetto a compressione  $f_{cd}$ . Dall'area si verificano poi le dimensioni a e b del setto. Ancora una volta la condizione da rispettare è:

$$A_{eff} > A_{c0}$$

con:

$$A_{eff} = a \cdot b$$

e:

$$A_{c0} = \frac{N_{ed}}{f_{cd}}$$

Resistenza di progetto a compressione $f_{cd}$	19833.33	[kN/m <sup>2</sup> ]
--	----------	----------------------

Piano	N <sub>ed</sub> [kN]	A <sub>co</sub> [m <sup>2</sup> ]	a=h' [cm]	b [cm]	A <sub>eff</sub> [m <sup>2</sup> ]	verifica
Vano Impianti	482	0.024	762	20	1.524	verificato
1°	1356	0.068	762	20	1.524	verificato
terra	2222	0.112	762	20	1.524	verificato

## PRE-DIMENSIONAMENTO ARMATURA VERTICALE

### 7.4.6.2.4 Pareti

Le armature, sia orizzontali che verticali, devono avere diametro non superiore ad 1/10 dello spessore della parete, devono essere disposte su entrambe le facce della parete, ad un passo non superiore a 30 cm, devono essere collegate con legature, in ragione di almeno nove ogni metro quadrato.

Nella zona critica si individuano alle estremità della parete due zone confinate aventi per lati lo spessore della parete e una lunghezza “confinata”  $l_c$  pari al 20% della lunghezza in pianta l della parete stessa e comunque non inferiore a 1,5 volte lo spessore della parete. In tale zona il rapporto geometrico  $\rho$  dell’armatura totale verticale, riferito all’area confinata, deve essere compreso entro i seguenti limiti:

$$1\% \leq \rho \leq 4\% \quad (7.4.30)$$

Nelle zone confinate l’armatura trasversale deve essere costituita da barre di diametro non inferiore a 6 mm, disposti in modo da fermare una barra verticale ogni due con un passo non superiore a 8 volte il diametro della barra o a 10 cm. Le barre non fissate devono trovarsi a meno di 15 cm da una barra fissata.

### ESTENSIONE ZONA CRITICA

Nella zona critica si individuano alle estremità della parete due zone confinate aventi per lati lo spessore della parete e una lunghezza “confinata”  $l_c$  pari al 20% della lunghezza in pianta l della parete stessa e comunque non inferiore a 1,5 volte lo spessore della parete.

La zona critica è quindi quella zona vista in sezione orizzontale in cui si intersecano due setti oppure coincidente con la terminazione di un setto. Quindi è come se alle estremità dei setti si mettano due pilastri molto più armati. Poiché le zone critiche sono due, sulle due estremità del setto, la zona non critica è data dalla lunghezza del setto meno il doppio della singola estensione della zona critica.

Piano	a=h' [cm]	b [cm]	20%a [cm]	1,5b [cm]	$l_{zc}$ [cm]	$l_{z\text{ non c}}$ [cm]
Vano impianti	762	20	152.4	30	152.4	457.2
1°	762	20	152.4	30	152.4	457.2
terra	762	20	152.4	30	152.4	457.2

## ARMATURE IN ZONA CRITICA

### 7.4.6.2.4 Pareti

Le armature, sia orizzontali che verticali, devono avere diametro non superiore ad 1/10 dello spessore della parete, devono essere disposte su entrambe le facce della parete, ad un passo non superiore a 30 cm,

In tale zona il rapporto geometrico  $\rho$  dell'armatura totale verticale, riferito all'area confinata, deve essere compreso entro i seguenti limiti:

$$1\% \leq \rho \leq 4\% \quad (7.4.30)$$

Il passo minimo specificato è relativo solamente alle armature sui lati lunghi della parete o del setto, si decide però di applicare la stessa regola anche per i lati corti quindi con un passo non superiore ai 30 cm.

Si considera uno spessore del copriferro di 20 mm ed il raggio massimo dell'armatura pari a 1/10 dello spessore della parete, come indicato in normativa. Quindi gli assi dei ferri saranno ad una distanza  $l_{asse}$  dall'interfaccia della parete pari a:

$$l_{asse} = \text{copriferro} + \frac{\phi_{max}}{2}$$

con 
$$\phi_{max} = \frac{1}{10} b$$

Piano	coprifer. [mm]	b [cm]	$\phi_{max}$ [mm]	$l_{asse}$ [mm]
Vano impianti	20	20	20	30
1°	20	20	20	30
terra	20	20	20	30

## 5.15 Trave Reticolare

### DATI GENERALI

La struttura in esame è una trave reticolare monodimensionale semplicemente appoggiata alle estremità che sorregge la copertura della biblioteca (la posizione della trave nella maglia strutturale è indicata nell'allegato A – Tav.21) ed è stato pensato come unione di due parti o più parti per

- facilitarne il trasporto in cantiere
- velocizzarne la posa in opera
- controllo delle saldature
- protezione alla corrosione

L'unione finale della trave reticolare avverrà per mezzo di due elementi speciali fissati tramite bullonatura a cui saranno fissate le aste corrispondenti anch'esse tramite unioni bullonate.

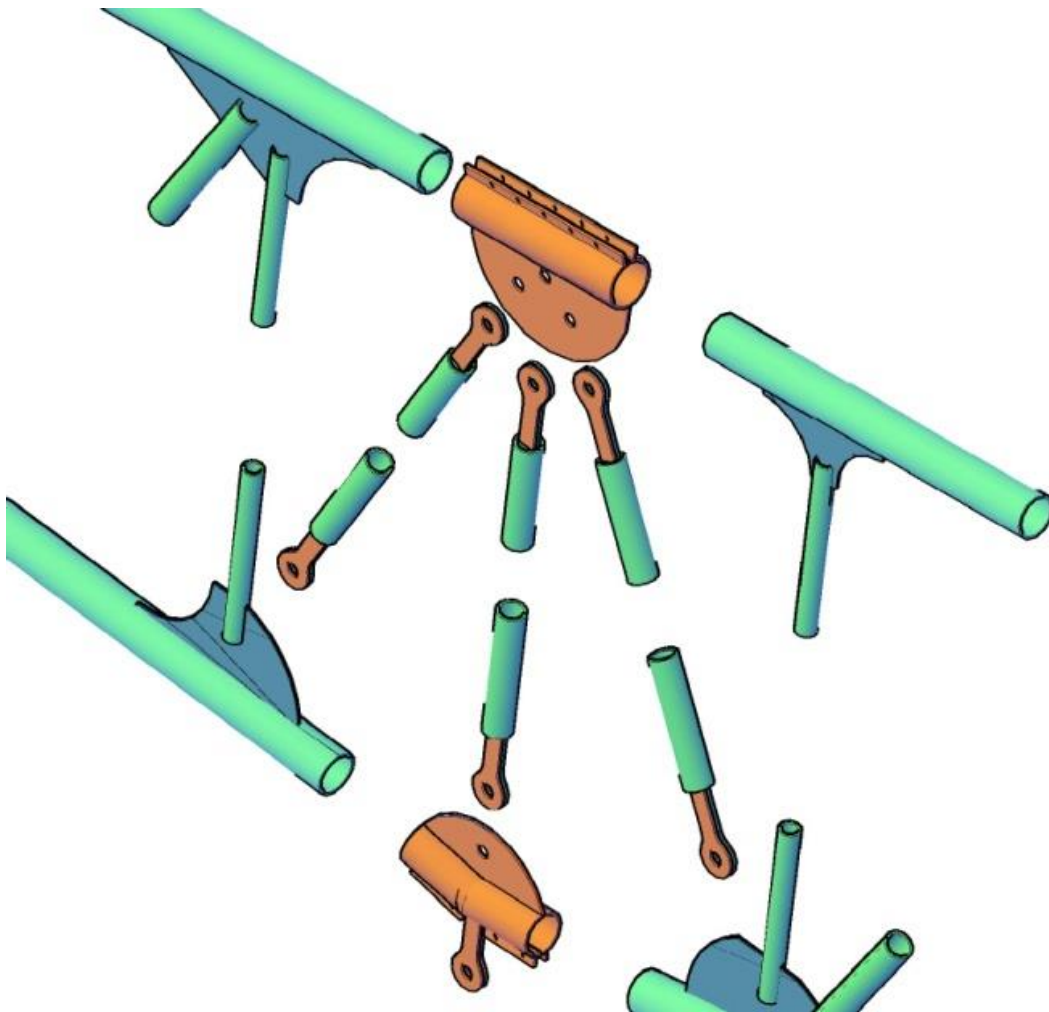


Fig. 5.11 - Assonometria scomposta della trave reticolare

Le IPE sono fissate alla trave reticolare per mezzo di bulloni fissati alle ali, mentre i cavi d'acciaio sono agganciati ai perni con appositi elementi di collegamento che emulano la cerniera ad essi associata.

Le travi reticolari sono vincolate su due setti in c.a. (7l e 8l) che assorbono anche le azioni orizzontali realizzando un irrigidimento.

Si semplifica lo schema con:

- un appoggio fisso in corrispondenza del nodo a sinistra e
- un appoggio con carrello in corrispondenza del nodo a destra
- Si considera il piano soppalcato infinitamente rigido e incernierato allo stesso setto in c.a. su cui giace la cerniera della trave reticolare.

### SCHEMA STATICO

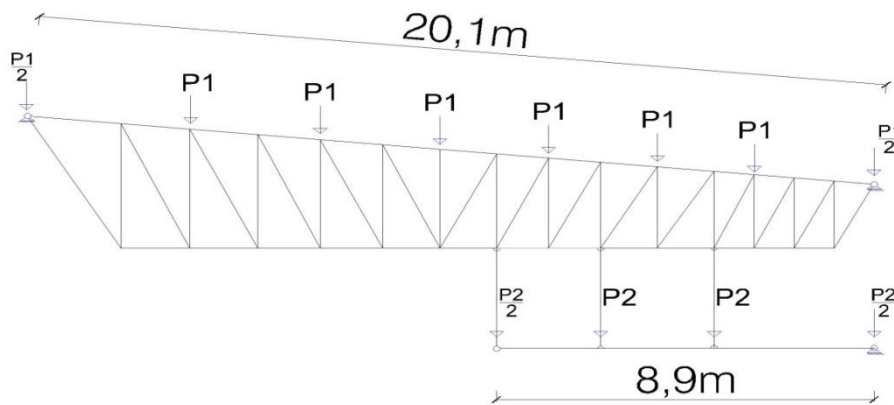


Fig. 5.12 – Schema statico trave reticolare



## CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

Attraverso l'analisi delle azioni interne si è proceduto alla definizione di una forma che rispettasse i seguenti requisiti (vedi Concept Allegato A-Tav 21) :

- Sia un elemento snello
- ottimizzi lo spazio d'ingombro
- sia esteticamente accettabile

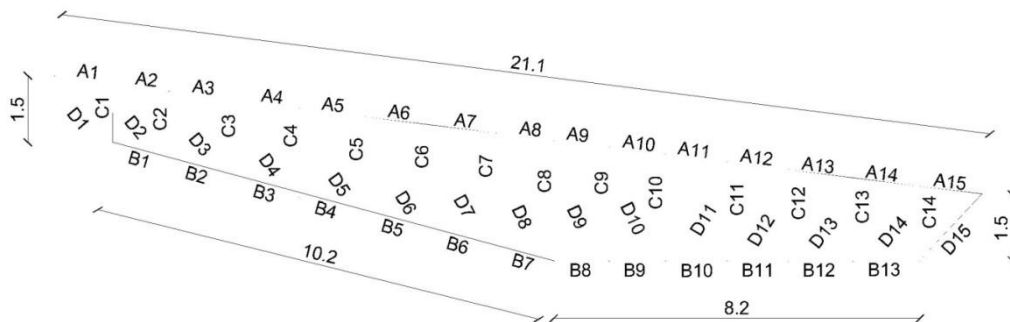
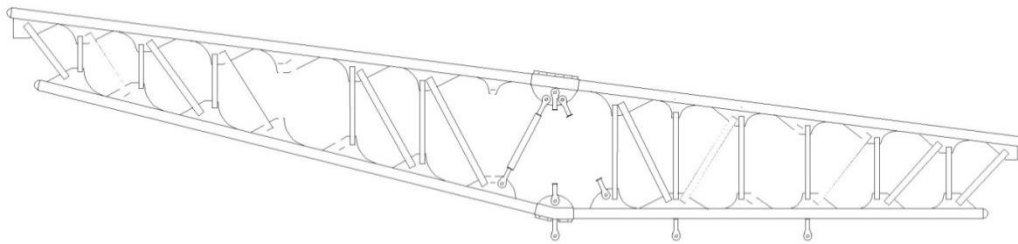


Fig. 5.13 - Prospetto trave reticolare

Fig. 5.14 - Classificazione elementi costituenti

La trave porta una luce di 21 m, l'altezza minima alle estremità è di 1.5 m e la massima è di 2.7 m in prossimità del cambio di inclinazione. La briglia superiore presenta un'inclinazione del 10% legata a necessità tecnologiche.

Il sistema reticolare è composto dalle seguenti aste, classificate in base alla posizione che assumono all'interno del sistema reticolare:

PROFILATI DELLA BRIGLIA SUPERIORE															
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
LUNGHEZZA [m]	1.3	1.3	1.6	1.4	1.5	1.5	1.5	1.3	1.3	1.2	1.4	1.4	1.5	1.5	1.4

PROFILATI BRIGLIA INFERIORE														
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	
LUNGHEZZA [m]	1.3	1.6	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	

MONTANTI														
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14
LUNGHEZZA [m]	1.5	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	2.6	2.4	2.2	2.1	1.9	1.5

DIAGONALI															
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15
LUNGHEZZA [m]	2	2.2	2.4	2.5	2.7	2.9	3.1	3.2	3.1	2.9	2.6	2.5	2.4	2.3	2.1

## MATERIALE

L'acciaio nel mondo delle costruzioni ricopre una grande varietà di impieghi, differenziandosi in una vasta gamma di prodotti. Nella pratica è possibile distinguere essenzialmente due tipi di approcci, basati sulla composizione chimica e sul processo produttivo. La classificazione in base alla composizione chimica non tiene conto del particolare impiego degli elementi metallici; mentre in riferimento al processo di produzione si ottiene una classificazione più significativa per il mondo delle costruzioni.

Nel caso specifico si prenderà in considerazione gli acciai per profili cavi formati a caldo aventi forma circolare. Questa classe di prodotti è ottenuta per formatura a caldo di elementi in acciaio laminato a caldo non legato. SALDATURA

## REQUISITI STRUTTURALI

I profilati cavi sono tubi circolari e vengono sempre più utilizzati quali elementi strutturali nei progetti a forte valenza architettonica; questo è valido in particolare nel caso dei profili circolari, dove al valore estetico si sommano vantaggi nella progettazione dovuti a caratteristiche geometriche e prestazionali.

Per la designazione dei profili cavi si utilizza una sequenza alfanumerica del tipo: CFRHS S 235 J0 100x100x8

Essendo CFRHS la sigla identificativa di forma e finitura del profilo, S 235 J0 la sequenza alfanumerica indicante le caratteristiche dell'acciaio, e 100x100x8 le caratteristiche dimensioni del prodotto. Tutti i profilati cavi devono avere le caratteristiche meccaniche minime previste e solo in questo caso possono essere utilizzati nella costruzione metallica. Le prove che definiscono le caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche dei materiali strutturali devono essere eseguite e certificate da laboratori abilitati come dall'Art. 59 del DPR 380/2001

Prodotti cavi	Normative di riferimento (relative alle dimensioni)		
	Normativa Europea	Normativa Italiana	Normative non più in vigore perché sostituite
<b>Tubi formati a caldo</b>			
Tubi quadrati	EN 10210	UNI EN 10210-2	UNI 7808
Tubi circolari	EN 10210	UNI EN 10210-2	UNI 7807
Tubi rettangolari	EN 10210	UNI EN 10210-2	UNI 7809
Tubi ellittici	EN 10210	UNI EN 10210-2	
<b>Tubi formati a freddo</b>			
Tubi quadrati	EN 10219	UNI EN 10219-2	UNI 7812
<b>Tubi circolari</b>	<b>EN 10219</b>	<b>UNI EN 10219-2</b>	<b>UNI 7811</b>
Tubi rettangolari	EN 10219	UNI EN 10219-2	UNI 7813

La definizione riguarda tutti i tipi di profilati cavi laminati a caldo finiti con processi di deformazione a caldo e prodotti in accordo alla norma UNI EN 10210, in questo caso ci si riferisce a profili chiusi senza saldatura. Lo sbizzato di partenza viene prodotto mediante perforazione di un prodotto pieno e successivamente viene trasformato nel tubo finale mediante dei processi di laminazione, estrusione o trafilatura su mandrino. I tubi così prodotti sono soggetti ad una serie di lavorazioni successive di finitura e controlli, anche non distruttivi (questi ultimi opzionali).

Laminati a caldo con profili a sezione cava				
Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]
UNI EN 10219-1				
S 235 H	235	360		
S 275 H	275	430		
S 355 H	355	510		

## CARICHI AGENTI SULLA STRUTTURA

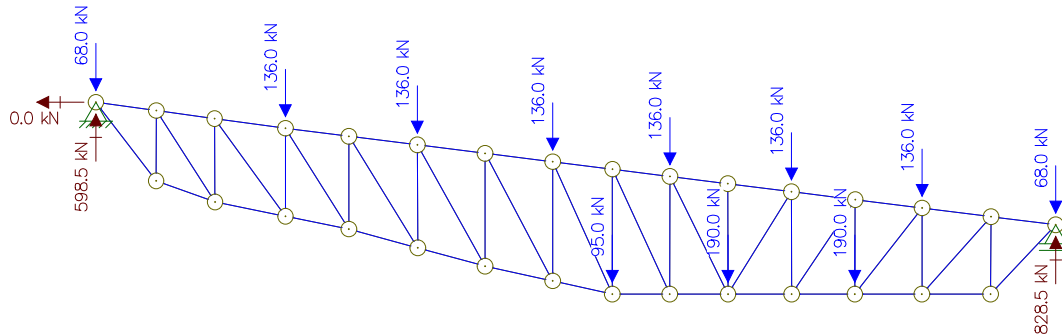
I carichi che agiscono sulla struttura sono stati calcolati precedentemente utilizzando la combinazione SLU. Per determinare il carico concentrato sui nodi si è utilizzato il valore  $V_{ed}$  derivante dalle travi primarie che sorreggono la copertura, mentre per quanto riguarda il peso del soppalco si è preso in considerazione il carico  $N_{ed}$  portato dai tiranti..

Ned tiranti	190 kN
Ved Trave primaria	68 kN

## CALCOLO DELLE AZIONI

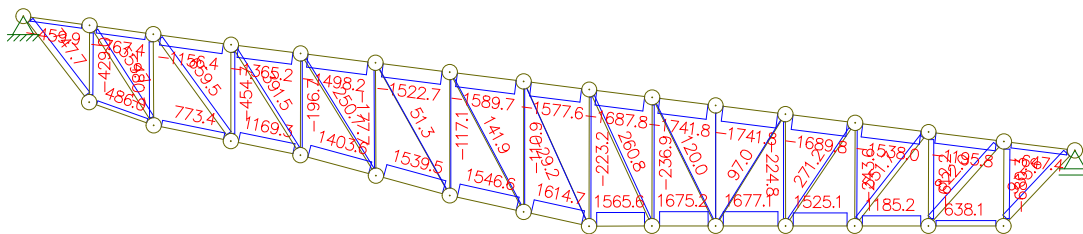
### AZIONI ESTERNE

Attraverso il software di analisi FTool si è proceduto al calcolo delle azioni esterne agenti sugli appoggi.



### AZIONI INTERNE

Successivamente sono state calcolate le azioni interne. Essendo le aste reticolari collegate alle estremità mediante cerniere, si riportano solo le azioni assiali. Anche se nella realtà vi saranno azioni taglianti e flettenti, queste sono trascurabili perché di piccola entità.



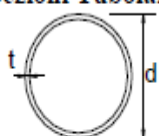
## DIMENSIONAMENTO PROFILI A SEZIONE CIRCOLARE - SLU

I requisiti richiesti di resistenza, funzionalità, durabilità e robustezza si garantiscono verificando il rispetto degli stati limite ultimi e degli stati limite di esercizio della struttura, dei componenti strutturali e dei collegamenti descritti nel D.M. 14/1/2008.

Le verifiche effettuate agli SLU, sia durante l'analisi globale della struttura reticolare in esame, sia durante l'analisi di un elemento dettagliato appartenente ad essa, verranno fatte considerando il metodo elastico, ovvero assumendo un comportamento elastico lineare del materiale sino al raggiungimento della condizione di snervamento.

Si eseguono i calcoli sulla base dei tubolari dei diversi gruppi che compongono la reticolare maggiormente sollecitati.

Saranno considerati solo profili con sezioni riconducibili alla Classe 1 in modo che a limite di rottura sviluppino cerniere plastiche senza subire riduzioni della resistenza.

Sezioni Tubolari						
						
Classe	Sezione inflessa e/o compressa					
1	$d/t \leq 50e^2$					
2	$d/t \leq 70e^2$					
3	$d/t \leq 90e^2$ (Per $d/t > 90e^2$ vedere EN 1993-1-6)					
$\varepsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	$f_{yk}$	235	275	355	420	460
	$\varepsilon$	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71
	$\varepsilon^2$	1,00	0,85	0,66	0,56	0,51



## PROFILI PER BRIGLIA SUPERIORE

Le aste superiori della trave reticolare sono tutte soggetta a forze di compressione. Per il dimensionamento si è considerata l'asta maggiormente compressa.

La forza di compressione di calcolo  $N_{Ed}$  deve rispettare la seguente condizione:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \quad (4.2.10)$$

dove la resistenza di calcolo a compressione della sezione  $N_{c,Rd}$  vale:

$$\begin{aligned} N_{c,Rd} &= A f_{yk} / \gamma_{M0} && \text{per le sezioni di classe 1, 2 e 3,} \\ N_{c,Rd} &= A_{eff} f_{yk} / \gamma_{M0} && \text{per le sezioni di classe 4.} \end{aligned} \quad (4.2.11)$$

Non è necessario dedurre l'area dei fori per i collegamenti bullonati o chiodati, purché in tutti i fori siano presenti gli elementi di collegamento e non siano presenti fori sovradimensionati o asolati.

Ned	1741.8	kN
lo	1.4	m
$e^2$ [275]	0.85	
E	210000000	kN/mq
$f_{yk}$	275000	kN/mq
$\alpha$	0.21	

PROFILI CONSIDERATI						
Designazione	D[mm]	t [mm]	Di [mm]	G [Kg/m]	A [cm <sup>2</sup> ]	I (cm <sup>4</sup> )
D 168,3 s 5	168.3	5.0	158.3	20.14	25.65	855.85
D 168,3 s 6,3	168.3	6.3	155.7	25.17	32.06	1053.42
D 168,3 s 7,1	168.3	7.1	154.1	28.23	35.96	1170.19
D 168,3 s 8	168.3	8.0	152.3	31.63	40.29	1297.27
D 168,3 s 10	168.3	10.0	148.3	39.04	49.73	1563.98
D 168,3 s 12,5	168.3	12.5	143.3	48.03	61.18	1868.35
D 193,7 s 5,4	193.7	5.4	182.9	25.08	31.94	1416.97
D 193,7 s 6,3	193.7	6.3	181.1	29.12	37.09	1630.05
D 193,7 s 8	193.7	8.0	177.7	36.64	46.67	2015.54
D 193,7 s 10	193.7	10.0	173.7	45.30	57.71	2441.59
D 193,7 s 12,5	193.7	12.5	168.7	55.86	71.16	2934.31
D 193,7 s 16	193.7	16.0	161.7	70.12	89.32	3554.26
D 219,1 s 7,1	219.1	7.1	204.9	37.1205	47.2873	2659.58
D 219,1 s 8	219.1	8.0	203.1	41.6483	53.0552	2959.63
D 219,1 s 10	219.1	10.0	199.1	51.5672	65.6907	3598.44
D 219,1 s 12,5	219.1	12.5	194.1	63.6883	81.1316	4344.58

SCELTA PROFILO							
Designazione	D/t	CLASSE	Ncr [kN]	$\lambda$	$\phi$	$\chi$	Nb,rd [kN]
D 168,3 s 5	33.66	1	7883.7	0.299	0.555	0.978	656.8
D 168,3 s 6,3	26.71	1	9703.7	0.301	0.556	0.977	820.6
D 168,3 s 7,1	23.70	1	10779.3	0.303	0.557	0.977	919.9
D 168,3 s 8	21.04	1	11950.0	0.304	0.557	0.976	1030.3
D 168,3 s 10	16.83	1	14406.8	0.308	0.559	0.976	1270.7
D 168,3 s 12,5	13.46	1	17210.6	0.313	0.561	0.975	1561.6
D 193,7 s 5,4	35.87	1	13052.6	0.259	0.540	0.987	825.6
D 193,7 s 6,3	30.75	1	15015.4	0.261	0.540	0.987	958.3
D 193,7 s 8	24.21	1	18566.4	0.263	0.541	0.986	1205.3
D 193,7 s 10	19.37	1	22491.0	0.266	0.542	0.985	1489.4
<del>D 193,7 s 12,5</del>	<del>15.50</del>	<del>1</del>	<del>27029.8</del>	<del>0.269</del>	<del>0.543</del>	<del>0.985</del>	<del>1835.0</del>
D 193,7 s 16	12.11	1	32740.5	0.274	0.545	0.984	2300.8
D 219,1 s 7,1	30.86	1	24499.05	0.23	0.53	0.99	1230.19
D 219,1 s 8	27.39	1	27263.05	0.23	0.53	0.99	1379.95
<del>D 219,1 s 10</del>	<del>21.91</del>	<del>1</del>	<del>33147.49</del>	<del>0.23</del>	<del>0.53</del>	<del>0.99</del>	<del>1707.79</del>
D 219,1 s 12,5	17.53	1	40020.66	0.24	0.53	0.99	2107.95

Sono stati scelti due profili di dimensione differenti; se sarà rispettata la verifica ad SLU sarà adottato il profilo che ha il minor peso.

Dall'analisi effettuata è evidente che il profilo D219.1 s10, anche se di spessore minore rispetto al D193.7 s12.5, rispetta i requisiti richiesti di resistenza durabilità e robustezza propri dell'SLU.

Il peso complessivo della briglia superiore è di 1088 kg.

Designazione	D[mm]	t [mm]	Di [mm]	G [Kg/m]	A [cm <sup>2</sup> ]	I (cm <sup>4</sup> )	I (m <sup>4</sup> )		
D193,7 s12,5	193.7	12.5	168.7	55.9	71.2	2934.3	0.0		
Asta	l0 [m]	Ned [kN]	Ncr [kN]	$\Delta$	$\varphi$	$\chi$	Nb,rd [kN]	Verifica	Peso [kg]
A1	1.3	459.9	35986.42	0.23	0.531	0.993	1850.0	OK	72.61579361
A2	1.3	767.4	35986.42	0.23	0.531	0.993	1850.0	OK	72.61579361
A3	1.6	1156.4	23756.66	0.29	0.550	0.981	1827.3	OK	89.37328445
A4	1.4	1365.2	31029.11	0.25	0.537	0.989	1842.5	OK	78.20162389
A5	1.5	1498.2	27029.8	0.27	0.543	0.985	1835.0	OK	83.78745417
A6	1.5	1522.7	27029.8	0.27	0.543	0.985	1835.0	OK	83.78745417
A7	1.5	1589.7	27029.8	0.27	0.543	0.985	1835.0	OK	83.78745417
A8	1.3	1577.6	35986.42	0.23	0.531	0.993	1850.0	OK	72.61579361
A9	1.3	1687.8	35986.42	0.23	0.531	0.993	1850.0	OK	72.61579361
A10	1.2	1741.8	42234.06	0.22	0.525	0.997	1857.4	OK	67.02996333
A11	1.4	1741.8	31029.11	0.25	0.537	0.989	1842.5	OK	78.20162389
A12	1.4	1689.8	31029.11	0.25	0.537	0.989	1842.5	OK	78.20162389
A13	1.5	1538	27029.8	0.27	0.543	0.985	1835.0	OK	83.78745417
A14	1.5	1195.8	27029.8	0.27	0.543	0.985	1835.0	OK	83.78745417
A15	1.4	647.4	31029.11	0.25	0.537	0.989	1842.5	OK	78.20162389
								TOT	1178.610189
Designazione	D[mm]	t [mm]	Di [mm]	G [Kg/m]	A [cm <sup>2</sup> ]	I (cm <sup>4</sup> )	I (m <sup>4</sup> )	I (m <sup>4</sup> )	
D 219,1 s 10	219.1	10.0	199.1	51.6	65.7	3598.4	3598.439	0.00003598	
Asta	l0 [m]	Ned [kN]	Ncr [kN]	$\Delta$	$\varphi$	$\chi$	Nb,rd [kN]	Verifica	Peso [kg]
A1	1.3	459.9	44131.28	0.20	0.521	0.999492	1719.6	OK	67.04
A2	1.3	767.4	44131.28	0.20	0.521	0.999492	1719.6	OK	67.04
A3	1.6	1156.4	29133.54	0.25	0.536	0.989154	1701.8	OK	82.51
A4	1.4	1365.2	38051.97	0.22	0.526	0.996073	1713.7	OK	72.19
A5	1.5	1498.2	33147.49	0.23	0.531	0.992629	1707.8	OK	77.35

A6	1.5	1522.7	33147.49	0.23	0.531	0.992629	1707.8	OK	77.35
A7	1.5	1589.7	33147.49	0.23	0.531	0.992629	1707.8	OK	77.35
A8	1.3	1577.6	44131.28	0.20	0.521	0.999492	1719.6	OK	67.04
A9	1.3	1687.8	44131.28	0.20	0.521	0.999492	1719.6	OK	67.04
A10	1.2	1741.8	51792.95	0.19	0.516	1.00289	1760.0	OK	61.88
A11	1.4	1741.8	38051.97	0.22	0.526	0.996073	1760.3	OK	72.19
A12	1.4	1689.8	38051.97	0.22	0.526	0.996073	1713.7	OK	72.19
A13	1.5	1538	33147.49	0.23	0.531	0.992629	1707.8	OK	77.35
A14	1.5	1195.8	33147.49	0.23	0.531	0.992629	1707.8	OK	77.35
A15	1.4	647.4	38051.97	0.22	0.526	0.996073	1713.7	OK	72.19
<b>TOT</b>									<b>1088.0679</b>

## PROFILI PER BRIGLIA INFERIORE

Le aste inferiori della reticolare sono tutte soggette a forze di trazione.

L'azione assiale di calcolo  $N_{Ed}$  deve rispettare la seguente condizione:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1 \quad (4.2.6)$$

dove la resistenza di calcolo a trazione  $N_{t,Rd}$  di membrature con sezioni indebolite da fori per collegamenti bullonati o chiodati deve essere assunta pari al minore dei valori seguenti:

a) la resistenza plastica della sezione lorda,  $A$ ,

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_{yk}}{\gamma_{M0}} \quad (4.2.7)$$

b) la resistenza a rottura della sezione netta,  $A_{net}$ , in corrispondenza dei fori per i collegamenti

$$N_{t,Rd} = \frac{0.9 \cdot A_{net} \cdot f_{tk}}{\gamma_{M2}} \quad (4.2.8)$$

L'asta più sollecitata è la B10, con un azione interna  $N_{ed}$  pari a 1677.1 kN. Essendo l' $N_{ed}$  più bassa di quella a compressione, a priori si è scelto di utilizzare gli stessi profili scelti per la briglia superiore visto che la verifica è certamente soddisfatta e, soprattutto, ciò permetterà l'uso degli stessi meccanismi di unione.

**Il profilo scelto sarà, pertanto, il D 219,1 s10.**

## PROFILI PER MONTANTI E DIAGONALI

Per questo tipo di aste si è scelto di adottare profili di diametro inferiore, per scelta sia economica che architettonica; le azioni assiali sono notevolmente più basse di quelle delle briglie, ma la lunghezza libera d'inflessione è quasi raddoppiata. In più è da sottolineare che tutti i montanti sono soggetti a compressione, mentre le aste diagonali sono sottoposte tutte a forze di trazione.

Il dimensionamento sarà eseguito partendo dal montante più sollecitato per poi effettuare la verifica d'instabilità per tutte le aste.

Il montante più sollecitato è il C14

Ned	680.3	kN
l <sub>0</sub>	1.5	m
$\epsilon^2$ [275]	0.85	
E	2.1E+08	kN/mq
f <sub>yk</sub>	275000	kN/mq
$\alpha$	0.21	



PROFILI CONSIDERATI						
Designazione	D[mm]	t [mm]	Di [mm]	G [Kg/m]	A [cm <sup>2</sup> ]	I (cm <sup>4</sup> )
D 101,6 s 3,6	101.6	3.6	94.4	8.70	11.08	133.237
D 101,6 s 5	101.6	5.0	91.6	11.91	15.17	177.469
D 101,6 s 6,3	101.6	6.3	89	14.81	18.86	215.067
D 101,6 s 8	101.6	8.0	85.6	18.47	23.52	259.501
D 101,6 s 10	101.6	10.0	81.6	22.59	28.78	305.416
D 168,3 s 3,2	168.3	3.2	161.9	13.03	16.60	565.74
D 168,3 s 4	168.3	4.0	160.3	16.21	20.65	697.09
D 168,3 s 4,5	168.3	4.5	159.3	18.18	23.16	777.22
D 168,3 s 5	168.3	5.0	158.3	20.14	25.65	855.85
D 168,3 s 6,3	168.3	6.3	155.7	25.17	32.06	1053.42
D 168,3 s 7,1	168.3	7.1	154.1	28.23	35.96	1170.19
D 193,7 s 5,4	193.7	5.4	182.9	25.08	31.94	1416.97
D 193,7 s 6,3	193.7	6.3	181.1	29.12	37.09	1630.05
D 219,1 s 4	219.1	4.0	211.1	21.22	27.03	1563.84
D 219,1 s 5	219.1	5.0	209.1	26.40	33.63	1928.04

PROFILO SCELTO							
Designazione	D/t	CLASSE	Ncr [kN]	$\lambda$	$\varphi$	$\chi$	Nb,rd [kN]
D 101,6 s 3,6	28.22	1	1227.3341	0.498	0.655	0.925	268.5
D 101,6 s 5	20.32	1	1634.7816	0.505	0.660	0.923	366.7
D 101,6 s 6,3	16.13	1	1981.1139	0.512	0.664	0.921	454.8
D 101,6 s 8	12.70	1	2390.4243	0.520	0.669	0.918	565.5
D 101,6 s 10	10.16	1	2813.3788	0.530	0.675	0.915	689.3
D 168,3 s 3,2	52.59	2	5211.3558	0.296	0.554	0.978	425.3
D 168,3 s 4	42.08	1	6421.3512	0.297	0.554	0.978	528.9
D 168,3 s 4,5	37.40	1	7159.4271	0.298	0.555	0.978	593.1
D 168,3 s 5	33.66	1	7883.7333	0.299	0.555	0.978	656.8
D 168,3 s 6,3	26.71	1	9703.7212	0.301	0.556	0.977	820.6
D 168,3 s 7,1	23.70	1	10779.325	0.303	0.557	0.977	919.9
D 193,7 s 5,4	35.87	1	13052.634	0.259	0.540	0.987	825.6
D 193,7 s 6,3	30.75	1	15015.378	0.261	0.540	0.987	958.3
D 219,1 s 4	54.78	2	14405.482	0.227	0.529	0.994	703.7
D 219,1 s 5	43.82	2	17760.419	0.228	0.529	0.994	875.3

VERIFICA SLU

Designazione	D[mm]	t [mm]	Di [mm]	G [Kg/m]	A [cm <sup>2</sup> ]	I (cm <sup>4</sup> )	I (m <sup>4</sup> )		
D 101,6 s 10	101.6	10.0	81.6	22.59	28.78	305.416	0.00000305		
Asta	l <sub>0</sub> [m]	N <sub>ed</sub> [kN]	N <sub>cr</sub> [kN]	$\lambda$	$\phi$	$\chi$	N <sub>b,rd</sub> [kN]	Verifica	Peso [kg]
C1	1.5	429	2813.38	0.530	0.675	0.915	689.30	OK	33.88
C2	1.5	280.7	2813.38	0.530	0.675	0.915	689.30	OK	33.88
C3	1.7	454.7	2190.35	0.601	0.723	0.890	670.47	OK	38.40
C4	1.9	196.7	1753.49	0.672	0.775	0.861	648.61	OK	42.92
C5	2.1	177.7	1435.4	0.743	0.833	0.827	623.20	OK	47.44
C6	2.3	117.1	1196.62	0.813	0.895	0.788	593.95	OK	51.96
C7	2.5	110.9	1012.82	0.884	0.962	0.744	561.06	OK	56.47
C8	2.7	223.2	868.327	0.955	1.035	0.697	525.38	OK	60.99
C9	2.6	236.9	936.406	0.919	0.998	0.721	543.49	OK	58.73
C10	2.4	0	1098.98	0.849	0.928	0.767	577.92	OK	54.22
C11	2.2	224.8	1307.87	0.778	0.863	0.808	609.05	OK	49.70
C12	2.1	243.6	1435.4	0.743	0.833	0.827	623.20	OK	47.44
C13	1.9	612.2	1753.49	0.672	0.775	0.861	648.61	OK	42.92
C14	1.5	680.3	2813.38	0.530	0.675	0.915	689.30	OK	33.88
								TOT	652.85

Per i montanti sarà utilizzato in profilo D101,6 s10.

Per quanto riguarda i diagonali, viene effettuata la verifica utilizzando lo stesso profilo adottato per i montanti:

Designazione	D[mm]	t [mm]	Di [mm]	G [Kg/m]	A [cm <sup>2</sup> ]	I (cm <sup>4</sup> )	I (m <sup>4</sup> )
D 101,6 s 10	101.6	10.0	81.6	22.59	28.78	305.416	0.00000305

Asta	Ned [kN]	Ncr [kN]	Verifica	Peso [kg]
D1	747.7	753.7	OK	45.179872
D2	559.7		OK	49.697859
D3	659.5		OK	54.215847
D4	391.5		OK	56.47484
D5	250.7		OK	60.992828
D6	51.3		OK	65.510815
D7	141.9		OK	70.028802
D8	25.5		OK	72.287796
D9	260.8		OK	70.028802
D10	120		OK	65.510815
D11	97		OK	58.733834
D12	271.2		OK	56.47484
D13	551.7		OK	54.215847
D14	822		OK	0
D15	935.6		OK	0
			TOT	779.3528

La resistenza a trazione del profilo scelto non rispetta i diagonali più sollecitati. Visto che le azioni agenti sui diagonali è non è omogenea, si è pensato di utilizzare un profilo più grande ma con diverso spessore t a seconda della necessità:

Designazione	D[mm]	t [mm]	Di [mm]	G [Kg/m]	A [cm²]	CLASSE	Nc,rd
D 139,7 s 2,6	139.7	2.6	134.5	8.790839	11.1985	2	293.2946
D 139,7 s 3,2	139.7	3.2	133.3	10.77214	13.7225	2	359.3982
D 139,7 s 4	139.7	4	131.7	13.38626	17.0526	1	446.6148
D 139,7 s 5	139.7	5	129.7	16.60952	21.1586	1	554.1545
D 139,7 s 6,3	139.7	6.3	127.1	20.72602	26.4026	1	691.49596
D 139,7 s 7,1	139.7	7.1	125.5	23.21782	29.5768	1	774.63148
D 139,7 s 8	139.7	8	123.7	25.98336	33.0998	1	866.90005
D 139,7 s 10	139.7	10	119.7	31.98597	40.7465	1	1067.1691
D 139,7 s 12,5	139.7	12.5	114.7	39.21179	49.9513	1	1308.2489

Designazione	Ned [kN]	Profilo scelto	Ncr [kN]	Verifica	Peso [kg]
D1	747.7	D 139,7 s 7,1	774.63	OK	46.44
D2	559.7	D 139,7 s 7,1	774.63	OK	51.08
D3	659.5	D 139,7 s 7,1	774.63	OK	55.72
D4	391.5	D 139,7 s 4	446.61	OK	33.47
D5	250.7	D 139,7 s 4	446.61	OK	36.14
D6	51.3	D 139,7 s 4	446.61	OK	38.82
D7	141.9	D 139,7 s 4	446.61	OK	41.50
D8	25.5	D 139,7 s 4	446.61	OK	42.84
D9	260.8	D 139,7 s 4	446.61	OK	41.50
D10	120	D 139,7 s 4	446.61	OK	38.82
D11	97	D 139,7 s 4	446.61	OK	34.80
D12	271.2	D 139,7 s 4	446.61	OK	33.47
D13	551.7	D 139,7 s 10	1067.17	OK	76.77
D14	822	D 139,7 s 10	1067.17	OK	73.57
D15	935.6	D 139,7 s 10	1067.17	OK	67.17
				TOT	712.09

#### SCHEDA RIASSUNTIVA DEI PROFILI SCELTI

Designazione	Profilo Scelto	Peso [kg]
BRIGLIA SUPERIORE	D219,1 s10	1088.0679
BRIGLIA INFERIORE	D219,1 s10	953.99323
MONTANTI	D101,6 s10	652.85
DIAGONALI	D139.7 s "varia"	712.09



## VERIFICA D'ESERCIZIO SLE

Gli stati limite di esercizio da verificare, ove necessario, sono:

- *stati limite di deformazione e/o spostamento*, al fine di evitare deformazioni e spostamenti che possano compromettere l'uso efficiente della costruzione e dei suoi contenuti, nonché il suo aspetto estetico;
- *stato limite di vibrazione*, al fine di assicurare che le sensazioni percepite dagli utenti garantiscano accettabili livelli di confort ed il cui superamento potrebbe essere indice di scarsa robustezza e/o indicatore di possibili danni negli elementi secondari;
- *stato limite di plasticizzazioni locali*, al fine di scongiurare deformazioni plastiche che generino deformazioni irreversibili ed inaccettabili;
- *stato limite di scorrimento dei collegamenti ad attrito con bulloni ad alta resistenza*, nel caso che il collegamento sia stato dimensionato a collasso per taglio dei bulloni.

Nel caso in questione verrà eseguita la verifica a scorrimento della struttura verificando che l'abbassamento della freccia non sia eccessiva.

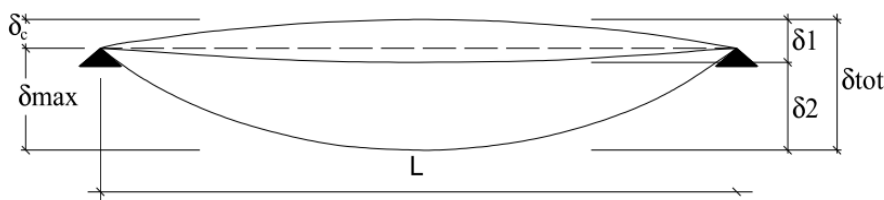


Figura 4.2.1 - Definizione degli spostamenti verticali per le verifiche in esercizio

essendo:

$\delta_c$  la monta iniziale della trave,

$\delta_1$  lo spostamento elastico dovuto ai carichi permanenti,

$\delta_2$  lo spostamento elastico dovuto ai carichi variabili,

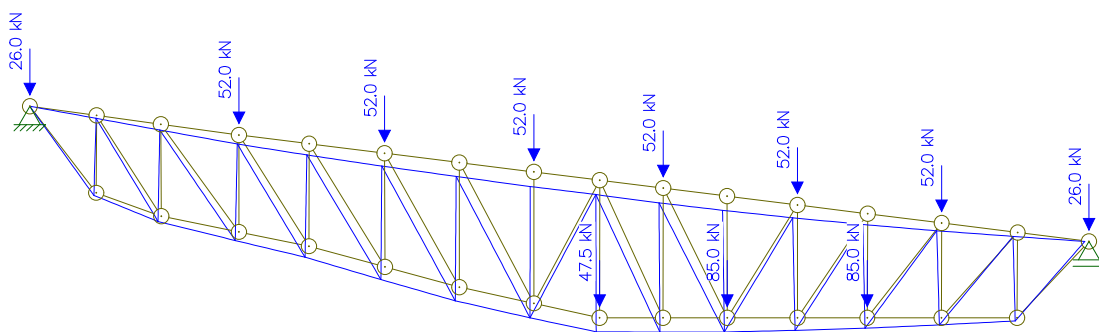
$\delta_{max}$  lo spostamento nello stato finale, depurato della monta iniziale =  $\delta_{tot} - \delta_c$ .

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.*

modulo elastico acciaio $E_s$	210000000	[kN/m <sup>2</sup> ]
luce trave l	21.1	[m]
carico concentrato su nodo SLE	52	[kN]
carico concentrato soppalco SLE	85	[kN]
$\delta_{max}/l$ ammessa per carichi globali	1/500	[-]
$\delta_{max}$	0.042	[m]



Dopo aver impostato nel software FTOOL i profili scelti per la trave reticolare è stato verificato l'abbassamento massimo della trave. La freccia massima è 0.035m. La verifica ad SLE è soddisfatta.

## PERNO DI COLLEGAMENTO

I collegamenti per gli elementi tesi sono stati realizzati mediante un piatto lavorato. La soluzione rigorosa del comportamento elastico del collegamento è estremamente complessa in quanto coinvolge:

- Problemi di contatto tra le superfici;
- Diffusione degli sforzi nelle piastre, di flessione e taglio nei perni che, essendo elementi tozzi, non ottemperano alle ipotesi di base della teoria della trave.
- È possibile individuare nei testi e nelle normative:
- Alcuni suggerimenti tendenti a fornire un corretto proporzionamento geometrico del collegamento;
- Dei metodi di calcolo convenzionali, che siano rivelati cautelativi nei confronti dei rilievi sperimentali.

I rapporti dimensionali che possono essere suggeriti per il collegamento sono pertanto i seguenti:

- Area sezione lorda  $A = ct$
- Area sezione netta  $A_n = 2bt$
- Area rifollamento  $A_{rif} = td$
- $50\text{mm} > t > 12\text{mm}$  ;  $c < 8t$  ;  $a > b$
- $1.33c < 2b < 1.50$  ;  $d > 7/8c$  ;  $r > (\varphi + 2b)$
- $\varphi - d < 0.8\text{mm}$

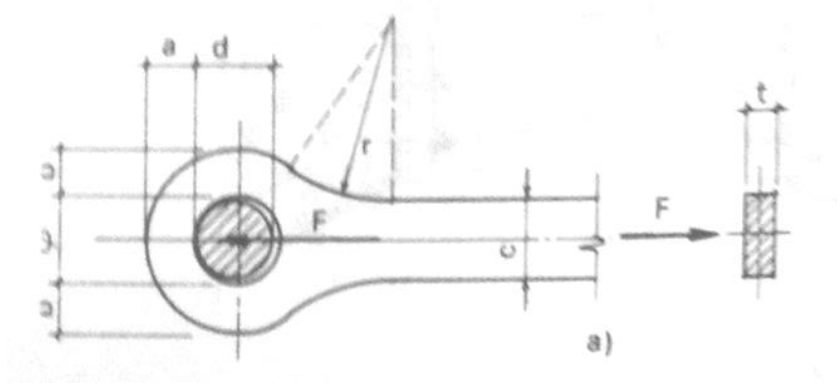


Fig. 5.15 – Perno di collegamento soppalco-trave reticolare

## COLLEGAMENTI SALDATI

Questo paragrafo ha come obiettivo la verifica secondo il DM 14-01-08 della fattibilità delle saldature da effettuare sulle briglie per collegare le aste tra loro. I collegamenti saldati vengono impiegati per una grande varietà di applicazioni e differenti possono essere i modi per classificarli. Il metodo più consono alla loro classificazione è quello di suddividere le giunzioni in categorie funzionali, che individuano quindi i propositi strutturali specifici affidati al collegamento. Questo paragrafo ha come obiettivo la verifica della fattibilità delle giunzioni, tenendo in considerazione anche le problematiche legate ai processi di fabbricazione, con particolare riferimento alla saldabilità del materiale e al tipo di semilavorato impiegato.

I collegamenti possono essere divisi tenendo in considerazione le loro funzioni strutturali nelle seguenti principali categorie:

- Giunti di forza: le parti sono unite in serie per trasmettere forze e momenti da un elemento all'altro
- Giunti di connessione: le parti sono unite in parallelo in modo da formare nuove sezioni trasversali
- Giunti di fissaggio: non hanno alcun tipo di funzione strutturale e lo sforzo per il calcolo è generato da imperfezioni geometriche e dalle deflessioni indotte dalle condizioni di carico
- Giunti di accessori: da verificare quando la struttura è soggetta a sollecitazioni di fatica o quando si temono fenomeni di rottura fragile

La difficoltà maggiore nell'esecuzione delle saldature è quella di limitare il riscaldamento dei pezzi da unire, al fine di non modificare le caratteristiche meccaniche rendendoli in tal modo inadatti all'impiego strutturale e maggiormente esposti ai fenomeni corrosivi. Per questo motivo è preferibile che **il processo venga eseguito in fabbrica prima della zincatura.**

I processi di saldatura devono essere qualificati secondo UNI EN ISO 15614-1 attraverso controlli non distruttivi che saranno definiti in un secondo momento dal progettista.

## RESISTENZA DI PROGETTO DELLE SALDATURE A CORDONE D'ANGOLO

Le grandezze che definiscono la geometria ai fini del calcolo delle resistenze di progetto, rappresentate dalla figura seguente sono la lunghezza effettiva del cordone e l'altezza di gola.

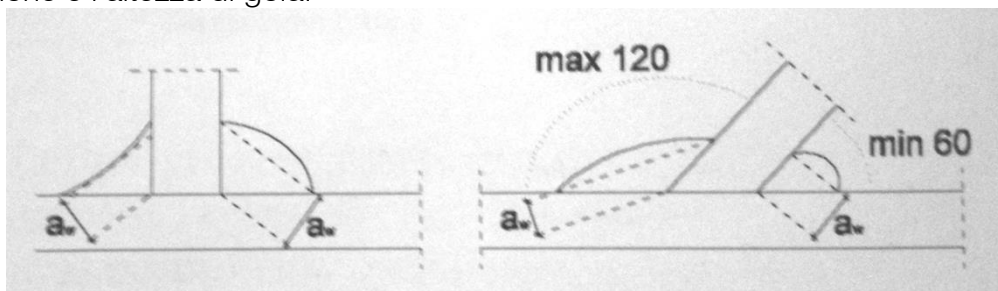


Fig. 5.16 – Definizione dell'altezza di gola nelle saldature a cordone d'angolo

- La lunghezza effettiva di un cordone d'angolo  $l_{eff}$  deve essere pari alla lunghezza per cui il cordone è a sezione piena; generalmente basta ridurre la lunghezza complessiva del cordone del doppio dell'altezza di gola  $a_w$ .  $l_{eff}$  deve essere almeno pari a  $l_{eff,min}$  (30mm o  $6^\circ_w$ ).
- L'altezza di gola effettiva di un cordone,  $a_w$ , deve essere presa pari all'altezza del più grande triangolo inscritto tra la superficie della saldatura e le facce degli elementi colleganti.  $a_w$  deve essere almeno 3mm.

## METODO SEMPLIFICATO PER LA VERIFICA DELLE SALDATURE

Questo metodo permette la verifica della saldatura utilizzando la formula:

$$F_{w,Ed} \leq F_{w,Rd} = \frac{f_u}{\sqrt{3}\gamma_M\beta_w} a_w$$

In cui  $F_{w,Ed}$  rappresenta la risultante delle forze agenti sulla saldatura per unità di lunghezza del cordone d'angolo, mentre  $F_{w,Rd}$  è la resistenza a taglio per unità di lunghezza del cordone. Si ricorda che il materiale base è un acciaio S275, che ha un fattore di correlazione  $\beta_w$  pari a 0.85

## VERIFICA PIASTRE DI COLLEGAMENTO PERNI

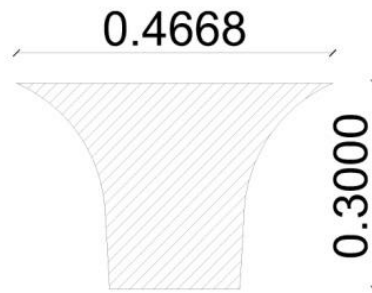


Fig. 5.17 – Schema Piastra d'unione della trave reticolare

Le piastre sono fissate alla briglia inferiore direttamente in fabbrica per mezzo di un giunto a T. La preparazione sarà a K e la saldatura supposta è a penetrazione piena.

PIASTRA	t [mm]	l <sub>eff</sub> [mm]	a <sub>w</sub> [mm]	Cordone [kN]	F <sub>wed</sub> [N/mm]	F <sub>wrd</sub> [N/mm]	Lavoro [%]
P29	12	450	5	190	422.22	1168.29	36.14
P30	12	450	5	190	422.22	1168.29	36.14

## VERIFICA PIASTRE DI COLLEGAMENTO ASTE

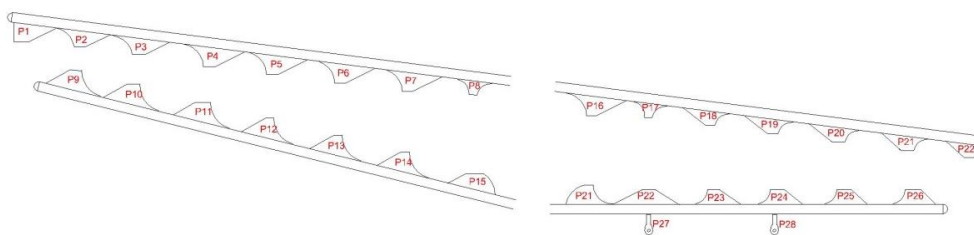


Fig. 5.18 – Classificazione piastre d'unione

Le piastre sono fissate alle briglie in fabbrica per mezzo di un giunto a T. La preparazione sarà a K e la saldatura supposta è a penetrazione piena. In tabella si riporta il carico di lavoro delle piastre sollecitate con una forza globale di trazione superiore a 10 kN. i valori sono stati ricavati per mezzo dell'equilibrio al nodo su ogni piastra.



PIASTRA	t [mm]	leff [mm]	aw [mm]	Cordone [kN]	Fwed [N/mm]	Fwrd [N/mm]	Lavoro [%]
P3	12	990	5	78.70	79.49	1168.29	6.80
P5	12	890	5	17	19.1	1168.29	1.63
P10	12	990	5	156	157.58	1168.29	13.49
P11	12	990	5	101	102.02	1168.29	8.73
P12	12	990	5	117	118.08	1168.29	10.11
P13	12	990	5	33	33.33	1168.29	2.85
P23	12	990	5	14.8	14.95	1168.29	1.28
P25	12	990	5	188.43	190.33	1168.29	16.29
P27	12	990	5	183.4	185.25	1168.29	15.86

Il metodo per incrementare la resistenza a fatica di un determinato dettaglio strutturale si basa sul presupposto di ridurre la severità degli intagli strutturali relativi al dettaglio stesso. Questa è legata alla rapidità con cui varia la rigidezza tra sezioni contigue e alla differenza tra le rigidezze.

Passare dalla soluzione a spigolo vivo a quello con razze triangolari e soprattutto a quello con raccordi ad arco di cerchio equivale a ridurre l'effetto di intaglio strutturale e aumentare la resistenza a fatica.

Si riporta il modello costruttivo della piastra di collegamento, in cui  $l$  è la lunghezza del cordone su cui avverrà la saldatura,  $x$  è l'inclinazione del lato su cui sarà saldato l'asta diagonale,  $h$  è l'altezza della piastra, che varia in funzione della lunghezza di saldatura del montante.

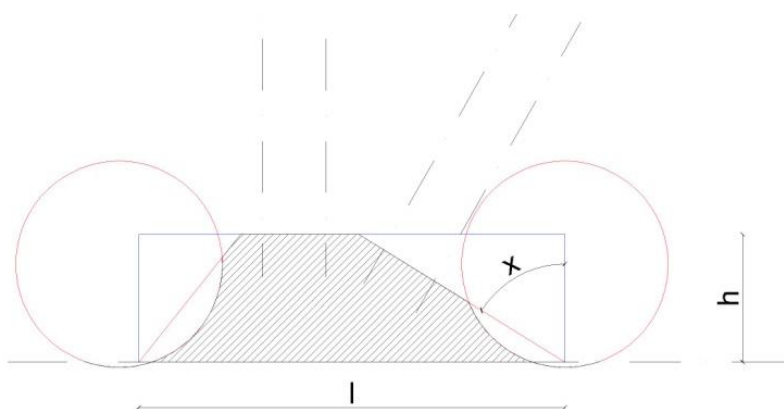


Fig. 5.19 – Modello costruttivo della piastra di collegamento

## CAPITOLO VI

# IL BILANCIO ENERGETICO

Questo capitolo ha l'obiettivo di analizzare la prestazione energetica dell'involucro edilizio dei plessi scolastici critici durante tutto il periodo di utilizzo dell'edificio mantenendo un comfort termico interno ottimale, minimizzando contemporaneamente i consumi energetici. I calcoli sono stati eseguiti in primo luogo tenendo presente i metodi forniti dalle normative elencate successivamente e in secondo luogo, al fine di ottenere dei valori più affidabili e corretti, attraverso il software di calcolo "Efficient building Analysis" (EBA 2)<sup>53</sup>, uno strumento di progettazione e certificazione delle prestazioni energetiche del sistema edificio-impianto.

---

*53 L'utilizzo di questo software si è reso indispensabile a causa della complessità architettonica dell'edificio: a partire dall'importazione di un file CAD è possibile definire tutte le caratteristiche d'involucro, di ventilazione e d'impianto necessarie per le verifiche prestazionali previste dalla normativa UNI TS 11300, permettono la valutazione del fabbisogno d'energia utile d'involucro di un edificio, residenziale o terziario, la definizione delle caratteristiche di un impianto d'acqua calda sanitaria e riscaldamento per l'attribuzione della Classe Energetica in conformità alle procedure nazionali.*

## 6.1 Riferimenti Normativi

Tutta la recente normativa sul risparmio energetico parte dal 1997, anno in cui fu ratificato il cosiddetto "Protocollo di Kyoto", con il quale le Nazioni partecipanti si impegnarono a ridurre le emissioni di biossido di carbonio per una maggiore salvaguardia dell'ambiente. In Europa il Protocollo di Kyoto è stato recepito attraverso il Decreto Comunitario 2002/91/CE, che imponeva l'obbligo ai Paesi membri di sviluppare e adottare una metodologia per il calcolo dei consumi energetici degli edifici.

La normativa tecnica fa riferimento a:

- *UNI TS 11300-Parte 1 determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale.*
- *UNI TS 11300-Parte 3 Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva.*
- *Norma UNI 10339:1995 "Impianti aeraulici a fini di benessere"*
- *DIN 1946 part2 "Heating, ventilation and air conditioning - Requirements relating to healt*

Inoltre, la legislazione italiana si articola in:

- *Decreto Legislativo 3 marzo 2011, n. 28 "Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE"*
- *Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità europee – Legge comunitaria 2009. Testo approvato dal Senato il 12 maggio 2010.*
- *Decreto Ministeriale 26 giugno 2009 "Linee Guida Nazionali per la Certificazione Energetica"*
- *Decreto Del Presidente Della Repubblica 2 aprile 2009 , n. 59 "Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia.*
- *Decreto Legislativo 30 maggio 2008, n. 115 ""Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE".*
- *D.Lgs 311 del 29/12/2006 "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"*
- *Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 192 "Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia"*
- *Piano di azione nazionale per le energie rinnovabili (direttiva 2009/28/CE)*

- Legge 09/01/1991, n.10 "Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia"

La legislazione della regione Sicilia ha emanato il Decreto 3 marzo 2011 "Disposizioni in materia di certificazione energetica degli edifici nel territorio della Regione siciliana" in cui detta le linee guida inerenti la certificazione energetica e rimanda alla legislazione nazionale in attesa dell'emanazione di una specifica normativa.

## 6.2 Dati generali - zone termiche

L'intero istituto è stato suddiviso in zone termiche in modo da impostare le destinazioni d'uso di ogni ambiente e avere la possibilità di calcolare il fabbisogno energetico in modo più accurato. Successivamente sarà diviso in 2 blocchi distinti in base alla posizione nella spazio per la valutazione del fabbisogno energetico.

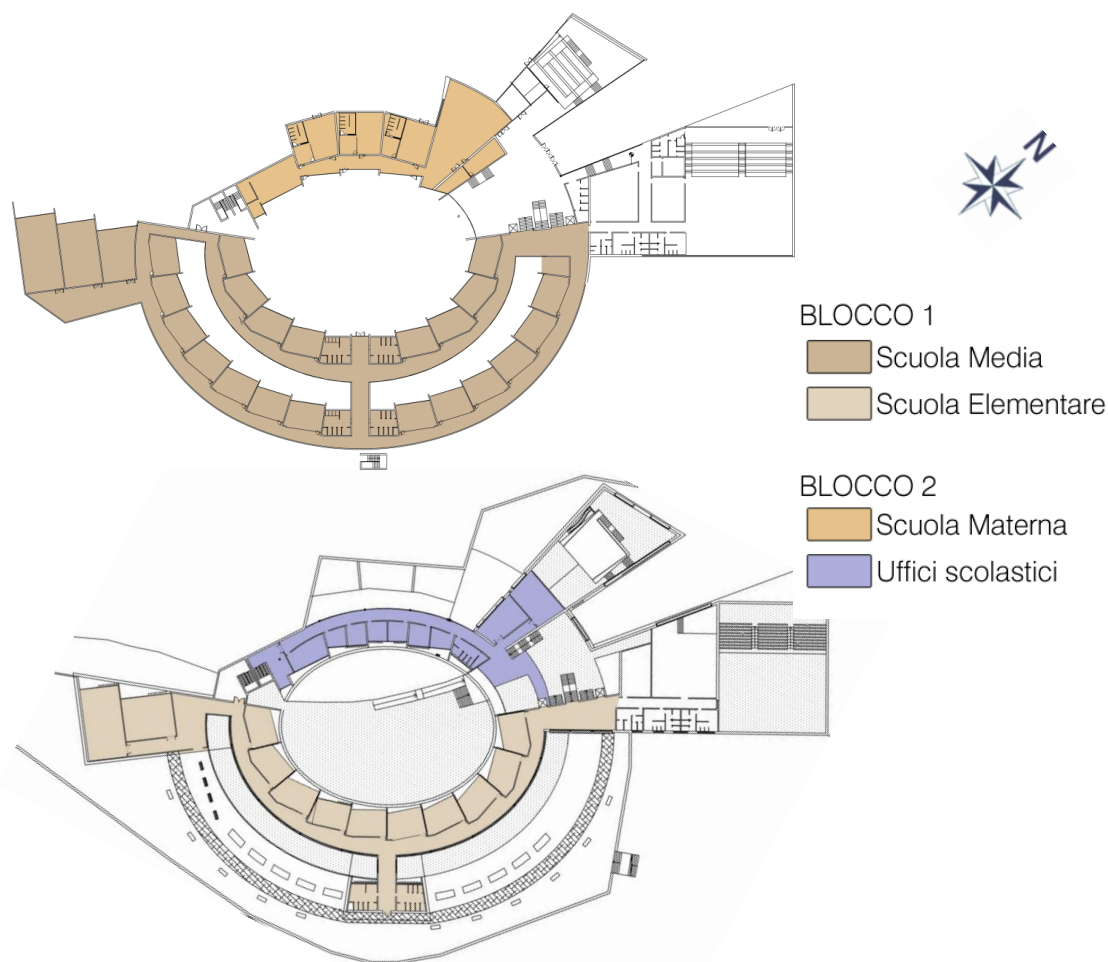


Fig. 6. 1 - Zone termiche

Piano	Nome	Blocco	Perimetro [m]	H netta [m]	Sup netta [m <sup>2</sup> ]	Sup Disp [m <sup>2</sup> ]	V netto [m <sup>3</sup> ]	V lordo [m <sup>3</sup> ]
PT	Scuola Materna	2	177.713	3	587.33	899.034	2169.626	3746.082
PT	Scuola media	1	365.843	3	1453.323	3268.325	4359.969	11896.705
P1	Scuola Elementare	2	409.469	3	777.991	1622.438	7376.224	12610.708
P1	Uffici	1	161.759	3	311.182	562.354	2213.89	4292.5

## 6.3 Condizioni esterne

### 6.3.1 DATI CLIMATICI

Di seguito si riportano le informazioni generali climatiche del Comune di Lipari. Esse sono stati ricavate interpolando, come previsto da norma UNI10349, i valori della provincia d'appartenenza del comune, Messina, e la più vicina, Reggio Calabria.

Zona Climatica	B	Operatività Riscaldamento	
Gradi Giorno	758	Da 1.12 a 31.3	8 ore al giorno
Gradiente	0.06		
Latitudine Provincia	38.18		
Altitudine Provincia	3		
Altitudine Comune	44		

Tab. 6. 1 Dati Climatici del comune di Lipari

Temperatura, pressione e umidità esterni medi mensili [°C]												
	OTT	NOV	DIC	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET
t esterna [°C]	20.06	16.36	13.06	11.46	11.76	12.96	15.46	18.96	23.26	26.16	26.26	23.96
t minima [°C]	14.83	11.13	7.83	6.23	6.53	7.73	10.23	13.73	18.03	20.93	21.03	18.73
Pressione di vapore [Pa]	1438	1282	1099	9.21	9.16	9.66	11.34	15.48	19.35	21.23	20.01	18.80
Umidità relativa [%]	61	69	73	68	66	65	65	71	68	63	59	63

Tab. 6. 2 Temperatura, pressione e UR comune di Lipari

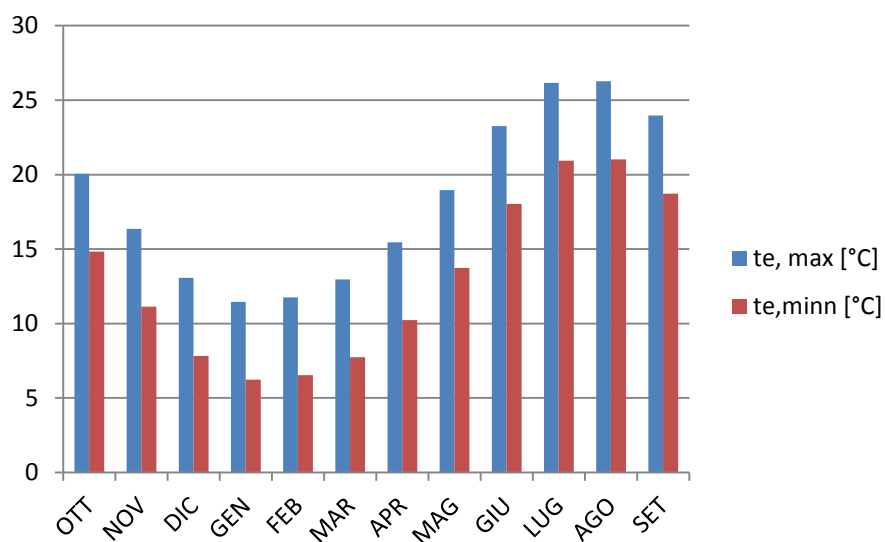


Fig. 6.2 - Andamento delle temperatura MAX e min del comune di Lipari



### 6.3.2 IRRAGGIAMENTO SOLARE

La radiazione solare che raggiunge il suolo terrestre viene attenuata dalla diffusione e dall'assorbimento ad opera dell'atmosfera. Per questo motivo l'energia solare che raggiunge il suolo terrestre non si degrada qualitativamente durante il tragitto dal Sole alla Terra, ma si diluisce, e quindi, può essere convertita quasi interamente in energia utilizzabile. Si riportano di seguito i valori di *irradianza solare media mensile*<sup>54</sup>. È da sottolineare che durante il mese estivo non è da sottovalutare l'irradianza delle superfici esposte a nord (fig.10.4).

Irradianza solare media mensile [w/m <sup>2</sup> ]												
Tipo	OTT	NOV	DIC	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET
H <sub>dh</sub>	4.193	2.807	3	3.3	4.3	5.6	6.159	7.2	7	6.6	6	5.4
H <sub>bh</sub>	5.607	5.193	3.6	3.9	6.5	9.6	11.633	17.2	20.3	20.6	18.6	13.6
I <sub>NE-NO</sub>	3.525	2.875	2.4	2.7	4.2	6.6	8.175	12.5	14.5	14.1	11.8	8.2
I <sub>S</sub>	14.098	12.302	10.3	10.8	12.9	12.9	10.811	9.9	9.2	9.7	11.8	14
I <sub>E-O</sub>	7.369	6.031	5	5.4	7.9	10.5	11.974	15.6	17.1	17.2	16.2	13.1
I <sub>SE-SO</sub>	11.431	9.969	8.2	8.6	11.1	12.7	13.157	13.6	13.8	14.3	15.3	14.9
I <sub>N</sub>	3.092	2.108	2.2	2.4	3.2	4.3	5.113	8.4	10.2	9.5	6.8	4.6
I	9.8	8	6.6	7.2	10.8	15.2	17.792	24.4	27.3	27.2	24.6	19

Tab. 6. 3 Irradianza solare mensile comune di Lipari

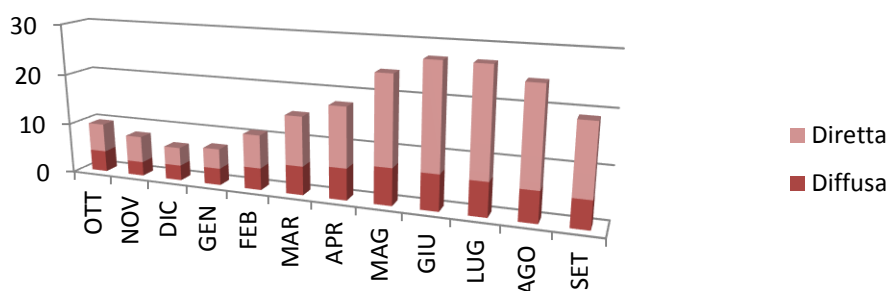


Fig. 6.3 - Irradianza mensile diretta e diffusa del comune di Lipari [W/m<sup>2</sup>]

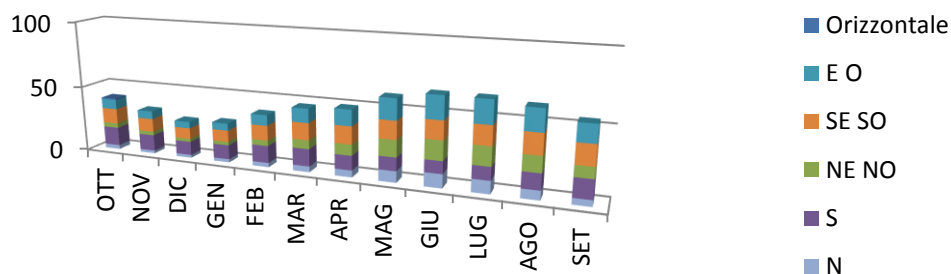


Fig. 6.4 - Irradianza su superfici orientate del comune di Lipari [W/m<sup>2</sup>]

<sup>54</sup>Irradianza solare media: densità di flusso radiante incidente su una superficie generica.

Confrontando i grafici in fig.10.4 e fig.10.5 con quello in fig.10.3 si estrapola il grafico in fig.10.6 grazie al quale si sottolinea l'influenza dell'inerzia termica della terra sull'ambiente esterno: la curva delle temperature medie mensili non corrisponde a quella dell'elevazione solare nella definizione dei periodi più caldi e freddi dell'anno, questo perché la terra si comporta come un accumulatore di freddo o di caldo, ritardando i periodi di minima o massima temperatura rispetto ai solstizi in giugno e dicembre.

Nonostante questo, alcuni studi hanno mostrato come l'andamento delle temperature sia piuttosto simile a quello fornito dalla UNI 10349. Si possono perciò considerare i valori riportati dalla norma ai fini del calcolo progettuale senza allontanarsi dalla realtà con eccessive approssimazioni. Il periodo più freddo è Gennaio mentre il più caldo è Agosto.

In relazione alle escursioni termiche giornaliere riscontrabili durante il periodo estivo e su scala maggiore durante l'anno sarà necessario adottare particolare cautela nella progettazione e nel dimensionamento di componenti metalliche strutturali ed esterne all'involucro per evitare problematiche legate alla dilatazione termica.

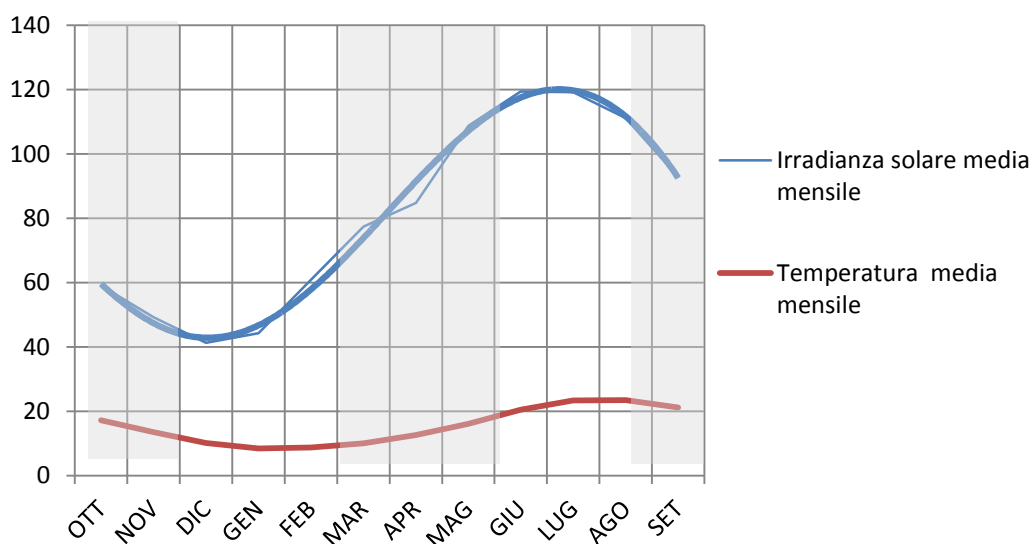


Fig. 6.5 - Confronto tra irradianza e temperatura [°C]

### 6.3.3 VENTO

L'aria in movimento produce una variazione delle pressioni sui diversi ostacoli che incontra. Nel caso di zone con velocità del vento sufficiente è possibile modificare la scia del vento per creare un microclima confortevole durante tutto l'anno. La norma UNI 10349 è abbastanza vaga e anche piuttosto inattendibile per quanto riguarda i venti, si è dunque ritenuto opportuno procurarci dei dati più precisi recuperati dalla Stazione meteorologica militare situata sul monte S. Angelo, tramite i quali è possibile ipotizzare quando l'effetto del vento può essere sfruttato per creare benessere o viceversa, deve essere ridotto per non creare disagio.

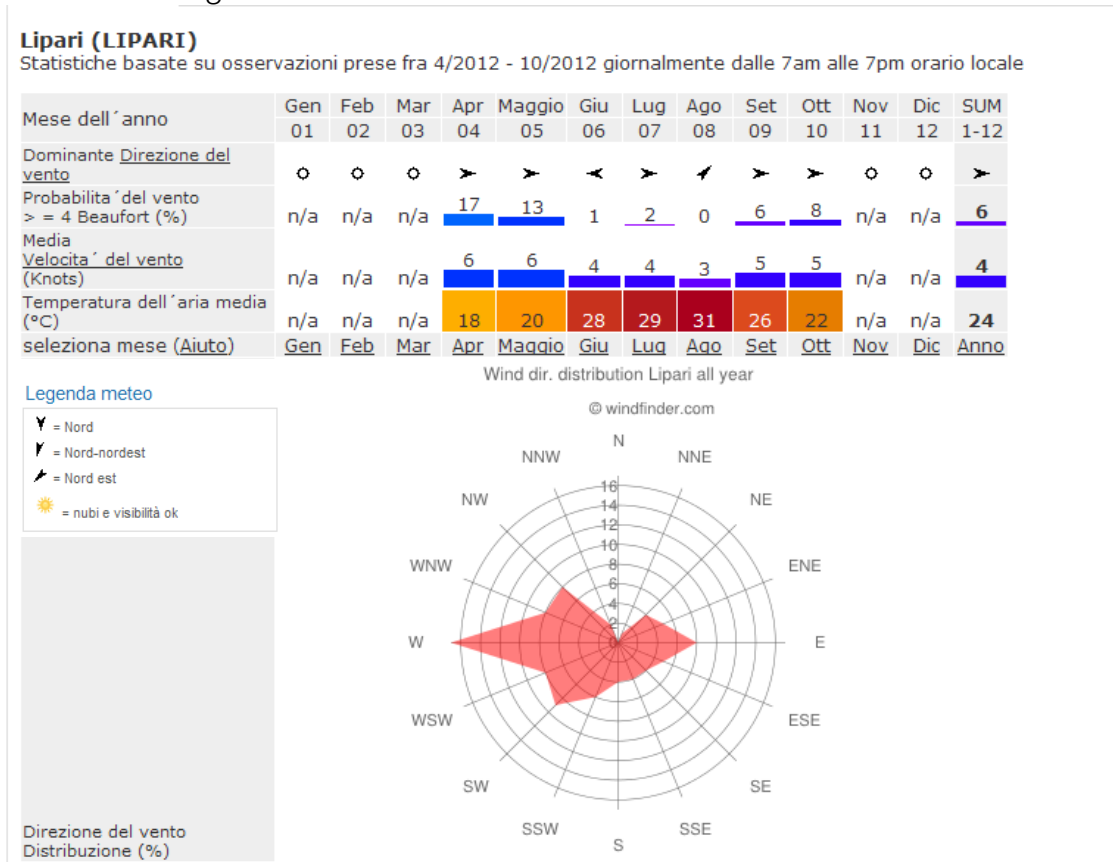


Fig. 6.6 - Dati del vento isola di Lipari

Normalmente se si inserisce un ostacolo sul percorso del vento, la parte sopravento registra valori di pressione maggiori e positivi mentre la parte sottovento registra livelli di pressione negativi. Utilizzando forme elementari è possibile ricostruire in maniera approssimata, le zone in cui si hanno riduzioni nella velocità dell'aria e zone in cui la velocità aumenta. I metodi di rappresentazione grafica delle scie di vento permettono di ottenere informazioni qualitativamente utili ai fini progettuali. All'interno delle zone calme l'aria è comunque in movimento con velocità che variano in relazione al punto di misurazione, e questo effetto è importante per mantenere l'aria in condizioni ottimali.

La distribuzione delle velocità all'interno di una zona cambia a secondo che si usi un frangivento naturale piuttosto che un ostacolo non poroso. L'utilizzo di elementi vegetali modifica la lunghezza della scia e la distribuzione delle velocità rispetto a una ostruzione artificiale continua. È possibile affermare che una frangivento vegetale riduce in maniera minore la velocità dell'aria rispetto a una barriera artificiale di eguali dimensioni, ma realizza scie di dimensioni maggiori. In più, questo sistema funge anche da filtro, pulendo l'aria durante l'attraversamento della chioma.

Confrontando i dati del vento con la forma dell'edificio e il tessuto urbano esistente è possibile individuare i punti in cui inserire delle barriere al vento in modo da ottimizzare l'impatto del vento negli spazi aperti.

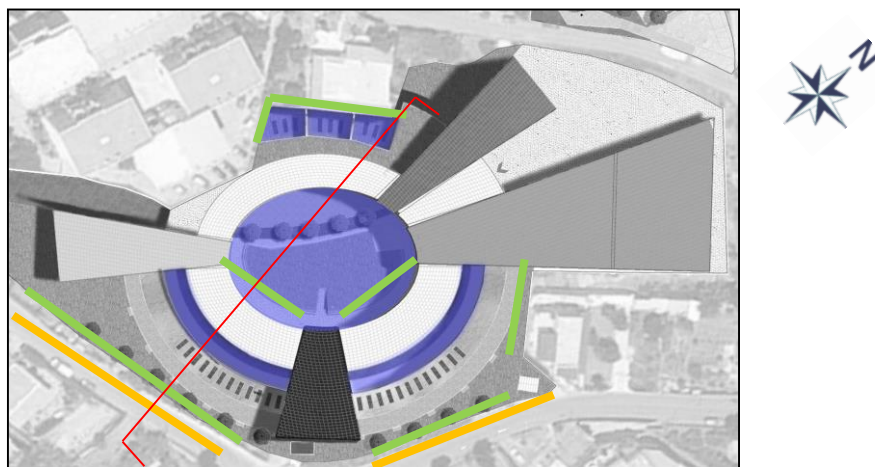


Fig. 6.7 - Posizione delle barriere verdi (Verde) e delle barriere continue (Arancione)

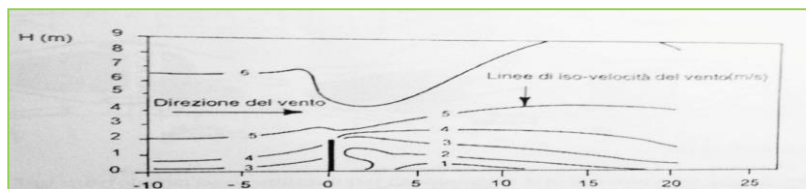


Fig. 6.8 - Flusso del vento sotto la barriera verde

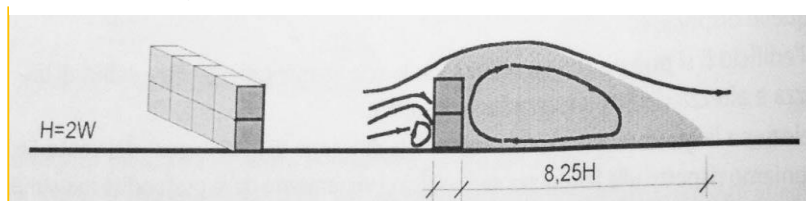


Fig. 6.9 - Flusso del vento sotto una barriera continua

L'aria più fresca si convoglia all'interno degli atri per effetto di depressioni, deve però essere garantito il movimento continuo dei flussi d'aria per garantire la salubrità del luogo: secondo l'indice Wild Chill<sup>55</sup> a temperature inferiori agli 11 gradi la velocità del vento non deve essere superiore a 2 m/s. Il vento prevalente arriva da Ovest, con una velocità media di 4 nodi ossia circa 2m/s.

Le barriere aggiunte hanno lo scopo di:

- aumentare le turbolenze del vento: creando depressioni negli spazi più affollati
- controllarne le raffiche: ricreando zone calme e omogenee in prossimità di serramenti.

Con questa configurazione l'edificio è in grado di sfruttare la ventosità propria dell'isola e garantire negli spazi aperti una buon grado di circolazione dell'aria. In più, il movimento nelle zone calme, avendo una pressione ventosa più bassa, può essere sfruttato per la ventilazione interna dell'edificio.

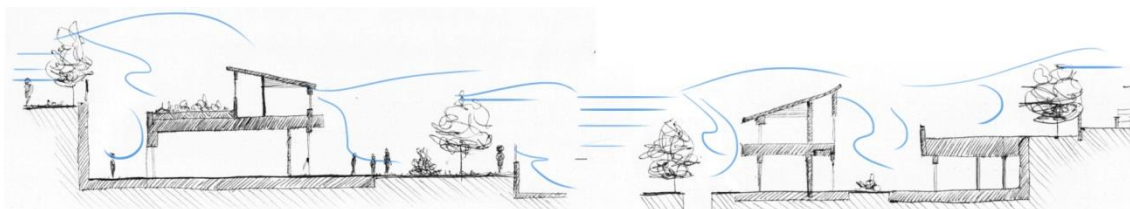


Fig. 6.10 - Schema del moto ventoso proveniente da Ovest nei mesi di Aprile-Maggio-Luglio-Settembre-Ottobre

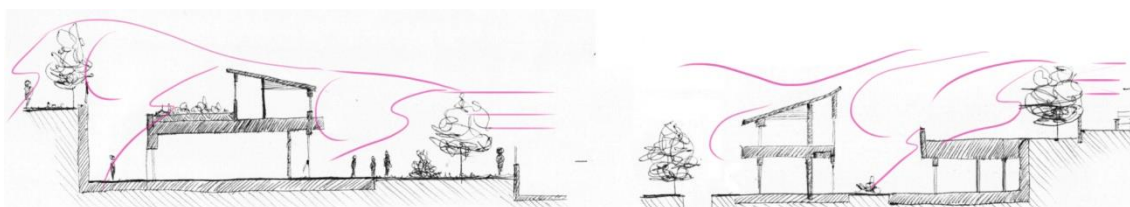


Fig. 6.11 - Schema del moto ventoso proveniente da Est nel mese di Giugno



Fig. 6.12 - Schema del moto ventoso proveniente da Ovest nei mesi di Novembre-Dicembre-Gennaio-Febbraio

<sup>55</sup>Indice Wind Chill: esprime le potenzialità del vento nell'abbassare la temperatura percepita esterna

### 6.3.4 INDICE TERMOIGROMETRICO E COMFORT TERMICO

L'umidità Relativa che caratterizza la località di progetto necessita di un ulteriore approfondimento: si definisce temperatura percepita la sensazione di caldo o freddo che viene avvertita in relazione alle condizioni ambientali.

L'indice di calore si limita a prendere in considerazione il fattore correttivo esercitato dalla sola umidità relativa sulla temperatura dell'aria e non può quindi essere considerato un indicatore assoluto della temperatura percepita dall'organismo umano, essendo quest'ultima sensibile a ulteriori fattori, quali la massa corporea dell'individuo, il vestiario, l'attività fisica, la viscosità del sangue, l'esposizione a radiazioni solari e ultraviolette, la velocità del vento. Resta comunque utile per stabilire quando, durante l'anno, la ventilazione naturale può migliorare il benessere interno.

Indice Humidex della temperatura apparente																
T (° C)	Umidità relativa (%)															
	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
42°	48°	50°	52°	55°	57°	59°	62°	64°	66°	68°	71°	73°	75°	77°	80°	82°
41°	46°	48°	51°	53°	55°	57°	59°	61°	64°	66°	68°	70°	72°	74°	76°	79°
40°	45°	47°	49°	51°	53°	55°	57°	59°	61°	63°	65°	67°	69°	71°	73°	75°
39°	43°	45°	47°	49°	51°	53°	55°	57°	59°	61°	63°	65°	66°	68°	70°	72°
38°	42°	44°	45°	47°	49°	51°	53°	55°	56°	58°	60°	62°	64°	66°	67°	69°
37°	40°	42°	44°	45°	47°	49°	51°	52°	54°	56°	58°	59°	61°	63°	65°	66°
36°	39°	40°	42°	44°	45°	47°	49°	50°	52°	54°	55°	57°	59°	60°	62°	63°
35°	37°	39°	40°	42°	44°	45°	47°	48°	50°	51°	53°	54°	56°	58°	59°	61°
34°	36°	37°	39°	40°	42°	43°	45°	46°	48°	49°	51°	52°	54°	55°	57°	58°
33°	34°	36°	37°	39°	40°	41°	43°	44°	46°	47°	48°	50°	51°	53°	54°	55°
32°	33°	34°	36°	37°	38°	40°	41°	42°	44°	45°	46°	48°	49°	50°	52°	53°
31°	32°	33°	34°	35°	37°	38°	39°	40°	42°	43°	44°	45°	47°	48°	49°	50°
30°	30°	32°	33°	34°	35°	36°	37°	39°	40°	41°	42°	43°	45°	46°	47°	48°
29°	29°	30°	31°	32°	33°	35°	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°	45°	46°
28°	28°	29°	30°	31°	32°	33°	34°	35°	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°
27°	27°	27°	28°	29°	30°	31°	32°	33°	34°	35°	36°	37°	38°	39°	40°	41°
26°	26°	26°	27°	28°	29°	30°	31°	32°	33°	34°	34°	35°	36°	37°	38°	39°
25°	25°	25°	26°	27°	27°	28°	29°	30°	31°	32°	33°	34°	34°	35°	36°	37°
24°	24°	24°	24°	25°	26°	27°	28°	28°	29°	30°	31°	32°	33°	33°	34°	35°
23°	23°	23°	23°	24°	25°	25°	26°	27°	28°	28°	29°	30°	31°	32°	32°	33°
22°	22°	22°	22°	23°	24°	25°	25°	26°	27°	27°	28°	29°	30°	30°	31°	31°
T (° C)	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%

Fig. 6.13 Indice Humidex

L'indice Termo-igrometrico (THI) o Humidex, sviluppato in Canada nel 1965 e perfezionato dal 1979 da J.M. Masterton e F.A. Richardson del servizio meteorologico canadese, propone di misurare la temperatura percepita applicando alla temperatura dell'aria un fattore correttivo legato alla umidità relativa UR. L'indice *humidex* può essere ricavato a partire dalla seguente formula:

$$t_p = t_e + 0.5555 \times (e - 10)$$

$$e = 6.112 \times 10^{7.5 \times \frac{t_e}{237.7 + t_e}} \times \frac{UR}{100}$$



Al di sopra di 54°	Colpo di calore imminente
Da 46° a 53°	Grave pericolo. Sospendere attività fisiche
Da 40° a 45°	Sensazione di malessere generalizzato. Evitare sforzi
Da 35° a 39°	Malessere ben percepito. Limitare le attività fisiche gravose
Da 30° a 34°	Sensazione di malessere più o meno significativa
Da 28° a 29°	Poche persone percepiscono il disagio
Al di sotto di 27	Tutti sono a proprio agio

Tab. 6.4 - Indici di benessere in funzione della temperatura percepita [°C]

Dalle temperatura calcolate (vedi tab.B1 tab.B2 tab.B3) con l'indice termo igrometrico è possibile elaborare un grafico in cui si confronta la temperatura dell'aria percepita con il range di temperature che offrono un comfort termico ottimale:

	OTT	NOV	DIC	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET
tp min	19.7	15.6	12.5	11.0	11.1	12.0	14.7	19.6	25.3	30.2	29.9	25.7
tp MAX]	25.2	20.4	15.8	12.0	12.0	14.5	18.7	25.3	30.9	32.5	31.9	30.5
tp media	22.2	17.8	13.7	11.3	11.4	13.0	16.4	22.3	28.2	31.9	31.3	28.3

Tab. 10. 4 Temperatura percepita del comune di Lipari [°C]

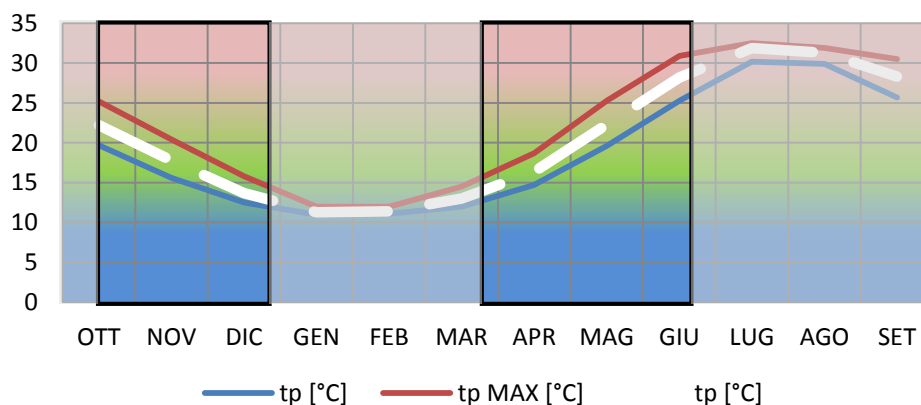


Fig. 6.14 - Andamento annuale tp

Classe climatica	THI [°C]
Torrido	> +30
Molto Caldo	26.5 : 30
Caldo	20 : 26.5
Confortevole	15 : 20
Fresco	13 : 15
Freddo	-1.8 : 13

Il THI nella sua semplicità si allinea ai risultati di indici più complessi anche non considerando l'azione del vento.

Durante i mesi di Ottobre, Novembre, Aprile e Maggio, l'immissione dell'aria negli ambienti dall'esterno con l'ausilio di sistemi di ventilazione, naturale o meccanico,

non necessità di alcun pretrattamento ai fini del comfort termico a patto di dissipare il calore prodotto negli ambienti dal corpo umano<sup>56</sup>.

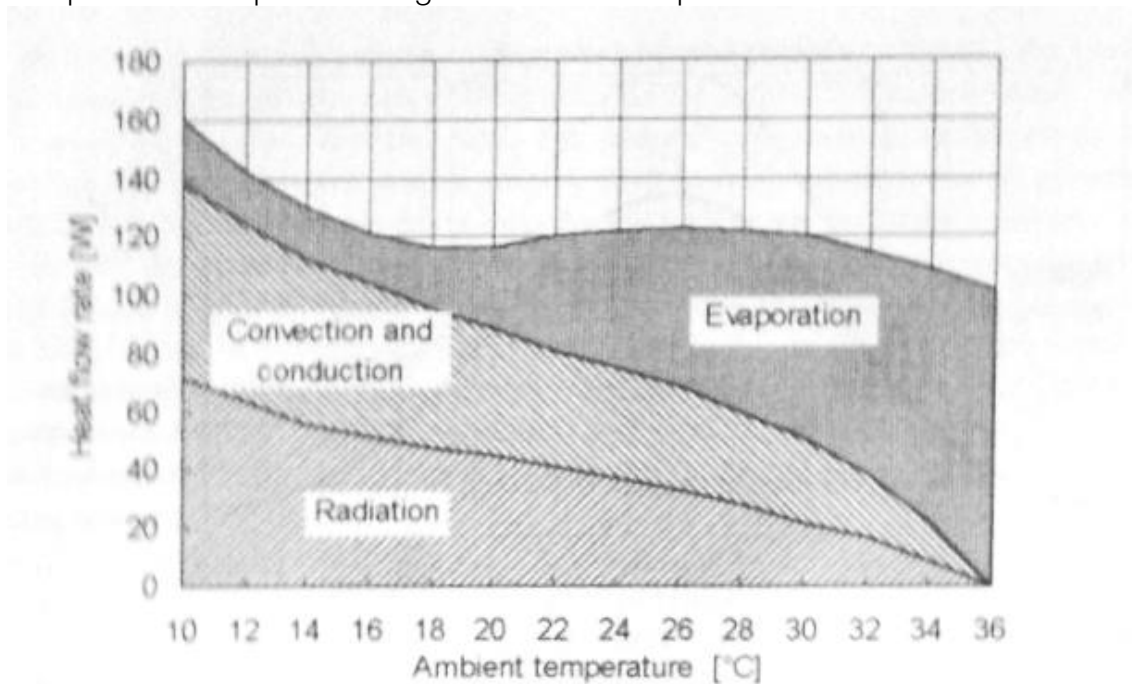


Fig. 6.15 - Calore emesso da una persona seduta in funzione della T esterna

$$M \pm R \pm C_v \pm C_d - E = \Delta S \text{ (W)} \quad \dots$$

where

M = metabolic rate	C <sub>v</sub> = convection
R = net radiation	C <sub>d</sub> = conduction
E = evaporation heat loss	ΔS = change in heat stored

Attraverso il bilanciamento delle trasmissioni per radiazione, convezione, evaporazione e conduzione è possibile determinare un valore ΔS in watt che:

- ΔS > 0 : la temperatura corporea sale,
- ΔS < 0 : la temperatura corporea.

Il tipo di calcolo più appropriato per misurare il comfort termico è esplicito dalla norma EN-ISO 7730<sup>57</sup>, e riconosce la necessità di domandare agli occupanti stessi se il comfort termico dell'ambiente è più o meno ottimale. Il parametro di riferimento è il voto medio previsto o predicted mean vote (PMV) e presume che il numero di insoddisfatti sia circa il 5% degli occupati.

$$PMV = (0.303^{(-0.036m)} + 0.028) \times [m - w - 0.00305(5733 - 699(m - w) - p) - 0.42(m - w - 58.15) - 0.000017m(5787 - p) - 0.0014m(307 - T_a D) - F]$$

<sup>56</sup> Le persone producono continuamente calore, in funzione dell'attività che stanno compiendo e il corpo interagisce con l'ambiente circostante attraverso trasmissioni.

<sup>57</sup> Questo metodo è stato proposto nel 1982 dal danese P. Ole Fanger, dopo aver eseguito vari studi sul comfort termico a basse velocità di ventilazione su un gruppo di persone.

Con:

- $T_a$  = Temperatura dell'aria [K]
- $T_r$  = Temperatura radiante [K]
- $v$  = velocità dell'aria relativa [m/s]
- $p$  = Pressione parziale del vapore acqueo [Pa]
- $M$  = Attività del soggetto [W]
- $W$  = Lavoro meccanico del soggetto [W]
- $A$  = Area della pelle [m<sup>2</sup>]
- $m$  = Attività metabolica specifica [W/m<sup>2</sup>]
- $w$  = Lavoro meccanico specifico [W/m<sup>2</sup>]
- $R$  = Resistenza termica degli indumenti [m<sup>2</sup> K/W]
- $H$  = Indumento [clo] =  $R/0.155$
- $f$  = Frazione dell'indumento

<b>Attività soggetto</b>	<b>met</b>	<b>Attività soggetto</b>	<b>met</b>
coricato	0.7	fornaio	1.5 2.0
seduto	1.0	operaio edile	4.0 6.0
in piedi	1.2	operaio meccanico	3.5 4.5
camminare lentamente	2.0	operaio elettrico	2.0 2.5
camminare velocemente	2.6	commesso di negozio	2.0 2.5
guidare un'automobile	1.5	orologiaio	1.0 1.2
guidare una moto	2.0	tennis	3.6 4.0
guidare un camion	3.2	squash	5.0 7.0
guidare un aereo	2.0	pallacanestro	5.0 7.6
pulire casa	2.5	ballo	2.4 4.4
cucinare	1.8	golf	1.5 2.5
fare shopping	1.6	pesca	1.2 2.0

Tab. 6. 6 - Tasso metabolico per diverse attività EN-ISO7730

Abbigliamento da lavoro	$I_{cl}$		Abbigliamento giornaliero	$I_{cl}$	
	clo	$m^2 \cdot K/W$		clo	$m^2 \cdot K/W$
Mutande, tuta, calzini, scarpe	0,70	0,110	Slip, maglietta, pantaloncini, calzini leggeri, sandali	0,30	0,050
Mutande, camicia, pantaloni, calzini, scarpe	0,75	0,115	Slip, sottoveste, calze, abito leggero con maniche, sandali	0,45	0,070
Mutande, camicia, tuta, calzini, scarpe	0,80	0,125	Mutande, camicia con maniche corte, pantaloni leggeri, calzini leggeri, scarpe	0,50	0,080
Mutande, camicia, pantaloni, giacca, calzini, scarpe	0,85	0,135	Slip, calze, camicia a maniche corte, gonna, sandali	0,55	0,085
Mutande, camicia, pantaloni, grembiule, calzini, scarpe	0,90	0,140	Mutande, camicia, pantaloni leggeri, calzini, scarpe	0,60	0,095
Biancheria intima a maniche e gambe corte, camicia, pantaloni, giacca, calzini, scarpe	1,00	0,155	Slip, sottoveste, calze, abito, scarpe	0,70	0,105
Biancheria intima a gambe e maniche corte, camicia, pantaloni, tuta, calzini, scarpe	1,10	0,170	Biancheria intima, camicia, pantaloni, calzini, scarpe	0,70	0,110
Biancheria intima a gambe e maniche lunghe, giacca termica, calzini, scarpe	1,20	0,185	Biancheria intima, completo da corsa (maglia e pantaloni), calzini lunghi, scarpe da corsa	0,75	0,115
Biancheria intima a maniche e gambe corte, camicia, pantaloni, giacca, giacca termica, calzini, scarpe	1,25	0,190	Slip, sottoveste, camicia, gonna, calzettoni spessi al ginocchio, scarpe	0,80	0,120
Biancheria intima a maniche e gambe corte, tuta, giacca termica e pantaloni, calzini, scarpe	1,40	0,220	Slip, camicia, gonna, maglione a girocollo, calzettoni spessi al ginocchio, scarpe	0,90	0,140

Tab. 6. 5 Resistenza termica di alcuni indumenti [clo]

La soluzione all'equazione di Fanger è di tipo iterativo, per questo è necessario l'utilizzo di software; la ISO 7730 mette a disposizione un software in BASIC per il calcolo dell'equazione.

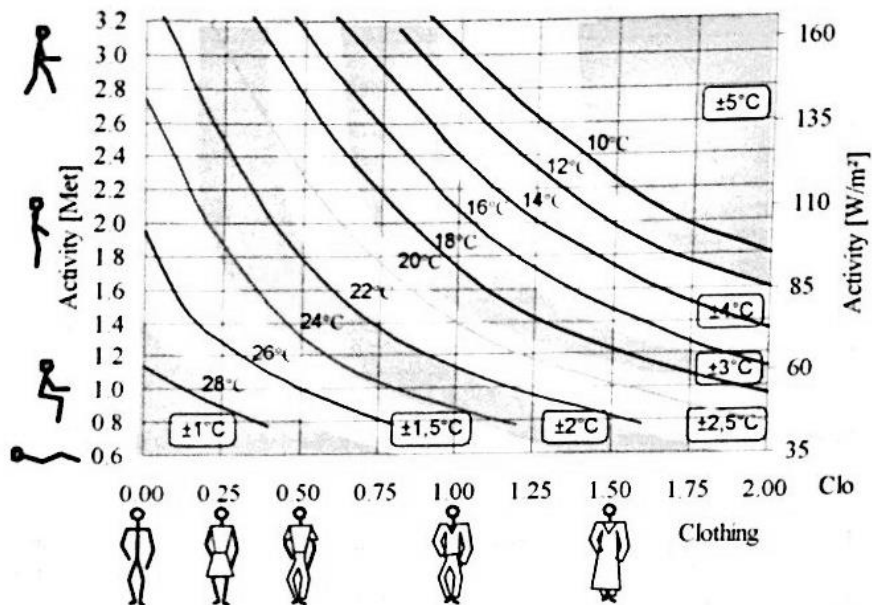


Fig. 6.16 - Temperatura operante ottimale in funzione di indumenti e attività

### 6.3.5 PIOVOSITÀ

La norma UNI 10349 non dà nessuna indicazione rispetto alle precipitazioni, dato che le stesse sono abbastanza imprevedibili. Per questo si sono utilizzati i dati meteorologici estrapolati dal sito <http://it.windfinder.com>.

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
TOT [mm]	41.8	31.1	18.2	123.8	76.8	8.1	57.3	90.8	125.7	60.4	75.8	863
Piovosità nel giorno critico [mm]	8.2	10.6	8.8	73.1	31.1	7.8	42	38.8	41.8	19.2	13.2	73.1
Eventi piovosi	11	4	5	6	7	1	3	5	12	7	11	86
piovosità totale mensile [mm/g]	3.8	7.8	3.6	20.6	11.0	8.1	19.1	18.2	10.5	8.6	6.9	10.0

Tab. 6. 6 Dati piovosità isola di Lipari

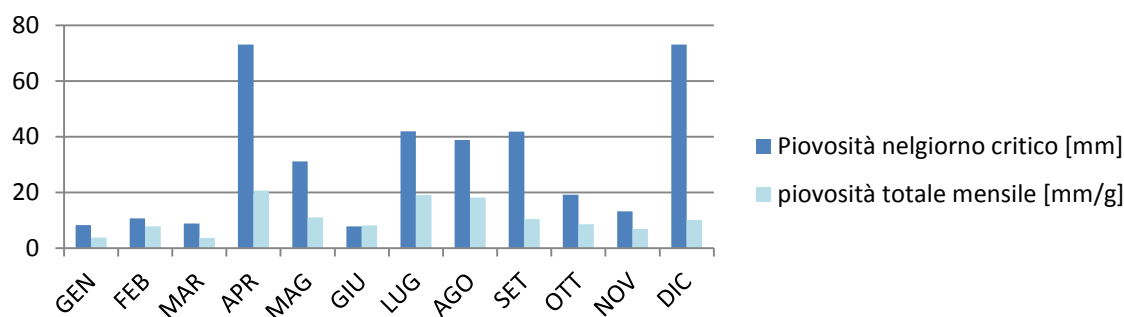


Fig. 6.17 - Piovosità totale mesi

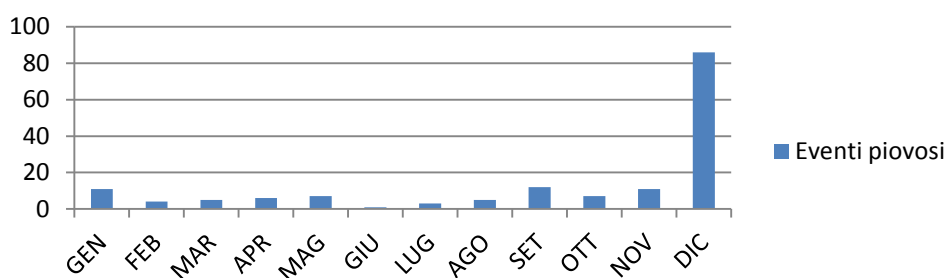


Fig. 6. 18 Eventi piovosi mensili

Un impianto di recupero delle acque piovane potrebbe apportare al fabbisogno idrico un contributo di circa  $1.5\text{m}^3$  annuo per ogni  $\text{m}^2$  di superficie captante (piovosità annuale = 1572 mm).

## 6.4 L'involucro edilizio

La Costruzione Stratificata a secco è attualmente la tecnologia che meglio riesce a rappresentare il legame tra efficacia della tradizione edilizia e nuove tecnologie rispettando al tempo stesso i fabbisogni singoli o collettivi richiesti. Tramite questa metodologia, è possibile rispettare e garantire alte prestazioni mantenendo al contempo una totale libertà di espressione estetica e costruttiva. Riguardo questa metodologia, esistono dieci punti significativi che spiegano il paradigma costruttivo, ergonomico e gestionale:

1. Differenziazione e miglioramento prestazionale
2. Ottimizzazione nella scelta dei materiali
3. Costituzione di pacchetti tecnologici
4. Indipendenza funzionale
5. Definizione progettuale
6. Assemblabilità e smontabilità
7. Durabilità dinamica
8. Funzionalità dinamica
9. Impatto ambientale sostenibile
10. Applicabilità di management avanzato

La combinazione dei diversi materiali deve rispettare 5 macro-categorie che racchiudono il concetto di stratificazione:

1. Involucro Esterno
2. Stratificazione di Intercapedine isolata Esterna
3. Struttura Portante
4. Stratificazione di Intercapedine isolata Interna
5. Involucro Interno

Per ognuno di questi punti sono richieste precise funzioni, al fine di creare un pacchetto complessivo che garantisca contro coazioni statiche, ponti termici e/o acustici, prestazioni antincendio e dilatazioni termiche dannose.

L'orientamento dell'edificio, la forma, le caratteristiche dell'involucro e le schermature sono gli aspetti su cui ci si deve concentrare maggiormente al fine di ottenere un edificio passivo, ossia un edificio che abbina la possibilità di usare fattori climatici favorevoli ostacolando quelli sfavorevoli senza ricorrere a costose ed energivore integrazioni impiantistiche.



#### 6.4.1 PARAMETRI DI VALUTAZIONE DELL'INVOLUCRO

Il D.Lgs. 311/06 negli allegati C e I, fissa una serie di requisiti della prestazione energetica degli edifici transitori perché validi fino all'entrata in vigore dei decreti di cui all'articolo 4, comma I, del D.Lgs. 192/05; ciò nonostante essi rappresentano un importante riferimento.

Ai fini dell'analisi si considera unicamente il *fabbisogno di energia termica utile per il riscaldamento e la ventilazione*<sup>58</sup> invernale dell'edificio  $Q_{h,nd}$ . Il fabbisogno di energia termica utile per riscaldamento dell'edificio è articolato in:

- fabbisogno ideale;
- fabbisogno ideale netto ottenuto sottraendo al fabbisogno ideale le perdite recuperate attraverso sistemi di recupero di calore;
- fabbisogno effettivo è il fabbisogno che tiene conto delle perdite di emissione e di regolazione, ossia dell'energia termica che il sottosistema di distribuzione deve immettere negli ambienti.

Partendo dal fabbisogno ideale secondo il calcolo fornito dalla UNI EN ISO 13790 e della UNI/TS 11300-1:

$$Q_{H,nd} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,gn}(Q_{int} + Q_{sol}) \text{ [kWh]}$$

$$Q_{C,nd} = (Q_{int} + Q_{sol}) - \eta_{C,ls}(Q_{C,tr} + Q_{C,ve}) \text{ [kWh]}$$

dove:

- $Q_{H,nd}$  è il fabbisogno ideale di energia termica dell'edificio per riscaldamento
- $Q_{C,nd}$  è il fabbisogno ideale di energia termica dell'edificio per raffrescamento
- $Q_{H,tr}$  è lo scambio termico per trasmissione nel periodo di riscaldamento
- $Q_{C,tr}$  è lo scambio termico per trasmissione nel periodo di raffrescamento
- $Q_{H,ve}$  è lo scambio termico per ventilazione nel periodo di riscaldamento
- $Q_{C,ve}$  è lo scambio termico per ventilazione nel periodo di raffrescamento
- $Q_{int}$  sono i guadagni termici interni
- $Q_{sol}$  sono i guadagni termici solari
- $\eta_{H,gn}$  è il fattore di utilizzazione degli apporti termici
- $\eta_{C,ls}$  è il fattore di utilizzazione delle dispersioni termiche

si calcolano gli indici di prestazione energetica.

Lo stesso discorso vale anche per il *fabbisogno* di energia termica utile al riscaldamento e alla ventilazione estiva dell'edificio  $Q_c$ .

Una volta calcolato il fabbisogno, è necessario estrapolare l'indice di prestazione energetica, ossia un parametro che viene usato per valutare il

---

<sup>58</sup> Il *fabbisogno ideale di energia termica utile dell'involucro edilizio*,  $Q_h$  o  $Q_{hvs}$  nel caso di funzionamento non continuo, è il dato fondamentale di ingresso per il calcolo dei fabbisogni di energia primaria. Tale fabbisogno è riferito alla condizione di temperatura dell'aria uniforme in tutto lo spazio riscaldato. Esso è riferito, inoltre, a funzionamento continuo, cioè al mantenimento di una temperatura interna dell'edificio costante nel tempo.

comportamento energetico dell'edificio nel periodo invernale e estivo calcolati in funzione della temperatura di progetto secondo la norma UNI/TS 11300-1:

$$EP_i = \frac{Q_{H,nd}}{V_{riscaldato} \eta_g}$$
$$EP_e = \frac{Q_{C,nd}}{V_{riscaldato} \eta_g}$$

dove V è il volume d'aria riscaldato o raffrescato e  $\eta_g$  è il rendimento globale stagionale:

$$\eta_g = \eta_e \eta_c \eta_p \eta_d$$

con:

- $\eta_e$  rendimento dei terminali
- $\eta_c$  rendimento relativo al controllo/regolazione
- $\eta_d$  rendimento della distribuzione
- $\eta_p$  rendimento della produzione

L'analisi condotta non tiene conto delle perdite determinate dalle caratteristiche dei sottosistemi di emissione e di regolazione, previsti o installati nell'edificio, quali la distribuzione di temperatura non uniforme nello spazio riscaldato, le imperfezioni della regolazione per ritardi od anticipi nella erogazione del calore, il mancato utilizzo di apporti gratuiti. Si è ritenuto opportuno non utilizzare un impianto a recupero di calore dato che il calore in eccesso sarà utilizzato per il riscaldamento estivo e invernale degli ambienti non riscaldati.

## 6.4.2 EP<sub>i,LIM</sub>

Nella tab.10.11 si riportano i valori limiti degli indici di prestazione energetica EP<sub>i,lim</sub> delle zone termiche con riferimento al D.lgs del 1 Gennaio 2010.

Il parametro è funzione di:

- zona climatica;
- rapporto di forma S/V

S/V	Zona climatica									
	A	B		C		D		E		F
	<600 GG	601 GG	900 GG	901 GG	1400 GG	1401 GG	2100 GG	2101 GG	3000 GG	>3000
≤0,2	2	2	3,6	3,6	6	6	9,6	9,6	12,7	12,7
≥0,9	8,2	8,2	12,8	12,8	17,3	17,3	22,5	22,5	31	31

Per valori compresi tra i limiti sia del rapporto S/V che dei gradi giorno si è provveduto al calcolo del valore di EP<sub>i</sub> limite attraverso interpolazione lineare.

Nella tab.10.11 si aggiunge inoltre l'apporto gratuito interno all'ambiente dovuto a persone, luci, apparecchiature elettriche (Q<sub>int</sub>) per ogni unità.

$$Q_{int} = N \times A_L \times \alpha \times F_{oc} \times 10^{-3}$$

con:

- N = numero di giorni del mese
- A<sub>L</sub> = superficie lorda del pavimento
- α = valore globale degli apporti interni
- F<sub>oc</sub> = periodo di occupazione giornaliero dei locali

Classificazione degli edifici per categoria	F <sub>oc</sub>
Edifici residenziali, collegi, luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi	24
Alberghi, pensioni	8
Edifici per uffici e assimilabili	8
Ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili	24
Edifici adibiti ad attività ricreative, associative e di culto	8
Attività commerciali e assimilabili	8
Edifici adibiti ad attività sportive	8
Edifici adibiti ad attività scolastiche	8

Destinazione d'uso	Apporti globali α	Unità di misura
Edifici residenziali* A <sub>L</sub> < 200 m <sup>2</sup>	6,25 - 0,02 · A <sub>L</sub>	W/m <sup>2</sup>
Collegi, luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi, alberghi e pensioni con area lorda riscaldata in pianta	6,25	W/m <sup>2</sup>
Edifici adibiti ad uffici e assimilabili, edifici adibiti ad attività ricreative, associative e di culto, edifici adibiti ad attività sportive e attività scolastiche	6	W/m <sup>2</sup>
Edifici adibiti ad attività commerciali, ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili	8	W/m <sup>2</sup>

Piano	Nome	Area Disp. [m <sup>2</sup> ]	S/V	EP <sub>lim</sub> [kWh/m <sup>3</sup> a]	Q <sub>int</sub> [W/m <sup>2</sup> ]
BLOCCO 1	Media	11074.452	0.452	5.638	8925.256
	Elementare				
BLOCCO 2	Materna	3347.035	0.416	5.243	5391.071
	Uffici				

Tab. 6. 11 - Dati delle Zone termiche

In merito alla rappresentazione delle prestazioni energetiche globali e parziali dell'edificio, il MSE (Ministero dello Sviluppo Economico) ha ritenuto opportuno, affiancare al calcolo un sistema di valutazione grafico basato su classi.

La scala delle classi energetiche per la climatizzazione invernale sarà allora rappresentata in riferimento alla tab10.12.

A+	$EP \leq 0.25EP_{i,lim}$
A <sub>i</sub>	$0.25 EP_{li} \leq EP_i \leq 0.50EP_{i,lim}$
B <sub>i</sub>	$0.50 EP_{li} \leq EP_i \leq 0.75EP_{i,lim}$
C <sub>i</sub>	$0.75 EP_{li} \leq EP_i \leq 1.00EP_{i,lim}$
D <sub>i</sub>	$1.00 EP_{li} \leq EP_i \leq 1.25EP_{i,lim}$
E <sub>i</sub>	$1.25 EP_{li} \leq EP_i \leq 1.75EP_{i,lim}$
F <sub>i</sub>	$1.75 EP_{li} \leq EP_i \leq 2.5EP_{i,lim}$
G <sub>i</sub>	$EP_i \geq 2.50EP_{i,lim}$

Tab. 6. 7 Definizione della classe energetica invernali

Nel calcolo si è ritenuto opportuno considerare anche il comportamento inerziale dell'edificio attraverso il fattore di capacità termica ( $\tau_0$ ) che permette di stabilire quanto l'edificio sia in grado di accumulare calore durante il giorno per restituirlo durante le ore serali. Riducendo le oscillazioni di temperatura nell'involucro, si consente di migliorare le condizioni di comfort all'interno degli ambienti.

### 6.4.3 EP<sub>e,LIM</sub>

Per quanto riguarda il caso estivo, la situazione è molto più complessa, infatti non vi è una regolamentazione specifica, ma una serie di parametri che definiscono la qualità dell'involucro edilizio.

Per quanto concerne la nostra analisi, si procede alla determinazione dell'indice di prestazione termica dell'edificio per il raffrescamento: EP<sub>e</sub> espresso in kWh/(m<sup>2</sup>anno) per tutte le destinazioni d'uso. Questo indice è funzione dell'energia primaria<sup>59</sup> e considera il solo contributo della ventilazione meccanica o naturale.

EP <sub>e,inv</sub> kWh/(m <sup>2</sup> .anno)	Prestazioni	Qualità prestazionale
EP <sub>e,inv</sub> ≤ 10	Ottime	I
10 < EP <sub>e,inv</sub> ≤ 20	Buone	II
20 < EP <sub>e,inv</sub> ≤ 30	Sufficienti	III
30 < EP <sub>e,inv</sub> ≤ 40	Mediocri	IV
EP <sub>e,inv</sub> > 40	Cattive	V

Tab. 6. 8 Definizione della classe energetica estiva

Nel calcolo si è ritenuto opportuno considerare anche il comportamento inerziale dell'edificio attraverso il fattore di utilizzazione dell'impianto ( $\tau$ ). L'accumulo di calore nei componenti edilizi può rappresentare infatti una strategia efficace per il controllo della climatizzazione degli ambienti interni. Se opportunamente controllati, lo sfasamento e l'attenuazione del picco di calore possono portare alla riduzione della domanda di raffrescamento; si possono inoltre ottenere benefici anche nella stagione invernale, dove il calore accumulato durante il giorno viene restituito durante le ore serali. Oltre alla limitazione dei consumi energetici anche l'inerzia termica dell'involucro, riducendo le oscillazioni di temperature, consente di migliorare le condizioni di comfort all'interno degli ambienti.

<sup>59</sup> Energia primaria: potenziale energetico presentato dai vettori e fonti energetiche non rinnovabili nella loro forma naturale, quando non hanno ancora subito alcuna conversione o processo di trasformazione. [Dlgs 192/05]

## 6.5 Caratteristiche dell'involucro

Di seguito si articolano le scelte tecnologiche adottate per quanto concerne l'involucro edilizio e poi inserite nel software EBA 2.

### 6.5.1 SERRAMENTI

La criticità dell'Istituto si concretizza nell'elevato valore delle superfici vetrate presenti nei vari plessi. Dimensione, tipologia d'infisso e schermatura solare sono state pensate in modo da assicurare il soddisfacimento delle particolari esigenze necessarie al corretto funzionamento dell'edificio scolastico secondo i canoni di illuminazione e minimizzazione di barriere visive. L'impatto energetico dei serramenti è condizionato principalmente dal consumo di energia primaria dovuto alla necessità di compensare gli scambi termici con l'esterno in fase d'uso. Tali scambi si traducono in un elevato consumo di energia e, di conseguenza, in un'elevata produzione ed immissione nell'ambiente di CO<sub>2</sub> e di altre emissioni inquinanti.

Studi LCA<sup>60</sup> esaminati, indicano che i potenziali impatti ambientali nel ciclo di vita dei serramenti esterni sono dominati dalla fase di uso: fino a un quarto dell'energia utilizzata in una stagione per riscaldare a 20 °C e condizionare a 26°C un edificio viene dispersa dai serramenti esterni. Il criterio più importante per una fornitura a ridotto impatto ambientale è quindi quello di acquistare un serramento con prestazioni energetiche elevate.

Come punto di partenza dello studio, si è preso come riferimento il *D.M. 26 gennaio 2010 "Aggiornamento del decreto 11 marzo 2008 in materia di riqualificazione energetica degli edifici"* che definisce i limiti di trasmittanza termica dei serramenti necessari per accedere alle detrazioni fiscali del 55% per la riqualificazione energetica degli edifici. Sono fatti salvi eventuali requisiti più restrittivi richiesti dagli Enti Locali di riferimento poiché si tratta di materia concorrente tra Enti Locali a Amministrazione centrale. Punteggi premianti sono assegnati per trasmittanze inferiori a quelle previste dal decreto.

---

<sup>60</sup> *Life Cycle Assessment (in italiano "analisi del ciclo di vita", conosciuto anche con l'acronimo LCA) è una metodologia di analisi che valuta un insieme di interazioni che un prodotto o un servizio ha con l'ambiente, considerando il suo intero ciclo di vita che include i punti di preproduzione (quindi anche estrazione e produzione dei materiali), produzione, distribuzione, uso (quindi anche riuso e manutenzione), il riciclaggio e la dismissione finale. La LCA è riconosciuta a livello internazionale attraverso alcune norme ISO (International Organization for Standardization).*



Zona climatica	strutture opache verticali	strutture opache orizzontali o inclinate		Chiusure apribili e assimilabili (**)
		Coperture	Pavimenti (*)	
A	0,54	0,32	0,60	3,7
B	0,41	0,32	0,46	2,4
C	0,34	0,32	0,40	2,1
D	0,29	0,26	0,34	2,0
E	0,27	0,24	0,30	1,8
F	0,26	0,23	0,28	1,6

(\*) Pavimenti verso locali non riscaldati o verso l'esterno

(\*\*) Conformemente a quanto previsto all'articolo 4, comma 4, lettera c), del decreto Presidente della Repubblica 2 aprile 2009, n. 59, che fissa il valore massimo della trasmittanza (U) delle chiusure apribili e assimilabili, quali porte, finestre e vetrine anche se non apribili, comprensive degli infissi.

Tab. 6. 9 Trasmittanze limite definite dal Dlgs 11-03-08

I valori della trasmittanza termica dei serramenti esterni ( $U_w$ ) (comprensiva di parete vetrata ed infisso) devono rispettare quindi come minimo i valori del D.M. 26 gennaio 2010. In più, poiché le infiltrazioni provenienti dai serramenti esterni possono provocare dei rinnovi d'aria eccessivi con relative dispersioni di calore, è stato inserito un requisito sulla classe di permeabilità all'aria dei serramenti stessi. La permeabilità all'aria è la caratteristica di un serramento chiuso di lasciare filtrare aria nel caso di una differenza di pressione tra l'interno e l'esterno. La classificazione viene valutata secondo la norma UNI EN 12207 ("Finestre e porte - Permeabilità all'aria - Classificazione"), che prevede quattro classi di prestazione (1, 2, 3, 4).

Classe	Permeabilità all'aria di riferimento a 100 Pa M <sup>2</sup> /hm <sup>2</sup>	Pressione massima di prova Pa
0	Non sottoposto a prova	Non sottoposto a prova
1	50	150
2	27	300
3	9	600
4	3	600

Tab. 6. 10 Classe di permeabilità dei serramenti da UNI EN 12207

La classe massima, che prevede le infiltrazioni di aria più ridotte, è la classe 4; per soddisfare i requisiti di permeabilità è necessario rispettare i seguenti criteri:

- Finestre o porte a battente devono essere almeno in classe 3;
- Finestre e porte finestre scorrevoli devono essere almeno in classe 2;
- Porte a battente con guarnizioni sui quattro lati e soglia inferiore di battuta devono essere almeno in classe 2;
- Porte differenti almeno in classe 1.

Le prestazioni in termini di trasmissione della radiazione luminosa e solare sono state trattate dalla norma UNI EN 410 ("Vetro per edilizia - Determinazione delle caratteristiche luminose e solari delle vetrate").

- *Il fattore solare g* è il rapporto tra l'energia termica globalmente trasmessa dalla lastra e l'energia solare incidente.
- *La trasmittanza luminosa  $\tau_v$*  è la frazione di luce naturale incidente sul componente trasparente del serramento che penetra nell'ambiente interno.

Gli apporti solari attraverso i serramenti esterni hanno un ruolo nel bilancio energetico dell'edificio. In inverno contribuiscono a limitare le perdite per dispersione e ventilazione; nella stagione estiva sono la maggiore fonte di calore che determina i consumi per la climatizzazione. Quest'ultimo aspetto è particolarmente importante visto il continuo aumento di richiesta di elettricità per la climatizzazione estiva, dovuto essenzialmente all'incremento di installazioni nel settore residenziale. È importante notare che il carico termico dovuto agli apporti solari è funzione di vari parametri, tra i quali: zona climatica dell'edificio in esame, esposizione e giacitura delle facciate dell'edificio, profili di utilizzo.

Oltre i parametri previsti da legge, per determinare il tipo di serramento da utilizzare si sono fatte delle considerazioni riguardante i costi: nel mercato il costo di un serramento oscilla tra i 250 e i 400 €/m<sup>2</sup> con la possibilità di estendere il limite superiore in funzione della qualità del serramento. A tali costi vanno aggiunti i costi per la mano d'opera necessaria al montaggio. La percentuale di costo imputabile alla sola parte trasparente varia mediamente tra il 10% ed il 30% del costo totale del serramento. È necessario notare che i costi sono determinati da ragioni non necessariamente legate alla qualità tecnologica del prodotto e spesso legate alla capacità del tessuto produttivo di interagire con il territorio in cui opera.

Aumentare la qualità energetica di un prodotto provoca, inevitabilmente, un aumento dei costi associato ad un risparmio energetico ed economico. I principali indicatori atti a valutare l'efficacia economico-finanziaria di un investimento sono:

- tempo di ritorno dell'investimento, espresso in anni, definito come "rapporto tra il costo iniziale dell'investimento ed il risparmio economico conseguibile";
- valore attuale netto (VAN), espresso in euro, definito come "somma algebrica, calcolata in un dato momento, di tutti i flussi di cassa originati da un investimento".

Si precisa inoltre che, nel caso di edifici di nuova costruzione, il costo dell'investimento è dato dalla differenza tra il costo di un prodotto standard e quello di un prodotto a più elevate prestazioni. Considerando che a tutt'oggi i consumi energetici maggiori nel settore dell'edilizia residenziale e scolastica sono legati al riscaldamento e le detrazioni fiscali del 55% definite dalla finanziaria 2008, i tempi di ritorno per la sostituzione dei serramenti sono stimabili tra i 4 ed i 10 anni. Nel caso di nuove costruzioni, la migliore qualità del prodotto è generalmente ripagata con tempi di ritorno inferiori a 3-5 anni.

Nel progetto si è pensato di utilizzare un vetro basso emissivo accoppiato ad un telaio in alluminio con taglio termico in modo da raggiungere per tutti i serramenti una trasmittanza non superiore a 1.50 W/m<sup>2</sup>K senza comprometterne la qualità delle finiture nel lungo periodo.

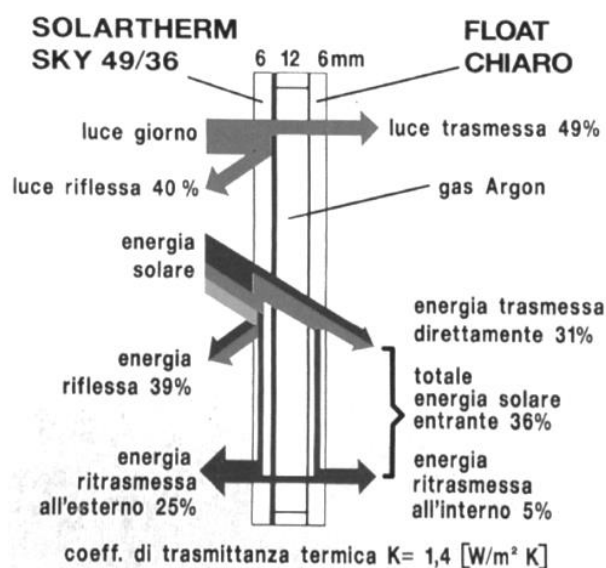


Fig. 6.19 - Trasmissioni di un vetro a doppio strato -  $K=1.4 \text{ W/m}^2\text{K}$

Buona trasmittanza termica e alto fattore solare sono i presupposti per una gestione efficiente dell'involucro edilizio. I vetri basso emissivi presentano un trattamento superficiale sul vetro interno della camera del vetro. A base di ossidi di metallo che mitiga il passaggio del calore dall'interno dell'edificio verso l'esterno. Questa tipologia di vetro permette il passaggio di un buon quantitativo di luce, riducendo in parallelo la trasmissione di energia.

VALORI SPETTROFOTOMETRICI		
Vetro esterno	4	mm
Cavità	Argon - 90	%
	16	mm
Vetro interno	4	mm
TL	71	%
g	0.42	
Ug	1.4	W/(m²K)

Tab. 6. 11 Valori spettrofometrici

Per quanto riguarda il tipo di telaio tra uno metallico o plastico, si è optati per uno in alluminio a taglio termico. Il PVC è molto più efficiente dal punto di vista

energetico, ma l'alluminio offre innumerevoli vantaggi in termini di sostenibilità.

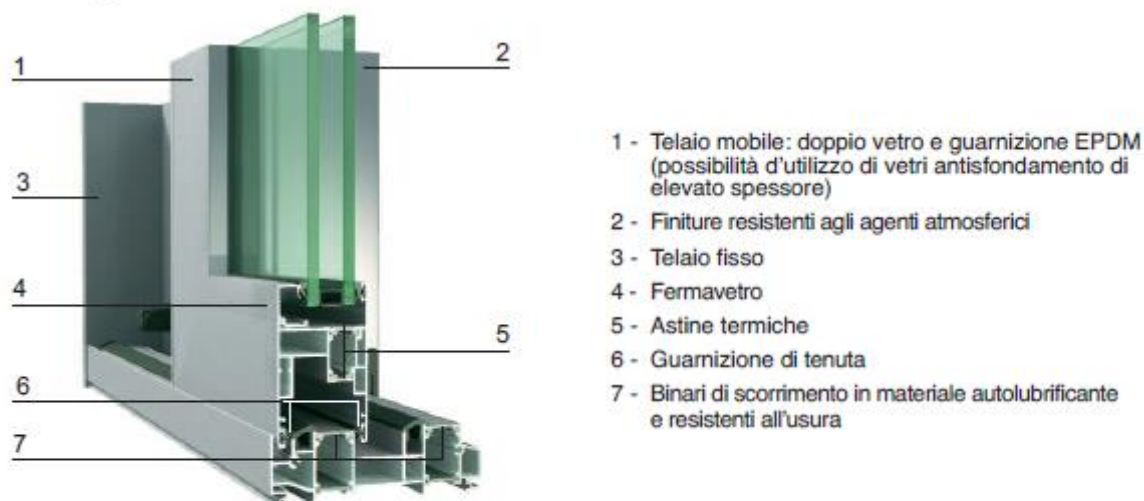


Fig. 6.20 - Esploso telaio in alluminio con taglio termico

Gli svantaggi principali del PVC sono:

- maggior costo a parità di qualità;
- impossibilità di riparazione;
- bilancio ecologico sfavorevole;
- utilizzo di risorse non rinnovabili;
- produzione di diossina in caso d'incendio;
- possibile formazione di muffe in corrispondenza dei muri;
- degradazione del materiale a causa di raggi U.V.;
- minor resistenza meccanica dei giunti angolari;
- maggior costo e problematiche nello smaltimento;

Al contrario, un telaio in alluminio non presenta grosse problematiche se non quelle di possedere elevate trasmittanze e possibili accumuli di vapore acqueo. Generalmente questi tipi di serramenti sono realizzati con lega 6060 (EN573-3 e EN 755-2) e tolleranze dimensionale e spessori derivanti da PREN12020-2.

Gli isolatori per taglio termico sono costituiti, per l'interruzione del ponte termico delle parti metalliche, da listelli in poliammide rinforzati con fibre di vetro; il loro bloccaggio è meccanico con rullatura dall'esterno previa zigrinatura delle sedi di alluminio per evitare scorrimenti. Per l'isolamento tra le parti metalliche ed i listelli in legno si utilizzano distanziali di connessione in nylon che consentono i movimenti di dilatazione differenziata.

Il tipo di telaio posato in opera dovrà, pertanto, possedere caratteristiche il più vicino possibili alle seguenti:

PRESTAZIONI TELAIO IN ALLUMINIO			
Tenuta all'acqua	Classe	8A	EN 1027
Permeabilità all'aria	Classe	3	EN 1026
Resistenza al Vento	Classe	3	EN12207
Potere fonoisolante		48	dB
Trasmittanza termica		2.4	W/(m <sup>2</sup> K)
			UNI 7144

Tab. 6. 1 Prestazioni telaio in alluminio

## 6.5.2 CHIUSURE OPACHE

Il calcolo è effettuato secondo la Norma Europea EN 13788: il flusso termico per trasmissione è certamente una delle componenti principali del carico termico complessivo di un impianto. La quantità di energia scambiata fra interno ed esterno è funzione del tipo di chiusura opaca e della differenza di temperatura. Nel caso di progettazione invernale tale flusso termico viene valutato in regime stazionario, mentre nel periodo di raffrescamento le condizioni climatiche esterne possono subire variazioni sensibili, sia in termini di temperatura che di radiazione solare, ben diverse da quelle che si possono ipotizzare d'inverno. Pertanto, il comportamento termico di un elemento opaco esposto al sole deve essere necessariamente valutato in condizioni dinamiche e deve soddisfare i requisiti qualitativi riportati nella normativa vigente.

È possibile valutare il rispetto del limite con una soluzione equivalente per mezzo del metodo di calcolo delle caratteristiche dinamiche delle strutture opache presente nella norma UNI EN 13786. Tale norma descrive come calcolare sulla base delle caratteristiche dei materiali (conducibilità termica, calore specifico, densità e spessore) e della stratigrafia di una struttura le caratteristiche termiche dinamiche delle strutture opache:

- lo sfasamento temporale  $\Pi$  (h e min);
- il fattore di attenuazione dell'onda termica  $f_a$  (-);
- la trasmittanza termica periodica  $Y_{ie}$  (W/m<sup>2</sup>K).

I limiti di strutture opache per località oggetto di prescrizioni estive sono:

	Trasmittanza termica periodica $Y_{ie}$ [W/m <sup>2</sup> K]	oppure Massa superficiale minima (esclusi intonaci) $M_s$ [kg/m <sup>2</sup> ]
Struttura orizzontale	< 0.20	-
Struttura verticale	< 0.12	> 230

Tab. 6. 20 - Trasmittanza limite chiusure opache DPR59

Lo sfasamento  $\Pi$  si esprime in ore [h], maggiore il numero di ore, maggiore l'intervallo di tempo che passa affinché la struttura avverta i cambiamenti climatici che si verificano al contorno. Dal coefficiente di attenuazione dipende invece la distribuzione oraria di energia che attraversa la struttura; è influenzato sia dal grado di isolamento della parete e sia dalla sua capacità di accumulare calore; minore è il suo valore, maggiore sarà l'attenuazione del flusso energetico. La

trasmissione termica periodica riassume in un unico parametro il comportamento di una struttura in termini di riduzione dell'onda termica entrante.

In generale i tre parametri sono interdipendenti e sono legati alle caratteristiche termo-fisiche dei materiali che compongono la stratigrafia di una struttura e per il metodo di calcolo si fa riferimento alla norma UNI EN 13786.

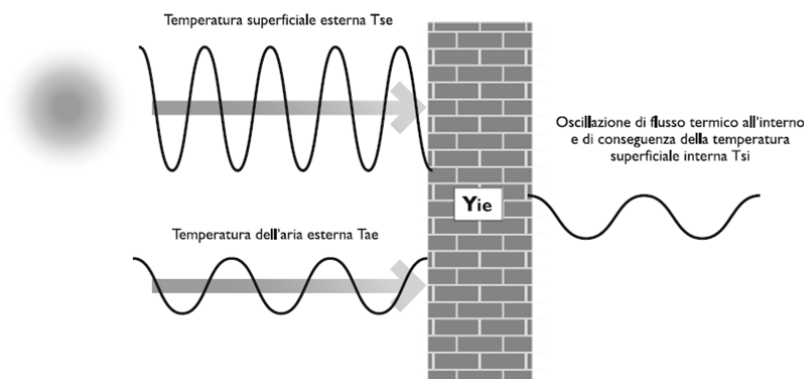


Fig. 6.21 - Oscillazioni di temperatura delle strutture opache

Una struttura che ben si comporta dal punto di vista estivo con adeguati valori di trasmittanza termica periodica, sfasamento e attenuazione, riesce a contenere gli effetti derivanti dall'oscillazione di temperatura superficiale esterna causate dall'irraggiamento solare e dalla temperatura dell'aria esterna.

Ai fini dell'ottenimento di strutture opache che abbiano un buon comportamento estivo, i parametri da considerare per ogni strato della struttura e in particolare per gli strati isolanti sono:

Densità	$\rho$	[kg/m <sup>3</sup> ]
Spessore	$s$	[m]
Calore specifico	$c$	[J/kgK]
Conducibilità	$\lambda$	[W/mK]

Tab. 6. 12 Parametri per il calcolo della trasmittanza termica periodica

L'idoneità di un materiale a svolgere funzioni di attenuazione e sfasamento dell'onda termica nel periodo estivo è data dal parametro di diffusività termica [m<sup>2</sup>/s] valutato come:

$$\alpha = \frac{\lambda}{\rho + C_p}$$

Minore è il valore di diffusività, migliore è il comportamento ai fini del rispetto dei requisiti estivi delle strutture; il materiale infatti ha buone capacità isolanti (ridotti valori di conducibilità termica) e buona possibilità di accumulare calore, ovvero elevati valori di calore specifico e di densità.

Il controllo solare attraverso le chiusure opache può essere attuato agendo sui seguenti parametri:

- geometrici: riducendo la superficie degli elementi di involucro esposta direttamente alla radiazione solare;



- termofisici: agendo su finitura esterna, isolamento termico, inerzia termica dell'elemento di involucro.

In particolare, gioca un ruolo importante *l'isolante termico*, sia per le proprietà specifiche che per la posizione: in inverno ci si preoccupa essenzialmente solo della trasmittanza (U) degli elementi di involucro<sup>61</sup> mentre in estate si parla di trasmittanza termica periodica  $Y_{ie}$ <sup>62</sup>. Il rispetto di questo valore può essere raggiunto con l'utilizzo di tecniche e materiali che permettano di contenere le oscillazioni di temperatura in funzione dell'andamento dell'irraggiamento solare. In tal caso, deve essere prodotta un'adeguata documentazione e certificazione delle tecnologie e dei materiali che ne attestino l'equivalenza rispetto alle predette disposizioni.

E' interessante fornire un confronto tra i parametri finora descritti, e chiedersi se tutti questi sono ugualmente importanti, o invece qualcuno di essi è più significativo degli altri.

	Tipo di struttura	spessore (cm)	U (W/m <sup>2</sup> K)	Ms (kg/m <sup>2</sup> )	Y <sub>ie</sub> (W/m <sup>2</sup> K)	sfasam. (h)	attenuaz. (%)
1	Laterizio forato	22	1,1	240	0,49	7,6	45
2	Laterizio forato	30	0,85	326	0,21	10,8	25
3	Roccia (tufo)	50	2,15	1150	0,11	15,9	5
4	Laterizio + isolam. esterno	31	0,31	269	0,05	10,8	18
5	Laterizio + isolam. intermedio	31	0,31	269	0,08	11,2	27
6	Laterizio + isolam. interno	31	0,31	269	0,06	10,5	21
7	Strati alternati massa/isolante/massa	24	0,20	68	0,08	9,5	38
8	Tetto in legno isolato con fibra di legno	30	0,30	30	0,17	7,2	58
9	Tetto in legno isolato con poliuretano	28	0,22	15	0,19	2,9	90

Tab. 6. 13 Confronto dei parametri U,Ms,Y<sub>ie</sub>Sfas, att

Osservando i valori in tabella si possono trarre le seguenti conclusioni:

- la massa superficiale non è un buon indicatore del comportamento estivo di un elemento di involucro, visto che il rispetto del limite di 230 kg/m<sup>2</sup> non garantisce di per sé efficaci valori di sfasamento/attenuazione;
- una struttura che verifica sia la massa superficiale sia la Y<sub>ie</sub>, non è detto che si possa utilizzare; lo dimostra la parete in roccia: è inaccettabile d'inverno per la sua elevatissima trasmittanza U.
- Una struttura che non verifica la massa superficiale, non è detto che non si comporti bene d'estate (riga 7). E' il caso tipico delle strutture a secco, molto leggere, ma efficaci.

<sup>61</sup> la quale dipende solo da spessore e conduttività termica

<sup>62</sup> nel senso che la Y<sub>ie</sub> viene utilizzata come parametro rappresentativo del comportamento di un elemento di involucro nel periodo estivo.

- L'introduzione di un materiale isolante comporta un miglioramento in termini di attenuazione e di sfasamento.
- L'isolante collocato all'esterno comporta il valore migliore di Yie e di attenuazione, mentre lo sfasamento più alto si ottiene con isolamento in posizione intermedia.
- Nel caso di tetti, particolarmente interessati dall'irraggiamento estivo, il rispetto della Yie non garantisce automaticamente buone caratteristiche di sfasamento e attenuazione (riga 9). Tuttavia, un isolamento con fibra di legno (riga 8) offre un comportamento estivo decisamente migliore rispetto ai comuni isolanti sintetici, in virtù di una maggiore inerzia.
- Uno dei principi che si può dedurre è che lo sfasamento migliora alternando strati di massa a strati di isolante termico, anche se l'attenuazione subisce un leggero peggioramento, a meno che non si aumenti il numero di strati alternati. Ogni alternanza isolante/massa ha come l'effetto di attenuare l'onda termica che proviene dall'esterno, oltre che sfasarla.
- Gli isolanti che meglio si prestano alla funzione di migliorare il controllo termico estivo, sono quelli dotati di valori maggiori di densità e calore specifico.

In più, in fase progettuale non bisogna dimenticarsi di effettuare la verifica termo-igrometrica, che ha la finalità di appurare che non si verifichino:

- fenomeni di condensa interstiziale: tale situazione provoca il degrado dei materiali che compongono la chiusura ed il progressivo peggioramento delle prestazioni termiche della parete. Questo processo si accelera quando la condensa si verifica nel materiale isolante
- fenomeni di condensa sulla superficie interna della parete: causa più frequente della formazione di muffe e fenomeni di degrado della finitura interna.

Per effettuare questa verifica è necessario conoscere: le temperature e le condizioni igrometriche di progetto interne ed esterne dell'edificio e le caratteristiche di ciascuno strato di materiale componente la parete:

- spessore;
- conduttività termica;
- resistenza alla diffusione del vapore.

### 6.5.3 DESCRIZIONE DEI PACCHETTI TECNOLOGICI

Per quanto riguarda la tecnologia costruttiva si è pensato ad una struttura portante in acciaio e setti controvento in cemento armato, mentre le chiusure e i tamponamenti sono realizzati con una struttura a secco. I rivestimenti interni sono realizzati con doppia lastra in cartongesso al fine di raggiungere valori di resistenza all'urto più elevati.

Le facciate, invece, sono caratterizzate da un rivestimento ventilato che permette di proteggere dall'azione dell'acqua piovana gli strati interni del

pacchetto e di disporre con facilità uno strato continuo di isolamento termico nell'intercapedine esterna. Proprio per rispettare questi desideri progettuali, è stato previsto una sottostruttura metallica a montanti e traversi su cui sono fissati dei pannelli in ceramica prefabbricati.

Per quanto riguarda le chiusure orizzontali, queste sono invece caratterizzate da una tecnologia mista, che vede l'utilizzo struttura a secco mista ad elementi cementizi. Questo è stato scelto per avere un elemento che avesse la capacità di portare grossi carichi e che, abbia un miglior comportamento alle azioni sismiche. Lo strato di isolamento è stato garantito da 10 cm di spessore di lastre di polistirene estruso, che garantiscono ottimi valori di dispersione termica.

I rivestimenti esterni delle chiusure orizzontali sono caratterizzati da elementi ceramici prefabbricati all'estradosso mentre si ripropone l'uso del cartongesso per il controsoffitto all'intradosso. I vari pacchetti che compongono le partizioni seguono gli stessi criteri delle chiusure. L'isolamento acustico è garantito, invece, dalla presenza di uno strato di lana di roccia di 4 cm per le partizioni orizzontali e uno strato apposito in sughero dello spessore di 2 cm per quelle verticali. Rispetto alle tipologie spiegate prima, vi sono dei tratti della copertura caratterizzati dal tetto-giardino che crea una nuova stratigrafia la cui peculiarità principale è quella di avere uno strato di coltura nella parte esterna che permette i seguenti vantaggi:

- Ambientali: Assorbendo il calore, i tetti verdi riducono l'utilizzo degli apparecchi di raffreddamento degli edifici;
- Economici : Una semplice diminuzione di 1°C della temperatura di superficie elimina il 5% della richiesta di elettricità per la climatizzazione e il raffreddamento degli ambienti. Secondo l'esperienza europea, i tetti verdi durano il doppio dei tetti ordinari.
- Sociali : I tetti verdi offrono un buon isolamento acustico e un'oasi di verde.

Altra importante caratteristica dell'involucro scolastico, è la totale integrazione del sistema impiantistico, "nascosto" all'interno delle varie chiusure/partizioni orizzontali, al fine di creare un complesso tecnologico che rispetti le esigenze di una struttura scolastica garantendo i desideri di qualità architettonica voluti.

#### 6.5.4 SCHEDE PACCHETTI TECNOLOGICI

Vengono quindi allegate tutte le principali stratigrafie dell'edificio, con i valori di tutti i parametri spiegati prima. Le analisi condotte sui pacchetti tecnologici dell'edificio sono eseguite con il software Celenit che certificano la qualità energetica degli stessi perché rispettano i limiti normativi di trasmittanza e sfasamento previsti dalla normativa.

## Composizione struttura "CO01"

### Descrizione struttura

Nome struttura: CO01

Descrizione:

### Composizione della struttura

	Cat.	Descrizione Materiale	Spessore [ m ]	Resistenza [ m <sup>2</sup> K/W ]	Densità [ kg/m <sup>3</sup> ]	Cal. spec. [ J/kgK ]
		Superficie esterna		0,0741		
	VAR	Piastrelle in ceramica	0,008	0,008	2300,00	836,80
	INA	Camera debolmente ventilata sp. mm 5	0,005	0,055	1,00	1004,16
	CLS	CLS generico – densità 600 kg/m <sup>3</sup>	0,20	0,8333	600,00	836,80
	ALI	CELENIT LSC 50	0,05	1,14	170,00	1499,964
	ALI	CELENIT LSC 50	0,05	1,14	170,00	1499,964
	CLS	CLS generico – densità 1600 kg/m <sup>3</sup>	0,16	0,2192	1600,00	836,80
	CEL	CELENIT L3 50	0,05	1,00	240,00	1089,5135
	VAR	Cartongesso in lastre	0,025	0,119	900,00	836,80
		Superficie interna		0,125		

Tabella 1 - Composizione strati della struttura

### Proprietà principali della struttura

Nome struttura	CO01
Localizzazione	LIPARI (ME)
Tipo struttura	Copertura, tetto, soffitto
Colore parete esterna	Chiaro
Numero strati	8
Spessore totale	0,548 m
Resistenza termica totale	4,7137 m <sup>2</sup> K/W
Trasmittanza termica totale	0,2121 W/(m <sup>2</sup> K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2008	0,42 W/(m <sup>2</sup> K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2010	0,38 W/(m <sup>2</sup> K)
Attenuazione	0,0138
Stasamento	20 h 22'

Tabella 2 - Proprietà struttura

### Disegno struttura

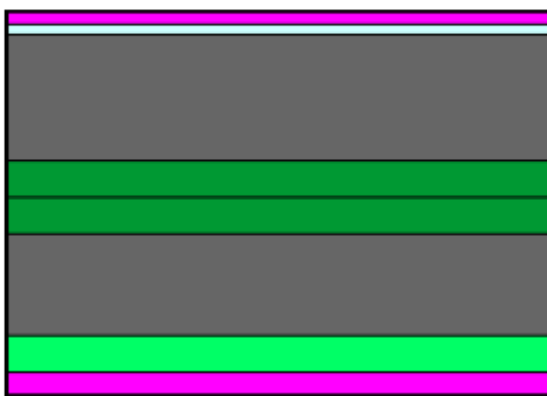


Figura 1 - Disegno struttura

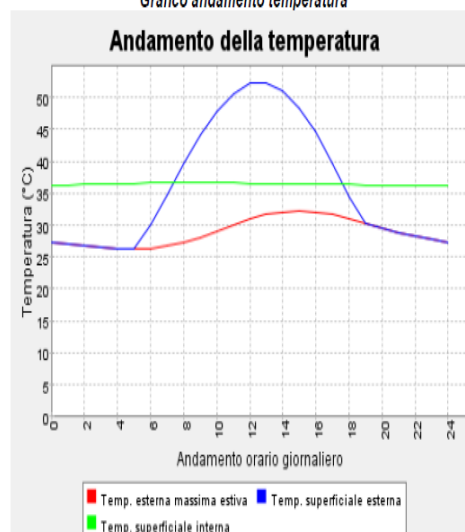
### Andamento temperatura

Tabella temperature

Orario	Temp. esterna massima estiva	Irraggiamento incidente	Temp. superficiale esterna	Temp. superficiale interna
0	27,38	0	27,38	36,3094
1	27,08	0	27,08	36,3089
2	26,78	0	26,78	36,3583
3	26,54	0	26,54	36,4258
4	26,36	0	26,36	36,4927
5	26,3	1	26,3222	36,554
6	26,42	157	29,9089	36,6056
7	26,72	364	34,8089	36,6441
8	27,26	558	39,66	36,6656
9	28,04	723	44,1067	36,6673
10	28,94	851	47,8511	36,6494
11	29,96	931	50,6489	36,6127
12	30,92	958	52,2089	36,5597
13	31,64	931	52,3289	36,4945
14	32,12	851	51,0311	36,422
15	32,3	723	48,3667	36,3634
16	32,12	558	44,52	36,3524
17	31,7	364	39,7889	36,3433
18	31,04	157	34,5289	36,335
19	30,26	1	30,2822	36,3284
20	29,48	0	29,48	36,3234
21	28,82	0	28,82	36,3193
22	28,22	0	28,22	36,3152
23	27,74	0	27,74	36,3119

Tabella 1 - Andamento orario delle temperature

### Grafico andamento temperatura



## Composizione struttura "C.O. 02"

### Descrizione struttura

Nome struttura: C.O. 02

Descrizione:

### Composizione della struttura

	Cat.	Descrizione Materiale	Spessore [ m ]	Resistenza [ m <sup>2</sup> K/W ]	Densità [ kg/m <sup>3</sup> ]	Cal. spec. [ J/kgK ]
		Superficie esterna		0,0741		
	MIE	tetto verde	0,50	0,71	1700,00	1840,96
	CLS	CLS generico – densità 600 kg/m <sup>3</sup>	0,10	0,4167	600,00	836,80
	CEL	CELENIT E3 100	0,10	2,45	105,00	1311,2656
	CLS	CLS generico – densità 1600 kg/m <sup>3</sup>	0,16	0,2192	1600,00	836,80
	CEL	CELENIT L3 50	0,05	1,00	240,00	1089,5135
	VAR	Cartongesso in lastre	0,025	0,119	900,00	836,80
		Superficie interna		0,125		

Tabella 1 - Composizione strati della struttura

### Proprietà principali della struttura

Nome struttura	C.O. 02
Localizzazione	LIPARI (ME)
Tipo struttura	Copertura, tetto, soffitto
Colore parete esterna	Medio
Numero strati	6
Spessore totale	0,935 m
Resistenza termica totale	5,114 m <sup>2</sup> K/W
Trasmittanza termica totale	0,1955 W/(m <sup>2</sup> K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2008	0,42 W/(m <sup>2</sup> K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2010	0,38 W/(m <sup>2</sup> K)
Attenuazione	0,0001
Stasamento	40 h 11'

Tabella 2 - Proprietà struttura

### Disegno struttura

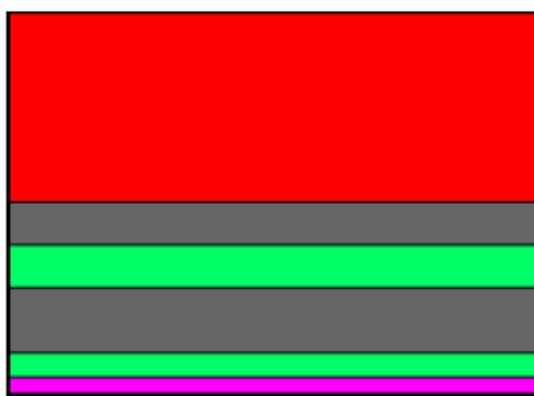


Figura 1 - Disegno struttura

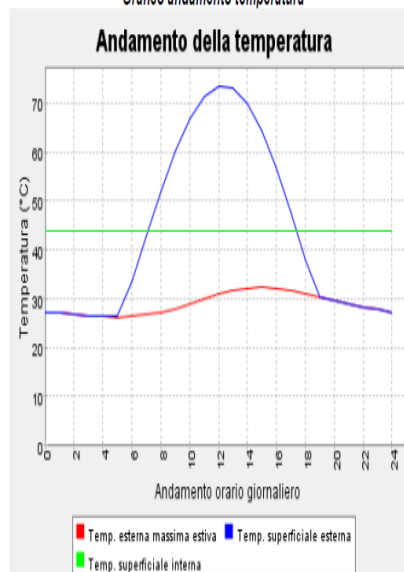
### Andamento temperatura

Tabella temperature

Orario	Temp. esterna massima estiva	Irraggiamento incidente	Temp. superficiale esterna	Temp. superficiale interna
0	27,38	0	27,38	43,975
1	27,08	0	27,08	43,9757
2	26,78	0	26,78	43,9762
3	26,54	0	26,54	43,9766
4	26,36	0	26,36	43,9767
5	26,3	1	26,3444	43,9767
6	26,42	157	33,3978	43,9765
7	26,72	364	42,8978	43,976
8	27,26	558	52,06	43,9754
9	28,04	723	60,1733	43,9747
10	28,94	851	66,7622	43,9739
11	29,96	931	71,3378	43,9732
12	30,92	958	73,4978	43,9732
13	31,64	931	73,0178	43,9731
14	32,12	851	69,9422	43,9731
15	32,3	723	64,4333	43,973
16	32,12	558	56,92	43,973
17	31,7	364	47,8778	43,973
18	31,04	157	38,0178	43,973
19	30,26	1	30,3044	43,9729
20	29,48	0	29,48	43,9729
21	28,82	0	28,82	43,9729
22	28,22	0	28,22	43,9735
23	27,74	0	27,74	43,9743

Tabella 1 - Andamento orario delle temperature

### Grafico andamento temperatura



## Composizione struttura "CO03"

### Descrizione struttura

Nome struttura: CO03

Descrizione: Descrizione nuova struttura

### Composizione della struttura

	Gat.	Descrizione Materiale	Spessore [m]	Resistenza [m <sup>2</sup> K/W]	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Cal. spec. [J/kgK]
		Superficie esterna		0,0741		
	CLS	CLS generico – densità 600 kg/m <sup>3</sup>	0,05	0,2083	600,00	836,80
	IMP	Bitume	0,0083	0,0488	1200,00	920,48
	CLS	CLS generico – densità 600 kg/m <sup>3</sup>	0,05	0,2083	600,00	836,80
	CLS	CLS per pareti interne o esterne protette –	0,30	0,1572	2400,00	878,64
	INA	Camera debolmente ventilata sp. mm 300	0,30	0,115	1,00	1004,16
	CLS	CLS generico – densità 600 kg/m <sup>3</sup>	0,20	0,8333	600,00	836,80
	ALI	CELENIT FL/120 100	0,10	2,50	100,00	2099,9497
	CLS	CLS generico – densità 600 kg/m <sup>3</sup>	0,05	0,2083	600,00	836,80
		Superficie interna		0,125		

Tabella 1 - Composizione strati della struttura

### Proprietà principali della struttura

Nome struttura	CO03
Localizzazione	LIPARI (ME)
Tipo struttura	Pavimento, soletto su porticato cantinato
Colore parete esterna	Medio
Numero strati	8
Spessore totale	1,0583 m
Resistenza termica totale	4,4784 m <sup>2</sup> K/W
Trasmittanza termica totale	0,2233 W/(m <sup>2</sup> K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2008	0,55 W/(m <sup>2</sup> K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2010	0,49 W/(m <sup>2</sup> K)
Attenuazione	0,0061
Stasamento	23 h 49'

Tabella 2 - Proprietà struttura

### Disegno struttura



Figura 1 - Disegno struttura

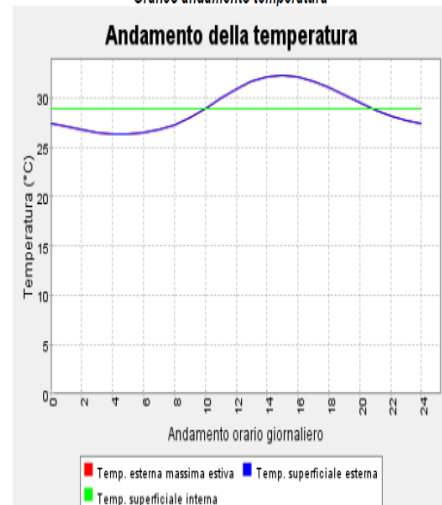
### Andamento temperatura

Tabella temperature

Orario	Temp. esterna massima estiva	Irraggiamento incidente	Temp. superficiale esterna	Temp. superficiale interna
0	27,38	0	27,38	28,9131
1	27,08	0	27,08	28,9112
2	26,78	0	26,78	28,9094
3	26,54	0	26,54	28,9079
4	26,36	0	26,36	28,9068
5	26,3	0	26,3	28,9065
6	26,42	0	26,42	28,9072
7	26,72	0	26,72	28,909
8	27,26	0	27,26	28,9123
9	28,04	0	28,04	28,9171
10	28,94	0	28,94	28,9226
11	29,96	0	29,96	28,9288
12	30,92	0	30,92	28,9347
13	31,64	0	31,64	28,9391
14	32,12	0	32,12	28,942
15	32,3	0	32,3	28,9431
16	32,12	0	32,12	28,942
17	31,7	0	31,7	28,9395
18	31,04	0	31,04	28,9354
19	30,26	0	30,26	28,9307
20	29,48	0	29,48	28,9259
21	28,82	0	28,82	28,9219
22	28,22	0	28,22	28,9182
23	27,74	0	27,74	28,9153

Tabella 1 - Andamento orario delle temperature

### Grafico andamento temperatura





## Composizione struttura "CO04"

### Descrizione struttura

Nome struttura: CO04

Descrizione: Descrizione nuova struttura

### Composizione della struttura

	Cat.	Descrizione Materiale	Spessore [m]	Resistenza [m <sup>2</sup> K/W]	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Cal. spec. [J/kgK]
		Superficie esterna		0,0741		
	VAR	Piastrelle in ceramica	0,008	0,008	2300,00	836,80
	INA	Camera debolmente ventilata sp. mm 300	0,30	0,09	1,00	1004,16
	CLS	CLS generico - densità 1600 kg/m <sup>3</sup>	0,05	0,0685	1600,00	836,80
	CEL	CELENIT P2 75	0,075	1,75	96,00	1367,7496
	IMP	Bitume polimero su PPL sp. 3 mm	0,003	0,015	1000,00	920,48
	CLS	CLS generico - densità 1600 kg/m <sup>3</sup>	0,15	0,2055	1600,00	836,80
	MET	Acciaio	0,008	0,0002	7800,00	502,08
	INA	Camera non ventilata sp. mm 100	0,10	0,18	1,00	1004,16
	CEL	CELENIT L3 50	0,05	1,00	240,00	1089,5135
	VAR	Cartongesso in lastre	0,025	0,119	900,00	836,80
		Superficie interna		0,125		

Tabella 1 - Composizione strati della struttura

### Proprietà principali della struttura

Nome struttura	CO04
Localizzazione	LIPARI (ME)
Tipo struttura	Copertura, tetto, soffitto
Colore parete esterna	Medio
Numero strati	10
Spessore totale	0,769 m
Resistenza termica totale	3,6353 m <sup>2</sup> K/W
Trasmittanza termica totale	0,2751 W/(m <sup>2</sup> K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2008	0,42 W/(m <sup>2</sup> K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2010	0,38 W/(m <sup>2</sup> K)
Attenuazione	0,0379
Sfasamento	14 h 32'

Tabella 2 - Proprietà struttura

### Disegno struttura

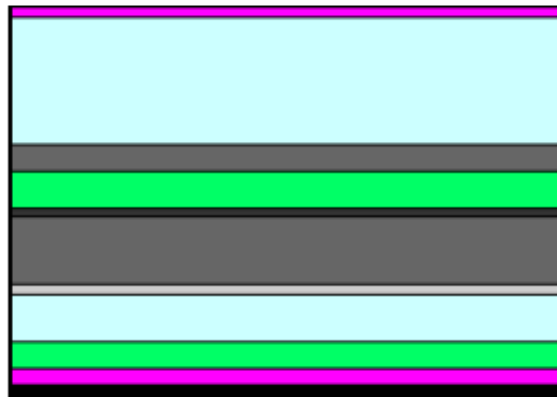


Figura 1 - Disegno struttura

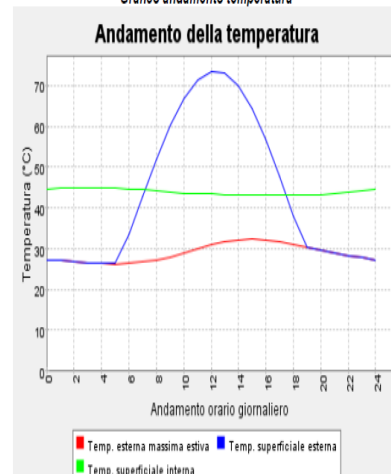
### Andamento temperatura

Tabella temperature

Orario	Temp. esterna massima estiva	Irraggiamento incidente	Temp. superficiale esterna	Temp. superficiale interna
0	27,38	0	27,38	44,5885
1	27,08	0	27,08	44,8383
2	26,78	0	26,78	45,0117
3	26,54	0	26,54	45,0936
4	26,36	0	26,36	45,0754
5	26,3	1	26,3444	44,9588
6	26,42	157	33,3978	44,75
7	26,72	364	42,8978	44,4651
8	27,26	558	52,06	44,1223
9	28,04	723	60,1733	43,7485
10	28,94	851	66,7622	43,4561
11	29,96	931	71,3378	43,4248
12	30,92	958	73,4978	43,3998
13	31,64	931	73,0178	43,3771
14	32,12	851	69,9422	43,3589
15	32,3	723	64,4333	43,3452
16	32,12	558	56,92	43,3339
17	31,7	364	47,8778	43,3225
18	31,04	157	38,0178	43,3134
19	30,26	1	30,3044	43,3066
20	29,48	0	29,48	43,306
21	28,82	0	28,82	43,5734
22	28,22	0	28,22	43,9335
23	27,74	0	27,74	44,2809

Tabella 1 - Andamento orario delle temperature

### Grafico andamento temperatura



## Composizione struttura "CV02"

### Descrizione struttura

Nome struttura: CV02

Descrizione: Descrizione nuova struttura

### Composizione della struttura

	Cat.	Descrizione Materiale	Spessore [ m ]	Resistenza [ m <sup>2</sup> K/W ]	Densità [ kg/m <sup>3</sup> ]	Cal. spec. [ J/kgK ]
		Superficie esterna		0,0741		
	VAR	Plastrelle in ceramica	0,0125	0,0125	2300,00	836,80
	INA	Camera debolmente ventilata sp. mm 15	0,015	0,08	1,00	1004,16
	CEL	CELENIT P3 75	0,075	1,75	120,00	1367,7496
	CLS	CLS per pareti esterne non protette – densità	0,20	0,0927	2400,00	878,64
	CEL	CELENIT L3 75	0,075	1,60	213,00	1005,4152
	PLA	Ebanite - gomma dura	0,025	0,1562	1150,00	1673,60
		Superficie interna		0,125		

Tabella 1 - Composizione strati della struttura

### Proprietà principali della struttura

Nome struttura	CV02
Localizzazione	LIPARI (ME)
Tipo struttura	Parete
Colore parete esterna	Medio
Numero strati	6
Spessore totale	0,4025 m
Resistenza termica totale	3,8905 m <sup>2</sup> K/W
Trasmittanza termica totale	0,257 W/(m <sup>2</sup> K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2008	0,54 W/(m <sup>2</sup> K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2010	0,48 W/(m <sup>2</sup> K)
Attenuazione	0,021
Sfasamento	13 h 42'

Tabella 2 - Proprietà struttura

### Disegno struttura

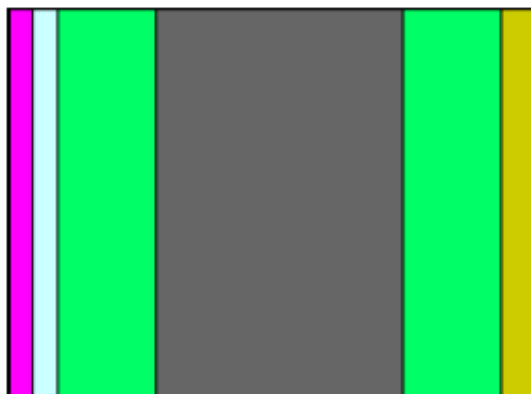


Figura 1 - Disegno struttura

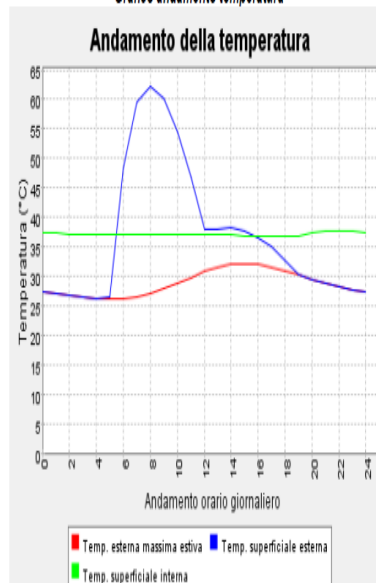
### Andamento temperatura

#### Tabella temperature

Orario	Temp. esterna massima estiva	Irraggiamento incidente	Temp. superficiale esterna	Temp. superficiale interna
0	27,38	0	27,38	37,6067
1	27,08	0	27,08	37,4449
2	26,78	0	26,78	37,2595
3	26,54	0	26,54	37,2606
4	26,36	0	26,36	37,2623
5	26,3	4	26,4778	37,2521
6	26,42	491	48,2422	37,2296
7	26,72	736	59,4311	37,1965
8	27,26	787	62,2378	37,1499
9	28,04	722	60,1289	37,0942
10	28,94	578	54,6289	37,0778
11	29,96	382	46,9378	37,0639
12	30,92	162	38,12	37,0513
13	31,64	147	38,1733	37,0412
14	32,12	138	38,2533	37,0337
15	32,3	123	37,7667	37,0273
16	32,12	103	36,6978	37,021
17	31,7	77	35,1222	37,016
18	31,04	42	32,9067	37,0122
19	30,26	0	30,26	37,0147
20	29,48	0	29,48	37,4724
21	28,82	0	28,82	37,7077
22	28,22	0	28,22	37,7667
23	27,74	0	27,74	37,7223

Tabella 1 - Andamento orario delle temperature

#### Grafico andamento temperatura



## Composizione struttura "CV03"

### Descrizione struttura

Nome struttura: CV03

Descrizione: Descrizione nuova struttura

### Composizione della struttura

	Cat.	Descrizione Materiale	Spessore [ m ]	Resistenza [ m <sup>2</sup> K/W ]	Densità [ kg/m <sup>3</sup> ]	Cal. spec. [ J/kgK ]
		Superficie esterna		0,0741		
	VAR	Piastrelle in ceramica	0,0125	0,0125	2300,00	836,80
	INA	Camera debolmente ventilata sp. mm 25	0,025	0,08	1,00	1004,16
	CEL	CELENIT E3 75	0,075	1,90	131,00	1367,7496
	CEL	CELENIT FC 30	0,03	0,32	633,00	2099,9497
	CEL	CELENIT L3 100	0,10	2,20	165,00	921,3168
	CEL	CELENIT L3 100	0,10	2,20	165,00	921,3168
	VAR	Cartongesso in lastre	0,0125	0,0595	900,00	836,80
	ALI	CELENIT LSC 20	0,02	0,45	170,00	1499,964
	VAR	Cartongesso in lastre	0,0125	0,0595	900,00	836,80
		Superficie interna		0,125		

Tabella 1 - Composizione strati della struttura

### Proprietà principali della struttura

Nome struttura	CV03
Localizzazione	LIPARI (ME)
Tipo struttura	Parete
Colore parete esterna	Medio
Numero strati	9
Spessore totale	0,3875 m
Resistenza termica totale	7,4806 m <sup>2</sup> K/W
Trasmittanza termica totale	0,1337 W/(m <sup>2</sup> K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2008	0,54 W/(m <sup>2</sup> K)
Trasmittanza massima DLgs 311 dal 2010	0,48 W/(m <sup>2</sup> K)
Attenuazione	0,0698
Sfasamento	16 h 21'

Tabella 2 - Proprietà struttura

### Disegno struttura

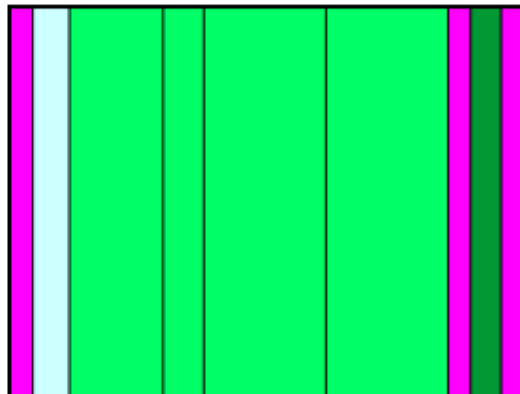


Figura 1 - Disegno struttura

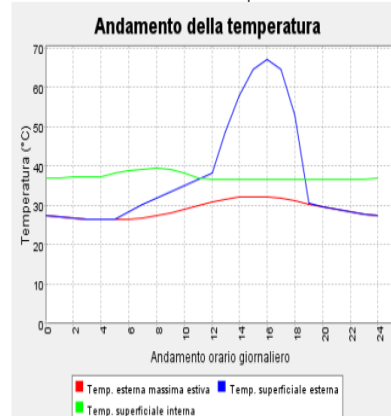
### Andamento temperatura

Tabella temperature

Orario	Temp. esterna massima estiva	Irraggiamento incidente	Temp. superficiale esterna	Temp. superficiale interna
0	27,38	0	27,38	36,8605
1	27,08	0	27,08	36,9769
2	26,78	0	26,78	37,0863
3	26,54	0	26,54	37,1854
4	26,36	0	26,36	37,2989
5	26,3	0	26,3	38,0316
6	26,42	42	28,2867	38,6669
7	26,72	77	30,1422	39,1323
8	27,26	103	31,8378	39,3214
9	28,04	123	33,5067	39,1339
10	28,94	138	35,0733	38,3278
11	29,96	147	36,4933	36,7628
12	30,92	162	38,12	36,6959
13	31,64	382	48,6178	36,6498
14	32,12	576	57,72	36,608
15	32,3	722	64,3889	36,5745
16	32,12	787	67,0978	36,5493
17	31,7	736	64,4111	36,5284
18	31,04	491	52,8622	36,5075
19	30,26	4	30,4378	36,4907
20	29,48	0	29,48	36,4782
21	28,82	0	28,82	36,474
22	28,22	0	28,22	36,6126
23	27,74	0	27,74	36,7421

Tabella 1 - Andamento orario delle temperature

Grafico andamento temperatura



## 6.6 Ventilazione interna

Di seguito vengono descritte le scelte che caratterizzano il progetto per quanto riguarda la ventilazione interna: la gestione del microclima è fondamentale ai fini del corretto funzionamento dei plessi scolastici e l'utilizzo di una ventilazione meccanica piuttosto che naturale influisce in modo rilevante sulla prestazione energetica e sui requisiti di sostenibilità dell'edificio.

È importante sottolineare che il tasso di ventilazione richiesto per garantire una qualità dell'aria ottimale (indoor air quality – IAQ) è molto differente dal tasso di ventilazione per un adeguato comfort termico.

Gli obiettivi che si vogliono raggiungere attraverso il sistema di ventilazione sono:

- Mantenere un IAQ ottimale per tutto l'utilizzo del plesso scolastico;
- Limitare gli sbalzi termici tra interno ed esterno nei mesi estremi
- Ottimizzare il fabbisogno energetico dell'edificio

Gli impianti di ventilazione si classificano in impianti a:

- *ventilazione naturale*: in questo caso i gradienti di pressione necessari per realizzare l'immissione di aria fresca esterna e l'estrazione di aria interna viziata sono generati esclusivamente da azioni naturali, ovvero dall'effetto dinamico del vento e dai gradienti di densità dell'aria dovuti alle differenze di temperatura interno-esterno. La ventilazione naturale può essere realizzata attraverso l'apertura volontaria dei serramenti, oppure ancora può essere almeno parzialmente controllata tramite l'adozione di specifici accorgimenti quali l'introduzione nell'involucro esterno di bocchette di adduzione dell'aria e l'adozione di dispositivi di estrazione naturale (aeratori, camini, ecc.)
- *ventilazione meccanica*: è la soluzione impiantistica che consente il movimento dell'aria all'interno dell'edificio attraverso ventilatori ed utilizza una parziale canalizzazione dei percorsi d'aria. In relazione alla funzione svolta dall'impianto la ventilazione meccanica si classifica in:
  - *ventilazione per estrazione*: in cui l'impianto di estrazione aspira l'aria dai locali da mantenere in depressione e l'aria esterna non trattata viene immessa direttamente in ambiente;
  - *ventilazione per immissione* in cui l'aria esterna trattata viene immessa all'interno degli ambienti da un ventilatore di mandata mentre l'espulsione avviene per differenza di pressione;
  - *ventilazione bilanciata* in cui l'impianto garantisce sia l'immissione sia l'estrazione dell'aria non creando differenza di pressione tra interno ed esterno;
- *ventilazione ibrida*, ovvero una soluzione intermedia tra la ventilazione naturale e quella assistita da un impianto meccanico; questo entra in funzione soltanto quando le condizioni climatiche non sono idonee a garantire portate d'aria adeguate.

La soluzione più congeniale per un generico istituto scolastico è l'applicazione di sistemi ibridi, supportati da impianti di controllo della qualità dell'aria. La mancanza di un efficiente sistema di ventilazione, soprattutto in istituti scolastici, compromette la qualità dell'aria fin dalle prime ore di utilizzo.

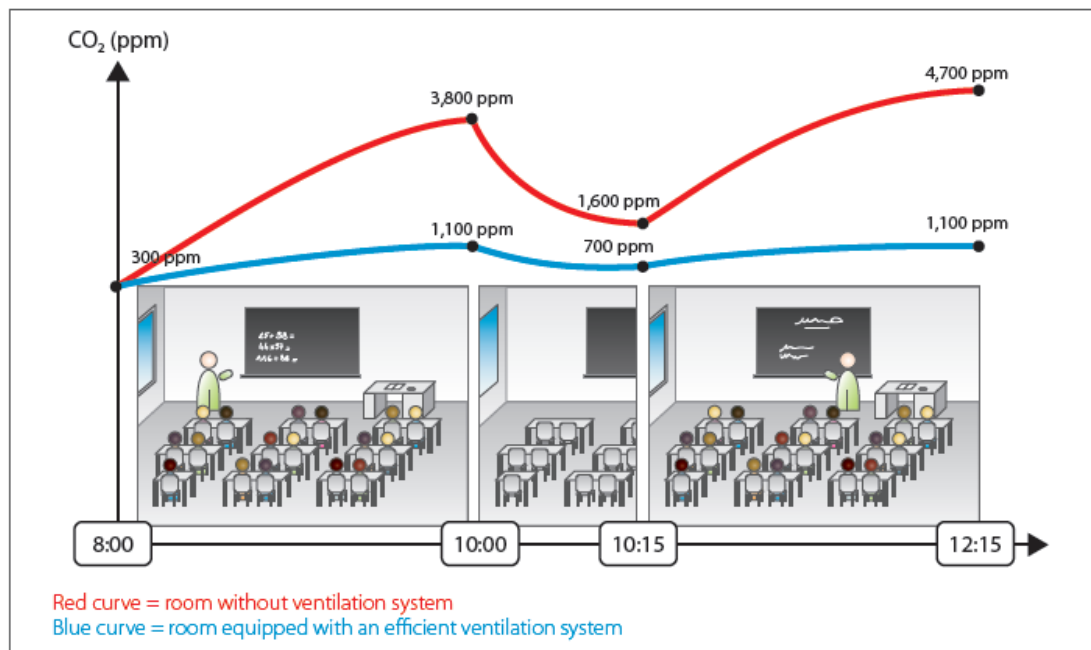


Fig. 6.22 - Concentrazione di CO<sub>2</sub> con e senza impianto di ventilazione

## 6.6.1 VENTILAZIONE IBRIDA

Sfruttando un sistema di ventilazione ibrida è possibile combinare i benefici energetici della ventilazione naturale con l'efficace controllo della qualità dell'aria offerto dalla ventilazione meccanica. Nel caso di esclusiva ventilazione naturale, lo scambio d'aria tra interno ed esterno avverrebbe attraverso l'apertura di finestre e/o porte che presenta però degli svantaggi:

- con le temperature invernali il ricambio d'aria avviene molto più rapidamente che in estate, dove nei casi estremi l'apertura della finestra non sortisce alcun effetto. In più,
- questa modalità di aerazione, se effettuata il modo discontinuo, non rifornisce tutto l'ambiente di aria fresca in modo uniforme.
- L'efficacia del processo di aerazione è funzione della forma dell'apertura.



Fig. 6.23 Tipologia di apertura

Le tipologie di apertura possono essere:

- *apertura a ribalta*: comporta riduzioni significative dei valori di CO<sub>2</sub> solo se durante le pause rimane contemporaneamente aperta anche la porta. La riduzione che si ottiene non è tuttavia sufficiente: nelle verifiche a campione il valore limite ai sensi della norma DIN 1946 è stato superato per 2/3 del tempo di lezione.
- *aerazione trasversale*: apertura di due finestre o porte contrapposte. In questo caso non si verificano le problematiche legate all'apertura a ribalta ma si integra solo limitatamente nella giornata scolastica, perché è spesso accompagnata da problemi di spifferi e rumori.
- *aerazione d'urto*: finestre spalancate per brevi periodi di tempo. Rispetto all'aerazione trasversale questa consente un ricambio d'aria sensibilmente minore.

Il metodo di aerazione manuale senza dubbio più efficace è dato dalla combinazione di aerazione sia trasversale che d'urto: lo dimostra anche una



ricerca svolta in una scuola di Berlino: con questa modalità si è potuto rispettare il valore soglia di CO<sub>2</sub> secondo DIN 1946-2 in oltre due terzi del periodo di lezione.

La difficoltà principale nella progettazione di sistemi di ventilazione naturale che sfruttano le normali aperture dei serramenti è data dall'origine di un moto turbolento<sup>63</sup> dell'aria.

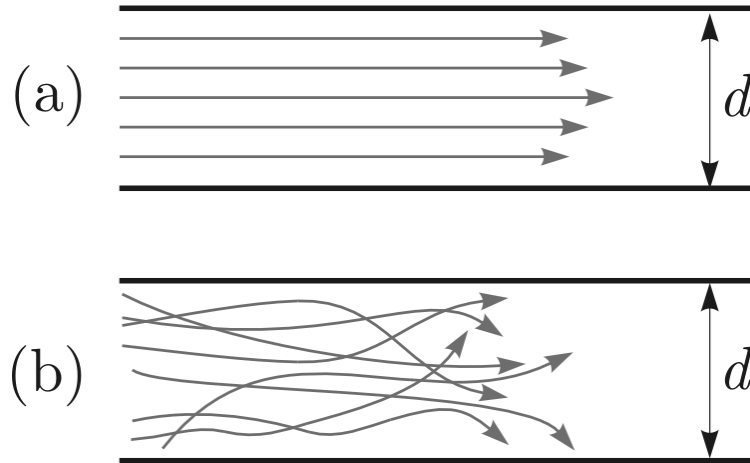


Fig. 6.24 - Moto laminare (a) e turbolento (b)

Conoscendo la dimensione del locale, il numero degli occupanti, e le caratteristiche di tenuta dell'infisso è possibile calcolare l'incremento di concentrazione di CO<sub>2</sub> in un ambiente chiuso:

$$C_{CO_2} = C^{\circ}_{CO_2} + \frac{n N_{CO_2}}{V} T$$

Con:

- $C_{CO_2}$  = Concentrazione finale di CO<sub>2</sub> [ppm]
- $C^{\circ}_{CO_2}$  = Concentrazione di partenza CO<sub>2</sub> [ppm]
- $n$  = numero degli occupanti
- $N_{CO_2}$  = emissione media oraria di CO<sub>2</sub> di un soggetto (18000 ppm/h)
- $V$  = volume del locale [m<sup>3</sup>]
- $T$  = tempo [h]

<sup>63</sup> Un regime turbolento è un moto di un fluido in cui le forze viscosive non sono sufficienti a contrastare le forze di inerzia: il moto delle particelle del fluido avviene in maniera caotica, senza seguire traiettorie ordinate come nel caso di regime laminare.

Classe scuola media e scuola elementare							
Area [mq]	Altezza [m]	Volume [mc]	n. alunni	Tempo [min]	CO2 finestre chiuse [ppm]	CO2 1 ricircolo [ppm]	CO2 2 ricambi [ppm]
55	3	165	25	0	0	0	0
				6	272.73	272.73	272.73
				12	545.45	545.45	545.45
				18	818.18	818.18	818.18
				24	1090.91	1090.91	272.73
				30	1363.64	272.73	545.45
				36	1636.36	545.45	818.18
				42	1909.09	818.18	1090.91
				48	2181.82	1090.91	272.73
				54	2454.55	1363.64	545.45
				60	2727.27	1636.36	818.18

Tab. 6. 14 Concentrazione CO2 Classi Scuola media e elementare

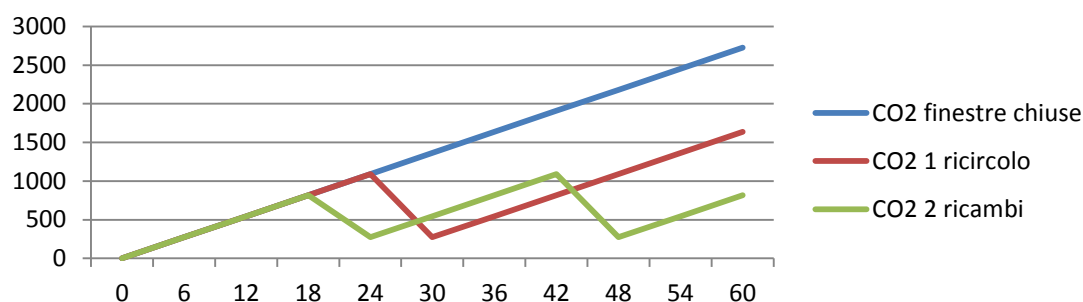


Fig. 6.25 - Andamento della concentrazione di CO2 con diverso numero di ricambi d'aria

Prendendo questi ambienti come esempio è chiara la necessità, in caso di ventilazione naturale, di un flusso continuo di aria pulita, in modo da mantenere la concentrazione di CO<sub>2</sub> al di sotto dei 1000 ppm senza la necessità di aprire continuamente i serramenti.

Mantenere i serramenti aperti durante l'arco della giornata sarebbe la soluzione più congeniale nel caso in cui non sia necessario il raffrescamento o riscaldamento dell'aria e sia possibile garantire livelli adeguati di comfort acustico. L'aria immessa nelle aule deve essere priva di sostanze inquinanti o pericolose per l'organismo umano. Durante i mesi di Ottobre, Aprile e Maggio è possibile ventilare l'edificio sfruttando la velocità del vento. Un modello empirico di questo complesso fenomeno si rifà alla seguente equazione:

$$v_{eff} = (c_1 v_r^2 + c_2 H \times \Delta T + c_3)^{1/2}$$

Dove:

- $c_1$  = dipende dal tipo di apertura (0.001);

- $c_2$  = dipende dal comportamento del vento (0.0035);
- $c_3$  = dipende dalla velocità del vento (0.01)
- $v_r$  = velocità del vento del sito [m/sec]
- $H$  = altezza della finestra [m]
- $\Delta T$  = differenza di temperatura tra interno e esterno [K]

Il flusso d'aria che attraversa l'apertura è

$$\dot{V} = 0.5 \times A_w \times v_{eff}$$

L'UK Building research Establishment ha proposto per questo tipo di ventilazione l'uso:

- Aperture non superiori a 1/20 della superficie della stanza;
- Un'altezza dell'apertura variabile tra 1.5m e 2.75m
- Una profondità massima della stanza di massimo 2.5 volte l'altezza dal soffitto.

Con queste indicazioni è possibile calcolare il flusso orario di aria che attraversa un'apertura (air changes per hour – ACH) [m<sup>3</sup>/h]:

$$ACH = \frac{3600}{V} \times 0.5 \times A_w \times v_{eff} = \frac{3600}{h} \times \frac{0.5}{20} \times v_{eff}$$

Con:

- $V$  = volume della stanza [m<sup>3</sup>]
- $A_w$  = area del serramento [m<sup>2</sup>]
- $h$  = Altezza della stanza [m]

Si valuta l'influenza che apporterebbe l'apertura costante di uno dei serramenti scorrevoli presenti nelle classi di studio individuale sulla qualità dell'aria.

Il volume di aria cambiato ogni ora dipende dalla velocità del vento  $v_r$  e da  $\Delta T$  tra interno ed esterno.

- velocità del vento  $v_r$  al confine con l'edificio di 4m/sec
- una differenza di temperatura di 2°C che tende ad aumentare nel tempo per effetto del calore corporeo.

Considerando una velocità  $v_r$  del vento di 4m/s e una differenza di temperatura  $\Delta T$  di 3K:

	h aula [m]	Area aula mq	V aula mc	a m	h m	n	Aw	Aw/A <0.05	veff	vh	ACH mc/h
classe scuola materna	3	45.5	136.5	1.2	1.5	2	3.6	0.079	0.20	0.368	11.03
classe elementare	3	55	165	1.2	2.5	1	3	0.055	0.23	0.343	10.29
classe media	3	55	165	1.2	2.5	1	3	0.055	0.23	0.343	10.29

Tab. 6. 15 ACH classi istituto

Il volume di aria che viene cambiato ogni ora nelle classi equivale a circa il 10% del volume di aria totale anche se bisogna sottolineare che man mano che la differenza di temperatura tra interno ed esterno aumenta, aumenta anche il flusso di aria che entra e esce dall'apertura.

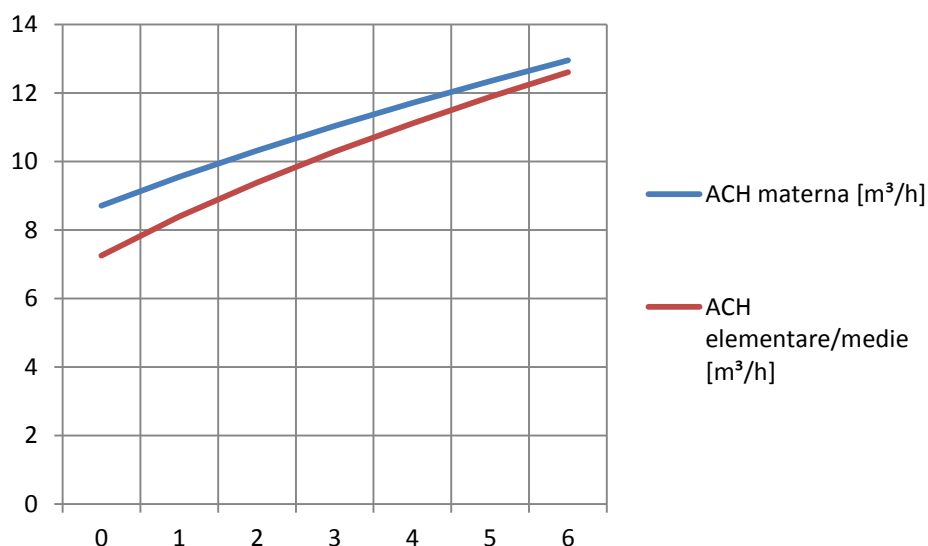


Fig. 6.26 - Andamento ACH in funzione della  $\Delta T$

L'esclusiva apertura del serramento, anche se genera un flusso più o meno costante, non può garantire i vol/h di aria all'interno della classe. Bisogna adottare sistemi che creino e guidino il flusso d'aria nell'edificio a prescindere dalla direzione del vento, che nei mesi caldi spira sia da est che da ovest.

Il sistema che meglio sfrutta le aperture dell'istituto scolastico si basa sulla cross ventilation o ventilazione incrociata: si genera quando vi è la presenza di due aperture contrapposte per esposizione rispetto al sole ed ai venti. Per un comfort interno ottimale deve essere garantita una velocità dell'aria non eccessiva dall'esterno verso l'interno e aperture di grandi dimensioni sotto la sola azione del vento possono creare problematiche quali:

- il momento di flusso esterno può diventare un potente motore del flusso.
- Internamente, le velocità sono così grandi che l'assunzione pressione idrostatica non è giustificata.

Quando le aperture e la costruzione sono taglienti rispetto al vento, il problema può essere indicato con la seguente equazione:

$$\frac{Q}{AU} = f(\phi)$$

Dove:

- Q indica la portata attraverso un'apertura (o il tasso di aerazione totale),

- A è un riferimento zona,
- U è la velocità del vento di riferimento alla direzione del vento.

La funzione f dipende da molti fattori, i principali sono:

- La forma dell'apertura;
- La forma dell'ambiente circostante.;
- Le proprietà dello strato limite atmosferico (media profilo di velocità, turbolenza, intensità e scala di lunghezza).

Una prima soluzione utile a controllare la funzione  $f(\phi)$  è cercare di porre l'edificio all'interno di un "canyon", in modo da modificare la velocità e la scia del vento contenendo le turbolenze, le velocità eccessive e i rumori che si sviluppano nei dintorni.

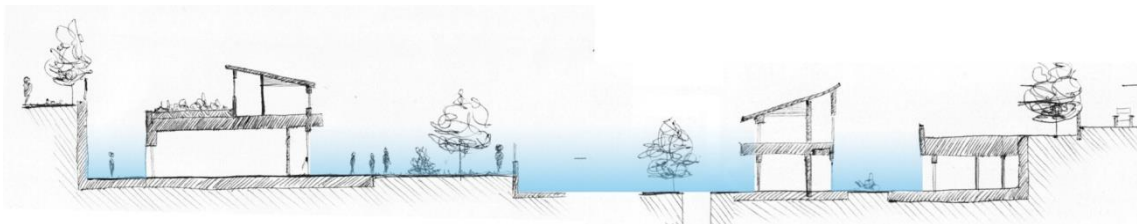


Fig. 6.27 - Zone controllate al di sotto del livello strada

Il vento all'interno del canyon presenta valori più bassi se comparati al vento indisturbato e se la velocità del vento è superiore a 4 m/sec è possibile stabilire una correlazione tra questo e il vento all'interno del canyon. Si crea un vortice che regolarizza l'andamento del vento in prossimità dell'edificio, mentre la profondità può portare ad un abbassamento della temperatura dell'aria fino ad un massimo di 5°C a causa della limitata irradiazione solare. C'è da sottolineare che si realizza anche una barriera acustica che permette l'apertura delle finestre senza correre il rischio di portare nell'edificio rumori molesti provenienti dall'esterno. La riduzione del rumore è proporzionale all'altezza della strada.

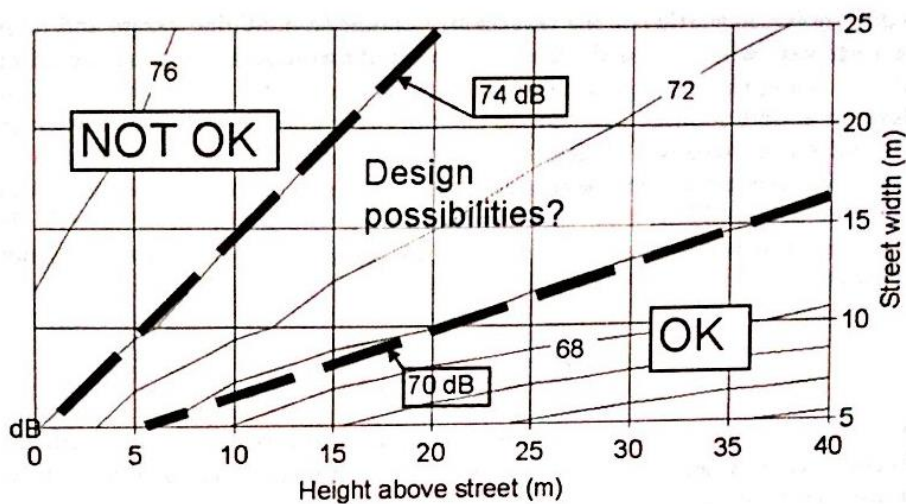


Fig.6.28 - Interazioni tra strada e profondità canyon

Sfruttando poi la differenza di temperatura che si crea tra le classi e il corridoio durante i periodi di utilizzo è possibile muovere un flusso costante di aria attraverso l'inserimento nelle partizioni di bocchette di estrazione.

L'immissione di aria dall'esterno deve essere garantita anche nel caso i serramenti siano chiusi, questo perché l'apertura del serramento nella classe deve avere il solo scopo di aumentare l'ACH così da permettere una regolazione manuale di afflusso di aria dall'esterno. Questa necessità è stata risolta con l'inserimento nei serramenti immissori di aria a permeabilità variabile.

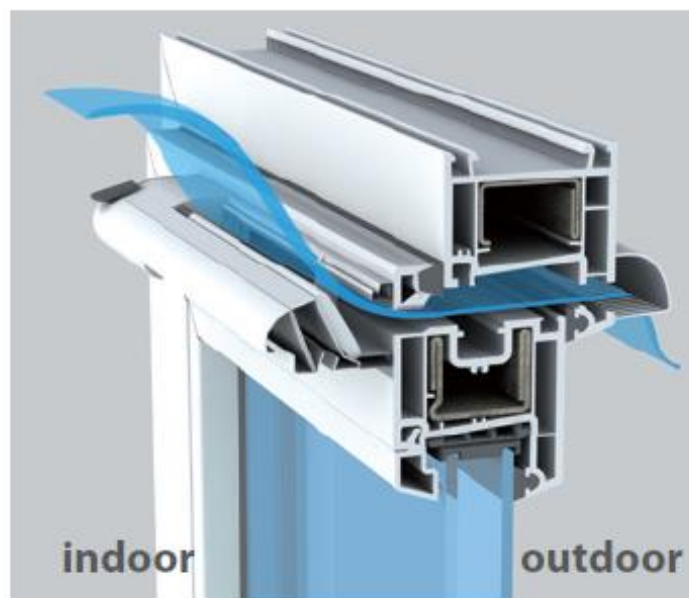


Fig. 6.29 - Schema di funzionamento del sistema di immissione naturale dell'aria



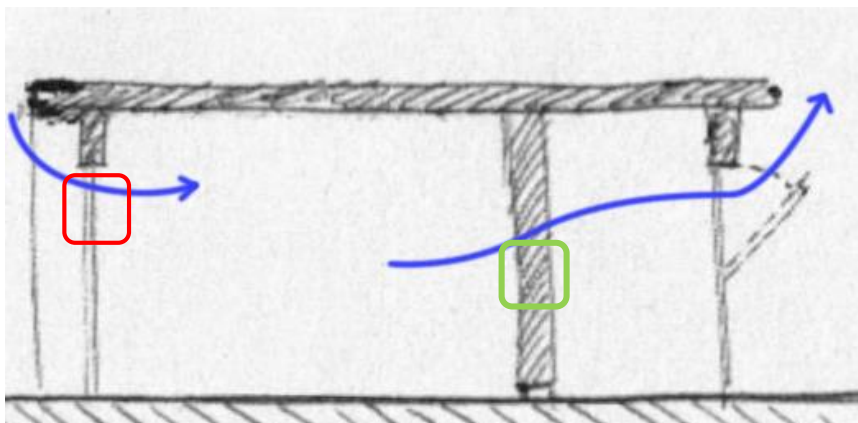


Fig. 6.30 - Schema di ventilazione naturale -immissione controllata (rosso) e bocchetta di estrazione (verde)

L'immissione di aria dovrebbe essere automatizzata e igroregolabile, in modo che ne sia controllata la qualità chiudendone il passaggio quando questa è troppo secca e aprendolo nel caso sia troppo umida. In più deve essere garantita la tenuta all'acqua, agli agenti inquinanti e ai rumori.

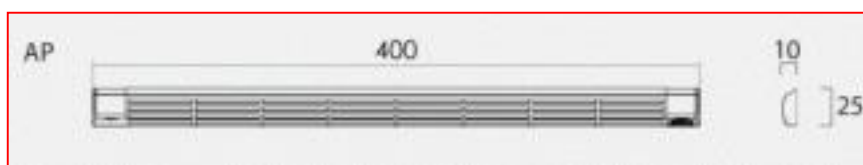


Fig. 6.31 - Sistema di immissione dell'aria installato sul telaio del serramento (modello AP Aereco)

La griglia d'estrazione deve essere adatta all'utilizzo in sistemi a pressione molto bassa e anch'essa attivata mediante sensore di umidità in modo da minimizzarne l'attivazione o spegnimento manuale.

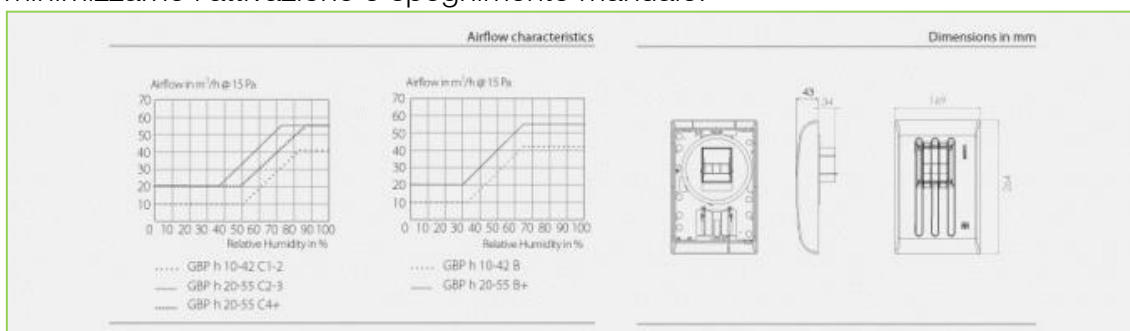


Fig. 6.32 - Specifiche estrattore con sensore d'umidità (modello GBP Aereco)

Questi estrattori sono supportati da un sistema meccanico: sono raggruppati in numero sufficiente e installati su una condotta che aspira l'aria attraverso una centrale provvista di ventola e rigetta l'aria in punti del corridoio definiti. Per evitare rumori molesti causati da ventole troppo grosse, si prevede l'installazione di più centrali installate nei corridoi che fungono da ventilconvettori:

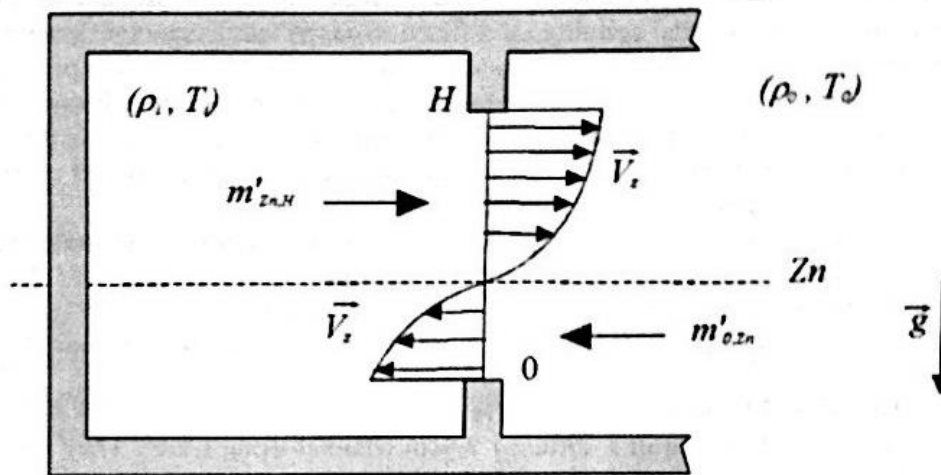
Caso invernale:

- sfruttando il calore in eccesso proveniente dalle aule è possibile riscaldare tutti gli spazi dell'edificio senza l'utilizzo di ulteriori impianti ed energia.

Caso estivo:

1. l'aria estratta dalle aule è trattata da un apposita batteria aggiunta nel ventilconvettore prima di essere immessa nel corridoio.
2. l'aria estratta viene immessa nel corridoio ad un'altezza tale che sia fatta uscire attraverso un moto convettivo: per differenza di temperatura l'aria più calda esce mentre quella più fresca entra.

Nel caso si consideri la seconda opzione, per ipotizzare dove posizionare le bocchette di uscita dell'aria calda si può far riferimento al modello studiato da Allard e Utsimi nel 1992.



Source: Allard and Alvarez (1998)

Fig. 6.33 - Schema del flusso di aria attraverso un'apertura verticale (Walton&Roldan 1985)

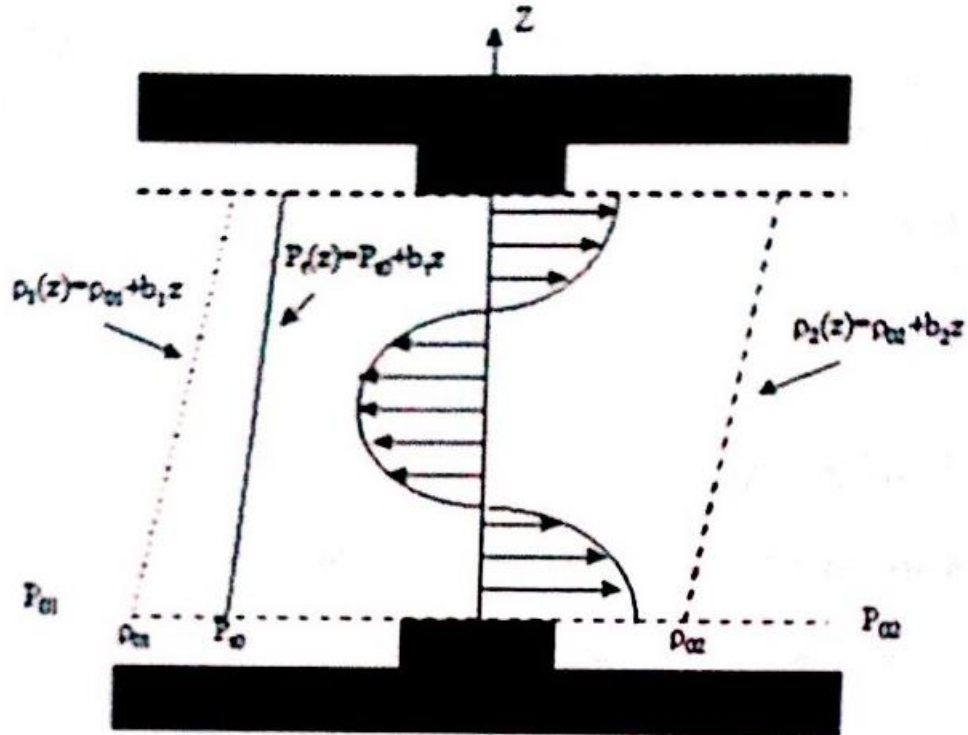
Utilizzando dei serramenti standard si generano due flussi di aria, uno entrante a temperatura più bassa ( $m'_{0,z_n}$ ) e uno uscente a temperatura più alta ( $m'_{z_n,H}$ ). Se la zona  $i$  ( $\rho_1, T_1$ ) è chiusa, utilizzando questo modello, che sfrutta il principio della conservazione della massa, è possibile calcolare l'altezza dal piano di calpestio di  $Z_n$  ossia il piano neutro dell'apertura in cui si incrociano i flussi dipendente dal gradiente termico dell'aria:

$$\frac{Z_n}{H - Z_n} = \left(\frac{\rho_1}{\rho_0}\right)^{\frac{1}{3}}$$

Con:

- $H$  = Altezza della finestra [m]
- $Z_n$  = altezza del piano neutro [m]
- $\rho_1$  = pressione parziale dell'aria interna [Pa]
- $\rho_0$  = pressione parziale dell'aria esterna [Pa]

Essendo un'equazione al II ordine ci sono due possibili posizioni dell'asse neutro  $Z_n$  derivanti dal profilo di pressione su ciascun lato dell'apertura.



© Santamouris (1998)

Fig. 6.34 - Flusso d'aria attraverso grandi aperture (Santamouris 1998)

## 6.7 Calcolo del fabbisogno ideale – analisi involucro

Per il calcolo si utilizza il metodo quasi stazionario, quindi per mese, in coerenza con la UNI 13300. Si riporta di seguito uno schema per comprendere meglio come gli apporti di calore e gli scambi termici influiscono sul fabbisogno ideale di energia termica dell'edificio per riscaldamento.

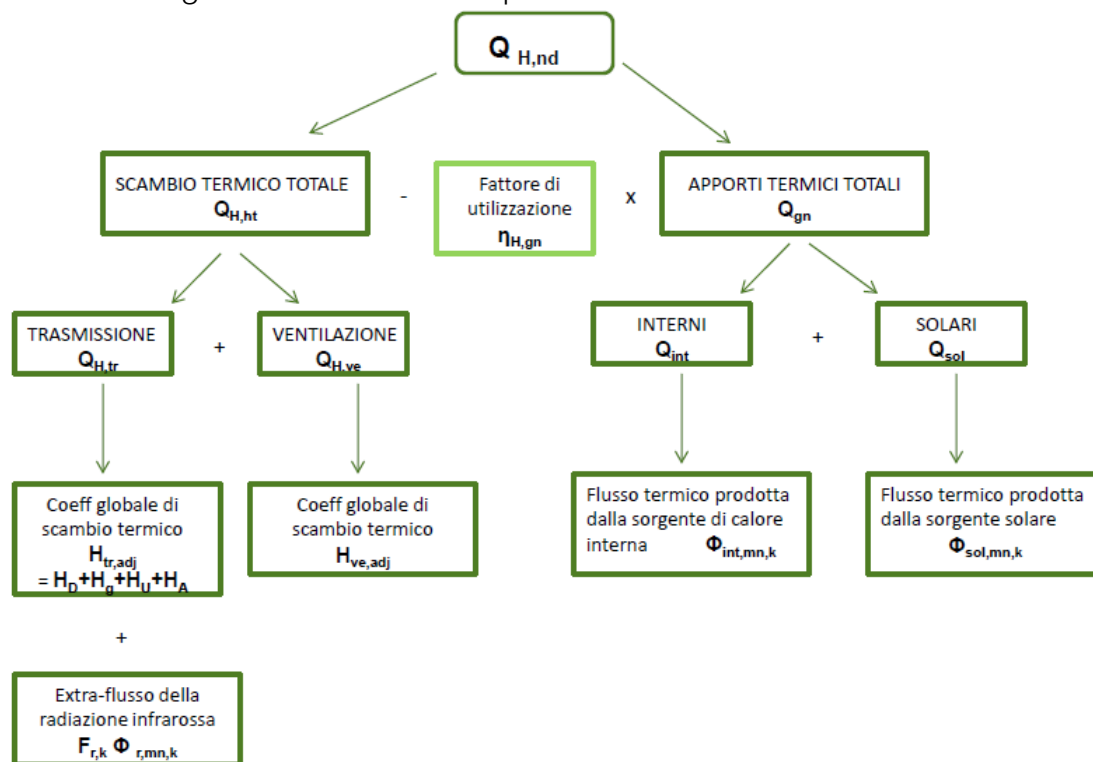


Fig. 6.35 – Apporti di calore e scambi termici

### 6.7.1 FABBISOGNO IDEALE ESTIVO E DURATA DI RAFFRESCAMENTO

La problematica dei mesi caldi è proprio cercare di limitare, grazie all'involucro, le forti variazioni di temperatura interna degli ambienti per effetto dell'irraggiamento solare diurno e dell'attenuazione notturna. Comfort termico estivo vuol dire sicuramente non avere temperature eccessive nei locali abitati, ma altrettanto importante è non far subire al nostro corpo e alle nostre abitazioni sbalzi termici a volte anche di 10-15° C di temperatura dell'aria e di 30° C di temperature superficiali.

Al fine di limitare il fabbisogno per la climatizzazione estiva e di contenere la temperatura interna degli ambienti, è opportuno verificarne il comportamento "inerziale", infatti l'accumulo di calore nei componenti edilizi può rappresentare una strategia efficace per il controllo della climatizzazione degli ambienti interni. Il concetto alla base prevede che il calore accumulato dall'involucro edilizio venga rilasciato in ritardo all'interno degli ambienti (sfasamento) e attenuandone il picco

di calore (fattore di attenuazione). I maggiori benefici si hanno soprattutto nella stagione estiva, dove lo sfasamento e l'attenuazione del picco di calore, se opportunamente controllati, possono portare alla riduzione della domanda di raffrescamento.

Il fabbisogno di energia netta si calcola come segue:

$$Q_{C,nd} = (Q_{int} + Q_{sol}) - \eta_{c,ls} \times (Q_{C,tr} + Q_{C,ve})$$

Ove:

$$Q_{C,tr} = [H_{tr} \times (T_{int,estiva} - T_{est,media}) + C_m] \times \frac{\tau}{1000} [kWh]$$

$$Q_{C,ve} = [H_{ve} \times (T_{int,estiva} - T_{est,media})] \times \frac{\tau}{1000} [kWh]$$

$Q_{C,nd}$	=fabbisogno di energia netta per il riscaldamento estivo
$Q_{int}$	=Apporti gratuiti interni
$Q_{sol}$	=Apporti Solati
$\eta_{c,ls}$	=fattore di utilizzo
$Q_{c,tr}$	=Dispersioni per trasmissione
$Q_{C,ve}$	=Dispersioni per ventilazione
$H_{tr}$	=Coefficiente di trasferimento del calore per trasmissione
$H_{ve}$	=Coefficiente di trasferimento del calore per ventilazione
$T_{int,estive}$	=Temperature estiva di progetto
$T_{est,media}$	=Temperatura estiva media giornaliera
$C_m$	=Capacità termica
$\tau$	=Durata del raffrescamento

Le differenze col caso invernale sono:

- La temperatura di progetto interna è assunta pari a 26°C
- La  $\tau$  della durata di raffrescamento, ossia il periodo espresso in ore durante il quale è necessario l'apporto dell'impianto di climatizzazione per tenere la temperatura interna non superiore a quella di progetto.

Il fattore di utilizzazione si calcola con i seguenti passaggi logici:

Determinazione del rapporto tra contributi gratuiti e le dispersioni su base giornaliera:

$$\gamma_c = (Q_{int} + Q_{sol}) / (Q_{tr} + Q_{ve})$$

Calcolo della costante di tempo dell'edificio:

$$\tau = \frac{C_m \times S_{disp}}{[3.6 \times (H_{tr} + H_{ve})]}$$

- $C_m$  = capacità termica interna della zona termica [kJ/m<sup>2</sup>K]
- $S_{disp}$  = Somma di tutte le superfici disperdenti

$$\eta_{c,ls} = \frac{1 - \gamma_c^{-a_c}}{1 - \gamma_c^{-(a_c+1)}} \quad \text{se } \gamma_c > 0 \quad \forall \quad \gamma_c \neq 1$$

$$\eta_{c,ls} = \frac{a_c}{a_c + 1} \quad \text{se } \gamma_c = 1$$

- $a_c$  varia in riferimento al tipo di impianto utilizzato e riferimento al periodo di calcolo.

Si deve verificare preliminarmente che la temperatura esterna giornaliera sia maggiore di quella interna di progetto secondo la formula:

$$T_{est} > T_{int,estiva} - \frac{Q_{int} + Q_{sol}}{(H_{tr} + H_{ve})t_{day}}$$

$t_{day}$  = durata del giorno pari a 86400 secondi

Quando la temperatura dell'aria esterna è maggiore dell'aria interna, sarà necessario compensare il  $\Delta T$  con un impianto di climatizzazione.

Le curve graficizzate in seguito sono il risultato dei dati tabulari secondo la curva interpolatrice al VI ordine:

$$y = a_0 + a_1(x - x_0) + a_2(x - x_2) + \dots + a_n(x - x_0)(x - x_1)(x - x_2)(x - x_n - 1)$$



## 6.7.2 FABBISOGNO IDEALE ESTIVO B2 (UFFICI – SCUOLA DELL'INFANZIA)

Cominciamo con l'analisi blocco 2, che raggruppa le zone termiche inerenti alla scuola d'infanzia e agli uffici, essendo quello critico per l'analisi energetica: a differenza del blocco 1 non è possibile ipotizzare la chiusura del plesso durante i mesi di Luglio e Agosto a causa della destinazione dell'edificio:

- Piano Terra: la scuola Materna può essere utilizzata anche durante i mesi estivi come campo-scuola, viste le necessità lavorative a fini turistici che caratterizzano il luogo di progetto
- Piano I: gli uffici destinati ai docenti possono, all'occorrenza rimanere aperti ai fini del corretto funzionamento dell'istituto.

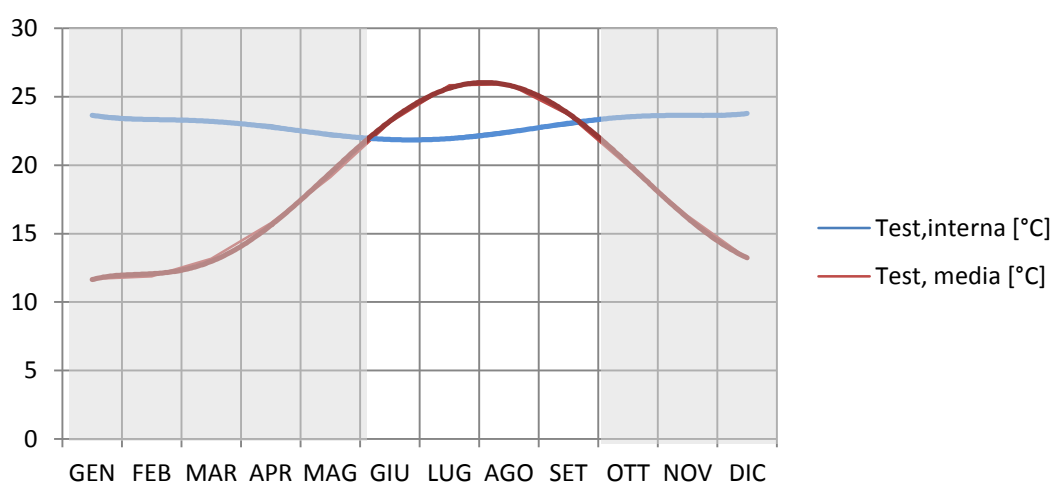


Fig. 6.36 - Periodo di funzionamento dell'impianto di raffrescamento B2

Blocco 2							
Mese	Apporto Int. [kWh/g]	Solare Op. [kWh/g]	Solare Tr. [kWh/g]	Apporto Giorn. [kWh/g]	Giorni	T <sub>Test,interna</sub> [°C]	T <sub>Test, media</sub> [°C]
FEB	129.386	5.675	126.385	261.446	28	23.344702	11.87
MAR	129.386	6.273	145.546	281.205	31	23.144025	13.16
APR	129.386	5.931	167.2	302.517	30	22.927576	15.77
MAG	129.386	6.634	245.091	381.111	31	22.12936	19.14
GIU	129.386	6.811	272.183	408.38	30	21.85241	23.14
LUG	129.386	6.931	257.868	394.185	31	21.996577	25.85
AGO	129.386	7.183	208.953	345.522	31	22.490809	25.92
SET	129.386	7.133	164.991	301.51	30	22.937803	23.69
OTT	129.386	5.914	100.933	236.233	31	23.60077	19.95
NOV	129.386	5.135	99.149	233.67	30	23.6268	16.31
DIC	129.386	4.291	85.322	218.999	31	23.775802	13.19
GEN	129.386	4.538	96.636	230.56	31	23.658386	11.68

Tab. 6. 16 Dati elaborati per il B2

Il raffrescamento dell'interno sarà necessario dal mese di Giugno a Settembre. Non potendo effettuare un'analisi oraria, si suppone che l'impianto debba essere acceso e spento rispettivamente agli inizi dei mesi di Giugno e di Ottobre. Confrontando l'utilizzo di un sistema di ventilazione naturale piuttosto che meccanico, si nota che la differenza è impercettibile.

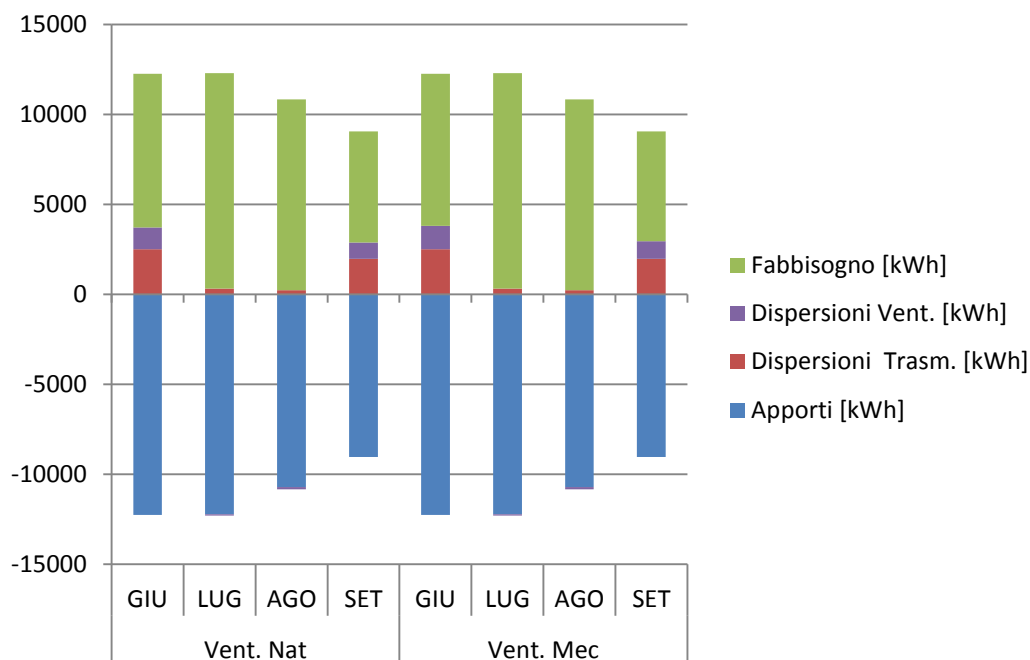


Fig.6.37 - Fabbisogno ideale B2

Blocco 2											
Nome	Mese	Giorni	Apporti	Dispersioni Trasm.	Dispersioni Vent.	Dispersioni	γc	AC	Fatt. Util.	Fabbisogno [kWh]	Epi kWh/m <sup>2</sup> a
			[kWh]			[kWh]					
Vent. Nat	GIU	30	12251.38	2504.332	1208.15	3712.484	3.3	8.92	1	8538.963	25.5
	LUG	31	12219.70	317.16	-72.901	244.259	50.02	8.92	1	11975.443	
	AGO	31	10711.18	238.861	-118.464	120.398	88.965	8.927	1	10590.783	
	SET	30	9045.292	1973.924	899.5	2873.425	3.148	8.927	1	6171.938	
Vent. Mec	GIU	30	12251.386	2504.332	1307.755	3812.086	3.214	8.903	1	8439.38	25.4
	LUG	31	12219.702	317.16	-78.911	238.249	51.29	8.903	1	11981.453	
	AGO	31	10711.181	238.861	-128.23	110.632	96.819	8.903	1	10600.549	
	SET	30	9045.292	1973.924	973.657	2947.581	3.069	8.903	1	6097.803	

Tab. 6. 17 Fabbisogno ideale B2

La prestazione dell'involucro non soddisfa i requisiti di progetto durante i mesi di Luglio e Agosto.

La causa è da attribuirsi alle vetrate che nei mesi in questione precludono il corretto funzionamento dell'edificio trasformando i plessi scolastici in serre e rendendo necessario l'apporto di un sistema di raffrescamento. Facendo riferimento alla classificazione stilata dalla UNI 13300 è possibile concludere che l'involucro con questa configurazione ha mediocri prestazioni energetiche durante il periodo estivo.

Questo per le finalità progettuali non è accettabile, quindi è necessario, alla luce dei fatti, effettuare delle modifiche architettoniche che migliorino le prestazioni dell'involucro aumentando l'inerzia termica e diminuendo gli apporti giornalieri. Nello specifico, una modifica della dimensioni dei serramenti appare la decisione più ovvia e vantaggiosa anche a livello economico.

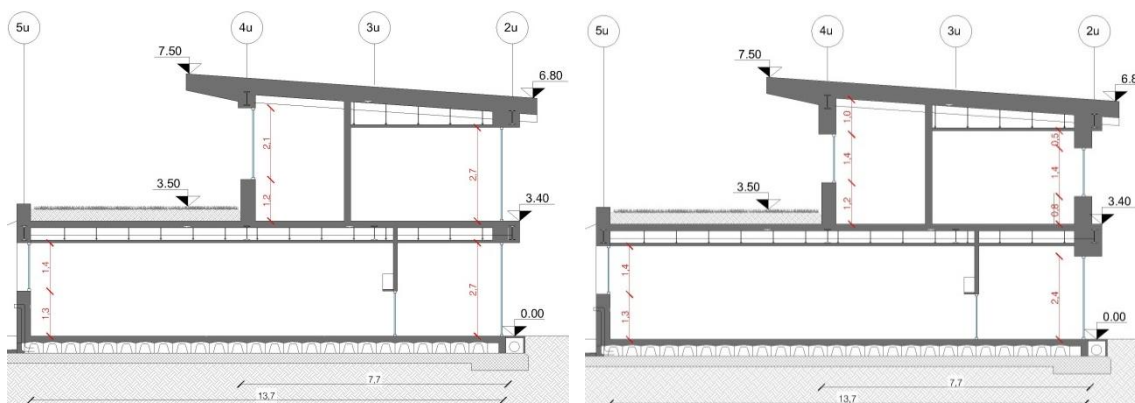


Fig. 6.38 – Studio dei serramenti del blocco 1

Partendo dalla scuola Materna, sono state fatte delle simulazioni che hanno permesso di modificare l'altezza dei serramenti garantendo il livello di luminosità e visuale previsti in fase architettonica e contemporaneamente contribuendo al miglioramento delle prestazioni energetiche dell'involucro complessivo.

Anche al primo piano, nel plesso dedicato agli uffici, è stata ridotta la dimensione del serramento. In questo caso la riduzione è molto più consistente a causa del forte impatto che ha l'irradiazione solare sull'edificio. Nei corridoi la finestra diventa più alta rispetto al piano di calpestio per:

- Migliorare la distribuzione della luce nel corridoio;
- Sfruttare l'ombra portata dagli aggetti;
- Continuare a garantire il rapporto diretto con il paesaggio esterno

In più si prevede nelle finestre poste a N-W e N-E una schermatura fatta di frangisole verticali in modo da schermare la radiazione proveniente da est e ovest. In questo modo, dato che nei mesi estivi l'irradiazione proveniente da queste direzioni è abbastanza rilevante, si ha un contributo non indifferente nell'accumulo energetico estivo. Per quanto riguarda gli uffici, si è optato per una finestra a nastro più contenuta, si è provveduto a ridimensionarla alzandola di 1.20m dal piano di calpestio e realizzando un sopra-finestra di 0.6m.

Con questa nuova configurazione si ricavano i seguenti valori:

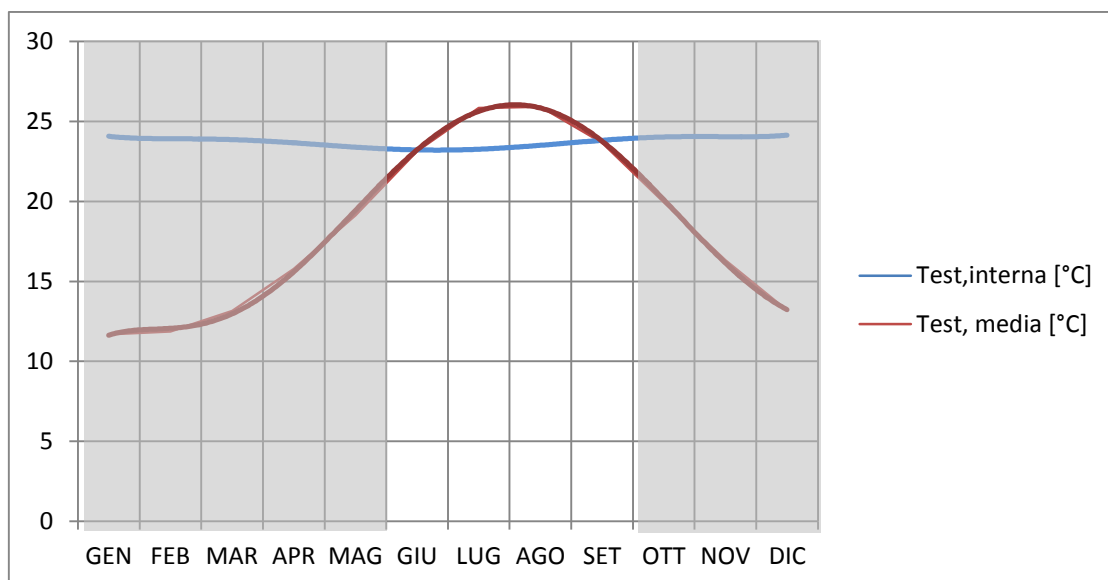


Fig. 6.39 - Periodo di funzionamento dell'impianto di raffrescamento

Blocco 2							
Mese	Apporto Int. [kWh/g]	Solare Op. [kWh/g]	Solare Tr. [kWh/g]	Apporto Giorn. [kWh/g]	Giorni	T <sub>test,interna</sub> [°C]	T <sub>test,media</sub> [°C]
FEB	129.386	6.351	69.335	205.072	28	23.917247	11.87
MAR	129.386	6.986	76.437	212.809	31	23.838669	13.16
APR	129.386	6.644	87.158	223.188	30	23.733258	15.77
MAG	129.386	7.547	125.165	262.097	31	23.33809	19.14
GIU	129.386	7.772	138.612	275.77	30	23.199224	23.14
LUG	129.386	7.875	128.698	265.959	31	23.298867	25.85
AGO	129.386	8.054	103.976	241.416	31	23.54813	25.92
SET	129.386	7.95	84.376	221.712	30	23.748248	23.69
OTT	129.386	6.535	53.981	189.902	31	24.071317	19.95
NOV	129.386	5.728	58.025	193.139	30	24.038441	16.31
DIC	129.386	4.814	48.593	182.793	31	24.143517	13.19
GEN	129.386	5.078	55.343	189.807	31	24.072282	11.68

Tab. 6. 18 Dati elaborati per la nuova configurazione

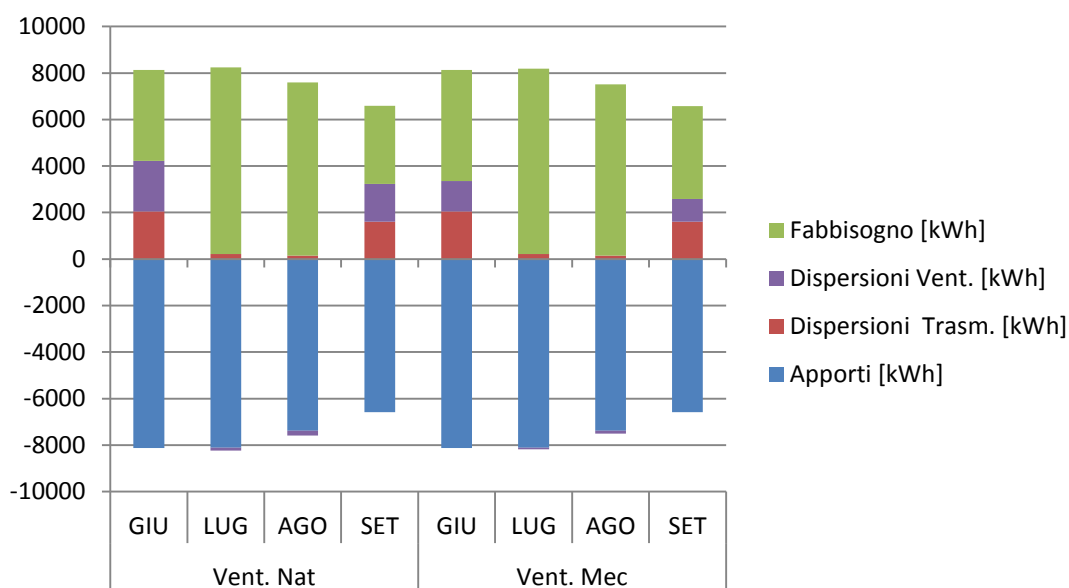


Fig. 6.40 Fabbisogno ideale ventilazione naturale/meccanica B2

Blocco 2 - CONFIGURAZIONE 2												
Nome	Mese	n. Giorni	Apporti	Dispersioni Trasm.	Dispersioni Vent.	Dispersioni	$\gamma_c$	AC	Fatt. Util.	Fabbisogno	$\tau$ mese [ore]	Epi [kWh/m <sup>2</sup> a]
			[kWh]			[kWh]				[kWh]		
Vent. Nat	GIU	30	8128.13	2047.12	2179.59	4226.7	1.92	8.79	1.00	3907.89	9.4	15.6
	LUG	31	8105.90	218.43	-131.52	86.9	93.27	8.79	1.00	8018.99	472.2	
	AGO	31	7379.58	153.02	-213.72	-60.7	121.58	8.79	1.00	7440.27	676.1	
	SET	30	6581.58	1604.01	1622.76	3226.8	2.04	8.79	1.00	3357.93	12.3	
Vent. Mec	GIU	30	8128.13	2047.12	1307.76	3354.9	2.42	8.99	1.00	4773.95	23.3	17.0
	LUG	31	8105.90	218.43	-78.91	139.5	58.10	8.99	1.00	7966.38	26.2	
	AGO	31	7379.58	153.02	-128.23	24.8	297.71	8.99	1.00	7354.79	26.3	
	SET	30	6581.58	1604.01	973.66	2577.7	2.55	8.99	1.00	4004.26	24.0	

Confrontando le due configurazioni e optando per una ventilazione naturale, il fabbisogno diminuisce di circa il 20%.

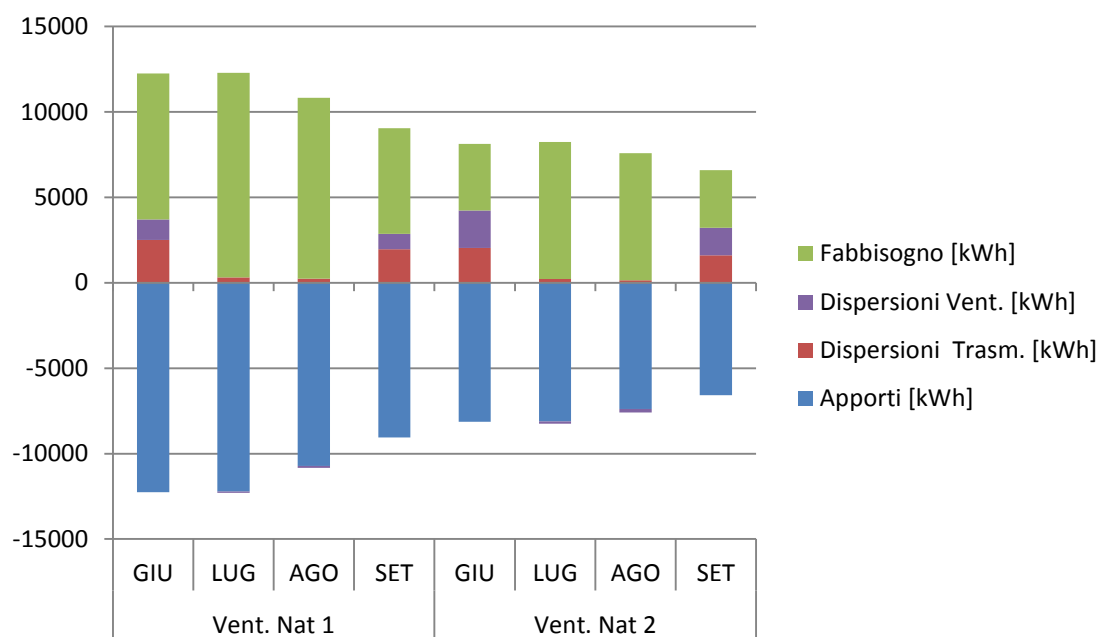


Fig.6.41 - Confronto dei fabbisogni

L'involucro, nel periodo estivo si colloca per efficienza in classe II e permette, con un fabbisogno energetico ideale di **15.6kWh/m<sup>2</sup>a** un comfort interno ottimale. Come si può notare dai valori tabulari, una ventilazione naturale standard offre un contributo prestazionale a patto che l'impianto sia acceso per più ore.

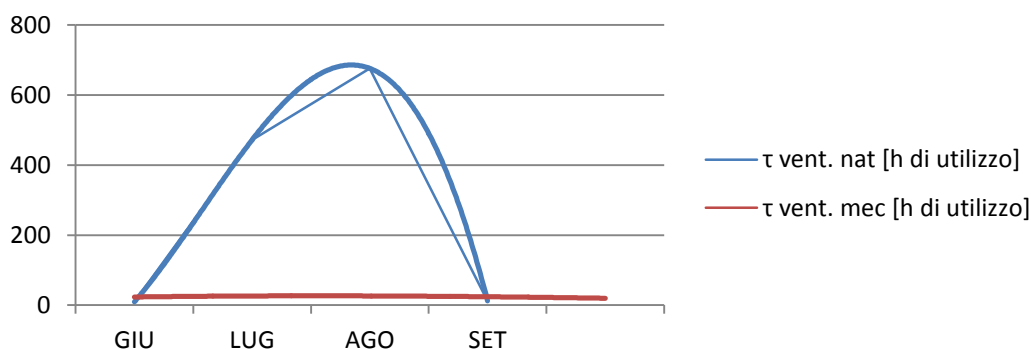


Fig. 6.42 - Durata di raffrescamento τ

Le soluzioni possibili per la progettazione di impianto efficace sono:

1. Prevedere una ventilazione naturale notturna per dissipare più velocemente il calore accumulato durante la giornata e diminuire le ore di funzionamento dell'impianto;
2. Utilizzo esclusivamente una ventilazione meccanica durante i periodi più caldi dell'anno.

Considerando la seconda soluzione, il fabbisogno ideale sale a **17.0 kWh/m<sup>2</sup>a**.



### 6.7.3 FABBISOGNO IDEALE ESTIVO B1 (SCUOLA PRIMARIA-SECONDARIA)

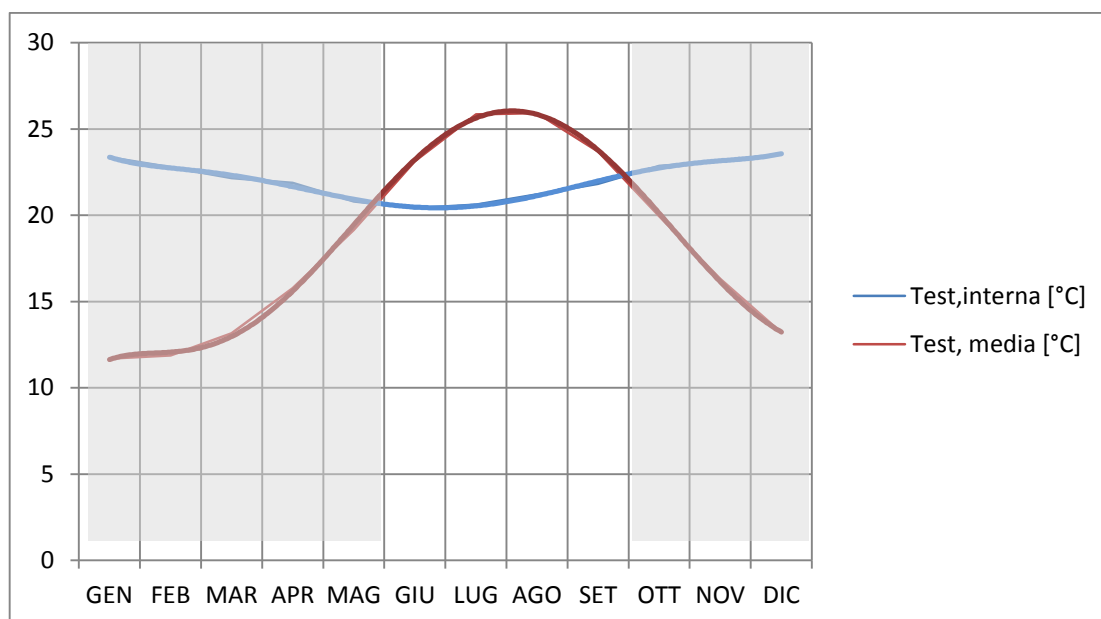


Fig. 6.43 - Periodo di funzionamento dell'impianto di raffrescamento B1

Partendo dal presupposto che nel periodo estivo si utilizzerà una ventilazione naturale e ipotizzando che durante i mesi di Luglio e Agosto il plesso della scuola resterà chiuso, il bisogno di un sistema di raffrescamento estivo resta comunque una necessità durante i mesi di Giugno e di Settembre.

Blocco 1							
Mese	Apporto Int. [kWh/g]	Solare Op. [kWh/g]	Solare Tr. [kWh/g]	Apporto Giorn. [kWh/g]	Giorni	T <sub>test,interna</sub> [°C]	T <sub>test, media</sub> [°C]
FEB	214.206	28.97	324.534	567.71	28	22.79	11.87
MAR	214.206	35.631	430.298	680.135	31	22.16	13.16
APR	214.206	38.119	477.222	729.547	30	21.88	15.77
MAG	214.206	45.493	660.013	919.712	31	20.80	19.14
GIU	214.206	48.551	726.164	988.921	30	20.41	23.14
LUG	214.206	49.04	688.324	951.57	31	20.62	25.85
AGO	214.206	47.765	587.186	849.157	31	21.20	25.92
SET	214.206	42.382	483.97	740.558	30	21.81	23.69
OTT	214.206	28.814	312.382	555.402	31	22.86	19.95
NOV	214.206	24.738	272.747	511.691	30	23.11	16.31
DIC	214.206	20.305	195.087	429.598	31	23.57	13.19
GEN	214.206	21.599	230.782	466.587	31	23.36	11.68

Tab. 6. 19 - Dati elaborati per il B1

Dal confronto tra i due sistemi di ventilazione naturale e meccanica si percepisce l'efficienza che porta il primo rispetto al secondo:.

Blocco 1													
Nome	Mese	n. Giorni	Apporti	Dispers. Trasm. [kWh]	Dispers. Vent. [kWh]	Dispers.	γc	AC	Fatt. Util.	Fabbisogno [kWh]	T mese [ore]	Epi	Epi*
			[kWh]			[kWh]							
Vent. Nat	GIU	30	-29668	7162	8060	15222	2	9	1	14467	15	16.4	5.1
	LUG	31	-29499	1035	-486	549	54	9	1	28950	425		
	AGO	31	-26324	816	-790	25	1034	9	1	26298	9167		
	SET	30	-22217	5675	6001	11676	2	9	1	10561	20		
Vent. Mec	GIU	30	-29668	7162	4836	11998	2	9	1	17672	19	17.5	6.3
	LUG	31	-29499	1035	-292	743	40	9	1	28755	314		
	AGO	31	-26324	816	-474	342	77	9	1	25982	683		
	SET	30	-22217	5675	3601	9276	2	9	1	12943	25		

Utilizzando una ventilazione estiva di tipo naturale, il fabbisogno ideale per il raffrescamento è pari a 16.4 kWh/m<sup>2</sup>a. L'involucro non è molto performante, ma è possibile fare delle considerazioni sull'uso degli spazi dell'istituto:

- I plessi dell'istituto siti nel blocco 1 raccolgono i servizi utili alle attività individuali degli studenti;
- Le attività extrascolastiche mirano ad attività di gruppo;
- Gli spazi aperti comuni sono utilizzabili a prescindere dall'apertura o chiusura dei plessi.

Durante i periodi di chiusura dell'istituzione scolastica, non è di alcuna utilità ai fini didattici l'uso dei plessi siti nel blocco 1. Per questo l'impianto, a prescindere dalle necessità può rimanere spento per i mesi di Luglio e Agosto.

Facendo riferimento alla classificazione stilata dalla UNI 13300 è possibile concludere che l'involucro è in **classe I** durante il periodo estivo. Anche dal punto di vista inerziale, l'edificio si comporta abbastanza bene: nel caso peggiore, ossia nel mese di Settembre, le ore mensili di attività dell'impianto saranno pari a circa 24. Questo vuol dire che una buona ventilazione può compensare l'energia primaria per il raffrescamento.

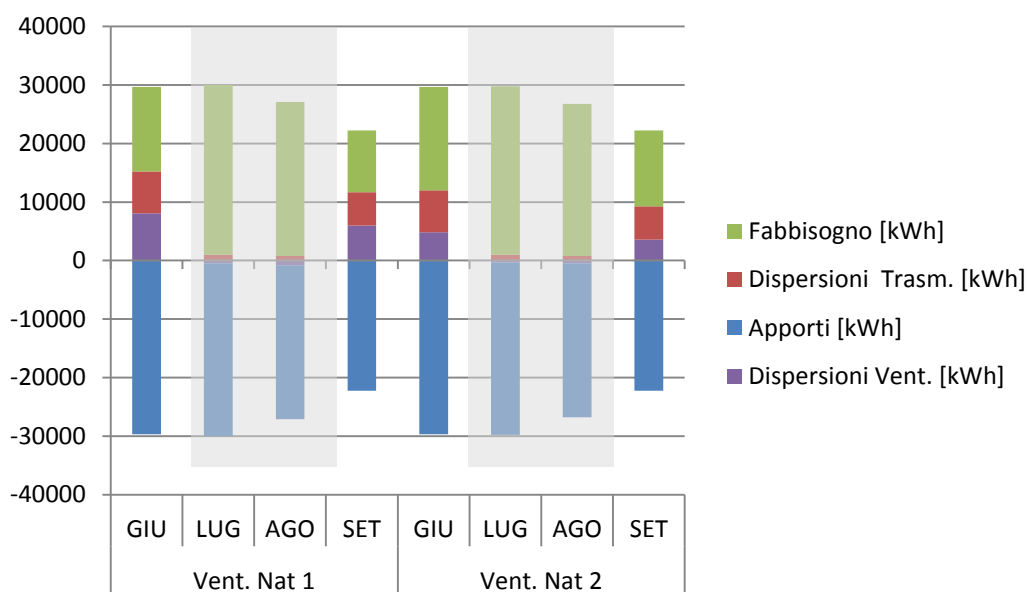


Fig. 6.44 – Fabbisogno estivo Blocco 2

Nel caso in cui sia necessario l'utilizzo delle aule anche nel periodo estivo sarà necessario prevedere un impianto che si appoggi a una ventilazione meccanica perché un impianto ibrido con ventilazione naturale non riuscirebbe a garantire un adeguato comfort termico all'interno dell'edificio.

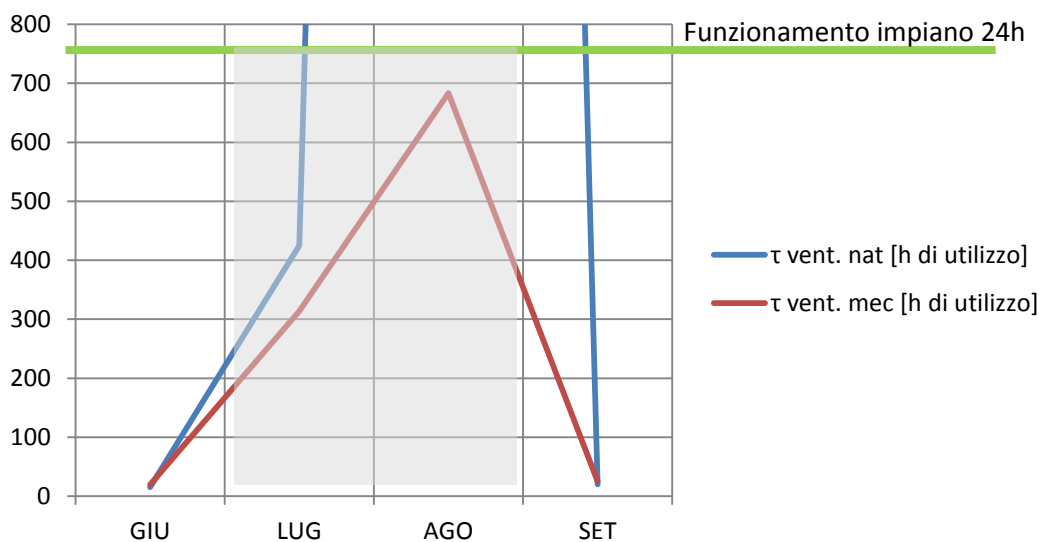


Fig. 6.45 – Durata del raffrescamento

Nel caso specifico si adotterà per i mesi di Giugno e di Settembre un sistema di raffrescamento associato ad una ventilazione naturale. In queste condizioni il fabbisogno ideale dell'edificio è di **5.1 kWh/m<sup>2</sup>a**. Con un efficace ventilazione naturale sarebbe possibile garantire un comfort termico ottimale all'interno dei plessi scolastici senza l'utilizzo di impianti di raffrescamento.

#### 6.7.4 FABBISOGNO IDEALE INVERNALE E CAPACITÀ TERMICA

Per il comfort termico invernale è stato adottato un sistema di ventilazione che sfruttando il calore in eccesso emesso dal corpo umano, che si concentra nelle classi, muova l'aria verso gli spazi di transito che sfruttano per il riscaldamento esclusivamente l'effetto serra.

- Sono previsti sufficienti estrattori meccanici per regolare l'aerazione all'interno delle classi senza la necessità di aprire i serramenti scorrevoli durante la stagione invernale.
- La ventilazione naturale è garantita da sistemi posizionati sui serramenti, i quali garantiscono la corretta immissione di aria dall'esterno.

Questo sistema contribuisce a mantenere l'aria salubre all'interno delle aule sfruttando gli apporti interni per riscaldare il corridoio. Anche le partizioni interne, posizionate di fronte le vetrate, giocano un ruolo fondamentale aumentando l'inerzia termica dell'edificio e uniformando la dispersione del calore durante la giornata.

Il fabbisogno ideale di energia termica si calcola come segue:

$$Q_{H,nd} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,gn}(Q_{int} + Q_{sol})$$

dove:

- $Q_{H,nd}$  è il fabbisogno ideale di energia termica dell'edificio per riscaldamento
- $Q_{H,tr}$  è lo scambio termico per trasmissione nel periodo di riscaldamento
- $Q_{H,ve}$  è lo scambio termico per ventilazione nel periodo di riscaldamento
- $Q_{int}$  sono i guadagni termici interni
- $Q_{sol}$  sono i guadagni termici solari
- $\eta_{H,gn}$  è il fattore di utilizzazione degli apporti termici

La capacità termica di un sistema esprime l'attitudine di questo ad immagazzinare energia termica (maggiore è la quantità di calore necessaria ad un aumento di temperatura, maggiore è la capacità termica). Questa energia assieme alla sua resistenza giocano un ruolo fondamentale nella cosiddetta costante di tempo dell'edificio: quanto maggiore è la costante di tempo tanto minori sono le oscillazioni termiche interne e quindi tanto migliore sarà il comportamento termico dello stesso. Considerando come sistema l'edificio, la sua capacità termica dipende dalla capacità termica specifica dei materiali di cui è costituito, espressa come  $C_m$  [J/(kg K)]; scrivendo:

$$\tau_0 = R \cdot C$$

con:

- $\tau_0$  costante di tempo
- R resistenza termica
- C capacità termica

si ha che con la riduzione della massa dell'edificio la capacità termica C diminuisce e, a pari resistenza termica R, anche  $\tau_0$ .

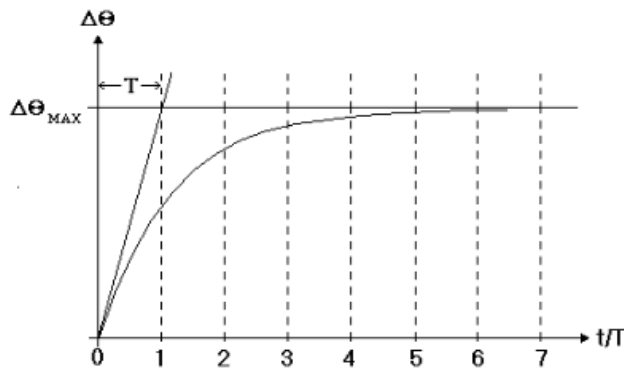


Fig. 6.46 - Legame resistenza - capacità termica

L'utilizzo di finestre vetrate di proporzioni generose hanno effetti sensibili sul surriscaldamento interno degli ambienti. La riduzione di massa delle pareti comporta, se non attentamente controbilanciata, anche una riduzione della resistenza termica e pertanto la riduzione della costante di tempo  $\tau_0$  risulta amplificata con effetti ancor più deleteri sul comportamento termico degli edifici. La capacità termica e la costante di tempo assumono un significato rilevante per garantire il perdurare del comfort termico interno e l'efficienza dell'involucro di un edificio.

Il valore della capacità termica di edificio,  $C_m$ , deve essere dunque calcolato sommando le capacità termiche di tutti gli elementi in contatto termico diretto con l'aria interna:

$$C_m = \sum \kappa_j \cdot A_j$$

dove:

- $\kappa_j$  è la capacità termica areica del componente, in J/(m<sup>2</sup> K)
- $A_j$  è l'area dell'elemento, in m<sup>2</sup>

Con questo parametro è possibile determinare il fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti, funzione del rapporto apporto/perdite e inerzia termica, che caratterizza l'abilità dell'edificio a utilizzare gli apporti solari ed interni in modo che questo porti ad una riduzione della richiesta di calore da parte del sistema di riscaldamento.

Considerando l'andamento nel tempo della sovratemperatura  $\Delta\theta$ , la costante  $T_H$  indica la costante di tempo e caratterizza l'inerzia termica dello

spazio riscaldato durante tutto il periodo di riscaldamento. Viene calcolata con la formula:

$$\tau = \frac{C_m/3600}{H_{tr,adj} + H_{ve,adj}}$$

dove:

- $\tau$  è la costante di tempo, in ore
- $C_m$  è la capacità termica interna dell'edificio o della zona, in J/K
- $H_{tr,adj}$  e  $H_{ve,adj}$  rappresentano i coefficienti di perdita per trasmissione e ventilazione, in W/K
- 3600 viene utilizzato per convertire la capacità termica da MJ in Wh.

TAU e Parametro AH							
Nome	$C_m$ [kJ/K]	Ht [W/K]	Disp.term. Vent. [W/K]	Hv op [W/K]	Htr + Hve [W/K]	$T_h$	AH
Blocco 1	272463.51	3208.62	2451.361	954.13	176.902	13.372	1.891
Blocco 2	84190.347	1052.396	662.893	248.867	98.462	13.645	1.91

L'inerzia termica durante il periodo invernale si dimostra efficiente, perché dallo spegnimento del sistema di riscaldamento si riesce a mantenere la temperatura accumulata per circa 13 ore.



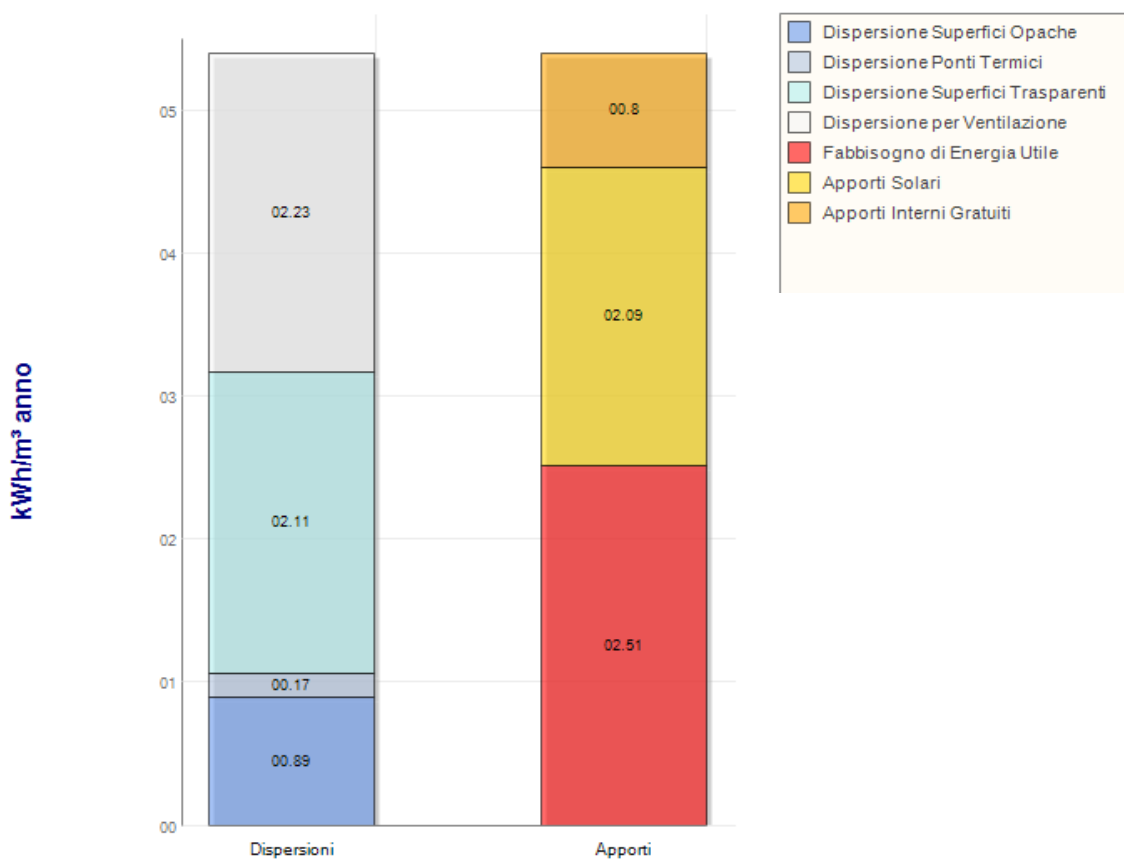
## 6.7.5 FABBISOGNO IDEALE INVERNALE B1

Dati sulle Destinazioni d'Uso sulle Unità Abitative						
Nome	Tipologia	Codice	Tint Inv.	Is [Medio]	Vop [Medio]	Apporti Int. Spec.
Scuola media	Terziario	E.7	20	0.5	21.6	4
Scuola Elementare	Terziario	E.7	20	0.5	21.6	4

VENTILAZIONE: proprietà									
Unità	Vent. Nat.	Vent. Mecc.	Portata Fissa	Igoregolabile	Doppio Flusso	Recup. Calore	Um. Rel.	n di Lavoro	n Risultante
Scuola media	False	True	False	True	False	0.8	0	1.944	1.166
Scuola Elementare	False	True	False	True	False	0.8	0	0.513	0.308

DATI PER IL GRAFICO DEL FABBISOGNO (Q)						
$Q_{H,ve}$	$Q_{sol,op}$	$Q_{sol,tr}$	$Q_{int}$	$Q_h$	$Q_{h,tr}+Q_{h,ve} \max$	Costante
21832.856	4137.091	51652.024	19549.872	2.514	132268.09	22.292

### Fabbisogno di Energia Utile dell'Involucro



La prestazione energetica del Blocco 1 è pari a 2.51kWh/m³a

APPORTI - DISPERSIONI

SCAMBI TERMICI: Blocco 1							
Mese	En. x Trasm. [kWh]	En. x Vent. [kWh]	Apporti Int. [kWh]	Apporti Sol. [kWh]	GAMMA	Fatt. Utiliz.	Fabbisogno [kWh]
DIC	18128.764	12657.257	6640.39	12293.736	0.615	0.797	15702.847
GEN	21948.305	15575.357	6640.39	13849.76	0.546	0.825	20618.603
FEB	19177.418	13573.87	5997.772	17882.929	0.729	0.751	14813.606
MAR	18367.485	12839.638	6640.39	25547.058	1.031	0.644	10478.667

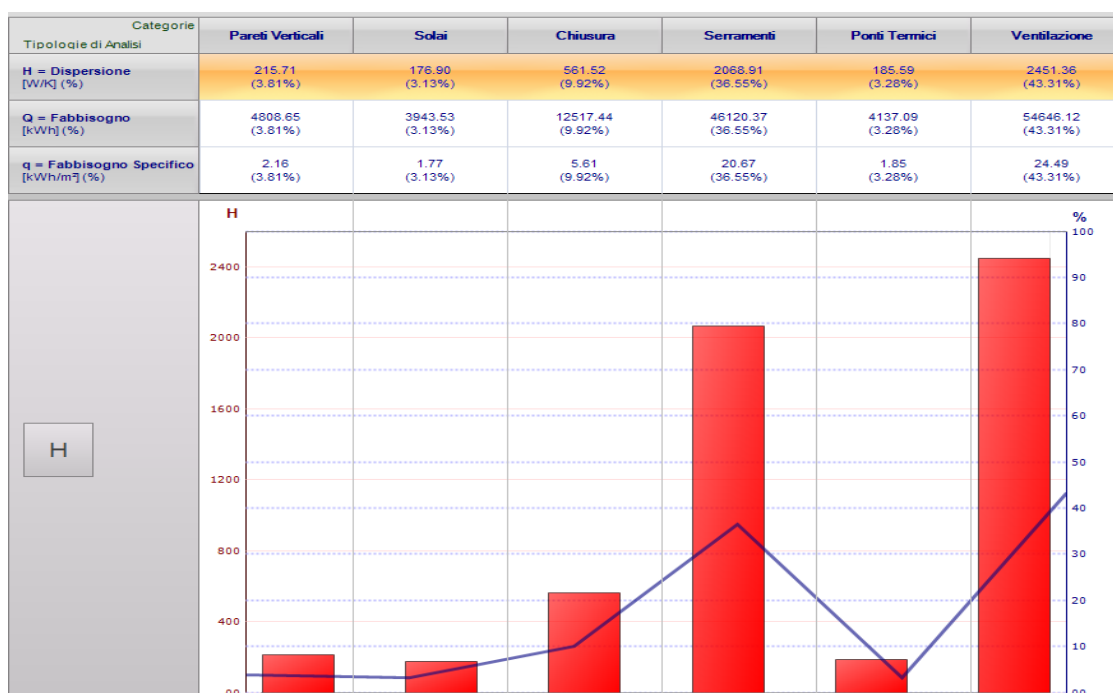
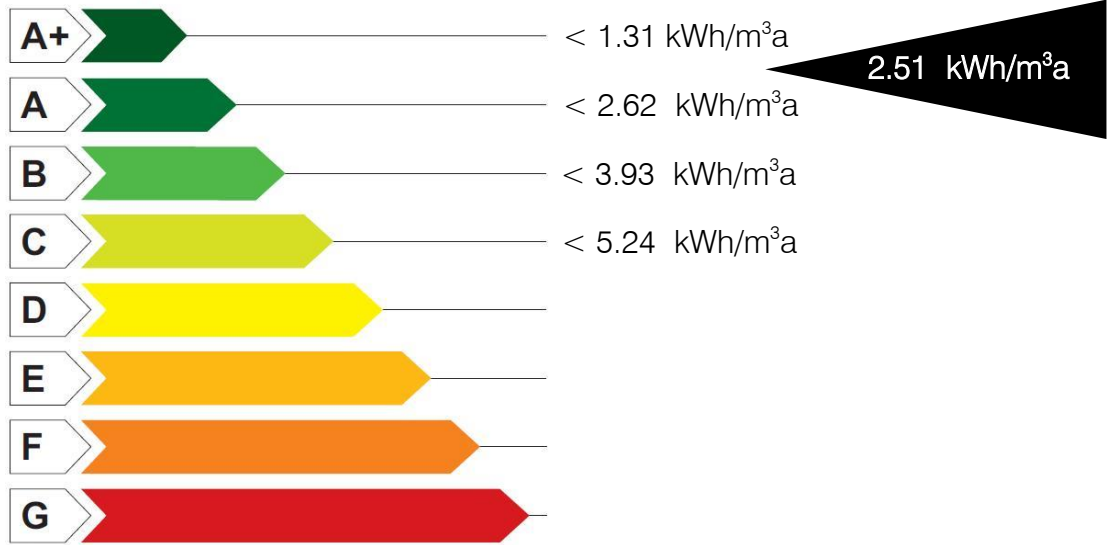


Fig. 6.47 - Dispersioni nel mese di Gennaio

In conclusione il blocco 1, facendo riferimento alla scala delle classi energetiche per la climatizzazione invernale, rientra per quanto concerne l'involucro esterno in classe A. L'impossibilità di utilizzare un recuperatore di calore sta nel fatto che il calore in eccesso è utilizzato per il riscaldamento delle zone di transito.

Basso fabbisogno



Alto fabbisogno

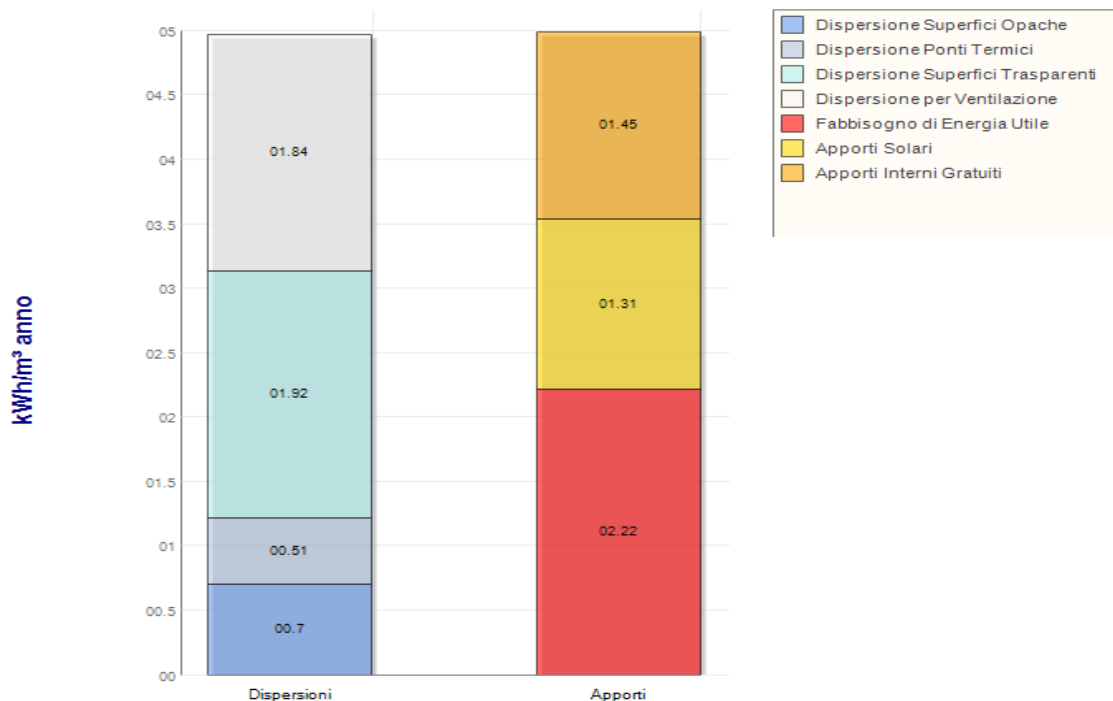
## 6.7.6 FABBISOGNO IDEALE INVERNALE – B2

Dati sulle Destinazioni d'Uso sulle Unità Abitative							
Nome	Tipologia	Codice	Tint Inv.	Tint Est.	Is [Medio]	Vop [Medio]	Apporti Int. Spec.
Scuola Materna	Terziario	E.7	20	26	0.5	21.6	4
Uffici	Terziario	E.2	20	26	0.12	39.6	6

VENTILAZIONE: proprietà									
Unità	Vent. Nat.	Vent. Mecc.	Portata Fissa	Igroregolabile	Doppio Flusso	Recup. Calore	Um. Rel.	n di Lavoro	n Risultante
Scuola Materna	False	True	False	True	False	0.8	0	0.936	0.561
Uffici	False	True	False	True	False	0.8	0	0.58	0.348

DATI PER IL GRAFICO DEL FABBISOGNO (Q)						
$Q_{H,ve}$	$Q_{sol,op}$	$Q_{sol,tr}$	$Q_{int}$	$Q_h$	$Q_{h,tr}+Q_{h,ve} \max$	Costante
5621.018	4124.65	15441.444	11661.483	2.219	40064.252	22.292

### Fabbisogno di Energia Utile dell'Involucro



Il fabbisogno utile al riscaldamento del blocco 2 è pari a 2.22 kWh/m<sup>3</sup>a.

SCAMBI TERMICI:							
Mese	En. x Trasm.	En. x Vent.	Apporti Int.	Apporti Sol.	GAMMA	Fatt. Utiliz.	Fabbisogno
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]			[kWh]
DIC	-4830.795	-3422.753	4010.957	1655.605	0.687	0.784	3812.103
GEN	-5865.689	-4211.86	4010.957	1873.046	0.584	0.825	5222.825
FEB	-5122.777	-3670.622	3622.8	2119.208	0.653	0.797	4216.054
MAR	-4895.475	-3472.072	4010.957	2586.112	0.788	0.744	3457.413

Tab. 10. 20 Fabbisogno ideale B2

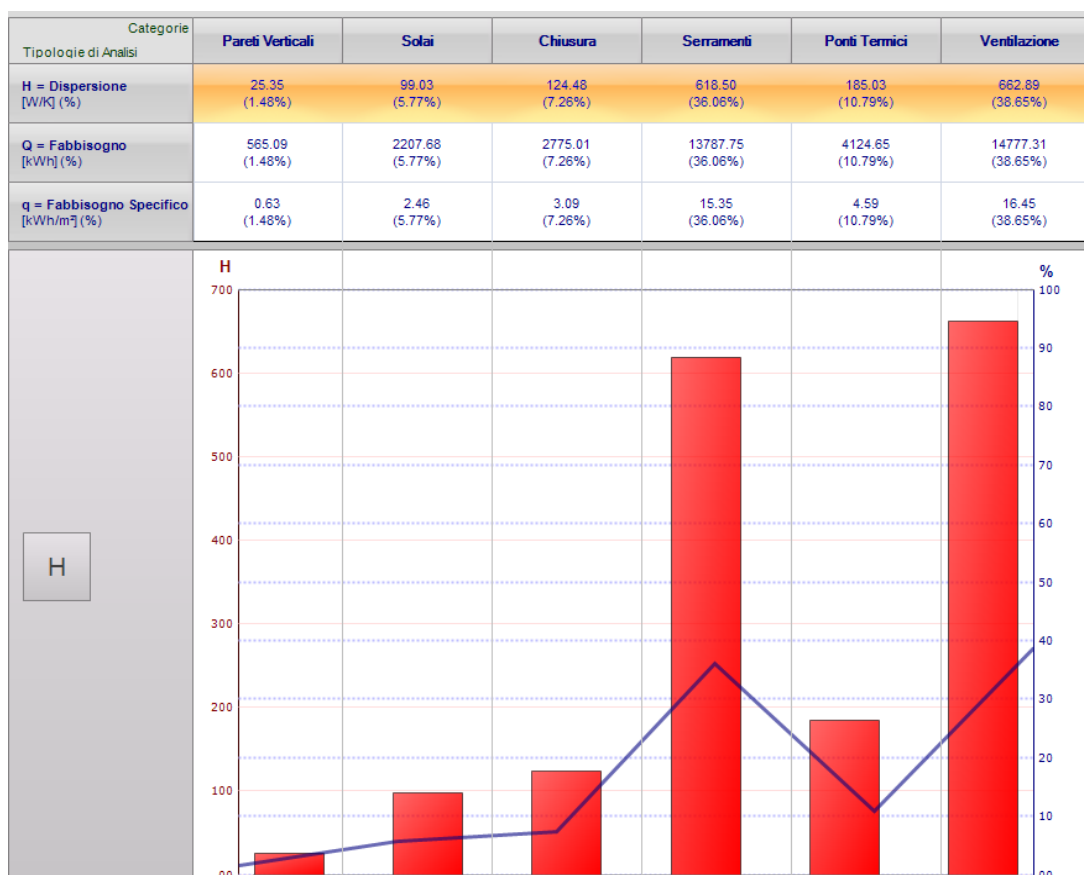
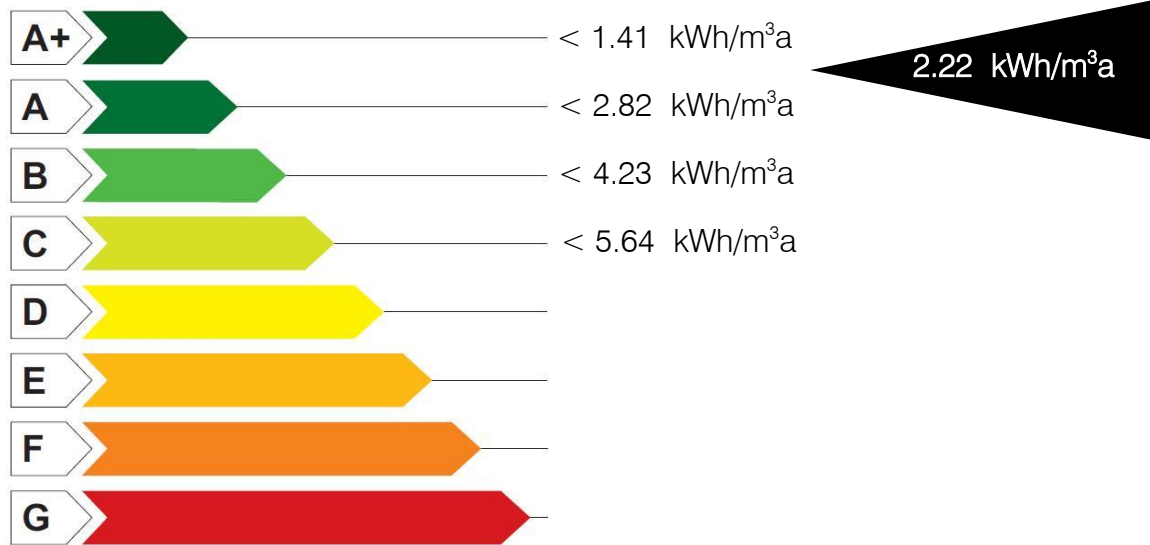


Fig. 6.48 - Dispersioni nel mese di Gennaio

In conclusione il blocco 2, facendo riferimento alla scala delle classi energetiche per la climatizzazione invernale, rientra per quanto concerne l'involucro esterno in classe A. L'impossibilità di utilizzare un recuperatore di calore sta nel fatto che il calore in eccesso è utilizzato per il riscaldamento delle zone di transito.

Basso fabbisogno



Alto fabbisogno



## CAPITOLO VII

# STUDIO ILLUMINOTECNICO

L'obiettivo di questo capitolo è di analizzare il rapporto tra la luce naturale ed il nostro edificio sia al suo esterno per quanto riguarda l'ombreggiamento, che al suo interno per quanto riguarda le condizioni di benessere visivo all'interno delle aule. Il software ecotect, ha permesso di realizzare studi sulle ombre in varie ore e vari giorni dell'anno sul modello 3d dell'edificio ed è servito anche per realizzare l'analisi FLD dell'aula in modo da sapere se la normativa di riferimento fosse rispettata o meno. Le richieste normative danno indicazioni anche sui valori di illuminamento, che sono stati studiati per l'aula più critica utilizzando il software illuminotecnico Relux che ha fornito i grafici isolux ed in falsi colori sia in pianta che in assonometria. Per completare l'analisi illuminotecnica è stato ipotizzando il progetto di un impianto di illuminazione, sono state scelte le lampade da utilizzare e sono stati calcolati i consumi e il fabbisogno di energia elettrica annuale per ogni aula.

## 7.1. Comfort visivo

Un edificio scolastico è una struttura votata al sostegno e allo stimolo dell'apprendimento; l'illuminazione deve essere strumentale a tale finalità.

La luce naturale ha sempre effetti benefici sull'estetica dei locali e sul benessere degli occupanti ma, per le scuole in particolar modo, la sua importanza è ancora maggiore. Oltre al risparmio di energia elettrica per l'illuminazione e alla valorizzazione commerciale dell'immobile, la luce naturale ha infatti due effetti importanti sulle persone:

- effetto caffeina (a breve termine) nel senso che fa aumentare attenzione e prestazioni intellettive e incide positivamente sull'umore;
- effetto vitamina (a lungo termine) legato agli effetti benefici sui ritmi circadiani e sul benessere psicofisico.

Considerando l'importanza che concentrazione e benessere psicofisico hanno nel periodo della crescita, è evidente il ruolo fondamentale della luce naturale nelle scuole. Creare un ambiente di apprendimento stimolante può aiutare a sentire i ragazzi a proprio agio e a concentrarsi meglio per beneficiare al massimo dell'esperienza di apprendimento a scuola. L'illuminazione gioca un ruolo positivo nel mantenere vigili le menti dei ragazzi e nel favorire la loro partecipazione attiva.

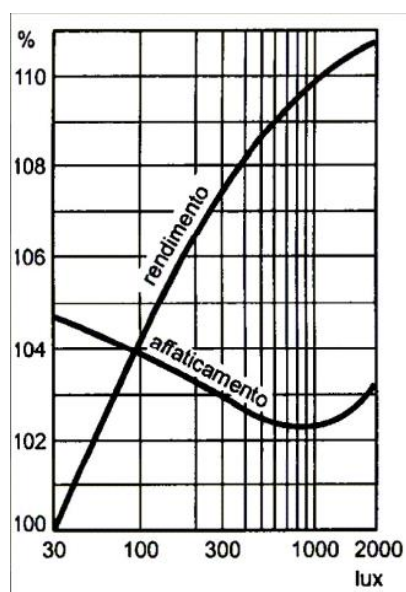


Fig. 7.1 – Legame lux/ritmi fisiologici

La presenza di luce naturale è un aspetto fondamentale per la qualità dei luoghi di studio e di lavoro. Una delle relazioni più ovvie tra l'uomo e la luce è legata ai ritmi fisiologici. Il sole è l'orologio naturale che controlla i cicli di giorno e notte e le complesse variazioni chimiche e fisiche che regolano il corpo umano durante il corso della giornata. L'organismo, percepisce la variazione dell'intensità e della lunghezza di tempo dell'esposizione alla luce determinato dall'alternarsi del giorno e della notte, ovvero dalla presenza o meno di luce solare, e reagisce di conseguenza producendo diversi tipi di ormoni. Tra gli effetti provocati dalla

manca di luce ci sono mancanza di concentrazione, irritabilità, affaticamento e addirittura depressione.

Una cattiva gestione in questo senso potrebbe avere conseguenze negative sulla formazione dei bambini ed è per questo che uno studio approfondito sull'argomento è indispensabile, al di là dei risvolti economici ed estetici.

Nelle scuole, gran parte dei locali sono, dal punto di vista della progettazione illuminotecnica, ambienti piuttosto comuni. Fanno

eccezione le aule perché caratterizzate dal fatto che le aperture verso l'esterno sono presenti su un'unica parete. Ne derivano una distribuzione non uniforme della luce che decresce rapidamente a mano a mano che ci si allontana dalle finestre e un livello di illuminamento insufficiente nelle zone più in profondità con il rischio di sprecare energia illuminando tutta l'aula quando lo richiederebbe solo una parte.

Inoltre le aule sono il centro nevralgico del processo di apprendimento e quindi l'illuminazione deve essere sufficientemente adattabile per fornire l'illuminazione richiesta dalle attività della giornata, è quindi importante creare un ambiente confortevole da questo punto vista.

Le attività si svolgono generalmente su cattedre, tavoli e pareti, attraverso l'uso di libri di testo e lavagne. Gli studenti e i docenti interagiscono ed è quindi importante riuscire a distinguere le espressioni e il linguaggio corporeo, da qui l'importanza dell'illuminazione verticale e orizzontale. L'illuminamento verticale

sottolinea il modellato e di conseguenza permette ai docenti di comunicare con espressioni facciali ben comprensibili. Tutto ciò ha particolare importanza per gli studenti audiolesi, che basano la propria comprensione sulla lettura delle labbra e dei segni.

## 7.2 Riferimenti normativi

Come strumento normativo di riferimento sono state utilizzate le normative tecniche UNI10840 (revisionata dal progetto di norma U29000310) e UNI EN 12464-1.

La UNI 10840 specifica i criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale delle aule e degli altri locali scolastici, in modo da garantire le condizioni generali per il benessere e la sicurezza degli studenti e degli altri utenti della scuola.

La UNI EN 12464-1 "Illuminazione dei Luoghi di Lavoro" sostituisce la precedente 10.380 e tratta dell'illuminazione artificiale, analizzando i compiti visivi abituali, evidenziando le esigenze di comfort visivo e dando indicazioni sui livelli di illuminamento, uniformità e grado massimo di abbagliamento necessari alle diverse prestazioni visive, incluse quelle che comportano l'utilizzo di videoterminali.

La progettazione necessita la conoscenza dei principali parametri di controllo dei campi luminosi e dei valori limite stabiliti nelle normative per ogni tipo di ambiente e attività presa in considerazione.

I valori tabellari si riferiscono alle verifiche di fattore di luce diurna medio ( $\eta_m$ ), di illuminamento medio ( $E_n$ ), dell'indice unificato per la valutazione di abbagliamento diretto (UGR) e della resa colorimetrica ( $R_a$ ).

Tipo di ambiente, di compito visivo o di attività	$\eta_m$ (%)	Note
<b>Asili nido e asili d'infanzia</b>		
Aule giochi	≥5	
Nido	≥5	
Aule lavori artigianali	≥3	
<b>Edifici scolastici</b>		
Aule in scuole medie superiori	≥3	
Aule in scuole serali e per adulti	-	
Sale di lettura	≥3	
Lavagna	-	
Tavolo per dimostrazioni	-	
Aule educazione artistica	≥3	
Aule educazione artistica in scuole d'arte	≥3	
Aule per disegno tecnico	≥3	
Aule di educazione tecnica e laboratori	≥3	
Aule lavori artigianali	≥3	
Laboratori di insegnamento	≥3	
Aule di musica	≥3	
Laboratori di informatica	≥3	Vedere raccomandazioni per videotermini (6.1.9)
Laboratori linguistici	≥3	
Aule di preparazione e officine	≥3	
Ingressi	≥1	
Aree di circolazione e corridoi	≥1	
Scale	≥1	
Aule comuni e Aula Magna	≥2	
Sale professori	≥2	
Biblioteca: scaffali	-	
Biblioteca: area di lettura	≥3	
Magazzini materiale didattico	≥1	
Palazzetti, palestre e piscine	≥2	
Mensa	≥2	
Cucina	≥1	
Bagni	≥1	

- Il fattore medio di luce diurna  $\eta_m$  è il rapporto espresso in per cento tra l'illuminamento medio dell'ambiente,  $E_m$ , e l'illuminamento  $E_0$  che si ha nelle stesse condizioni di tempo e spazio, su una superficie orizzontale esterna che riceve luce dall'intera volta celeste, senza irraggiamento solare diretto.

La norma UNI 10840 specifica inoltre una verifica di uniformità che si traduce in una qualità distributiva della luce nell'ambiente ed evita un affaticamento visivo dovuto all'eterogeneità del campo luminoso.

Al fine di garantire un'adeguata uniformità dell'illuminazione naturale, all'interno degli ambienti, deve essere garantito il seguente rapporto relativi al fattore di luce diurna puntuale:  $\frac{\eta_{min}}{\eta_{max}} > 0,16$

Attività	DGI
Laboratori	21
Sale lettura	21
Aule	21
Sale computer	21
Aule da disegno	21
Aule di musica	23
Biblioteche	21
Palestre	23

Per quanto riguarda l'abbagliamento dovuto alla luce naturale la norma indica come valore di riferimento il DGI daylight glare index e riporta i seguenti valori per ciascuna destinazione d'uso:

Nella progettazione e nelle verifiche si procederà ad un controllo visivo direttamente sull'immagine prodotta dal software e sulle differenze tra i valori di illuminamento. Questo tipo di verifica qualitativa garantisce un notevole risparmio di tempo ed un buon grado di approssimazione con risultati verosimili.

Verranno anche analizzati i valori di illuminamento sulle aree di lavoro e verranno confrontati con quelli limite richiesti dalla norma UNI10840 per la luce artificiale, in questo modo si potrà comprendere quando sia necessario l'apporto della luce artificiale e in che quantità così da rendere piacevole e confortevole la transizione tra gli apporti variabili di luce naturale e luce artificiale.

6.1 Asili nido, scuole materne					
N° riferimento	Tipo di interno, compito o attività	$\bar{E}_m$ lx	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	Note
6.1.1	Aule giochi	300	19	80	
6.1.2	Nido	300	19	80	
6.1.3	Aule per lavoro manuale	300	19	80	
6.2 Locali scolastici					
N° riferimento	Tipo di interno, compito o attività	$\bar{E}_m$ lx	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	Note
6.2.1	Aule scolastiche	300	19	80	L'illuminazione dovrebbe essere regolabile.
6.2.2	Aule per corsi serali e per adulti	500	19	80	L'illuminazione dovrebbe essere regolabile.
6.2.3	Sale lettura	500	19	80	L'illuminazione dovrebbe essere regolabile.
6.2.4	Lavagna	500	19	80	Evitare le riflessioni speculari.
6.2.5	Tavolo per dimostrazioni	500	19	80	In sale lettura 750 lx.
6.2.6	Aule educazione artistica	500	19	80	
6.2.7	Aule educazione artistica in scuole d'arte	750	19	90	T <sub>CP</sub> ≥ 5 000 K
6.2.8	Aule per disegno tecnico	750	16	80	
6.2.9	Aule per educazione tecnica e laboratori	500	19	80	
6.2.10	Aule lavori artigianali	500	19	80	
6.2.11	Laboratorio di insegnamento	500	19	80	
6.2.12	Aule di pratica della musica	300	19	80	
6.2.13	Laboratori di informatica	300	19	80	Per lavoro con attrezzature munite di videoterminale vedere punto 4.11.
6.2.14	Laboratori linguistici	300	19	80	
6.2.15	Aule di preparazione e officine	500	22	80	
6.2.16	Ingressi	200	22	80	
6.2.17	Zone di circolazione, corridoi	100	25	80	
6.2.18	Scale	150	25	80	
6.2.19	Sale comuni per gli studenti e aula magna	200	22	80	
6.2.20	Sale professori	300	19	80	
6.2.21	Biblioteca: scaffali	200	19	80	
6.2.22	Biblioteca: zone di lettura	500	19	80	
6.2.23	Magazzini materiale didattico	100	25	80	
6.2.24	Palazzetti, palestre, piscine (uso generale)	300	22	80	Per attività più specifiche devono essere utilizzati i requisiti della EN 12193.
6.2.25	Mensa	200	22	80	
6.2.26	Cucina	500	22	80	

- L'illuminamento E è una grandezza fotometrica risultato del rapporto tra il flusso luminoso (misurato in lumen) emesso da una sorgente e la superficie dell'oggetto illuminato, è quindi riferita all'oggetto illuminato e non alla sorgente. L'illuminamento è massimo quando la superficie è disposta perpendicolarmente ai raggi luminosi e diventa nullo quando i raggi sono paralleli alla superficie. L'unità di misura dell'illuminamento è il lux, che corrisponde all'illuminamento prodotto su una superficie perpendicolare ai raggi da una sorgente posta a 1 metro di distanza e che abbia l'intensità luminosa di una candela.



- L'indice unificato per la valutazione di abbagliamento diretto (UGR) valuta la presenza in un ambiente di abbagliamento di tipo molesto. Il suo valore dipende dalla disposizione degli apparecchi illuminanti, delle caratteristiche dell'ambiente (dimensioni, indici di riflessione) e del punto di osservazione degli operatori e oscilla tra valori da 10 (nessun abbagliamento) a 30 (abbagliamento fisiologico considerevole).

- Resa del colore (Ra): è un indice che definisce la capacità di una lampada a restituire in modo adeguato i colori. Il valore massimo è 100 e diminuisce al diminuire della qualità della resa del colore. Il valore minimo di tale indice è indicato in tabella per ogni compito visivo.

### **7.3 Software di calcolo**

I calcoli e le analisi sono state eseguite con l'impiego di due tipi di software illuminotecnico: "Ecotect" dell'Autodesk e "Relux Suite" della Relux.

Questi hanno permesso di valutare ciascun parametro per il calcolo dell'apporto di luce naturale necessario a verificare i limiti richiesti dalla normativa. Con l'immissione della longitudine, della latitudine, della data e dell'ora e orientando il modello 3d secondo il nord di progetto è stato possibile determinare in modo realistico la posizione del sole per studiare l'ombreggiamento, il fattore di luce diurna e l'illuminamento in qualsiasi momento della giornata e dell'anno.

Per avere dei calcoli il più fedele possibile alla realtà, è stato necessario inserire i materiali, caratterizzati dalle loro proprietà fondamentali come le componenti di riflessione, la trasparenza e il colore.

Ecotect è servito per studiare l'ombreggiamento dell'edificio e del suo intorno e per calcolare il fattore di luce diurna. Dopo aver importato il modello 3d e impostato le caratteristiche del sito di progetto, vengono prodotte viste 3d con le ombre e con il diagramma solare che aiuta a capire la posizione del sole. Per quanto riguarda l'Fld è sufficiente impostare una griglia, corrispondente al piano di lavoro da analizzare all'interno dell'aula e il software restituirà i valori puntuali di Fld e il valore medio, offrendo anche grafici in falsi colori.

Relux è stato usato per calcolare l'illuminamento interno, per realizzare il progetto illuminotecnico delle aule per l'illuminazione notturna e inoltre anche per avere una stima dei costi dell'energia elettrica consumata dalle scuole durante un anno. Relux fornisce grafici puntuali, grafici con isolinee e viste in pianta o tridimensionali con le rappresentazioni dei valori di illuminamento in falsi colori. Per quanto riguarda l'illuminazione artificiale, Relux permette di importare le caratteristiche delle lampade fornite dalle aziende produttrici, in modo tale da far risultare la simulazione molto realistica. Ciò permette inoltre di avere una stima dei costi dell'elettricità consumata, basati sulla potenza e sul numero delle lampade.

Ricorrere a software illuminotecnici è oramai indispensabile per fare delle analisi riguardanti il comfort visivo in modo rapido e preciso, con la possibilità di studiare le diverse alternative e scegliere la soluzione che garantisca il maggior benessere visivo, oltre a verificare che i limiti imposti dalla norma siano rispettati.

## 7.4 Analisi delle ombre

La prima analisi riguarda l'ombreggiamento del sito di progetto ed è stata fatta per verificare che gli edifici limitrofi e i rilievi circostanti non proiettino ombre che possano ridurre l'apporto di luce naturale al nostro edificio. Lo studio del sito, mediante il software di calcolo delle ombre portate, Ecotect, è stato effettuato nei 4 giorni più critici dell'anno:

- Solstizio d'inverno: 21 – Dicembre, h 12:00
- Solstizio d'estate: 21 – Giugno, h 12:00
- Equinozio di primavera: 20 – Marzo, h 12:00
- Equinozio d'autunno: 23 – Settembre, h 12:00

Al variare delle stagioni, infatti, la durata delle ore di luce ed il percorso del sole variano: 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, al solstizio d'inverno (21 dicembre), si ha la situazione opposta con il sole che raggiunge il punto più basso.

Il giorno dei due equinozi, di primavera (20 marzo) e di autunno (23 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 in un punto sulla terra è determinata dall'angolo di altezza solare  $\alpha$  e dall'angolo azimutale  $\gamma$ . Il primo è l'angolo verticale che il raggio di incidenza del 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 dalla declinazione  $\delta$ , che è l'angolo formato dalla direzione del sole con il piano dell'equatore; dalla latitudine, che esprime l'angolo formato dalla congiungente il punto di osservazione con il

centro della terra e il piano dell'equatore; dall'angolo orario  $\omega$ , che è l'angolo formato dal piano meridiano passante per il sole con il meridiano di riferimento.

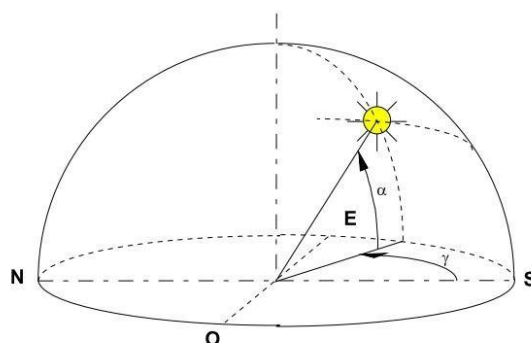
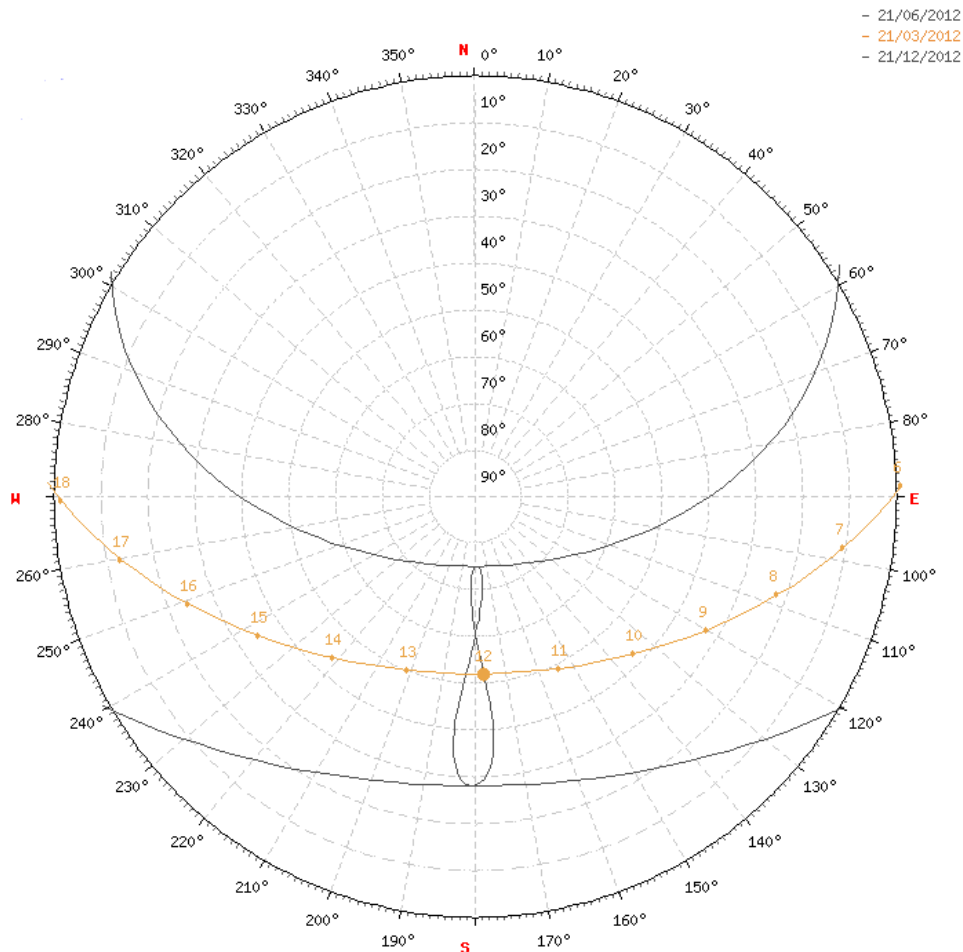


Fig. 7.2 – Angolo di altezza solare e angolo orizzontale

La declinazione varia durante l'anno da un valore massimo di  $-23^{\circ}27'$  in inverno ad un valore di  $23^{\circ}27'$  in estate ed è nulla agli equinozi; la latitudine assume valore  $0^{\circ}$  all'orizzonte e  $90^{\circ}$  al polo; l'angolo orario assume valori compresi tra  $-180^{\circ}$  e  $180^{\circ}$ .

Il nostro sito di progetto è situato ad una latitudine di  $38,46$ ; l'altezza solare massima è di  $74,97^{\circ}$ , quella minima è di  $28,1^{\circ}$ , mentre ai solstizi l'angolo di incidenza del sole alle ore 12:00 è di  $51,95^{\circ}$ .



**Fig. 7.3 – Percorso solare**

L'analisi ha permesso di stabilire le potenzialità e le criticità della zona, evidenziando la completa assenza di ombreggiatura del sito da parte degli edifici limitrofi o dai rilievi circostanti. Ci si trova quindi in una situazione ottimale per progettare liberamente l'edificio e le sue aperture, che potranno essere sfruttate come elemento per captare energia nei mesi freddi ma anche per portare la luce naturale all'interno dei locali.

21 DICEMBRE - SOLSTIZIO D'INVERNO

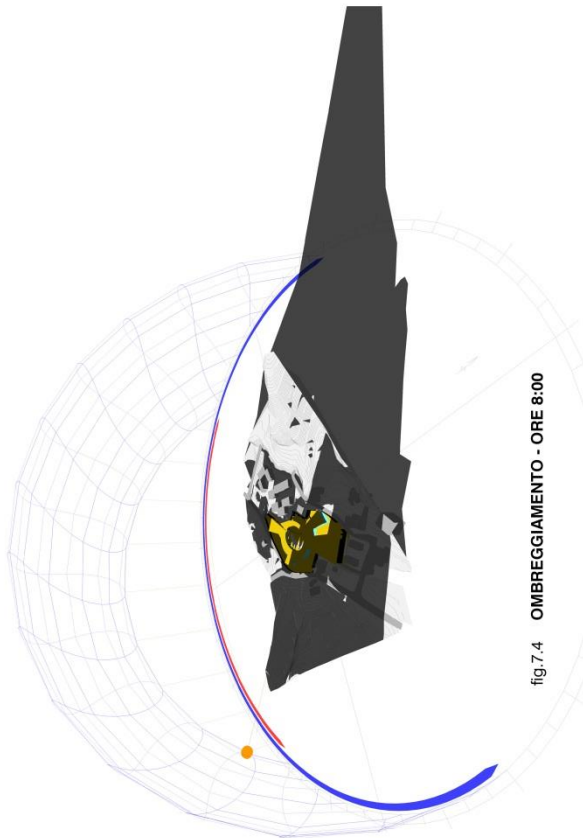


fig.7.4 OMBREGGIAMENTO - ORE 8:00

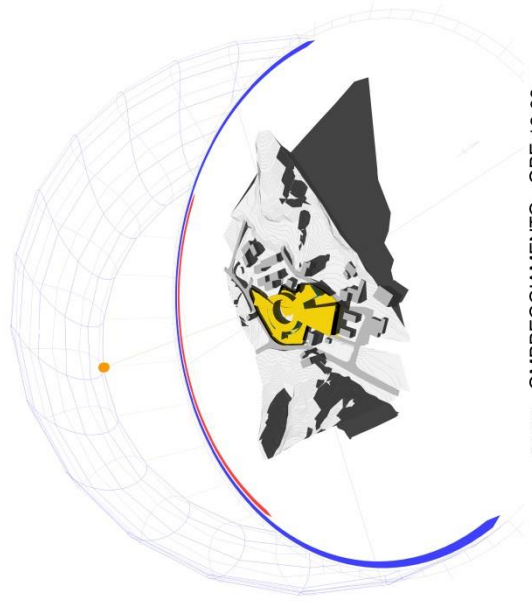


fig.7.6 OMBREGGIAMENTO - ORE 12:00

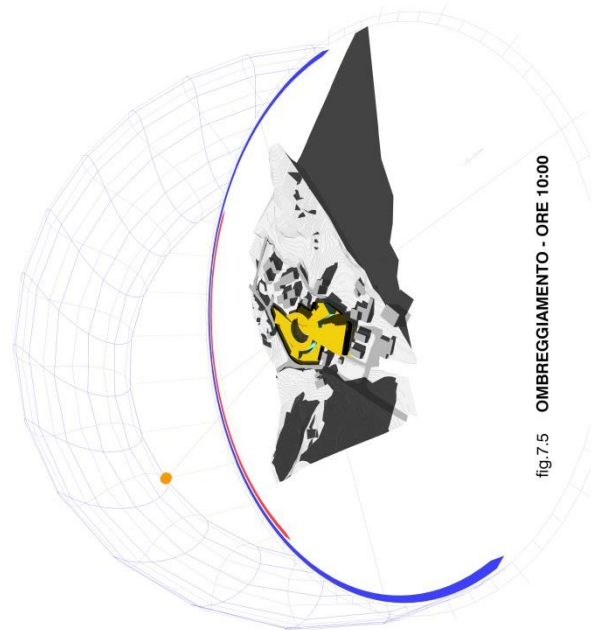


fig.7.5 OMBREGGIAMENTO - ORE 10:00

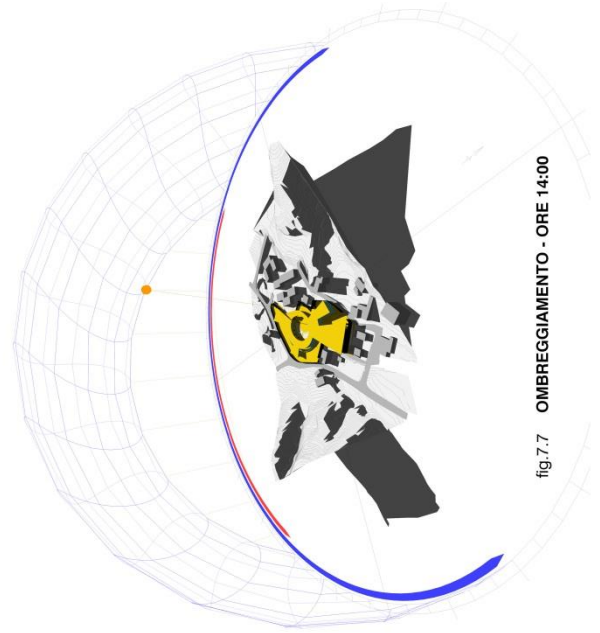


fig.7.7 OMBREGGIAMENTO - ORE 14:00

21 GIUGNO - SOLSTIZIO D'ESTATE

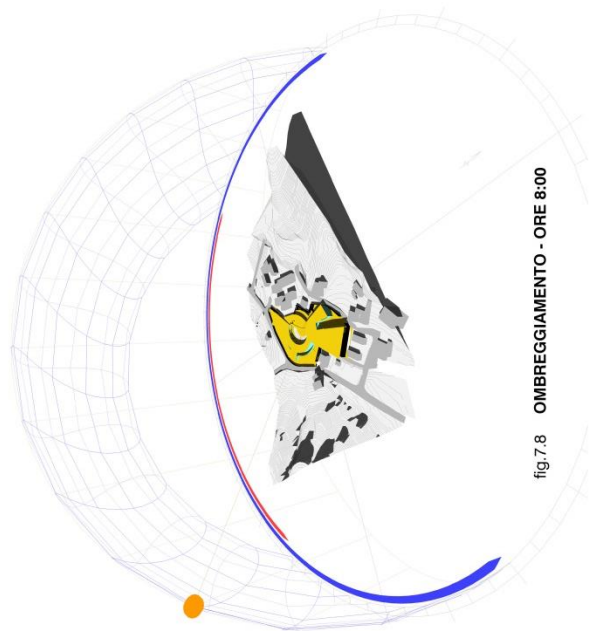


fig.7.8 OMBREGGIAMENTO - ORE 8:00

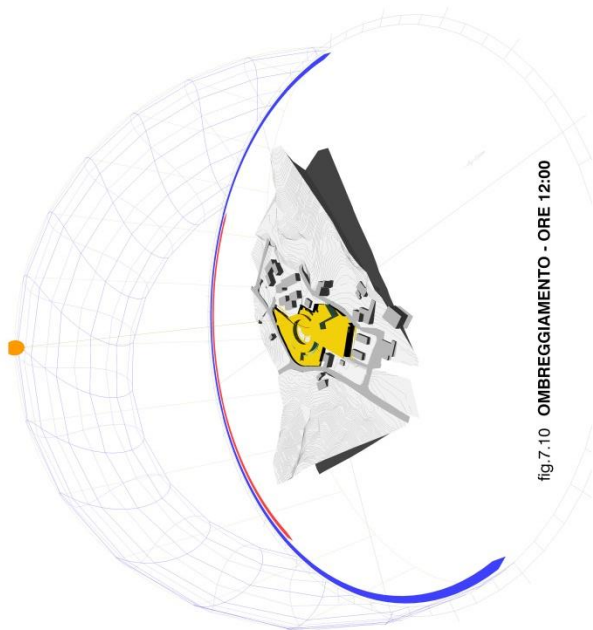


fig.7.10 OMBREGGIAMENTO - ORE 12:00

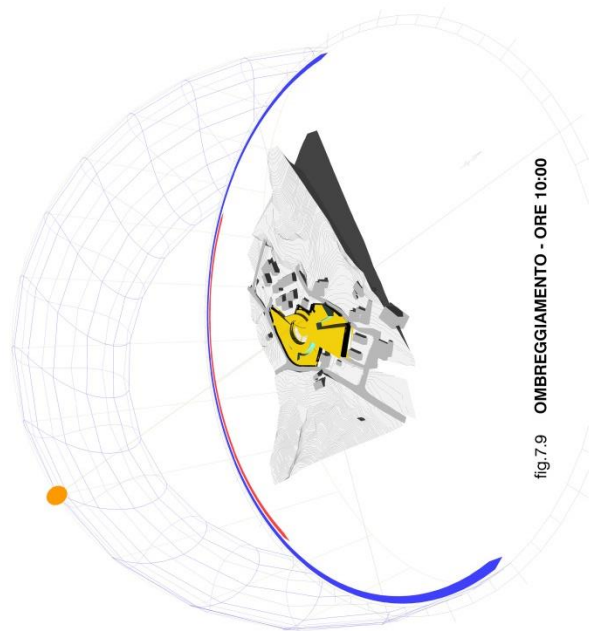


fig.7.9 OMBREGGIAMENTO - ORE 10:00

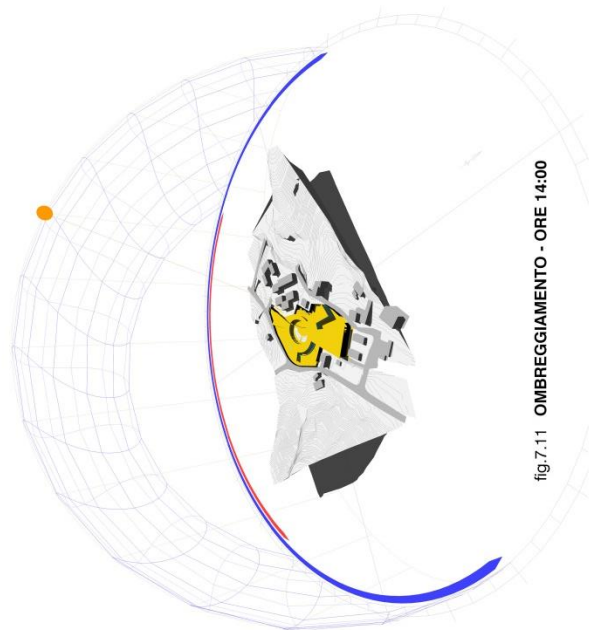


fig.7.11 OMBREGGIAMENTO - ORE 14:00



20 MARZO - EQUINOZIO DI PRIMAVERA

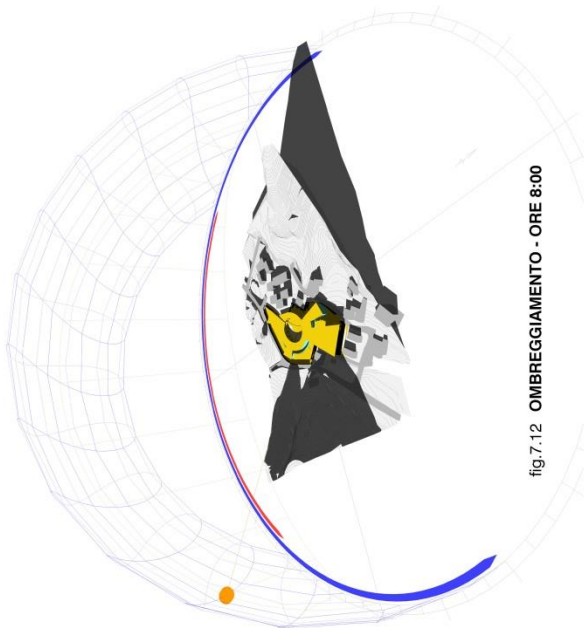


fig.7.12 OMBREGGIAMENTO - ORE 8:00

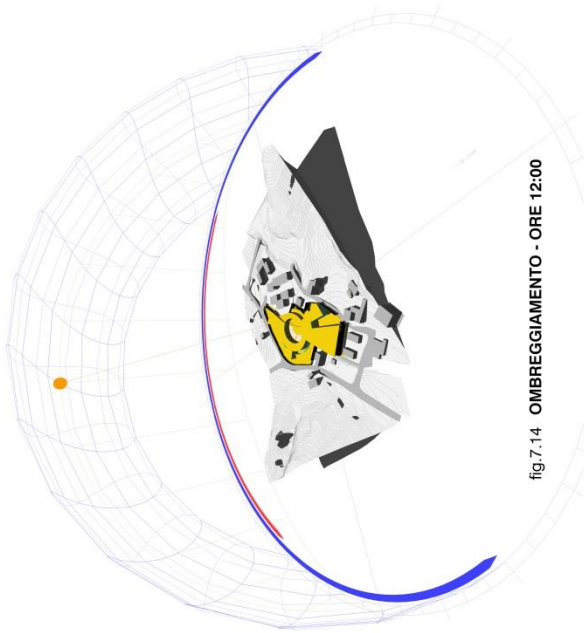


fig.7.14 OMBREGGIAMENTO - ORE 12:00

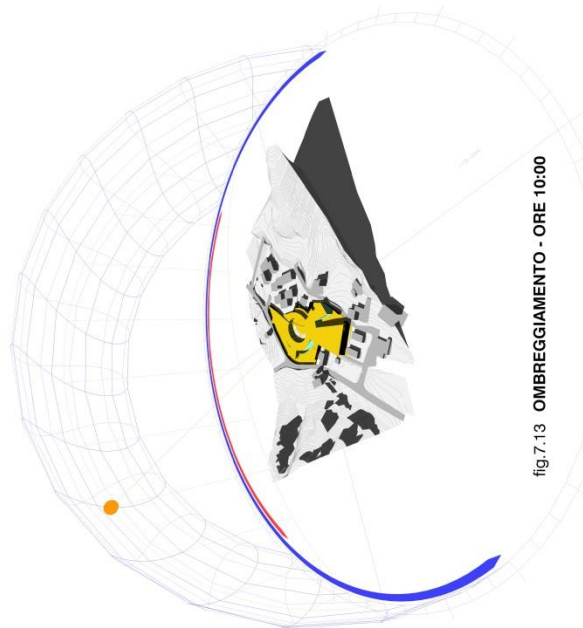


fig.7.13 OMBREGGIAMENTO - ORE 10:00

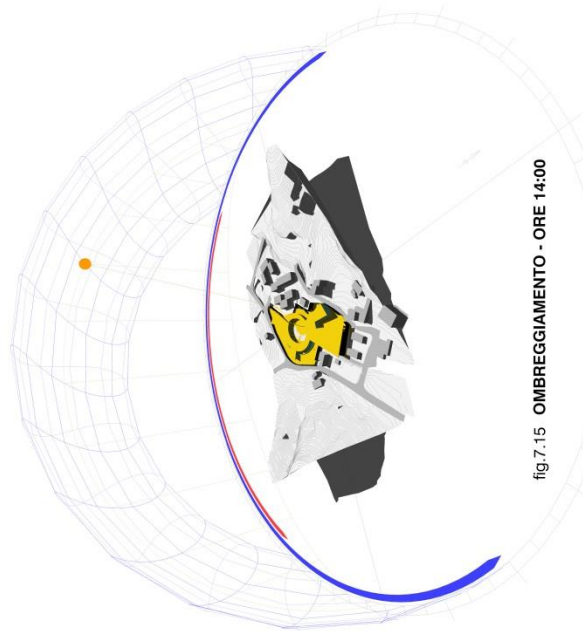


fig.7.15 OMBREGGIAMENTO - ORE 14:00



23 SETTEMBRE - EQUINOZIO D'AUTUNNO

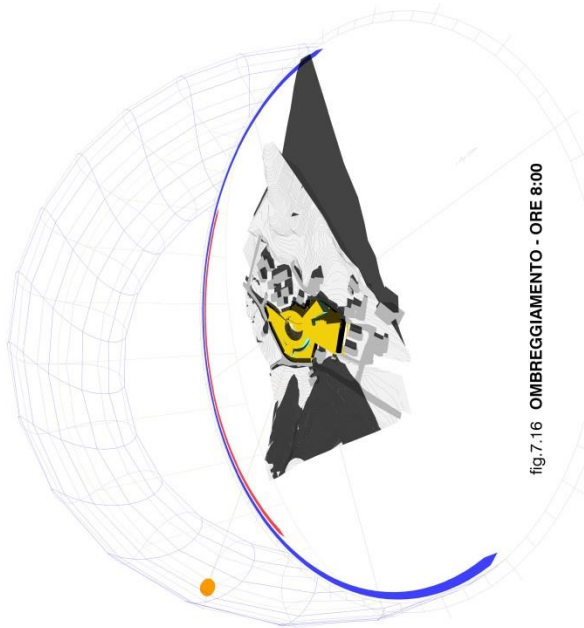


fig. 7.16 OMBREGGIAMENTO - ORE 8:00

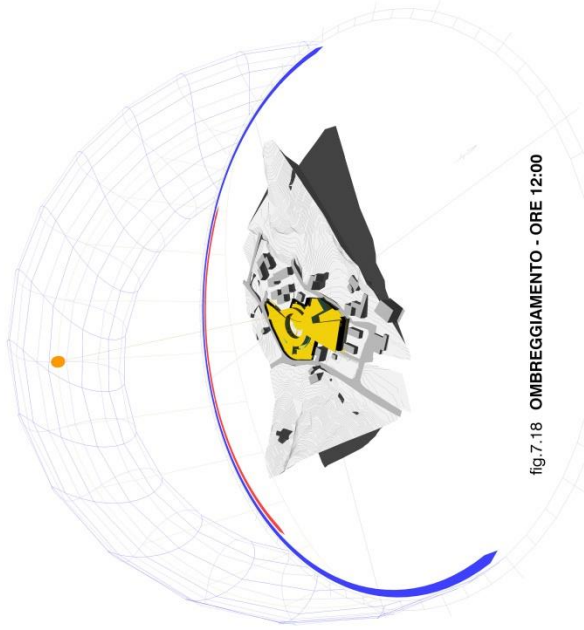


fig. 7.18 OMBREGGIAMENTO - ORE 12:00

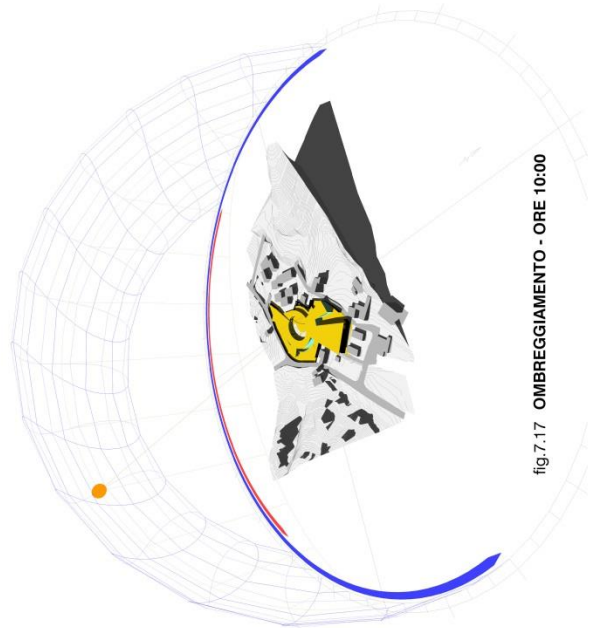


fig. 7.17 OMBREGGIAMENTO - ORE 10:00

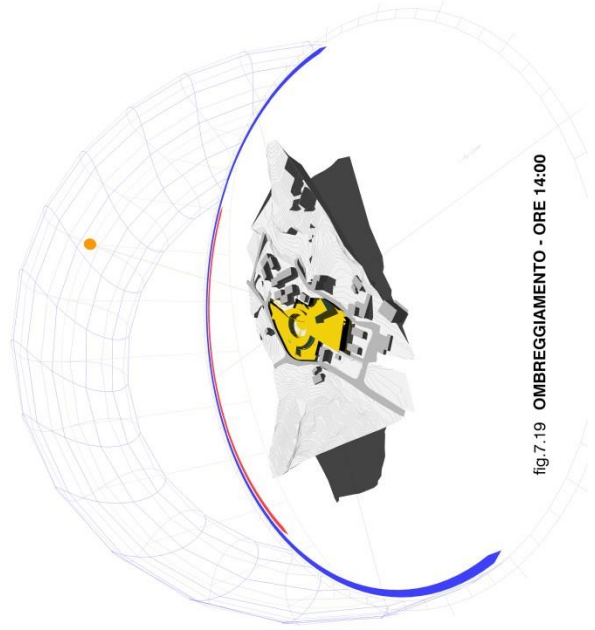


fig. 7.19 OMBREGGIAMENTO - ORE 14:00

## 7.5 Scelte progettuali

La progettazione della luce naturale è stato uno dei parametri considerati sin dalle prime fasi di studio del progetto. L'organizzazione e l'orientamento delle aule è stato pensato soprattutto in funzione del comfort visivo. La disposizione interna dell'aula prevede che la finestra sia posizionata alla sinistra degli alunni per non avere proiezione di ombre durante la scrittura (fatta eccezione per i mancini) Le finestre inoltre hanno un orientamento che va da Nord-Est a Sud-Ovest.

In questo modo la luce diretta del sole durante le ore di lezione non invade l'aula che resta illuminata solo da luce diffusa. Così facendo oltre ad evitare un surriscaldamento eccessivo dell'aula, molto importante essendo in un clima mediterraneo, si evita anche l'abbagliamento da luce diretta. La luce solare diretta infatti è la componente più complessa da controllare, non solo perché è variabile ma perché crea ombre nette e grandi differenze di illuminamento e temperatura tra una parte e l'altra della stanza.

Non è stato facile garantire l'illuminazione naturale in tutte le classi, visto che la metà di esse sono ad un livello ipogeo, ed è soprattutto per questo motivo che è stato aperto un atrio più piccolo al centro della scuola media che porta luce e aiuta la ventilazione anche nelle classi ipogee.

L'unica zona in cui non è stato possibile posizionare delle vere e proprie finestre è quella del corridoio ipogeo, illuminato con dei lucernari a specchio che hanno le sembianze di finestre normali e che permettono di rispettare i valori minimi di luce diurna, offrono una vista verso il cielo e garantiscono la ventilazione del corridoio.

Un'altra criticità dal punto di vista della presenza di luce naturale è stata riscontrata per la scuola materna. L'obiettivo principale era quello di evitare il surriscaldamento dovuto alla luce diretta del sole ed offrire viste stimolanti ai bambini. Le aule presentano aperture verso l'esterno a Nord-Ovest, posizionate ad un'altezza di 1,5 metri che consentono alla luce di entrare più in profondità e offrono ai bambini la vista verso il paesaggio circostante.

Dall'altra parte dell'aula invece sono presenti delle vetrate verso il corridoio, posizionate in basso e alte 1,2 m che hanno lo scopo di rendere l'ambiente più luminoso e di offrire solo ai bambini la vista dell'atrio interno e dello spazio esterno dedicato ai giochi, una sorta di finestra verso un mondo che solo i bambini possono vedere e immaginare come meglio credono, un'esclusività che dimostra un'attenzione alla diversa percezione dei bambini rispetto ad un adulto.

Anche la scelta dei materiali e del loro grado di riflessione è importante per il benessere visivo. Il coefficiente di riflessione è molto importante per evitare fenomeni di abbagliamento indiretto dovuto alla eccessiva riflessione della luce da parte dei materiali interni dell'aula. Per il soffitto è stato scelto un intonaco con coefficiente di riflessione ( $\rho$ ) di 0,7, per le pareti  $\rho$  pari a 0,5 e per la pavimentazione il coefficiente  $\rho$  di 0,2.

Nell'ambito di un progetto in cui il risparmio energetico ed il comfort sono le basi di ogni scelta, la luce naturale diventa un'opportunità per raggiungere anche altri obiettivi come il benessere visivo e la neutralità sensoriale. Questa scelta ha

anche motivi educativi di utilizzo di energie naturali disponibili: si impara a modellare la luce nei vari periodi dell'anno e durante le diverse ore del giorno.

## 7.6 Luce naturale

La luce naturale è molto importante per ottenere un buon livello di comfort durante lo svolgimento dei compiti visivi. E' anche possibile ricorrere alla luce artificiale, ma quella naturale ha una migliore qualità e permette una resa ottimale dei colori e garantisce livelli di illuminamento più elevati, anche se non può essere progettata con precise caratteristiche e non è facilmente gestibile come quella artificiale. Inoltre la luce naturale permette di risparmiare energia elettrica e quindi denaro, senza causare danni all'ambiente, in quanto rappresenta una componente rinnovabile della fonte di energia naturale proveniente dal sole.

Lungo tutto l'arco della giornata, negli ambienti esterni la luce naturale soddisfa ampiamente i livelli di illuminazione necessari al corretto svolgimento delle attività, ciò sta a significare che un uso corretto e consapevole dell'illuminazione naturale negli ambienti interni può portare ad avere un buon grado di illuminamento senza dover ricorrere alla luce artificiale e questo aspetto è considerato come un elemento qualificante della progettazione architettonica, sia per una gestione ottimale dei consumi di energia elettrica, che per il miglioramento del comfort visivo.

Un'illuminazione totalmente artificiale infatti, non consente di percepire le variazioni di luminosità esterna, impedendo quindi all'organismo umano di assecondare il suo orologio biologico, ossia l'alternanza del giorno e della notte e la variazione delle stagioni.

Per far sì che gli ambienti interni raggiungano dei buoni livelli di comfort visivo verrà studiata la luce naturale nelle aule dal punto di vista del fattore medio di luce diurna e dell'illuminamento.

### 7.6.1 FATTORE DI LUCE DIURNA

Per analizzare il fattore di luce diurna è stato usato il software Ecotect dell'Autodesk. Il calcolo è stato effettuato in condizioni di cielo coperto secondo le norme CIE e su un piano ad altezza di 75 cm. Essendo la superficie dell'edificio molto estesa si è deciso di analizzare solo l'aula che si trova in condizioni

peggiori, quella la cui finestra vede la minore porzione di cielo.

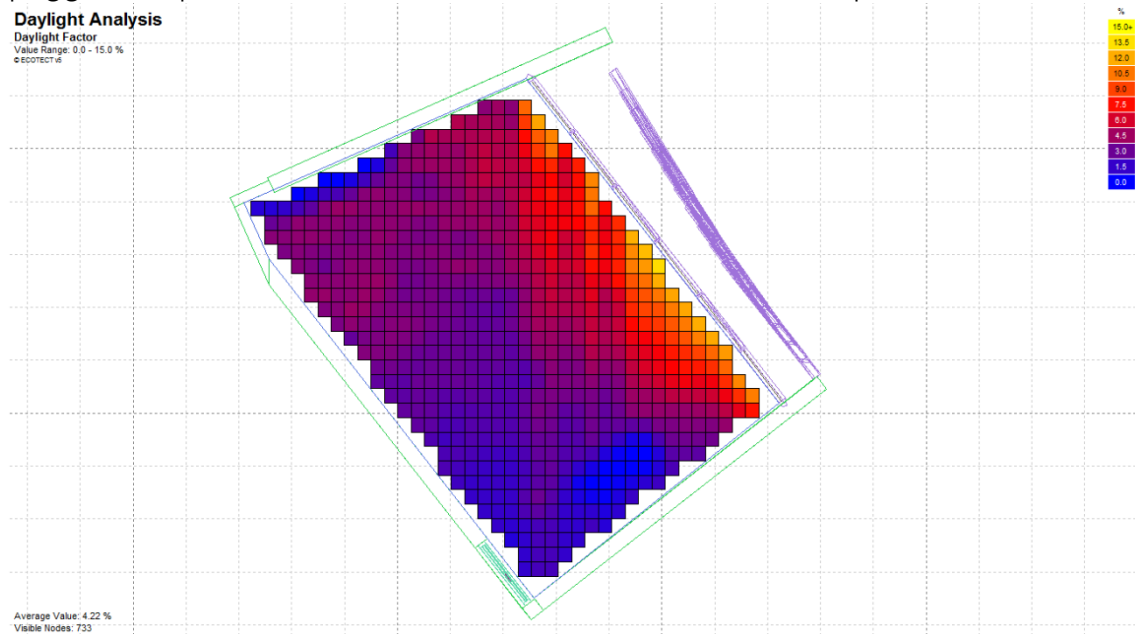


Fig. 7.20 – FLD aula critica

Il valore di FLDm è del 4,22% che è superiore al 3%, valore richiesto dalla norma per le aule scolastiche. Quindi l'apporto di luce naturale offerto dalle grandi vetrate è ottimo e questo contribuirà al comfort ambientale delle classi. La distribuzione del fattore di luce diurna, come ci si aspettava, data la presenza di aperture solo su un lato dell'aula, non è molto uniforme, però è comunque adeguato alla norma. Infatti il rapporto tra FLD minimo e FLD massimo rispetta quello consigliato: i valori presenti sono  $\eta_{min}=2\%$  e  $\eta_{max} = 12\%$

$$\frac{\eta_{min}}{\eta_{max}} = 0,17 > 0,16$$

## 7.6.2 ILLUMINAMENTO

L'illuminamento medio richiesto sulla superficie di lavoro, posta nel nostro caso a 75 cm dal suolo, è di 300 lux. In molti casi questo illuminamento è soddisfatto solo dalla luce naturale, in altri casi c'è bisogno dell'apporto della luce artificiale, però di una sola fila di lampade.

E' stata analizzata la classe critica in 3 giorni significativi dell'anno: 21 settembre, 21 dicembre e 21 maggio; per ogni giorno è stato studiato l'illuminamento alle ore 8 e alle ore 12; per ogni ora del giorno sono state fatte le ipotesi di cielo coperto e cielo sereno entrambi secondo la norma CIE.

21 SETTEMBRE

CIELO COPERTO

ORE 8:00

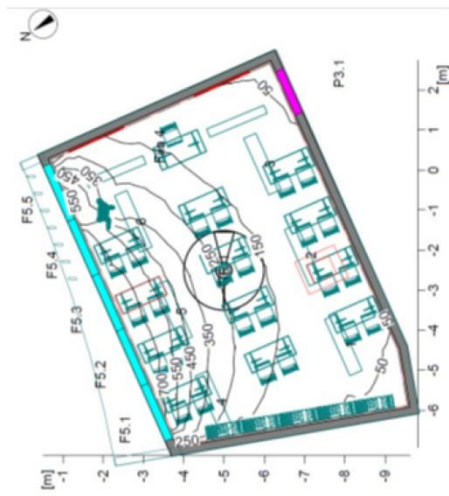


fig.7.21 ILLUMINAMENTO [lux] - ISOLINEE - PIANTA

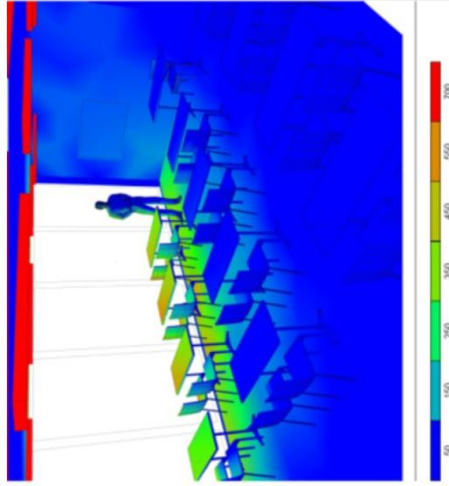


fig.7.23 ILLUMINAMENTO [lux] - FALSI COLORI - 3D

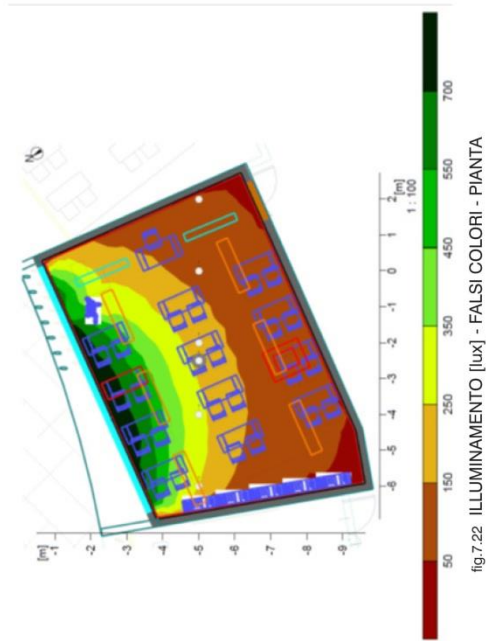


fig.7.22 ILLUMINAMENTO [lux] - FALSI COLORI - PIANTA

In condizioni di cielo coperto il 21 settembre alle ore 8:00, orario più critico della giornata, è necessario l'apporto della luce artificiale. E' sufficiente il solo funzionamento della fila di lampade più lontane dalla finestra, che se dimmerate non funzioneranno con la massima intensità, ma a meno del 50%, in quanto dovranno integrare l'illuminamento offerto dalla luce naturale di 50 lux apportando circa 300 lux alla fila di banchi più lontana dalla finestra. La fila di banchi adiacente alla finestra è illuminata a sufficienza dalla sola luce naturale.



21 SETTEMBRE ORE 12:00 CIELO COPERTO

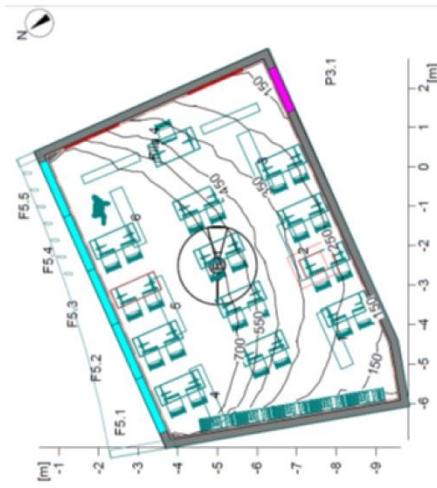


fig.7.24 ILLUMINAMENTO [lux] - ISOLINEE - PIANTA

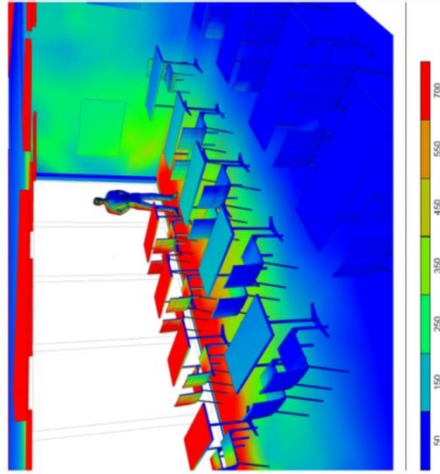


fig.7.26 ILLUMINAMENTO [lux] - FALSI COLORI - 3D

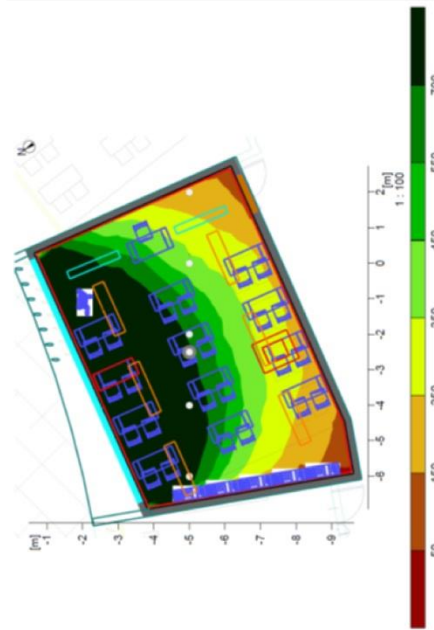


fig.7.25 ILLUMINAMENTO [lux] - FALSI COLORI - PIANTA

In condizioni di cielo coperto il 21 settembre alle ore 12:00 invece l'illuminamento medio richiesto di 300 lux è assicurato quasi per tutta l'aula, infatti solo nelle file di banchi lontani dalla finestra ci sono valori di illuminamento inferiori a quelli richiesti dalla norma che comunque si attestano su valori abbastanza buoni di 250 lux. L'apporto quindi che dovrà dare l'illuminazione artificiale sarà molto basso e grazie al dimmer sarà possibile avere un notevole risparmio di energia elettrica.

I valori di illuminamento per quanto riguarda i banchi adiacenti alla finestra risultano essere molto alti, superando anche i 700 lux, questo potrebbe provocare fenomeni di abbagliamento e quindi probabilmente sarà necessario usare dei sistemi di schermatura interna, ad esempio tende veneziane che possano diffondere la luce naturale verso il soffitto e verso il fondo dell'aula evitando contemporaneamente l'abbagliamento degli studenti seduti vicino alle finestre.



21 SETTEMBRE  
CESE

CIELO COPERTO + 1 FILA DI LUCI AC-

ORE 8:00

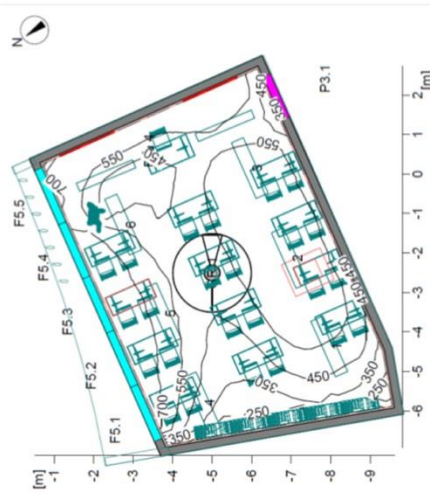


fig.7.27 ILLUMINAMENTO [lux] - ISOLINEE - PIANTA

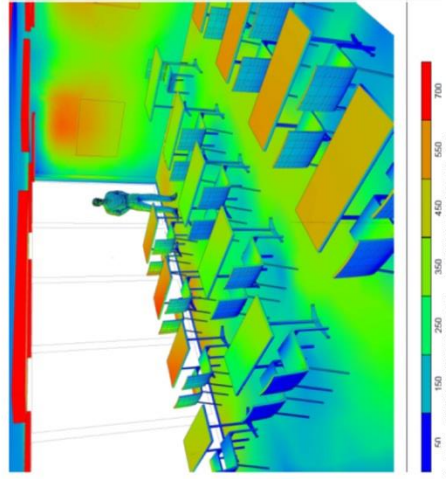


fig.7.29 ILLUMINAMENTO [lux] - FALSI COLORI - 3D

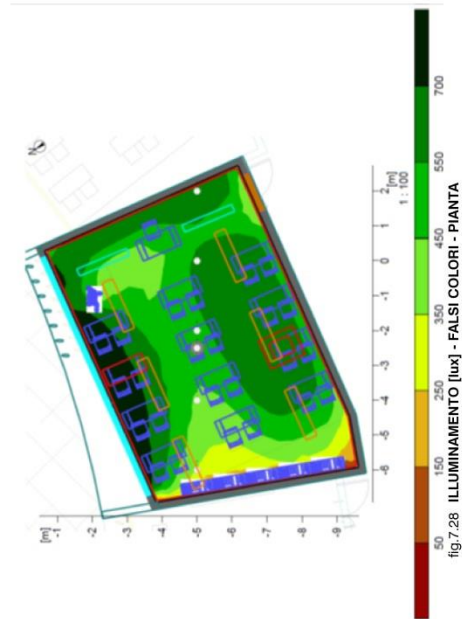


fig.7.28 ILLUMINAMENTO [lux] - FALSI COLORI - PIANTA

Alle 8:00 del 21 settembre, in condizioni di cielo coperto, l'illuminamento dato dalla sola illuminazione naturale non è sufficiente a garantire i 300 lux richiesti dalla norma e, quindi, è necessario l'apporto della luce artificiale. È stato quindi analizzato l'illuminamento dell'aula tenendo accessola fila di luci più distante dalla finestra e si può notare che la luce artificiale, in questo caso non dimmerata, supera abbondantemente i valori richiesti dalla norma. Nel caso quindi di impianto di illuminazione con sensore di luce naturale e dimmer si potrebbe avere un notevole risparmio di energia elettrica.

21 SETTEMBRE

CIELO SERENO

ORE 8:00

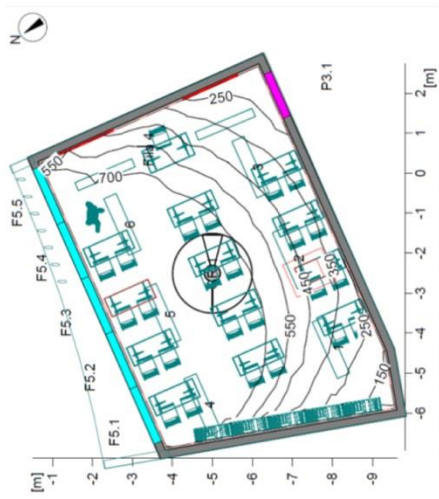


fig.7.30 ILLUMINAMENTO [lux] - ISOLINEE - PIANTA

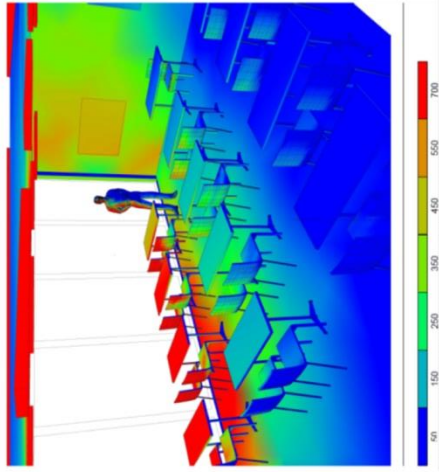


fig.7.32 ILLUMINAMENTO [lux] - FALSI COLORI - 3D

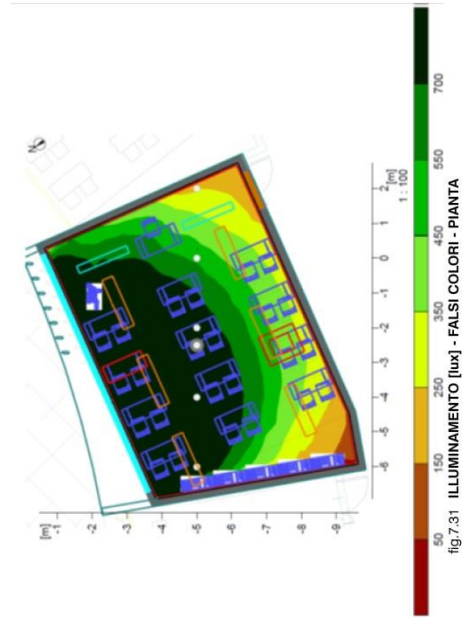


fig.7.31 ILLUMINAMENTO [lux] - FALSI COLORI - PIANTA

In condizioni di cielo sereno il 21 settembre non è necessario l'apporto della luce artificiale in quanto alle 8:00, orario più critico della mattinata, la luce naturale fornisce circa 350 lux alle file di banchi più distanti dalla finestra e oltre 700 lux a quelli a essa più vicini. Così come in altri casi sarà opportuno schermare le finestre internamente, regolando la luce naturale che penetra nell'aula.

21 SETTEMBRE CIELO SERENO ORE 12:00



fig.7.33 ILLUMINAMENTO [lux] - ISOLINEE - PIANTA

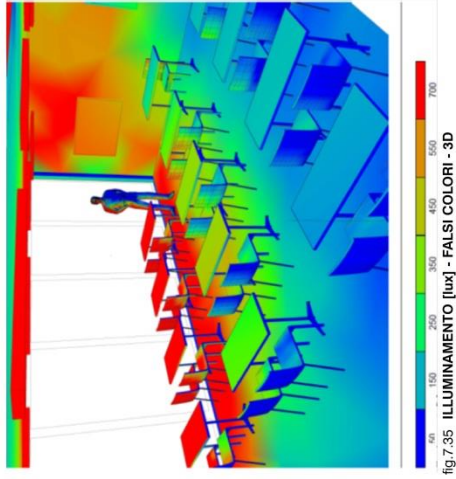


fig.7.35 ILLUMINAMENTO [lux] - FALSI COLORI - 3D

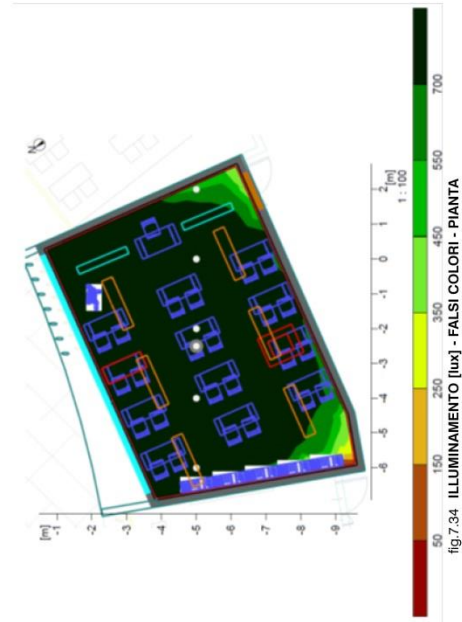


fig.7.34 ILLUMINAMENTO [lux] - FALSI COLORI - PIANTA

Alle ore 12:00 ci sono 700 lux nella parte dell'aula più distante dalle finestre offrendo così la possibilità di avere un'elevato illuminamento all'interno. Per garantire però il comfort visivo sarà probabilmente necessario un sistema di schermatura interna che protegga dall'abbagliamento e che permetta di uniformare la luce all'interno.

21 DICEMBRE CIELO COPERTO ORE 8:00



fig.7.36 ILLUMINAMENTO [lux] - ISOLINEE - PIANTA

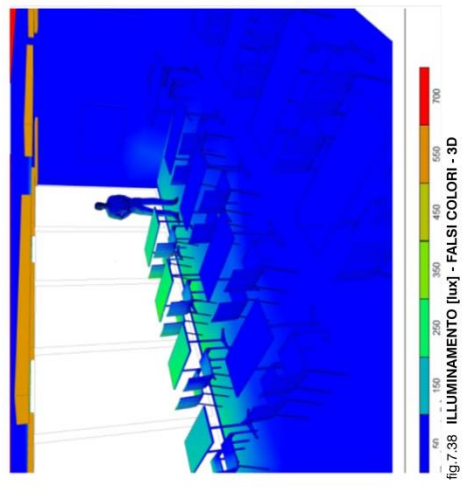


fig.7.38 ILLUMINAMENTO [lux] - FALSI COLORI - 3D

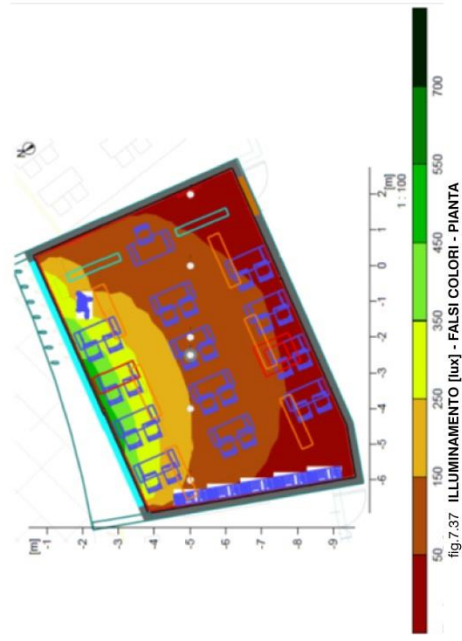


fig.7.37 ILLUMINAMENTO [lux] - FALSI COLORI - PIANTA

In condizioni di cielo coperto il 21 dicembre è necessario l'apporto della luce artificiale. E' sufficiente il solo funzionamento della fila di lampade più lontane dalla finestra, che se dimmerate non funzioneranno con la massima intensità, ma a meno del 50%, in quanto dovranno integrare l'illuminamento offerto dalla luce naturale di 50 lux apportando circa 300 lux alla fila di banchi più lontana dalla finestra alle 8:00 del mattino, orario più critico della giornata. La fila di banchi adiacente alla finestra è illuminata a sufficienza dalla sola luce naturale.



21 DICEMBRE CIELO COPERTO ORE 12:00

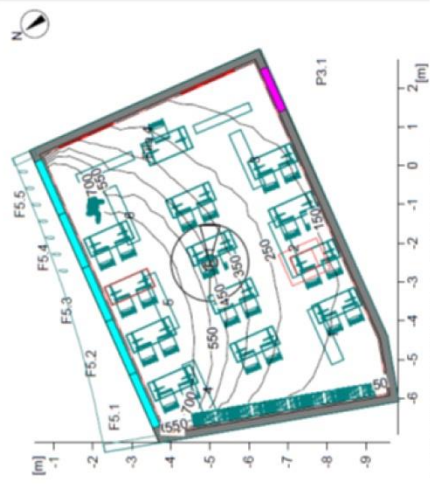


fig.7.39 ILLUMINAMENTO [lux] - ISOLINEE - PIANTA

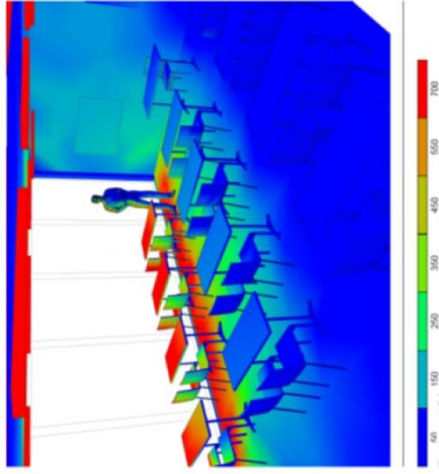


fig.7.41 ILLUMINAMENTO [lux] - FALSI COLORI - 3D

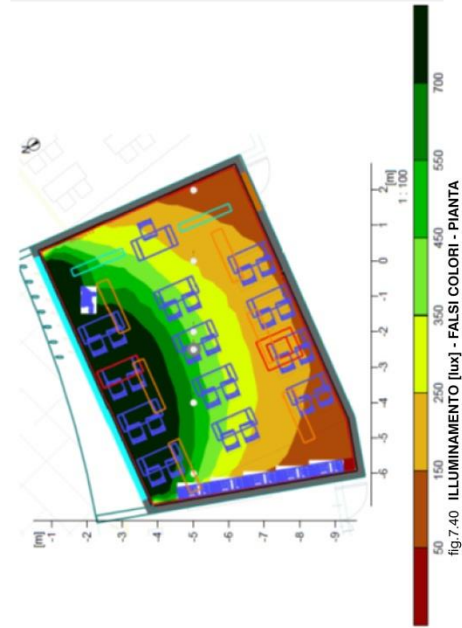


fig.7.40 ILLUMINAMENTO [lux] - FALSI COLORI - PIANTA

In condizioni di cielo coperto il 21 dicembre anche alle ore 12:00 sarà necessario l'apporto della luce artificiale per garantire i 300 lux alle file di banchi della parte dell'aula con meno luce. Infatti i valori di illuminamento si attestano su circa 150 lux, che resta comunque un buon valore di illuminamento, ma non adatto a compiti visivi quali la scrittura e la lettura ad esempio. La luce artificiale potrà essere fornita solo dalla fila di lampade lontane dalla finestra e in maniera limitata, senza alti dispendi di energia elettrica.

21 DICEMBRE CIELO COPERTO + 1 FILA DI LUCI ACCESE ORE 08:00



fig.7.42 ILLUMINAMENTO [lux] - ISOLINEE - PIANTA

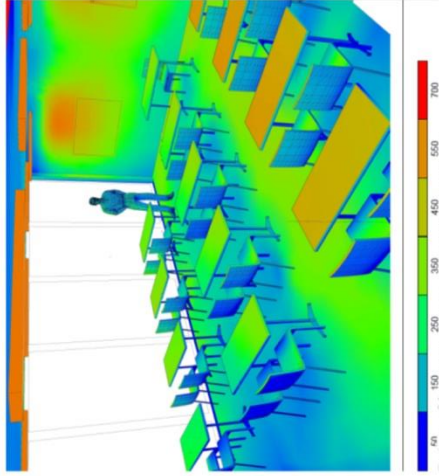


fig.7.44 ILLUMINAMENTO [lux] - FALSI COLORI - 3D

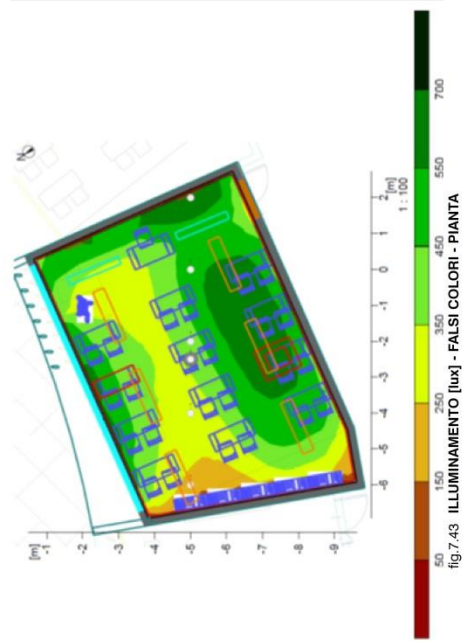


fig.7.43 ILLUMINAMENTO [lux] - FALSI COLORI - PIANTA

In condizioni di cielo coperto il 21 settembre alle ore 8:00 è necessario l'apporto della luce artificiale. È stato quindi analizzato il caso con una fila di lampade accese e i risultati sono più che soddisfacenti, in quanto senza ricorrere a tutte le lampade, l'illuminamento nelle zone che erano più oscure nell'aula si misurano più di 500 lux. Un sensore di luce naturale e un dimmer anche in questo caso sarebbero fondamentali per avere notevoli risparmi di energia elettrica.



21 DICEMBRE

CIELO SERENO

ORE 08:00

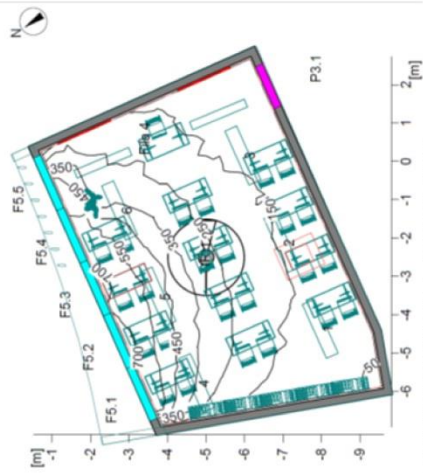


fig.7.45 ILLUMINAMENTO [lux] - ISOLINEE - PIANTA

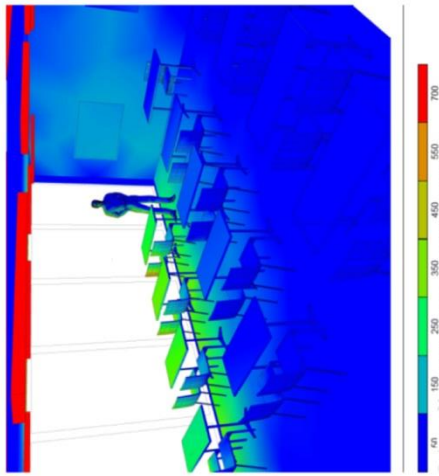


fig.7.47 ILLUMINAMENTO [lux] - FALSI COLORI - 3D

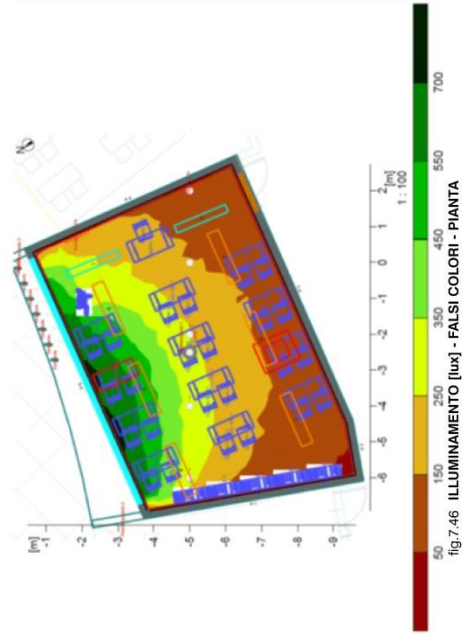


fig.7.46 ILLUMINAMENTO [lux] - FALSI COLORI - PIANTA

In condizioni di cielo sereno il 21 dicembre alle ore 8:00 l'illuminamento sul piano dei banchi non raggiunge il valore di 300 lux richiesto dalla norma. La luce naturale riesce ad illuminare a sufficienza solo la fila di banchi vicina alla finestra, per le altre sarà necessario l'apporto della luce artificiale che dovrà colmare circa 200 lux dei 300 richiesti dalla norma. La differenza di illuminamento, tra la zona vicina alla finestra e le altre zone dell'aula, potrebbero provocare fenomeni di abbagliamento che dovranno essere limitati tramite l'utilizzo di sistemi di schermatura interna.

Come è possibile vedere infatti dai grafici i banchi più distanti dalla finestra presentano un illuminamento che si attesta intorno ai 100 lux. Sarà sufficiente il solo funzionamento della fila di lampade più lontane dalla finestra, che se dimmerate non funzioneranno con la massima intensità, ma a meno del 30%, in quanto dovranno integrare l'illuminamento offerto dalla luce naturale.

21 DICEMBRE

CIELO SERENO

ORE 12:00



fig.7.48 ILLUMINAMENTO [lux] - ISOLINEE - PIANTA

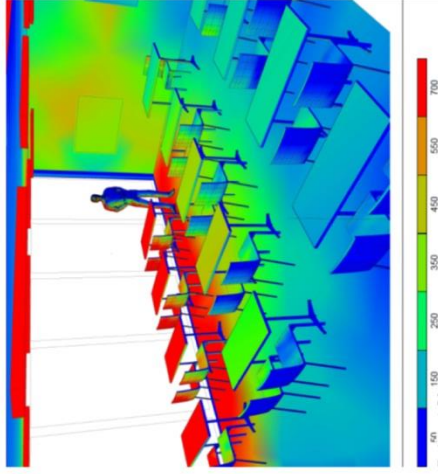


fig.7.50 ILLUMINAMENTO [lux] - FALSI COLORI - 3D

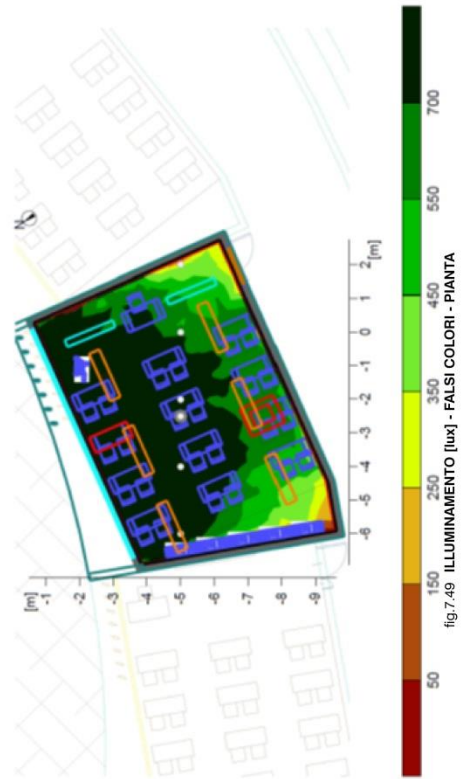


fig.7.49 ILLUMINAMENTO [lux] - FALSI COLORI - PIANTA

In condizioni di cielo sereno il 21 dicembre alle ore 12 la sola luce naturale potrà garantire il valore di illuminamento richiesto dalla norma di 300 lux. Nelle zone più distanti dalla finestra, che solitamente sono le più critiche, sono presenti oltre 400 lux. Alti valori di illuminamento sono presenti in tutta la classe e quindi potrà essere necessario ricorrere all'uso delle tende per evitare fenomeni di abbagliamento.

21 MAGGIO CIELO COPERTO ORE 8:00



fig.7.51 ILLUMINAMENTO [lux] - ISOLINEE - PIANTA

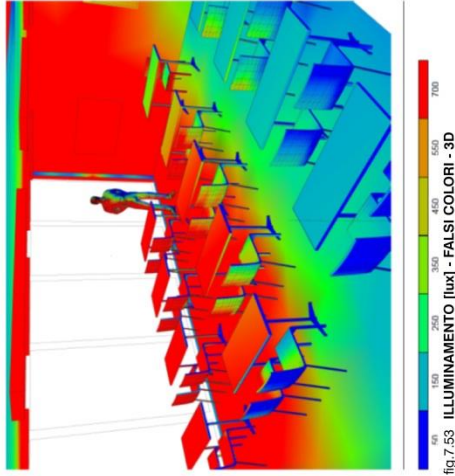


fig.7.53 ILLUMINAMENTO [lux] - FALSI COLORI - 3D

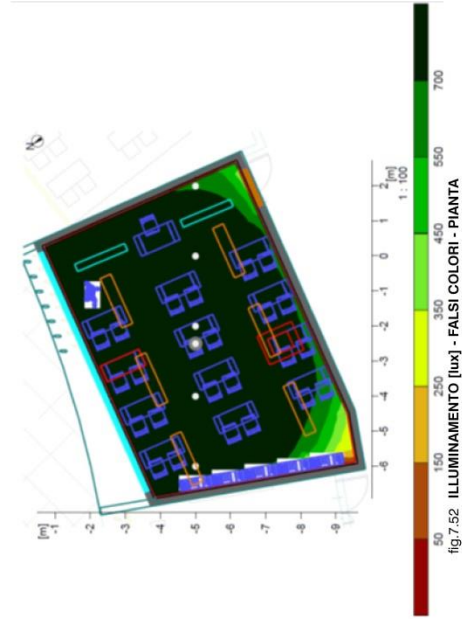


fig.7.52 ILLUMINAMENTO [lux] - FALSI COLORI - PIANTA

Nonostante il cielo coperto il 21 maggio alle ore 8:00 l'illuminamento è più che ottimo, infatti ci sono più di 700 lux. Il problema in questo caso non sarà la mancanza di luce naturale, ma una sua eccessiva quantità tanto da doversi proteggere con delle tende per evitare fenomeni di abbagliamento.

21 MAGGIO CIELO COPERTO ORE 12:00

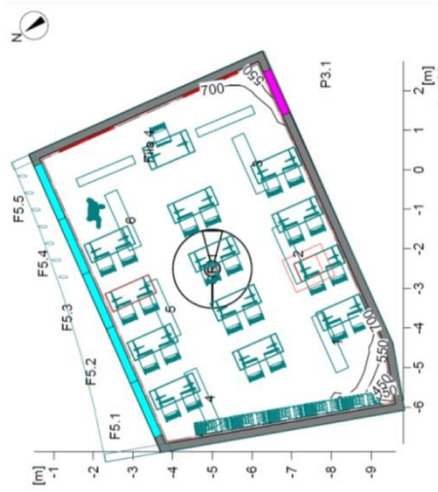


fig.7.54 ILLUMINAMENTO [lux] - ISOLINEE - PIANTA

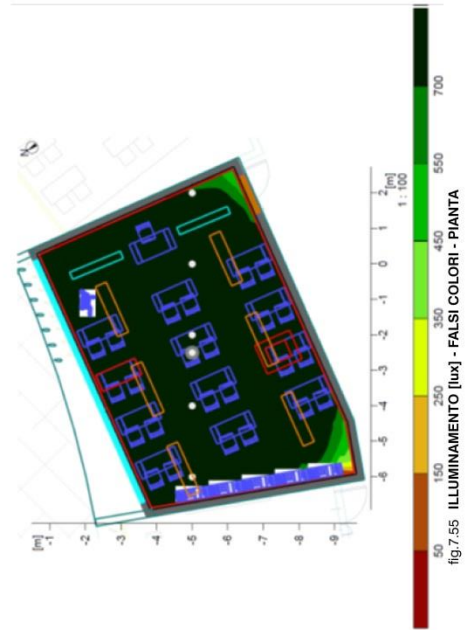


fig.7.55 ILLUMINAMENTO [lux] - FALSI COLORI - PIANTA

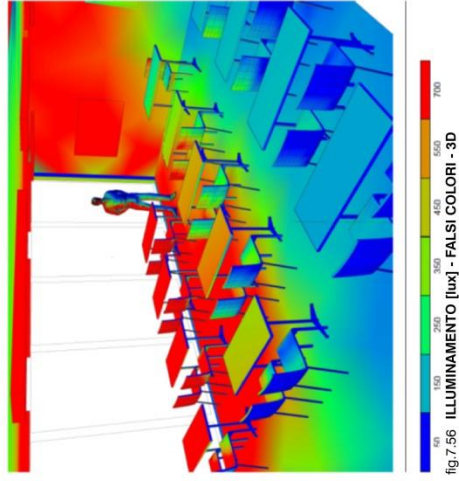


fig.7.56 ILLUMINAMENTO [lux] - FALSI COLORI - 3D

Alle ore 12:00, così come nel caso precedente, in aula ci sono più di 700 lux in tutte le zone e quindi non sarà necessaria la luce artificiale, ma piuttosto un sistema di schermatura interna che eviti fenomeni di abbagliamento.



21 MAGGIO CIELO SERENO ORE 8:00



fig.7.57 ILLUMINAMENTO [lux] - ISOLINEE - PIANTA

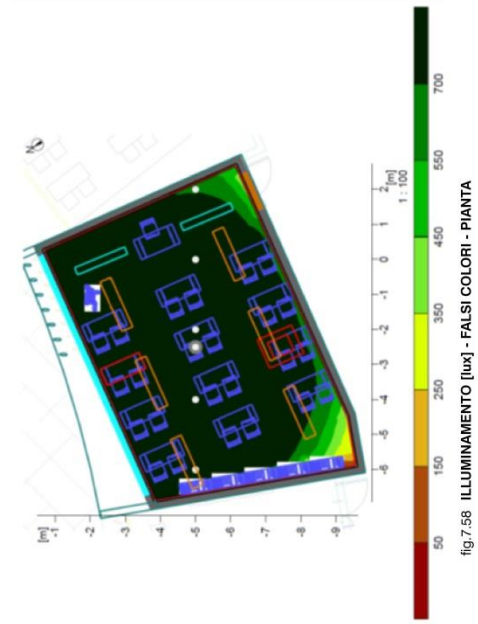


fig.7.58 ILLUMINAMENTO [lux] - FALSI COLORI - PIANTA

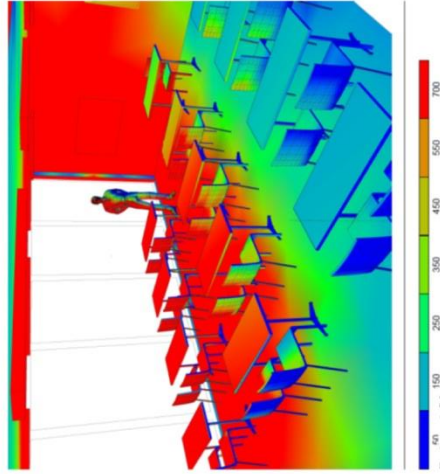


fig.7.59 ILLUMINAMENTO [lux] - FALSI COLORI - 3D

L'illuminamento in queste condizioni è elevato e supera i 700 lux. I problemi in questo caso potranno essere di abbagliamento e saranno risolti grazie all'uso di tende.

21 MAGGIO CIELO SERENO ORE 12:00



fig.7.60 ILLUMINAMENTO [lux] - ISOLINEE - PIANTA

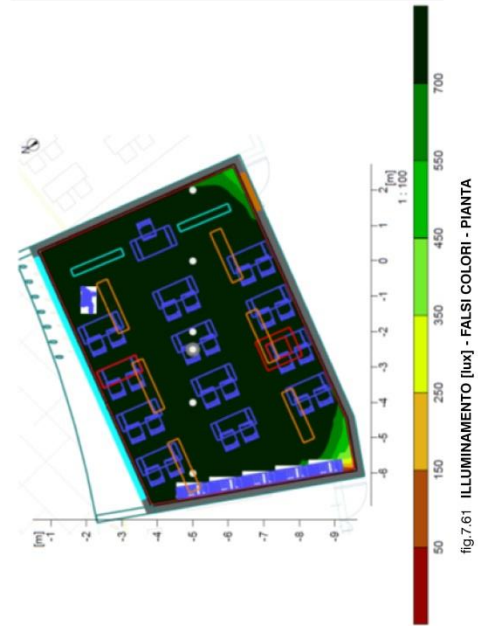


fig.7.61 ILLUMINAMENTO [lux] - FALSI COLORI - PIANTA

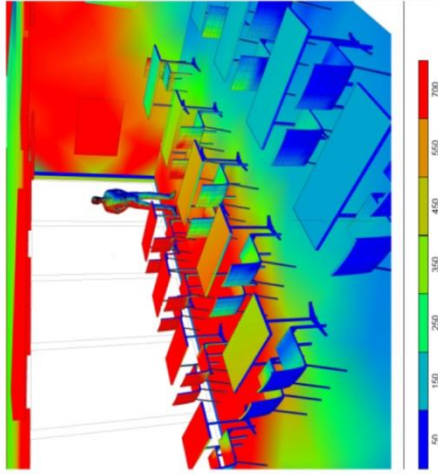


fig.7.62 ILLUMINAMENTO [lux] - FALSI COLORI - 3D

Alle ore 12:00 , così come nel caso precedente, il problema non sarà dovuto ai consumi di energia elettrica, non necessaria, ma alla limitazione dell'abbigliamento tramite l'uso di tende.



### 7.6.3 IL CORRIDOIO IPOGEO

Ambiente critico dal punto di vista della luce naturale è il corridoio ipogeo della scuola media. La criticità sta proprio nel fatto di essere ipogeo e quindi non c'è la possibilità di aprire delle finestre. Il corridoio è però delimitato lungo un lato da un muro controterra con intercapedine ventilata che viene sfruttata per installare al suo interno dei lucernari a specchio che convogliano la luce naturale al livello interrato. I lucernari a specchio scelti sono della azienda "HELIOBUS" e consistono in un modulo rivestito di specchi multiorientati che porta la luce naturale diurna e solare al piano interrato.

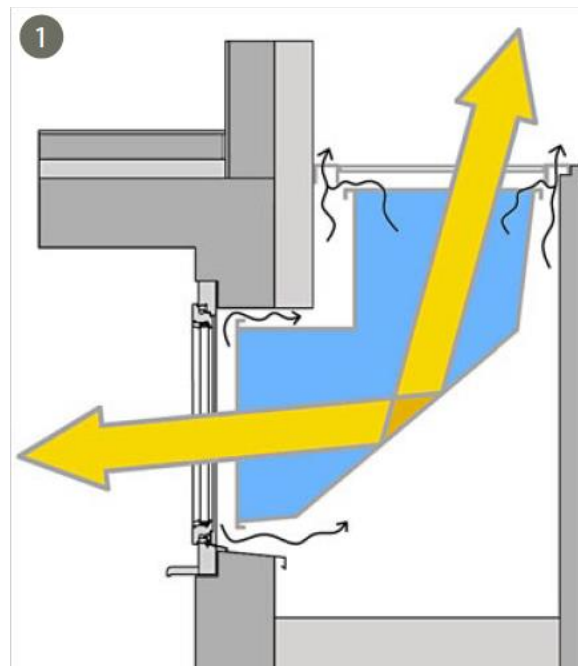


Fig. 7.63 – Lucernario Heliobus - Sezione

Esternamente può essere rivestito con un vetro blindato calpestabile con la possibilità di installare luci a led per l'illuminazione notturna del tetto giardino.

La ventilazione naturale è inoltre assicurata dai telai di aerazione che circondano il vetro blindato fornendo sufficiente aria fresca nei locali interrati.

Grazie a questa soluzione sarà possibile, usufruire anche del contatto visivo con il mondo esterno: cielo, nuvole e piante potranno essere viste realmente.

L'azienda Heliobus fornisce inoltre anche le indicazioni per il dimensionamento dei lucernari a seconda dell'ambiente e della sua superficie.

Per quanto riguarda i corridoi è consigliato un rapporto ottimale tra la superficie del locale e la superficie del lucernario compresa tra 15:1 e 25:1. La dimensione del lucernario scelta è di 2,10 x 0,80 m corrispondente ad una superficie di 1,68 m<sup>2</sup>, la superficie totale del corridoio è di 584 m<sup>2</sup> quindi:

$$\frac{S_{\text{corridoio}}}{15} = S_{\text{lucernario}}^{\text{tot}} = 38,93 \text{ m}^2 \quad \text{quindi}$$
$$\frac{S_{\text{lucernario}}^{\text{tot}}}{S_{\text{lucernario}}} = \frac{38,93}{1,68} = N_{\text{lucernari}} = 23$$

Scegliendo quindi il rapporto ottimale migliore pari a 1/15, in modo da avere un'ottima quantità di luce naturale nel corridoio, l'indicazione è quella di installare 23 lucernari a specchio; ne sono stati installati 27 distribuiti uniformemente nel corridoio.



Fig. 7.64 – Lucernario Heliobus – Vista notturna

## 7.7 Luce artificiale

Nonostante si cerchi di ridurre al minimo i consumi dovuti all'illuminazione artificiale, quest'ultima è comunque necessaria, anche per far sì che l'edificio sia utilizzabile anche durante orari di buio. Nella progettazione dell'illuminazione artificiale è però importante progettare un'impianto efficiente e che consumi il minimo possibile. Per avere un'elevata efficienza è opportuno dimensionare le lampade in modo tale che queste forniscano l'illuminamento ottimale degli ambienti, in funzione anche della presenza o meno della luce naturale. In un'aula abbiamo già detto che è difficile avere un'illuminazione uniforme in quanto le finestre sono presenti solo su un lato e quindi ci si potrebbe ritrovare nella situazione tale che la luce artificiale sia necessaria solo per metà aula. Quindi la soluzione immediata più semplice è quella di offrire la possibilità di accendere le file di lampade separatamente. Volendo ottimizzare ancor più i consumi è possibile installare dei dispositivi di regolazione dell'illuminazione raccomandati peraltro dalla UNI10840. Essi consistono in sensori di luce diurna che, una volta impostati i valori minimi di illuminamento richiesti, provvedono alla calibrazione della luce artificiale consentendo così di ridurre i consumi e di risparmiare energia. E' anche possibile l'installazione di sensori che rilevano la presenza/assenza e spengono le luci quando l'aula è vuota.

La scelta delle lampade è anch'essa fondamentale per ridurre i consumi e per avere dei buoni livelli di comfort. Nel nostro caso si è deciso di utilizzare delle lampade tubolari fluorescenti caratterizzate da una buona efficienza luminosa (da 4 a 6 volte rispetto alle lampade ad incandescenza) e quindi economici costi di esercizio, da una bassa luminanza, tale da ridurre sensibilmente il problema dell'abbagliamento, da una ottima resa cromatica e da un'elevata durata di vita media (6000-9000 ore).

Le lampade scelte sono due modelli della Philips: “SchoolVision TCS477” montata a plafone per l’illuminazione della zona dei banchi e “SchoolVision Schoolboard-lighting TCS477” utilizzata solo per l’illuminazione della lavagna.

#### SCHOOLVISION TCS477



Fig. 7.65 – Luce a plafone zona banchi

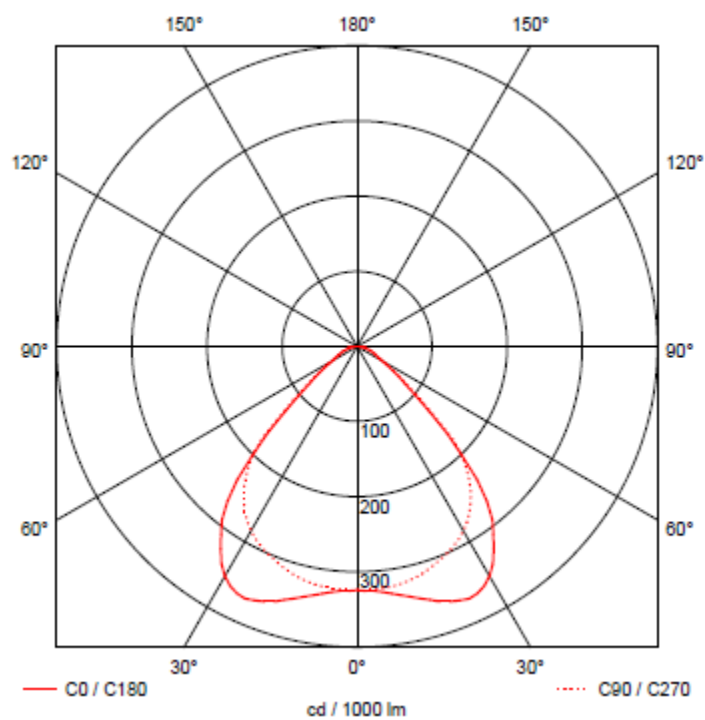


Fig. 7.66 – Grafico fotometrico con curva simmetrica

Riflessione										
Soffitto	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3
Pareti	0.5	0.3	0.5	0.3	0.3	0.5	0.3	0.5	0.3	0.3
Suolo	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

Dimensioni ambiente		Vista in direzione C90					Vista in direzione C0				
x	y										
2H	2H	14.7	16.1	15.1	16.5	16.8	14.6	16.0	14.9	16.3	16.6
	3H	15.0	16.2	15.4	16.6	16.9	14.8	16.1	15.2	16.4	16.8
	4H	15.1	16.3	15.5	16.6	17.0	15.0	16.1	15.4	16.5	16.9
	6H	15.2	16.3	15.7	16.7	17.1	15.2	16.2	15.6	16.6	17.0
	8H	15.3	16.3	15.7	16.7	17.1	15.2	16.2	15.6	16.6	17.0
	12H	15.3	16.3	15.7	16.6	17.1	15.2	16.2	15.6	16.6	17.0
4H	2H	14.8	16.0	15.2	16.3	16.7	14.6	15.8	15.0	16.2	16.5
	3H	15.1	16.1	15.5	16.5	16.9	15.0	16.0	15.4	16.4	16.8
	4H	15.4	16.2	15.8	16.6	17.1	15.3	16.1	15.7	16.5	17.0
	6H	15.5	16.3	16.0	16.7	17.2	15.5	16.3	16.0	16.7	17.1
	8H	15.6	16.3	16.1	16.8	17.3	15.6	16.3	16.1	16.8	17.2
	12H	15.7	16.4	16.2	16.8	17.3	15.8	16.4	16.2	16.9	17.4
8H	4H	15.4	16.1	15.9	16.5	17.0	15.3	16.0	15.8	16.5	16.9
	6H	15.7	16.3	16.2	16.7	17.3	15.7	16.3	16.2	16.7	17.2
	8H	15.9	16.4	16.4	16.9	17.4	16.0	16.5	16.5	17.0	17.5
	12H	16.1	16.5	16.6	17.0	17.5	16.2	16.6	16.7	17.1	17.6
12H	4H	15.4	16.1	15.9	16.5	17.0	15.3	16.0	15.8	16.4	16.9
	6H	15.8	16.3	16.3	16.8	17.3	15.8	16.3	16.3	16.8	17.3
	8H	16.0	16.4	16.5	16.9	17.4	16.0	16.4	16.6	17.0	17.5

Numero di lampade installate per aula: 6  
 Potenza installata: 3x20 W  
 Flusso luminoso di una lampada: 1950 Lm  
 Rendimento: 74%  
 Temperatura di colore: 4000K  
 Indice di resa cromatica: 85Ra8  
 Classe efficienza energetica: A

#### SCHOOLVISION SCHOOLBOARD-LIGHTING TCS477



Fig. 7.67 – Lampada a plafone zona lavagna

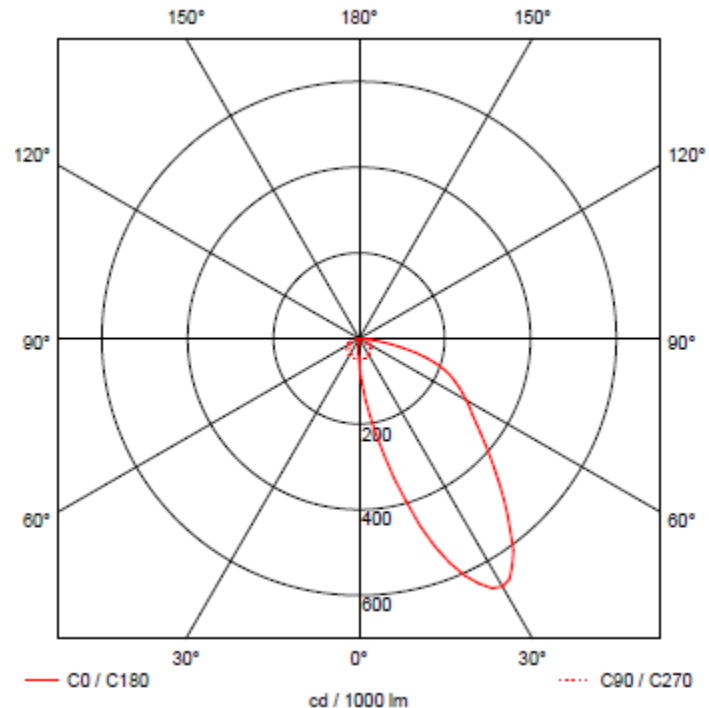


Fig. 7.68 – Grafico fotometrico con curva asimmetrica

Riflessione										
Soffitto	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3
Pareti	0.5	0.3	0.5	0.3	0.3	0.5	0.3	0.5	0.3	0.3
Suolo	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

Dimensioni ambiente		Vista in direzione C90					Vista in direzione C0				
x	y										
2H	2H	17.2	18.6	17.5	18.9	19.2	17.0	18.4	17.3	18.7	19.0
	3H	17.4	18.6	17.8	19.0	19.3	17.2	18.5	17.6	18.8	19.2
	4H	17.5	18.7	17.9	19.0	19.4	17.4	18.6	17.8	18.9	19.3
	6H	17.7	18.7	18.1	19.1	19.5	17.6	18.6	18.0	19.0	19.4
	8H	17.7	18.7	18.1	19.1	19.5	17.6	18.6	18.0	19.0	19.4
	12H	17.7	18.7	18.1	19.0	19.5	17.6	18.6	18.1	19.0	19.4
4H	2H	17.2	18.4	17.6	18.7	19.1	17.0	18.2	17.4	18.6	18.9
	3H	17.5	18.5	17.9	18.9	19.3	17.4	18.4	17.8	18.8	19.2
	4H	17.8	18.6	18.2	19.0	19.5	17.7	18.5	18.1	18.9	19.4
	6H	18.0	18.7	18.4	19.1	19.6	17.9	18.7	18.4	19.1	19.6
	8H	18.0	18.7	18.5	19.2	19.7	18.0	18.7	18.5	19.2	19.7
	12H	18.1	18.8	18.6	19.2	19.7	18.2	18.8	18.7	19.3	19.8
8H	4H	17.8	18.5	18.3	19.0	19.4	17.7	18.4	18.2	18.9	19.3
	6H	18.1	18.7	18.6	19.2	19.7	18.1	18.7	18.6	19.1	19.6
	8H	18.3	18.8	18.9	19.3	19.8	18.4	18.9	18.9	19.4	19.9
	12H	18.5	18.9	19.0	19.4	19.9	18.6	19.0	19.1	19.5	20.0
12H	4H	17.8	18.5	18.3	18.9	19.4	17.7	18.4	18.2	18.8	19.3
	6H	18.2	18.7	18.7	19.2	19.7	18.2	18.7	18.7	19.2	19.7
	8H	18.4	18.8	18.9	19.3	19.8	18.4	18.9	19.0	19.4	19.9

Numero di lampade installate per aula: 2  
 Potenza installata: 1x49 W  
 Flusso luminoso di una lampada: 3900 Lm  
 Rendimento: 78%  
 Temperatura di colore: 4000K  
 Indice di resa cromatica: 85Ra8  
 Classe efficienza energetica: A

### 7.7.1 ILLUMINAMENTO LUCE ARTIFICIALE

L'illuminamento medio richiesto sul piano di lavoro dei banchi e della lavagna è di 500 lux, valore soddisfatto. Per garantire inoltre una certa uniformità dell'illuminazione, la normativa CIE raccomanda che il fattore di uniformità, definito come il rapporto tra l'illuminamento minimo e l'illuminamento medio sul piano di lavoro, non sia inferiore a 0,8. Il calcolo nel nostro caso è stato effettuato per un banco posizionato vicino alla finestra e uno vicino al muro, zone in cui l'illuminamento è meno uniforme, in quanto ricevono il fascio luminoso solo da una lampada invece che da 2 come nella zona centrale. Per quanto riguarda il primo il fattore di uniformità è uguale a 0,84 con  $E_{\min}=444$  lux e  $E_m=529$  lux. Per l'altro banco il fattore di uniformità è 0,96 con  $E_{\min}=583$  lux e  $E_m=607$  lux.

LUCE ARTIFICIALE      CIELO NOTTURNO

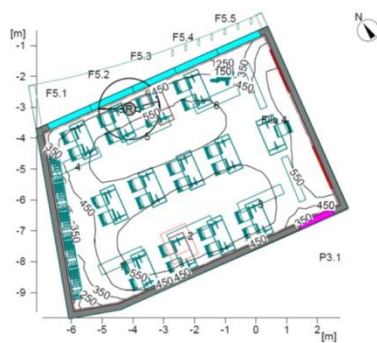


fig.7.63 ILLUMINAMENTO [lux] - ISOLINEE - PIANTA

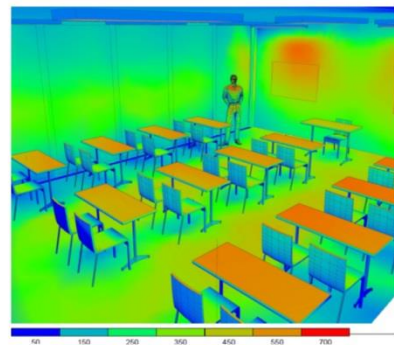


fig.7.65 ILLUMINAMENTO [lux] - FALSI COLORI - 3D

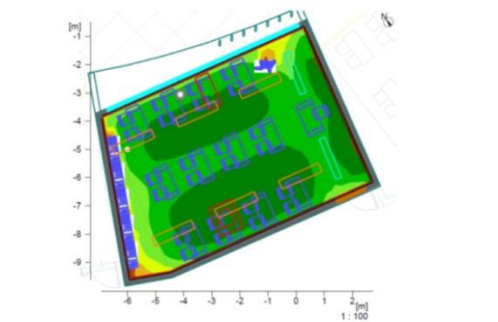


fig.7.64 ILLUMINAMENTO [lux] - FALSI COLORI - PIANTA



fig.7.66 LUMINANZA - RAYTRACING - 3D



E' stato anche effettuato il calcolo dell'UGR per valutare l'abbagliamento, come richiesto dalla norma. La posizione scelta per il calcolo è nella parte dell'aula vicina alla finestra ed è indicata nel grafico isolinee dalla lettera "R". Il valore dell' Ugr è inferiore a 10 in tutte le direzioni e quindi rispetta il massimo richiesto dalla norma di 19.

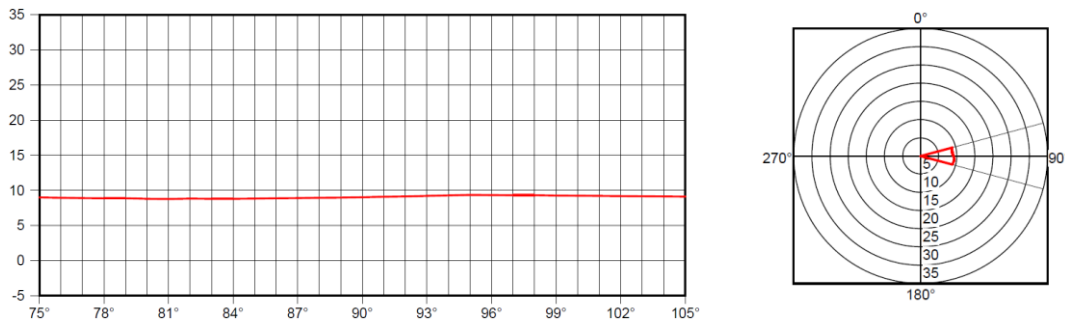


Fig. 7.73 – Relazione abbagliamento (UGR)- Angolo d'osservazione

Nella scelta delle lampade è stata anche tenuta in considerazione la temperatura di colore in quanto il comfort visivo dipende anche da essa oltre che dall'illuminamento. La temperatura di colore scelta è 4000K che combinata con i circa 550 lux di illuminamento medio del locale entra perfettamente nella fascia di comfort visivo, offrendo un ambiente caldo e accogliente.

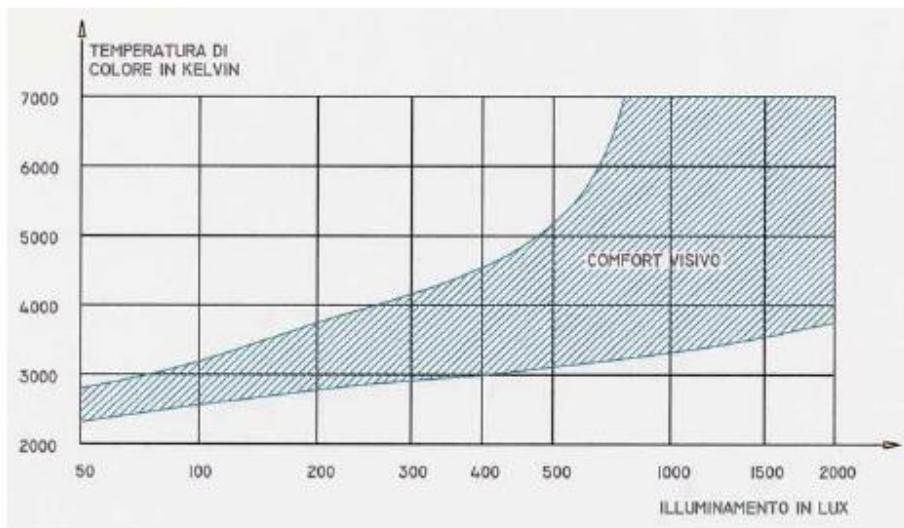


Fig. 7.74 – Rapporto tra intensità della luce e comfort visivo

### 7.7.2 ANALISI DEI CONSUMI PER L'ILLUMINAZIONE

E' stato effettuato anche un calcolo dei consumi dovuti all'illuminazione artificiale. La potenza necessaria ad illuminare un'aula è di 8,81 W/m<sup>2</sup> (1,68W/m<sup>2</sup>/100lux). Il programma Relux inoltre permette di calcolare il fabbisogno energetico per l'illuminazione artificiale secondo la norma tedesca DIN18599.

I valori utilizzati per il calcolo sono standard e relativi all'ambiente di cui si effettua l'analisi e nel caso di un'aula scolastica sono:

Ore di funzionamento diurne annue = 1398h

Ore di funzionamento notturne annue = 2h

Valore di manutenzione per l'illuminamento = 300lux

Altezza della superficie utile = 0,75m

Assenza relativa = 0,25

Fattore di decremento per il tempo di funzionamento della costruzione = 0,9

Il calcolo è stato effettuato per una sola classe e si sono analizzati 2 casi:

- nel primo si considera la situazione senza l'installazione di sensori di rilevamento della luce naturale e senza dimmer di regolazione automatica dell'intensità luminosa e si è calcolato un fabbisogno energetico relativo alla superficie dell'aula di 4,1 kWh/m<sup>2</sup>/anno;

- nel secondo caso installando i sensori per l'accensione e lo spegnimento automatico e la regolazione dimmata dell'intensità luminosa in base alla luce naturale si è ottenuto un fabbisogno di 2,1 kWh/m<sup>2</sup>/anno.

Il costo maggiore da sostenere inizialmente per l'installazione dei sensori sarà in breve tempo ripagato in quanto il risparmio di elettricità risulta essere pari a circa il 50%.

## CAPITOLO VIII

# STRATEGIE PER IL RISPARMIO ENERGETICO

Il capitolo esplica gli impianti tecnologici utilizzati per sopperire al fabbisogno energetico e idrico dell'istituto. Le problematiche che principalmente influenzano le comunità insulari sono appunto la disponibilità di acqua e di energia vista la mancanza di un collegamento con le reti della penisola.

## 8.1 Impianto fotovoltaico

L'energia solare è un'immensa fonte inesauribile di energia pulita e gratuita. Basti pensare che in un anno il sole irraggia verso la terra 4000 volte più energia di quella consumata dall'intera popolazione mondiale. Utilizzare questa energia rende possibile risparmiare denaro e salvaguardare l'ambiente. La tecnologia fotovoltaica permette di trasformare la radiazione solare in energia elettrica direttamente utilizzabile dall'utenza. Questa trasformazione avviene all'interno del modulo solare fotovoltaico ed in particolare nella "cella" la quale, tramite il silicio, elemento chimico semiconduttore opportunamente trattato, di cui è composta, ha la capacità di convertire l'energia della radiazione solare in corrente elettrica continua. Questo processo avviene senza la presenza di parti meccaniche in movimento. Più celle assemblate formano il modulo fotovoltaico.

La radiazione solare si distingue in:

- Radiazione diretta che colpisce una qualsiasi superficie con un unico angolo di incidenza.
- Radiazione diffusa che incide sulla superficie con vari angoli.
- Radiazione riflessa che è la radiazione indiretta riflessa dalle superfici circostanti (ALBEDO).

I valori di radiazione diretta, diffusa e riflessa su una superficie variano in base a diversi fattori:

- Condizioni meteorologiche.
- Inclinazione della superficie stessa rispetto al piano orizzontale (angolo di tilt).
- Orientamento rispetto al sud terrestre (angolo di azimut).
- Presenza di superfici riflettenti circostanti

L'energia solare che raggiunge in un anno la superficie terrestre, alla latitudine dell'Italia, varia da 1.150 KWh/m<sup>2</sup> anno per le zone alpine ai 1.750 KWh/m<sup>2</sup> anno per zone meridionali della Sicilia e della costa occidentale della Sardegna.

Dalla radiazione solare dipende la produzione di energia dell'impianto fotovoltaico. Altro parametro fondamentale di un impianto fotovoltaico è la potenza di picco che corrisponde alla potenza teorica massima che l'impianto può produrre nelle condizioni standard di insolazione e temperatura dei moduli (1000 W/m<sup>2</sup> e 25°), espressa in kWp; è calcolata sommando la potenza di picco di tutti i pannelli fotovoltaici che costituiscono l'impianto.

L'impianto fotovoltaico utilizzato è costituito da pannelli della marca "System Photonics" scelti per la loro facilità di integrazione con il sistema di rivestimento

della copertura in pannelli di ceramica; hanno dimensioni di 1000 x 750 cm e ogni pannello è formato da 24 celle fotovoltaiche in silicio mono-cristallino e offrono una potenza nominale di 95Wp. La copertura sulla quale sono installati è orientata a Sud, ha un'inclinazione di 10° e occupa una superficie di 590 m<sup>2</sup>. Verranno quindi installati circa 780 pannelli che generano una potenza di picco dell'impianto pari a 74,1 kWp.

Per calcolare il rendimento del nostro impianto fotovoltaico si è deciso di utilizzare il software PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) messo a disposizione dall' Institute for Energy and Transport (IET) della Commissione Europea. Il software richiede i dati relativi al sito di progetto, la potenza totale nominale dell'impianto, la tecnologia dei pannelli fotovoltaici, la posizione dei pannelli, la stima delle perdite di sistema, l'angolo di tilt e l'angolo di azimut. Una volta inseriti i dati il software in base ai grafici in suo possesso riguardanti l'irraggiamento e la produzione media annua della zona presa in considerazione ed alle prove sperimentali effettuate su vari tipi di pannelli in silicio cristallino, fa una stima della produzione dell'impianto fotovoltaico, fornendo i dati medi mensili e giornalieri.

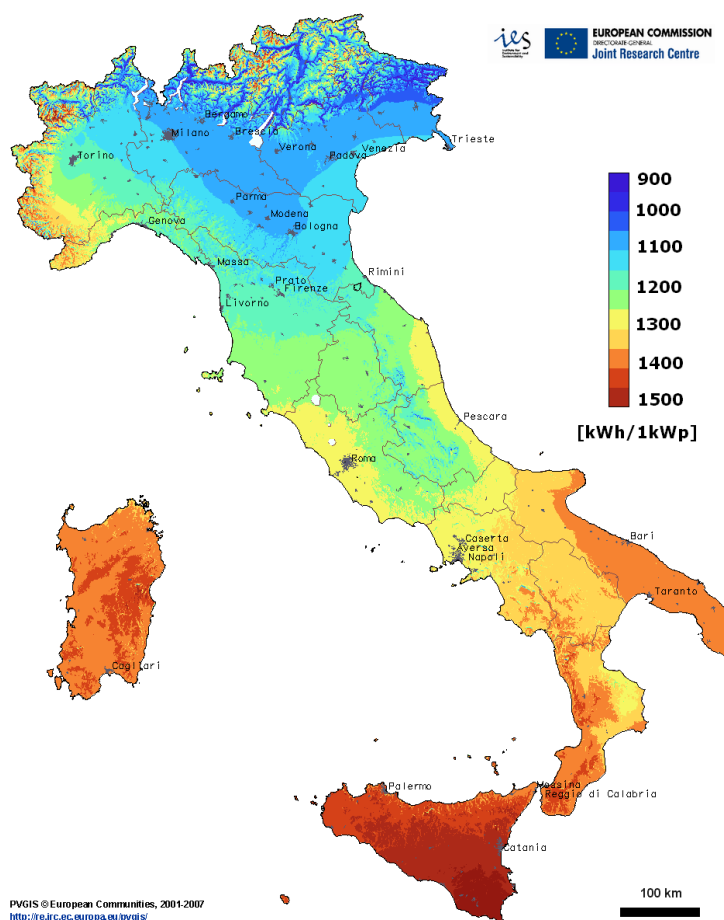


Fig. 8.1 – Produzione media annuale di energia elettrica generata da un sistema fotovoltaico di 1KW

Luogo: 38°29'2" Nord, 14°57'47" Est, Quota: 21 m.s.l.m.,  
 Potenza nominale del sistema FV: 74.1 kW (silicio cristallino)  
 Posizione dei pannelli: integrati al tetto dell'edificio  
 Stime di perdite causata dalla temperatura: 14.9% (usando temperatura esterna locale)  
 Stima di perdite causate da effetti di riflessione: 2.6%  
 Altre perdite (cavi, inverter, ecc.): 14.0% (valore suggerito)  
 Angolo di tilt: 10°  
 Angolo di azimut: 0°  
 Perdite totali del sistema FV: 28.7%

<b>Sistema fisso: inclinazione=10 gradi, orientamento=0 gradi</b>				
<b>Mese</b>	<b>Ed</b>	<b>Em</b>	<b>Hd</b>	<b>Hm</b>
Gen	124.00	3860	2.21	68.4
Feb	164.00	4600	2.96	82.7
Mar	233.00	7230	4.30	133
Apr	304.00	9120	5.66	170
Mag	339.00	10500	6.51	202
Giu	355.00	10600	6.96	209
Lug	357.00	11100	7.06	219
Ago	322.00	9980	6.37	198
Set	276.00	8290	5.32	159
Ott	208.00	6460	3.92	121
Nov	141.00	4230	2.57	77.2
Dic	112.00	3470	2.01	62.2
Anno	245.00	7450	4.66	142
Totale per l'anno		89500		1700

Ed: Produzione elettrica media giornaliera dal sistema indicata (kWh)

Em: Produzione elettrica media mensile dal sistema indicata (kWh)

Hd: Media dell'irraggiamento giornaliero al metro quadro ricevuto dai pannelli del sistema (kWh/m<sup>2</sup>)

Hm: Media dell'irraggiamento al metro quadro ricevuto dai pannelli del sistema (kWh/m<sup>2</sup>)



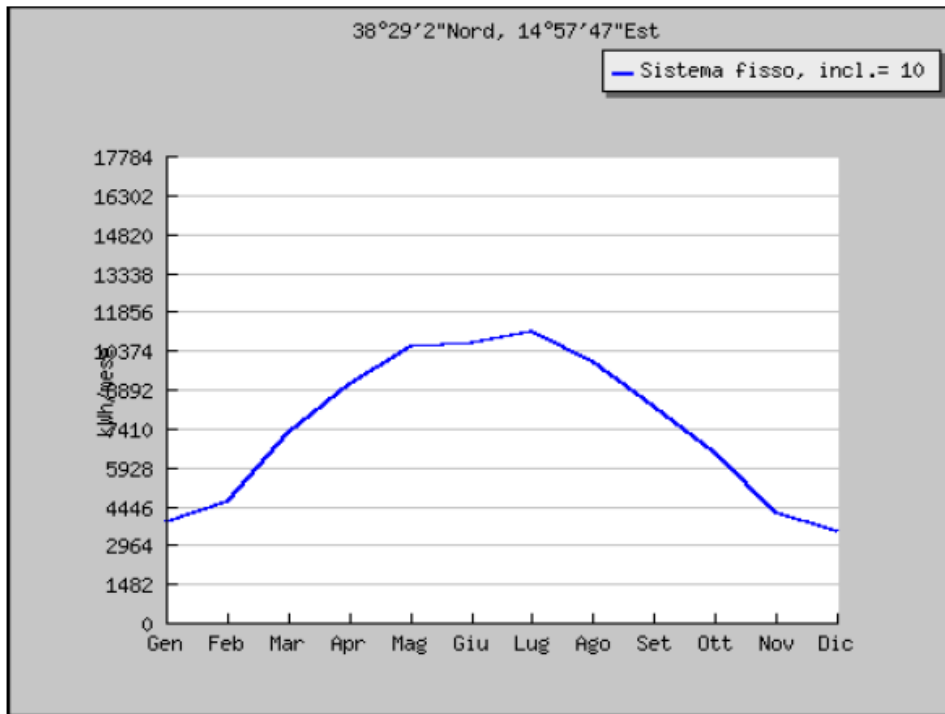


Fig. 8.2 – Produzione mensile pannelli fotovoltaici

La produzione massima avviene nei mesi di maggio, giugno, luglio superando i 10000 kWh al mese. La produzione totale per anno dell'impianto fotovoltaico è invece di 89500 kWh.

## 8.2 Impianto di recupero delle acque reflue

### 8.2.1 RIFERIMENTO NORMATIVI

- D.lgs. 18 Agosto 2000 n.258:Testo unico sulle Acque
- Legge Merli 4 Febbraio 1977 allegati n.4 e n.5: Norme tecniche di applicazione in materia di tutela all'inquinamento delle acque
- Legge n.319 del 10 Maggio 1976: Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento;

### 8.2.2 SCOPI DEL PROGETTO

Particolare interesse si è manifestato in tempi recenti nei confronti della depurazione decentrata spesso citato con l'acronimo DESAR in piccoli sistemi nei quali si ottiene un livello di depurazione delle acque reflue tale da consentirne il riuso locale. La comunità dell'istituto è formata da circa 1000 abitanti che giornalmente usufruisce dei servizi sanitari e per limitare i prelievi dalla rete acquedottistica si è pensato di impostare i sistemi di accumulo dell'acqua sul:

- Riuso delle acque grigie<sup>64</sup> per la raccolta di acqua da inviare a sciacquoni e impianti di adduzione specifici. Data la modesta concentrazione di inquinamenti chimici e microbiologici e la consistente quota di acqua reflue di tipo civile, possono costituire un'importante risorsa, specialmente in zone povere d'acqua.
- Utilizzo delle acque di pioggia, raccolte in apposite vasche d'accumulo e utilizzata direttamente a scopo irriguo, normalmente senza trattamenti.

Le condizioni che vincolano l'impianto idrico dell'istituto sono:

- Variazioni elevate di carico idraulico e organico durante il giorno, la settimana e l'anno;
- Facilità di gestione dei processi da adottare;
- Necessità di manutenzione ridotte;
- Valutazione delle problematiche derivanti da odori, rumori e aerosol.

C'è da sottolineare che nel caso in cui le acque grigie rimangano all'interno di bacini, l'eccessivo consumo di ossigeno causato dalla rapida biodegradabilità induce altrettanto rapidamente condizioni anaerobiche e settiche, con conseguenti maleodorazioni.

Le acque a uso irriguo devono rispondere a specifici requisiti quali:

- Non devono comportare l'accumulo nel terreno di metalli pesanti e di sostanze organiche pericolose;
- Non devono inquinare la falda sottostante;

---

<sup>64</sup>Acque grigie: chiamate anche acque di lavaggio (washwater), solitamente includono le acque provenienti dai lavelli di cucine, lavatrici, lavandini e docce, a differenza di quelle nere, se emesse in condizione aerobiche, non hanno effetti olfattivi negativi.

- Non devono modificare le caratteristiche del terreno;
- Devono essere compatibili con il sistema irriguo adottato;
- Non devono creare pericoli igienici.

I criteri generali di sicurezza che devono essere seguiti in tutte le applicazioni di acque reflue depurate ad uso irriguo per rispettare i requisiti prima citati sono:

- Adozione di dispositivi antisifonamento o antiriflusso per evitare possibili ritorni di acqua reflua nella rete di acqua potabile qualora essa avesse collegamenti con il sistema di distribuzione delle acque reflue;
- Esatta individuazione dei vari elementi costituenti il sistema di alimentazione e distribuzione delle acque reflue depurate, in modo da escludere con adeguate garanzie che si possa scambiare il sistema di distribuzione delle acque reflue con il sistema di distribuzione di acque potabili (fig. 12.1)
- Separazione delle tubazioni di scarico.



Fig.8.3 Simbolo per segnalare la presenza di acqua riciclata non potabile (California Code of Regulation)

*Il riuso delle acque grigie è concretamente affrontabile se è già prevista a livello di progetto la separazione degli impianti, mentre diventa molto onerosa o spesso irrealizzabile in termini economici, se si richiedono interventi a posteriori su impianti già esistenti*

### 8.2.3 LA DEPURAZIONE AD ALTE TEMPERATURE ESTERNE

Nelle zone nelle quali le temperature per periodi prolungati possano attestarsi su valori molto alti (30-35°C), la scelta del sistema depurativo si rivolgerà con favore verso la depurazione con sistemi naturali, particolarmente efficaci a queste temperature. Per esempio, nei bacini di lagunaggio, le elevate temperature consentono i massimi rendimenti, anche nei confronti della rimozione dei microrganismi (disinfezione naturale). Tuttavia vanno evidenziati i rischi che ad alte temperature si possano avere maleodorazioni, soprattutto in zone caratterizzate da bassa umidità ed elevate temperature nei periodi prolungati del tempo.

Per questa problematica si è scelto di accumulare le acque grigie in apposito serbatoio, avente funzione di compensazione, in apposite zone areate e lontane dagli ambienti scolastici, per evitare inconvenienti dovuti al ristagno dell'acqua, data la sua elevata degradabilità, con possibilità di scaricare nel sistema di smaltimento delle acque nere i materiali accumulati sul fondo, tramite una valvola automatica temporizzata. Il serbatoio costituisce la vasca di carico della pompa che alimenta in pressione il sistema di depurazione.

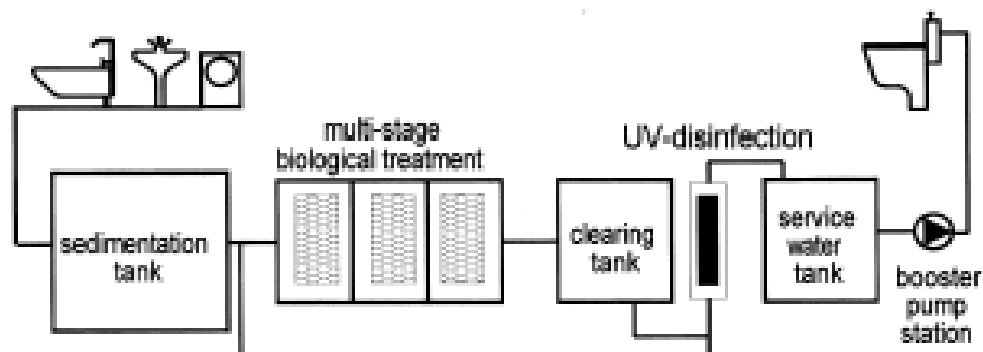


Fig.8.4 Schema semplificato per il riuso delle acque grigie

## 8.2.4 TRATTAMENTI DI DEPURAZIONE

I trattamenti di depurazione delle acque si distinguono in:

- Trattamenti preliminari: essenzialmente di tipo meccanico con la funzione principale di eliminare materiali di dimensioni grossolane, sabbie e oli che non sono compatibili con i processi di depurazione successiva.
- Trattamenti primari: hanno lo scopo di rimuovere le sostanze sedimentali.
- Trattamenti secondari: possono essere di tipo biologico o chimico. Nel caso specifico, i sistemi biologici o i batteri possono svilupparsi formando dei fiocchi<sup>65</sup> oppure aderendo a un materiale di supporto come sistemi a massa adesa, quali i filtri percolatori, i sistemi di fito-depurazione a flusso sub superficiale, di dispersione sotto la superficie del terreno.
- I trattamenti terziari: hanno come obiettivo il miglioramento generale della qualità dell'effluente finale.



Fig.8.5 - IMPIANTO DI ACCUMULO ACQUE METEORICHE



Fig.8.6 - SISTEMA DELLA DEPURAZIONE DELLE ACQUE GRIGIE

<sup>65</sup> Fiocco: colonia di batteri tenuta insieme dalla formazione di ponti fra batteri indotti dalle molecole biopolimeri extracellulari prodotti da alcune delle loro specie.

## 8.2.5 TRATTAMENTO PRELIMINARE - LA VASCA SETTICA

I trattamenti preliminari costituiscono uno dei punti più critici in quanto spesso sono trascurati nei loro dettagli o sono adottati con caratteristiche troppo complesse e di difficile gestione.

Un'ottima scelta per sistemi fino a 500-1000 abitanti è quella di provvedere all'adozione di un trattamento con fossa settica. È il più antico sistema di trattamento dei reflui civili, brevettato nel 1881 dal francese Jean Louis Mourras de Vesoul e trae le sue origini dal pozzo nero in risposta all'elevato flusso di acqua da smaltire. I fenomeni biologici e fisico-chimici che avvengono in una fossa settica sono molto complessi; le fermentazioni anaerobiche sono generalmente di tipo acido o settico.

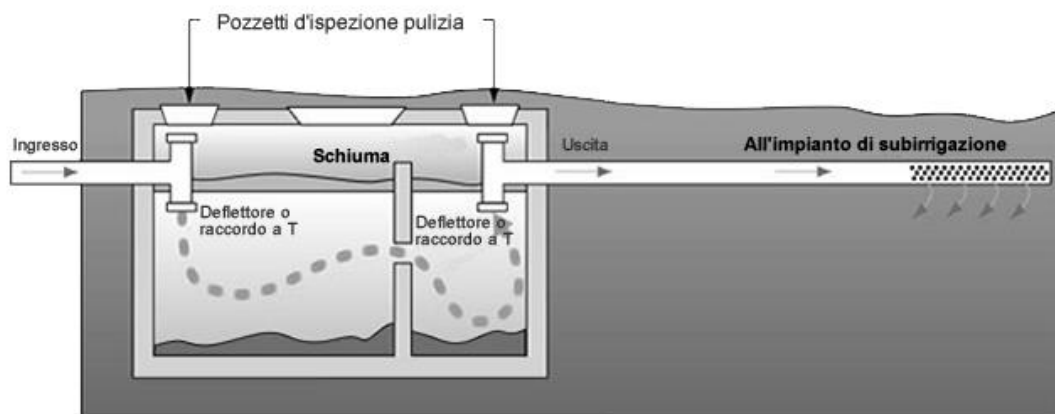


Fig.8.7 Schema fossa settica a una camera

Mentre sul fondo si raccolgono le sostanze di sedimentazione sotto forma di fango, in superficie si viene a formare una crosta, cioè uno strato di schiuma consolidata, che galleggia per la presenza di sostanze a basso peso molecolare e per effetto di flottazione dei gas che liberano a seguito dei processi anaerobici.

Con le fosse settiche si riescono a raggiungere diversi obiettivi:

- La separazione dei solidi sedimentabili, dei materiali grossolani, delle sabbie, degli oli e dei grassi presenti nelle acque reflue;
- La riduzione per decomposizione di una frazione consistente delle sostanze organiche accumulate;
- L'accumulo e lo stoccaggio prolungato dei materiali separati.



La compartimentazione<sup>66</sup> influisce in modo significativo sull'efficienza dell'abbattimento: con questa configurazione gran parte dei solidi sedimentabili si accumula nel primo comparto e difficilmente riesce a passare nelle camere successive. Con una sola vasca, i gas di fermentazione che si liberano dal fondo, tendono a trascinare i solidi in superficie; questo effetto viene fortemente attenuato dalla compartimentazione. Questa può essere realizzata anche disponendo due o tre fosse settiche monocamerale in serie.

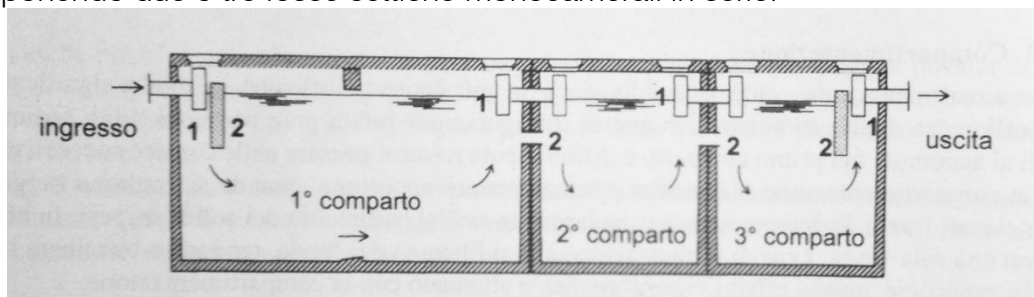


Fig.8.8 Fosse settiche monocamerale in serie

## DIMENSIONAMENTO

È altamente consigliabile dimensionare i volumi delle fosse settiche con larga abbondanza, specie se queste sono seguite da un trattamento per il quale è richiesto un elevato livello depurativo. Uno scarso dimensionamento comporterebbe minori costi d'installazione, ma maggiori costi di gestione.

Il volume della vasca settica prevista<sup>67</sup> è di 36m<sup>3</sup>.

## VASCA SETTICA PREFABBRICATA

Le vasche settiche tradizionali bicamerale/tricamerale prefabbricate in cemento da interrare, realizzate in conformità alla norma UNI EN 12566-1-2004, da azienda operante con sistema di qualità conforme alla normativa UNI EN ISO 9001:2008, devono permettere:

- un idoneo ingresso continuo,
- la permanenza del liquame grezzo e l'uscita, del liquame chiarificato;
- pareti impermeabilizzate,
- completamente interrate ed avere il tubo di ventilazione con caratteristiche tali da evitare cattivi odori.
- Le vasche settiche tricamerale devono avere possibilità di accesso dall'alto a mezzo di idonee ispezioni.
- L'estrazione del fango e della crosta viene effettuata periodicamente, in genere da 1 a 4 volte all'anno.

L'utilizzo di una vasca pluricompartimentata è in grado di garantire un'elevata qualità all'effluente finale, con un minimo trascinamento di solidi

<sup>66</sup> *Suddivisione in più camere*

<sup>67</sup> Vedi paragrafo 8.2.7

sospesi, che notoriamente tendono a intasare il mezzo filtrante dello stadio successivo.

Codice Articolo	Utenti LT 150-200 A.E.	Capacità (lt)			Volume totale (lt)	Dimensioni esterne con lastra di copertura (cm)			Peso Totale con Copertura (ql)	
		Prima Camera	Seconda Camera	Terza Camera		A Larg.	B Lung.	H Altezza	Carrabile auto h. 15 cm	Carrabile autocarri h. 20 cm
<b>Vasche Settiche Tradizionali Bicamerale Tricamerale prefabbricate in cemento H=215/220</b>										
VST12	130/98	9.750	4.875	4.875	21.240	246	425	265/270	183	195
VST13	145/109	10.875	5.440	5.440	23.900	246	475	265/270	199	212
VST14	165/124	12.375	6.190	6.190	26.550	246	525	265/270	214	230
VST15	184/138	13.797	6.899	6.899	30.000	246	575	265/270	230	247
VST16	190/150	15.040	7.520	7.520	31.850	246	625	265/270	248	266
VST17	217/163	16.283	8.142	8.142	35.000	246	675	265/270	264	283
VST18	230/175	17.526	8.763	8.763	37.200	246	725	265/270	279	300
VST19	250/188	18.769	9.385	9.385	40.000	246	775	265/270	295	317
VST20	260/200	20.012	10.006	10.006	42.500	246	825	265/270	314	338
VST21	283/213	21.255	10.628	10.628	45.000	246	875	265/270	330	355
VST22	290/225	22.498	11.249	11.249	47.800	246	925	265/270	350	377
VST23	317/237	23.741	11.871	11.871	50.000	246	975	265/270	370	399
VST24	333/250	24.984	12.492	12.492	52.000	246	1025	265/270	386	415
VST25	350/262	26.227	13.114	13.114	55.000	246	1075	265/270	402	433

Tab. 12. 3 Dimensioni Vasca settica scelta

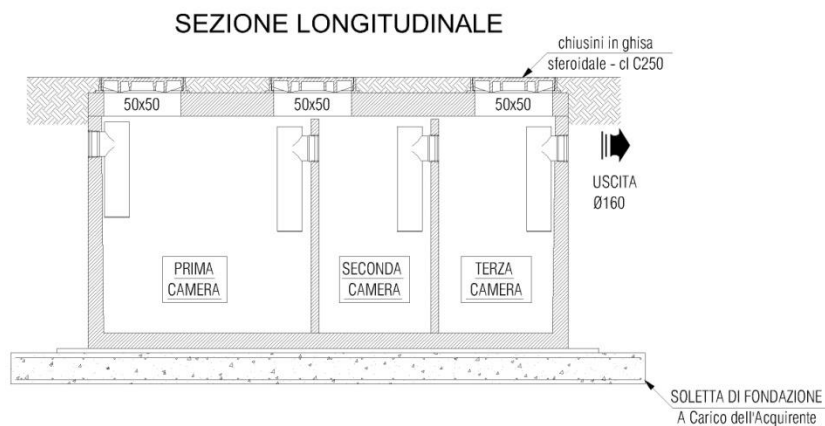


Fig. 8.9 - Sez. Long. Vasca settica

## 8.2.6 TRATTAMENTO II – SISTEMA A FLUSSO SUBSUPERFICIALE

Il trattamento primario è stato escluso dalla progettazione dell'impianto dato che la tipologia di acque reflue prevede un contenuto minimo di sostanze grossolane, che vengono sedimentate nella vasca settica.

Il sistema di fitodepurazione<sup>68</sup> più consono alle richieste progettuali è il sistema a flusso subsuperficiale, che sviluppa l'azione depurativa nel lento moto del liquame attraverso un mezzo filtrante, solitamente ghiaia e/o sabbia, sotto la superficie del terreno.

Sono i vantaggi tipici dei sistemi di depurazione naturale che rendono particolarmente competitiva con la depurazione con sistemi impiantistici:

- semplicità di conduzione;
- assenza di consumi di energia e di reagenti chimici;
- capacità di adattamento e di tamponamento nei confronti di rapide variazioni del carico idraulico e inquinante d'ingresso;
- capacità di abbattimento spinto dal carico organico, dei solidi sospesi, della carica batterica e dei nutrienti.

I sistemi a flusso sub superficiale orizzontale (HF) sono quelli che, nel caso di piccole comunità hanno trovato più ampia applicazione rispetto ai sistemi superficiali. Ciò è dovuto al fatto che le acque reflue non sono a contatto diretto con l'atmosfera, ma si muove sempre sotto la superficie del mezzo filtrante. Questo porta a due vantaggi principali:

- difficile diffusione di cattivi odori e di sviluppo di insetti;
- non devono essere rispettate particolari distanze di sicurezza ed è consentita l'installazione in prossimità di luoghi a pubblico accesso.

### DIMENSIONAMENTO

Il parametro di base che si assume per il dimensionamento di questi sistemi è il carico organico espresso come BOD<sup>69</sup>, per il quelle trova ampia applicazione la seguente espressione:

$$A_s = Q \frac{\ln_{ci} - \ln_{cu}}{k_{BOD}(T)}$$

Dove:

$A_s$  = area superficiale del letto [m<sup>2</sup>]

$Q$  = portata media giornaliera [m<sup>3</sup>/d]

---

<sup>68</sup> Fitodepurazione: col termine si designano sistemi di depurazione dei liquami basati su processi biologici, fisici e chimici che sviluppano nel lento moto del liquame attraverso un mezzo filtrante sotto la superficie del terreno o nel lento moto del liquame a contatto con la superficie del terreno con il contributo più o meno efficace di diversi tipi di piante acquatiche.

<sup>69</sup> BOD: Biochemical Oxygen Demand, indica la quantità di ossigeno richiesta dai microrganismi aerobici per poter degradare e assimilare le sostanze organiche presenti nei liquami.

$c_i$  = concentrazione media di BOD in ingresso [mg/l]  
 $c_u$  = concentrazione media di BOD in uscita [mg/l]  
 $k_{BOD}(T)$  = costante cinetica di biodegradazione alla temperatura T [m/d]

La dipendenza di  $k_{BOD}$  dalla temperatura è data dalla relazione:

$$k_{BOD}(T) = k_{BOD,20} \theta^{(T-20)}$$

Considerando l'utilizzo esclusivo di acque grigie, per il parametro  $\theta$  può essere assunto il valore 1.1 e per  $k_{BOD,20}$  un valore di 0.45 m/d .

In più, attraverso la seguente equazione è possibile calcolare il tempo di ritenzione idraulico effettivo, ossia il tempo approssimativo di permanenza delle acque reflue all'interno del sistema:

$$t_{ef} = \frac{\varepsilon A_s H}{Q}$$

Con  $\varepsilon$  = porosità del materiale [%] e H = profondità del letto [m]

Si riportano di seguito i valori di alcuni parametri pratici utili al dimensionamento corretto dell'impianto:

- limite massimo di 0.04d/m di carico idraulico specifico superficiale;
- Superficie unitaria non inferiore a 4-5m<sup>2</sup>/AE, se il letto viene impiegato come trattamento secondario, e non inferiore a 0.7-1 m<sup>2</sup>/AE, se viene impiegato come trattamento di affinamento.

Scuola	Carico idraulico [l/(ug)]	Alunni [u]	Abitanti eq. [u]	Acqua consumata [l/g]
Infanzia	40	60	10	2400
Primaria	35	240	40	8400
Secondaria I	35	504	84	17640
<hr/>				
Uffici	0.2 [l/m <sup>2</sup> ]	455 m <sup>2</sup>	9	91
Docce	20 l per doccia		16 docce	320
Cucina	20 l per cucina		1 cucina	20
			143	28871

Tab. 8.4 Acqua consumata giornalmente

Non solo le acque grigie costituiscono un'elevata frazione delle acque reflue complessive, ma la concentrazione di inquinanti (BOD) è inferiore a quella delle acque nere, circa 150 mg/l<sup>70</sup>.

Considerando l'acqua consumata giornalmente dalla tab.12.1, si calcola la portata media giornaliera (Q) dell'istituto. Utilizzando come riferimento la ripartizione in percentuale dei vari tipi di acque reflue prodotte negli usi domestici, si è diminuito il valore Q del 40% :

$$Q_p = 0.4 \times Q = 0.4 \times \left( \frac{28.871}{1000} \right) = 11.56 \frac{m^3}{g}$$

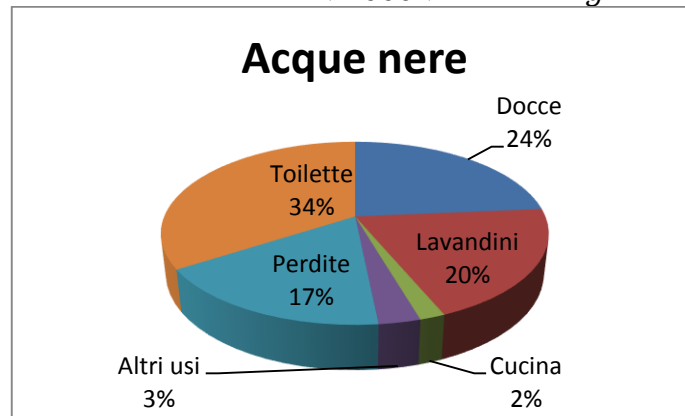


Fig. 8.10 - Ripartizione carico idraulico residenziale

Il dimensionamento dell'impianto sarà effettuato considerando una portata  $Q_p$  di 12 m<sup>3</sup>/g.

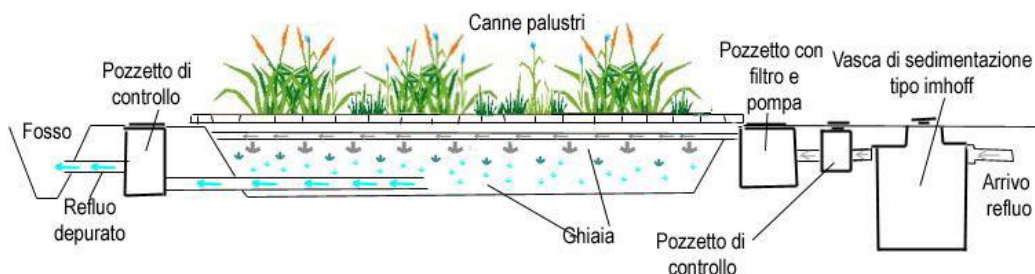


Fig.8.11 - Schema di funzionamento sistema di fitodepurazione

<sup>70</sup> La quantità di BOD presente nelle acque nere si aggira intorno a 250-300 mg/l.

DATI PRELIMINARI IMPIANTO					
T terreno Lipari		15	°C		
Conducibilità idrica Ghiaia k		10000	m/d	ε	38%
Pendenza primo tratto letto		1	%	k	100 m/d
Pendenza secondo tratto letto		10	%	k	1000 m/d
Materiale filtrante					
h media		0.7	m		
Pendenza		0.5	%		
h tot.		0.9	m		
h immissione liquido		0.6	m		

DIMENSIONAMENTO SUP LETTO A <sub>s</sub>			
T terreno	15	°C	
C <sub>i</sub>	150	mg/l	lnC <sub>i</sub> 5.011
C <sub>u</sub>	10	mg/l	lnC <sub>u</sub> 2.303
Q	12	m <sup>3</sup> /g	
kBOD	0.45	m/g	k <sub>15</sub> 0.279
A <sub>s</sub>	116.302	m <sup>2</sup>	
t <sub>ef</sub>	2.6	giorni	

La vasca settica a monte dell'impianto dovrà contenere almeno 35 m<sup>3</sup> di acqua per permettere il corretto funzionamento dell'impianto di fitodepurazione. Il sovradimensionamento della vasca, oltre che per i motivi specificati nel par.12.5, garantisce il funzionamento del servizio scolastico nei giorni di manutenzione dell'impianto.

## PARTICOLARITÀ COSTRUTTIVE

### MEZZO DI RIEMPIMENTO

- L'impiego di materiale locale è ovviamente appetibile per l'economicità.
- Si consiglia un materiale lavato, per eliminare le particelle più fini che tendono a riempire gli interspazi fra i granuli.
- Si preferisce l'uso di ghiaia di fiume al materiale frantumato, perché quest'ultimo tende a formare facilmente dei fini. Tuttavia possono essere utilizzati materiali di derivazione vulcanica come la pietra pomice; se ricche di ferro contribuiscono alla ritenzione del fosforo.
- Per limitare i rischi di intasamento è opportuno l'impiego di zavorre di almeno 8-16mm (ghiaia media) con propensione a pezzature anche maggiori nella prima parte del letto. Tuttavia va considerata la maggior difficoltà di attecchimento delle piante in condizioni di grosse granulometrie.



- Può essere opportuno ricoprire la superficie esposta all'aria con uno strato di torba (5-8cm) che consente di isolare il letto e le piante dai rigori delle temperature estive e di controllare eventuali odori molesti.

#### DISPOSITIVI D'INGRESSO

L'obiettivo è la distribuzione uniforme del liquame da depurare attraverso tutta l'area trasversale nella sezione d'ingresso. Nel contempo si assolve alla funzione di accumulare buona parte dei solidi sospesi non biodegradabili rallentando l'intasamento e prolungando la durata del letto.

- Prevedere un settore iniziale corredato di ghiaia grossa e ciottoli di elevata pezzatura (60-100mm)
- La ripartizione dei liquami avverrà attraverso l'uso di tubazione dotata di ugelli di diametro compreso tra 75-100mm.

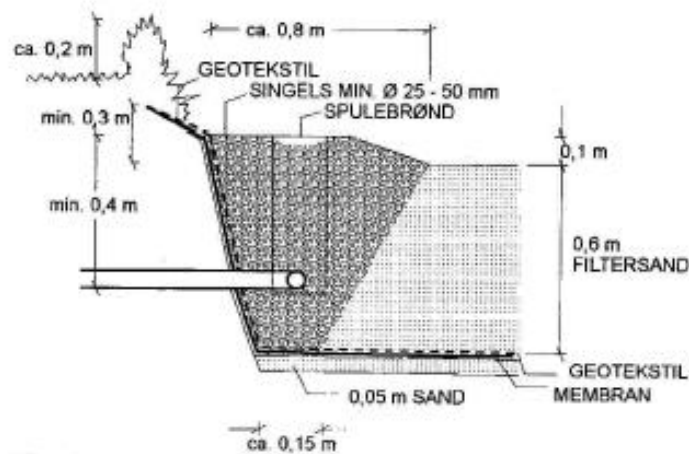


Fig.8.12 - Dispositivo d'ingresso

## SISTEMA DI RACCOLTA E DISPOSITIVO D'USCITA

Si è scelto di utilizzare una vasca libera per la raccolta dell'acqua depurata direttamente a valle del gabbione. In questo modo non s'incorre nei pericoli di eventuale intasamento di tubazioni forate unica alternativa alla vasca.

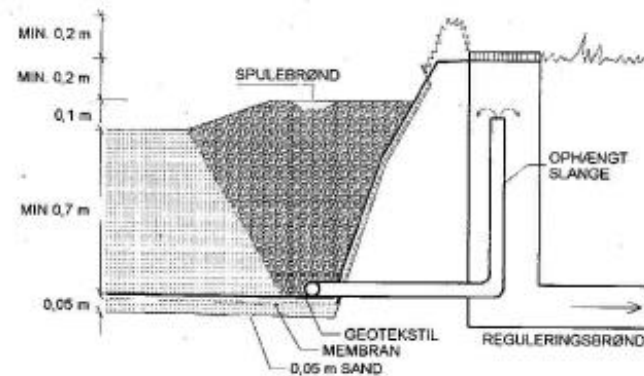


Fig.8.13 - Soluzioni di raccolta acqua depurata senza tubo forato

## TIPI DI PIANTE UTILIZZATE E MODALITA' DI MESSA IN POSA

Le piante più utilizzate devono essere resistenti a:

- Variazioni delle condizioni ambientali in cui si trova l'impianto;
- Variazioni del carico idraulico e organico delle acque;
- Facilità di reperimento in loco.

Le specie consigliate sono la gramigna di palude (*Glyceria maxima*) e il carice (*Carex acutiformis*) per la loro disponibilità e la resistenza a temperature comprese da 10 e 30 °C. Tollerano anche un'elevata salinità che caratterizza le acque provenienti da dissalatori. A queste possono essere associate anche piante colorate poste lungo il perimetro dei letti. Tra i sistemi di piantumazione il più efficace è il trapianto con piantine e pani di terra, la piantumazione è effettuata nel periodo primaverile con una densità di 3-4 piante/m<sup>2</sup>. Nel caso di seminazione diretta è opportuno mescolare i semi a della sabbia in rapporto 1:3 per aumentare l'umidità.

## IMPERMEABILIZZAZIONE – LETTI DI FITODEPURAZIONE PREFABBRICATI

L'adozione di celle prefabbricate in cui viene suddiviso il sistema possono avere le forme più svariate, tutte finalizzate a

- seguire le caratteristiche del terreno;
- favorire la distribuzione uniforme;
- ridurre i rischi di intasamento;
- favorire il drenaggio delle acque.

La problematica principale di questi letti è il fatto che la pendenza delle sponde fa sì che in vicinanza delle sponde stesse si abbia la presenza di parti del

letto di fitodepurazione in cui il materiale filtrante ha un'altezza ridotta, con possibile danneggiamento delle piante.

Questo problema assume importanza soprattutto nel caso di piccoli impianti; il problema può essere alleviato prevedendo un primo tratto del letto dedicato allo sviluppo di piante d'abbellimento.

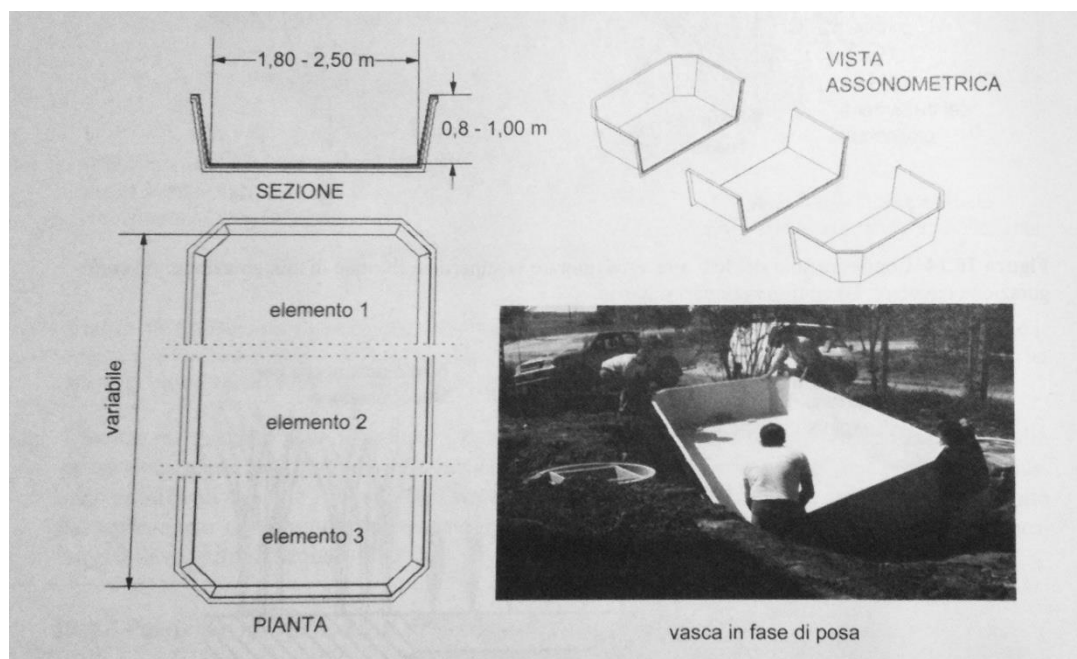


Fig.8.14 - Letto di fitodepurazione prefabbricato

## RENDIMENTI FITODEPURATIVI

Come osservazione di carattere generale, i sistemi di fitodepurazione sono soggetti, prevalentemente nei mesi estivi, a forti processi di evaporazione, favoriti soprattutto da particolari tipi di piante, per cui la portata uscente è di norma inferiore a quella entrante. Pertanto per la misurazione dei rendimenti depurativi non è sufficiente confrontare le concentrazioni in uscita dei singoli parametri con quelle d'ingresso ma occorre fare riferimento alle effettive quantità in gioco, attraverso un bilanciamento di massa.

Nel caso di trattamento secondario, i rendimenti depurativi sono molto elevati nell'abbattimento delle sostanze organiche e dei solidi sospesi, arrivando anche a rendimenti dell' 80-90%<sup>71</sup>. Più contenuti e difficilmente prevedibili sono i rendimenti nell'abbattimento dell'azoto e fosforo.

<sup>71</sup> Studi effettuati negli USA dalla Tennessee Technological University, University of Nebraska-Lincoln, North American Database.

## 8.2.7 VASCA DI ACCUMULO DELLE ACQUE PIOVANE

Le vasche di recupero e di accumulo prefabbricate in cemento consentono di:

- stoccare l'acqua piovana proveniente da tetti, terrazzi, o altre superfici e riutilizzarla per l'irrigazione del verde, orti e colture agricole.
- evitare il sovraccarico delle reti fognarie quando la pioggia cade intensamente e per un breve periodo.

Le dimensioni delle vasche di recupero per l'acqua piovana prefabbricate in cemento vanno da 1,7 a 57 m<sup>3</sup>. Sono realizzate con calcestruzzo rck 45n/mm<sup>2</sup>, armato con ferri b 450 c (come fe b 44k), con copriferro di spessore cm.2 con copriferro di spessore cm 2.

### DIMENSIONAMENTO

Di seguito si riportano i valori di piovosità rilevati per il Comune di Lipari<sup>72</sup>

	totale mm	max mm	freq. Gg gg
Gen	41,8	8,2	11,0
Feb	31,1	10,6	4,0
Mar	18,2	8,8	5,0
Apr	123,8	73,1	6,0
Mag	76,8	31,1	7,0
Giu	8,1	7,8	1,0
Lug	57,3	42,0	3,0
Ago	90,8	38,8	5,0
Sel	125,7	41,8	12,0
Ott	60,4	19,2	7,0
Nov	75,8	13,2	11,0
Dic	153,5	44,2	14,0
anno	863,3	73,1	86,0

Tab. 8. 5 Piovosità di Lipari

Per il dimensionamento dell'impianto si considera solo il contributo delle coperture inclinate verso l'interno.

Piovosità massima	863	mm/m <sup>2</sup>
Area copertura	4000	m <sup>2</sup>
Acqua recuperabile	3452	m <sup>3</sup> /anno
Numero piogge annuali	86	
Dimensionamento vasca	40.14	m <sup>3</sup>

Tab. 8. 6 Dimensionamento vasca recupero acqua da pioggia

<sup>72</sup> Stazione meteorologica Militare - Stromboli

PLANIMETRIA INTERNO VASCHE

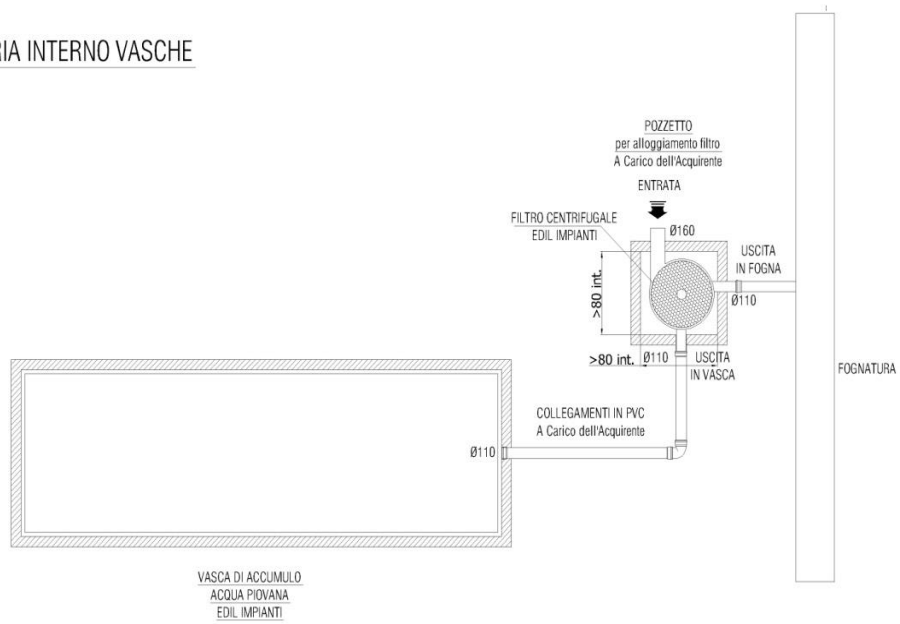


Fig.8.15 - Planimetria vasca recupero acque da pioggia

## 8.2.8 CONCLUSIONI

Il contributo dei sistemi di recupero delle acque riduce i prelievi dall'acquedotto agisce nel contempo da vasca di compenso nel caso di eventi piovosi eccezionali. La disposizione dei serbatoi di accumulo delle acque in una parte dell'edificio provvisto di accesso indipendente, agevola tutte le operazioni di manutenzione senza mettere a rischio l'ambiente scolastico. L'acqua recuperabile per gli usi interni corrisponde a più del 40 % del fabbisogno dell'edificio, mentre sfruttando l'accumulo dell'acqua piovana è possibile riuscire a soddisfare la richiesta per l'irrigazione esterna senza alcun prelievo dall'acquedotto.

L'acqua in eccesso è raccolta in appositi serbatoi è utilizzata in caso di incendio.

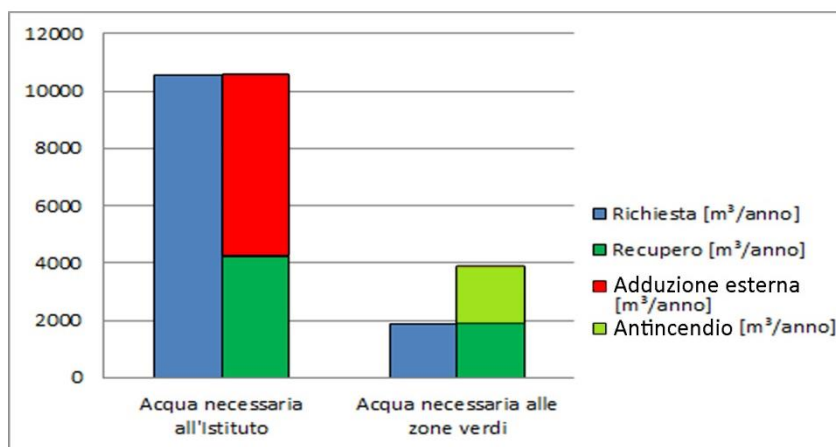


Fig.8.16 - Fabbisogno di acqua per l'Istituto

Fabbisogno idrico Istituto		l/g	m³/anno
Acqua necessaria	Plessi	28871	10538
	Giardini	930	1887
Acqua recuperata	Fitodep.	11548	4215
	Pioggia	-	3852

Tab. 8. 7 Fabbisogno Idrico

Per questo motivo, il sistema di fitodepurazione potrebbe essere ulteriormente integrato con un sistema di disinfezione per ottimizzare l'uso dell'acqua in eccesso. Non sempre risulta necessaria una disinfezione continua, è invece opportuno predisporre l'impianto in modo da poter effettuare una disinfezione d'emergenza.





# BIBLIOGRAFIA

## CAPITOLO I - PRESENTAZIONE DEL PROGETTO

### TESTI

- ROCCA G., *Isole minori Italiane e turismo*, 1984
- AA.VV., *Documento isole minori*, da relazione conclusiva della riunione tra Regioni e Province autonome, Roma, 2009
- RACHELI G., *Le isole minori delle Sicilia*, ed. Giuseppe Maimone, Catania, 1989
- REGIONE SICILIA, *“Le isole, un parco nel Mediterraneo”*, in Documento preliminare di piano, 2006

### FONTI INTERNET

- [www.gse.it](http://www.gse.it)
- [http://pti.regione.sicilia.it/portal/page/portal/PIR\\_PORTALE/](http://pti.regione.sicilia.it/portal/page/portal/PIR_PORTALE/)

## CAPITOLO II - INQUADRAMENTO MACROURBANO

### TESTI

- REGIONE SICILIA, *Piano di Gestione UNESCO Isole Eolie*, 2007
- REGIONE SICILIA, *Linee guida del piano territoriale paesistico regionale*, 1999
- LA GRECA G., *La storia della pomice*, Milazzo, 2002
- LA GRECA G., *Lipari al tempo degli arabi*, Milazzo, 2009
- BONGIORNO G., *Le isole del sogno*, in Sicilia What's on, 1989
- BARRESI G., *L'arte salutare a Lipari*, ed. Centro studi Lipari, 2010
- BREA-CAVALIER B., *Isole Eolie. Vulcanologia, archeologia*, Roma, 1991

## FONTI INTERNET

- [http://it.wikipedia.org/wiki/Isole\\_Eolie](http://it.wikipedia.org/wiki/Isole_Eolie)
- <http://www.isoleeolie.com/>
- <http://www.snav.it/destinazioni/isole-eolie.html>

## CAPITOLO III - INQUADRAMENTO MICROURBANO

### TESTI

- ANGELI F., *Forme e pratiche della perequazione urbanistica in Italia*, ed. Franco Angeli, 2010
- CAMAGNI R., *L'uso improprio della perequazione urbanistica*, ed. Franco Angeli, 2011
- PALAZZO D., *Urban design. Un processo per la progettazione urbana*, ed. Mondadori, 2008

### FONTI INTERNET

- <http://www.lipari.biz/>
- <http://www.comunelipari.gov.it/>
- <http://www.istat.it/>

## CAPITOLO IV - IL PROGETTO ARCHITETTONICO

### TESTI

- LOCASCIO G., *Dell'architettura nelle isole Eolie*, Roma 2005
- DI MAGGIO M.T., *La casa rurale nelle Isole eolie*, Ragusa 1973
- SOLE M, *Manuale di edilizia scolastica*, ed. Carocci, Roma, 1995
- GOOTFRIED A., *Quaderni del manuale di progettazione edilizia: L'edilizia scolastica, universitaria e per la ricerca*, ed. Hoepli, Milano, 2006
- MANTEGAZZA R.-SEVESO G., *Pensare la scuola*, ed. Mondadori, 2006

- CAMPAGNOLI G., *L'architettura della scuola*, 2007
- LOMBARDO S., *Asili nido e scuole materne*, 1997
- BURCKE G. GROSVENOR I., *School*, ed. Reaktion book Ltd, 2003
- SWEDEN, *Building for school and community*, ed. Ceco, 1979
- OECD, *Design for learning*, 2001
- BIONDI G., *La scuola dopo le nuove tecnologie*, ed. Apogeo, 2007
- 2000 AA.VV., *Designing modern childhoods history, space and the material culture of Children*, Rutgers University press, 2008
- AA.VV., *Urban Playground Spaces*, Monsa, 2005
- CSI - *Relazione finale progetto scolastico "Disabili e Sport"*, 2011
- ASENSIO F., *Architettura oggi*, ed. Mondadori, 2006
- CATARSI E., *La continuità educativa tra l'asilo nido e la scuola materna*, ed. la nuova Italia, 1991
- RUGGERI R., *Microclima degli ambienti civili e industriali*, ed. città studi, 1992
- S.E.V., *Edilizia sostenibile*, ed. Sistemi editoriali, 2008
- BADALIS D., *Bioclimatic Design & Urban re-generation*, 2003
- CORRADO M., *Architettura bioecologica*, Monfalcone, 2008
- ROGORA A. - *Architettura e bioclima*, 2003
- HEGGER M.-FUCHS M.-STARK T., ZEUMER M., *Atlante della Sostenibilità*, ed. UTET, 2007
- HERZOG T.-KRIPPNER R.-LANG W., *Atlante delle facciate*, ed. UTET, 2005
- MAGRINI A.-ENA D., *Tecnologie solari attive e passive*, ed. EPC libri, Milano,
- REYNERI C.A., *Coperture in bioedilizia*, ed. Edicom, 2004
- SASSO U., *Bioarchitettura: forma & formazione*, ed. Alinea, 2003.

## FONTI INTERNET

- <http://www.faveton.com/>
- [www.legambientescuolaformazione.it/](http://www.legambientescuolaformazione.it/)
- <http://www.forster-profile.ch/it/downloads/catalogo-profili-cad.html>
- <http://www.heliobus.com/de/home>
- <http://www.marcegaglia.com/>
- <http://www.system-photonics.it/references>
- <http://www.ferrau.it/>
- <http://www.antincendio.it/>

## **CAPITOLO V - IL PROGETTO STRUTTURALE**

### TESTI

- NEUFERT E., *Enciclopedia pratica per progettare e costruire*, ed. Hoepli, 1996
- TONIOLO G., *Appunti di tecnica delle costruzioni: elementi strutturali in acciaio*, ed. Masson, 1979
- TONIOLO G., *Tecnica delle costruzioni: calcolo strutturale i telai*, ed. Zanichelli, 2005
- TONIOLO G.-DI PRISCO M., *Tecnica delle costruzioni: cemento armato calcolo agli stati limite*, ed. Zanichelli, 2005
- GUADAGNI A., *Progettare costruzione in acciaio*, ed. Hoepli, 2004
- MASI F., *Costruire in acciaio*, ed. hoepli, 1996

## **CAPITOLO VI - IL BILANCIO ENERGETICO**

### TESTI

- ROSSI N, *Manuale del termotecnico*, ed. Hoepli 2003
- GHIAUS C.-ALLARD F., *Natural ventilation in the urban environment: assessment and design*, Earthscan, 2005.
- ROGORA A., *Architettura e bioclimatica : la rappresentazione dell'energia*

*nel progetto*, ed. Sistemi Editoriali, 2003

- GALLO C., *La qualità energetica e ambientale nell'architettura sostenibile : politiche di promozione, progettazione bioclimatica, contratti di quartiere, spazi pubblici urbani, certificazione degli edifici, energia solare, tecnologie innovative, caratteristiche dei materiali da costruzione e loro riciclaggio*, ed. gruppo 24 ore, 2000.
- GROSSO M., *Il raffrescamento passivo degli edifici*, Maggioli, Rimini, 1997
- AA.VV., *Eba2: Manuale d'uso*, ed. Eba System, 2011
- MARONI M., *Salute e qualità dell'aria negli edifici*, Masson, 1998.
- OLGAY V., *Progettare con il clima*, ed. Muzzio, 1981.
- FRANCESE D., *Architettura Bioclimatica: risparmio energetico e qualità della vita nelle costruzioni*, ed. UTET, 1996.

#### FONTI INTERNET

- [http://www.windfinder.com/weatherforecast/isola\\_di\\_salina](http://www.windfinder.com/weatherforecast/isola_di_salina)
- <http://www.rw-buildingschool.it/eba+2>
- [http://www.naturmed.unimi.it/m\\_indice\\_TermHigro.html](http://www.naturmed.unimi.it/m_indice_TermHigro.html)
- <http://www.eolierunningtour.it/sole-eolie/>
- <http://www.celenit.com/>

## **CAPITOLO VII - STUDIO ILLUMINOTECNICO**

#### TESTI

- FELLIN L.-FORCOLINI P.- *Manuale di illuminotecnica*, ed. Tecniche Nuove, 1999.
- L. Di Fraia, *Illuminazione naturale e sua importanza per la qualità della vita oggi*, Seminario di aggiornamento promosso dall'AIDI e dall'Università Federico II di Napoli, Napoli, 2008
- BRIVIO F., *Schermature solari e tende tecniche, metodi e soluzioni di*



*progetto, tipologia, risparmio energetico*, ed. gruppo 24 ore, 2010.

#### FONTI INTERNET

- <http://www.relux.biz/>
- [www.philips.com/lightcontrols](http://www.philips.com/lightcontrols)

### **CAPITOLO VIII - STRATEGIE PER IL RISPARMIO ENERGETICO**

#### TESTI

- ASTE N., *Il fotovoltaico in architettura*, ed. Sistemi Editoriali, 2002
- L. MASOTTI e P. VERLICCHI., *Impianti per piccole comunità, Tecniche naturali e tecniche impiantistiche*, Hoepli, 2000
- R. VISMARA, *Depurazione Biologica*, Hoepli, 1998
- M BORIN, *Fitodepurazione. Soluzioni per il trattamento dei reflui con le piante*, ed. Edagricole, 2003
- VISMARA G., EGADDI F., GARUTI G., PERGETTI M., PAGLIUGHI A., *Linee guida per il dimensionamento degli impianti di fitodepurazione a macrofite radicate emergenti*, dipartimento d'Ingegneria Ambientale, 2000.

#### FONTI INTERNET

- <http://www.sunearthtools.com/>
- <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

# INDICE DELLE FIGURE

Fig. 1.1	Principali isole minori italiane	04
Fig. 1.2	Lipari Castello, isola di Lipari	07
Fig. 2.1	Regione Sicilia, Inquadramento arcipelago Eolie	10
Fig. 2.2	Arcipelago isole Eolie	11
Fig. 2.3	Frazionamento del Comune	20
Fig. 2.4	Profilo montuoso isola di Lipari	21
Fig. 2.5	PRG Frazione di Canneto	35
Fig. 2.6	Vie d'incanalamento preferenziali della lava	43
Fig. 2.7	Vincolo ZPS e SIC	81
Fig. 2.8	Planimetria della Riserva Naturale Orientata	82
Fig. 2.9	Impianto di depurazione in località Balestrieri – Lipari	83
Fig. 2.10	Impianto fotovoltaico sul monte Sant'Angelo – Lipari	84
Fig. 2.11	Centrale termoelettrica, Lipari	85
Fig. 2.12	Principali tratte di collegamento marittimo	87
Fig. 2.13	Rete viaria Lipari	89
Fig. 3.1	Ipotesi di trasferimento delle destinazioni d'uso	94
Fig. 3.2	Inquadramento area d'intervento	96
Fig. 3.3	Accessibilità	114
Fig. 4.1	Vista di Vulcano dal porto di Lipari	119
Fig. 4.2	Resti di un sistema di raccolta delle acque pluviali	120
Fig. 4.3	Abitazione Rurale	121
Fig. 4.4	Tipica villa eoliana XVI sec	122
Fig. 4.5	Tipica villa eoliana XVIII sec.	123
Fig. 4.6	Lungomare di Lipari	124
Fig. 4.7	Vista centro Lipari dal Monte Giardina	125
Fig. 4.8	Terrazzamenti, Filicudi	126
Fig. 4.9	Scorcio dell'isola	127
Fig. 4.10	Abitazione ecosostenibile in stile liparese	128
Fig. 4.11	École de plein air de Suresnes, Beaudouin e Lods	134
Fig. 4.12	Asilo di S. Elia a Como, Giuseppe Terragni	135
Fig. 4.13	Geswister Schule, Shauron	136
Fig. 4.14	Strawberry Vake School in Canada, Patkau Architects	137
Fig. 4.15	Feather River Accademy in California, A4E	138
Fig. 4.16	Markt Indelsdorf, Almann Sattler	138
Fig. 4.17	C.I.P, I.E.S, Ballus & Ansuategui	147
Fig. 4.18	Madinat al Zahra Museum, Sobejano	148
Fig. 4.19	Brillant primary school, C&D Architects	149
Fig. 4.20	Vulcano Buono, Piano	150
Fig. 4.21	Escuela infantil Neruda, Pizarro&Rueda	151
Fig. 4.22	Arc en Ciel, B&B Architects	152
Fig. 4.23	Musac, Mansilla&tunon	153
Fig. 4.24	Montessori school, You Teizuka Architects	154
Fig. 4.25	Sidwell friend school, Adropogon Associates	155

Fig. 4.26	Concept architettonico	157
Fig. 4.27	Concept architettonico	157
Fig. 4.28	Concept architettonico	158
Fig. 4.29	Distribuzione delle funzioni PT	161
Fig. 4.30	Distribuzione delle funzioni P-1	161
Fig. 4.31	Distribuzione delle funzione P1	162
Fig. 4.32	Distribuzione delle funzioni P2	162
Fig. 4.33	Sezione C-C, vista blocco palestra	173
Fig. 4.34	Sezione D-D, vista blocco biblioteca	173
Fig. 4.35	Sezione A-A, vista dell'atrio interno	174
Fig. 4.36	Percorso sensoriale	177
Fig. 4.37	Shadow Play	178
Fig. 4.38	Wall-Holla	179
Fig. 4.39	Classificazione di reazione al fuoco	187
Fig. 5.1	Suddivisione della platea di fondazione	195
Fig. 5.2	Corrosione dell'acciaio al carbonio	199
Fig. 5.3	Sezione dell'edificio su cui agisce l'azione del vento	228
Fig. 5.4	Forza del vento sugli orizzontamenti	234
Fig. 5.5	Area d'influenza travi secondarie P1	259
Fig. 5.6	Area d'influenza travi secondarie coperture	235
Fig. 5.7	Profilario IPE	239
Fig. 5.8	Area d'influenza trave primaria S21, P1	250
Fig. 5.9	Area d'influenza trave primaria, S21, Copertura	251
Fig. 5.10	Area d'influenza, s3, P1	272
Fig. 5.11	Assonometria scomposta della trave reticolare	315
Fig. 5.12	Schema statico trave reticolare	316
Fig. 5.13	Prospetto trave reticolare	317
Fig. 5.14	Classificazione elementi costituenti	317
Fig. 5.15	Perno di collegamento soppalco-trave reticolare	337
Fig. 5.16	Definizione dell'altezza di gola nelle saldature a cordone d'angolo	339
Fig. 5.17	Schema Piastra d'unione della trave reticolare	340
Fig. 5.18	Classificazione piastre d'unione	340
Fig. 5.19	Modello costruttivo della piastra di collegamento	341
Fig. 6.1	Zone termiche	345
Fig. 6.2	Andamento delle temperatura MAX e min del comune di Lipari	346
Fig. 6.3	Irradianza mensile diretta e diffusa del comune di Lipari [W/m <sup>2</sup> ]	347
Fig. 6.4	Irradianza su superfici orientate del comune di Lipari [W/m <sup>2</sup> ]	347
Fig. 6.5	Confronto tra irradianza e temperatura [°C]	348
Fig. 6.6	Dati del vento isola di Lipari	349
Fig. 6.7	Posizione delle barriere verdi e delle barriere continue	350
Fig. 6.8	Flusso del vento sotto la barriera verde	350
Fig. 6.9	Flusso del vento sotto una barriera continua	350
Fig. 6.10	Schema del moto ventoso proveniente da Ovest nei mesi di Aprile-Maggio-Luglio-Settembre-Ottobre	351
Fig. 6.11	Schema del moto ventoso proveniente da Est nel mesi di Giugno	351

Fig. 6.12 Schema del moto ventoso proveniente da Ovest nei mesi di Novembre-Dicembre-Gennaio-Febrero	351
Fig. 6.13 Indice Humidex	352
Fig. 6.14 Andamento annuale tp	353
Fig. 6.15 Calore emesso da una persona in funzione della T esterna	354
Fig. 6.16 Temperatura operante ottimale in funzione di indumenti e attività	356
Fig. 6.17 Piovosità totale mesi	357
Fig. 6.18 Eventi piovosi mensili	357
Fig. 6.19 Trasmissione di un vetro a doppio strato	367
Fig. 6.20 Esploso telaio in alluminio con taglio termico	368
Fig. 6.21 Oscillazioni di temperatura delle strutture opache	370
Fig. 6.22 Concentrazione di CO <sub>2</sub> con e senza impianto di ventilazione	381
Fig. 6.23 Tipologia di apertura	382
Fig. 6.24 Moto laminare (a) e turbolento (b)	383
Fig. 6.25 Andamento della concentrazione di CO <sub>2</sub> con diverso numero di ricambi d'aria	384
Fig. 6.26 Andamento ACH in funzione della $\Delta T$	386
Fig. 6.27 Zone controllate al di sotto del livello strada	387
Fig. 6.28 Interazioni tra strada e profondità canyon	388
Fig. 6.29 Schema di funzionamento del sistema di immissione naturale dell'aria	388
Fig. 6.30 Schema di ventilazione naturale -immissione controllata (rosso) e bocchetta di estrazione (verde)	389
Fig. 6.31 Sistema di immissione dell'aria installato sul telaio del serramento (modello AP Aereco)	389
Fig. 6.32 Specifiche estrattore con sensore d'umidità (modello GBP Aereco)	389
Fig. 6.33 Schema del flusso attraverso un'apertura verticale	390
Fig. 6.34 Flusso d'aria attraverso grandi aperture	391
Fig. 6.35 Apporti di calore e scambi termici	392
Fig. 6.36 Periodo di funzionamento dell'impianto di raffrescamento B2	395
Fig. 6.37 Fabbisogno ideale B2	396
Fig. 6.38 Studio dei serramenti del B1	397
Fig. 6.39 Periodo di funzionamento dell'impianto di raffrescamento	398
Fig. 6.40 Fabbisogno ideale ventilazione naturale/meccanica B2	399
Fig. 6.41 Confronto dei fabbisogni	400
Fig. 6.42 Durata di raffrescamento $\tau$	400
Fig. 6.43 Periodo di funzionamento dell'impianto di raffrescamento B1	401
Fig. 6.44 Fabbisogno estivo Blocco 2	403
Fig. 6.45 Durata del raffrescamento	403
Fig. 6.46 Legame resistenza - capacità termica	405
Fig. 6.47 Dispersioni nel mese di Gennaio B1	408
Fig. 6.48 Dispersioni nel mese di Gennaio B2	411
Fig. 7.1 Legame lux/ritmi fisiologici	414
Fig. 7.2 Angolo di altezza solare e angolo orizzontale	420
Fig. 7.3 Percorso solare	421

Da Fig. 7.4, a Fig 7.7	Ombreggiamento 21 Dicembre	423
Da Fig 7.8 a Fig 7.11	Ombreggiamento 21 Giugno	424
Fig 7.12 a Fig 7.15	Ombreggiamento 20 Marzo	425
Fig 7.16 a Fig 7.19	Ombreggiamento 23 Settembre	426
Fig. 7.20	FLD aula critica	429
da Fig. 7.21 a Fig. 7.35	Illuminamento 21 Settembre	430-334
da Fig. 7.36 a Fig. 7.50	Illuminamento 21 Dicembre	435-439
da Fig. 7.51 a Fig. 7.62	Illuminamento 21 Maggio	440-443
Fig. 7.63	Lucernario Heliobus – Sezione	444
Fig. 7.64	Lucernario Heliobus – Vista notturna	445
Fig. 7.65	Luce a plafone zona banchi	446
Fig. 7.66	Grafico fotometrico con curva simmetrica	446
Fig. 7.67	Lampada a plafone zona lavagna	447
Fig. 7.68	Grafico fotometrico con curva asimmetrica	448
da Fig. 7.69 a Fig. 7.72	Illuminamento Luce artificiale	449
Fig. 7.73	Relazione abbagliamento (UGR)- Angolo d'osservazione	450
Fig. 7.74	Rapporto tra intensità della luce e comfort visivo	450
Fig. 8.1	Produzione media annuale di energia elettrica generata da un sistema fotovoltaico di 1KW	454
Fig. 8.2	Produzione mensile pannelli fotovoltaici	456
Fig. 8.3	Simbolo per segnalare la presenza di acqua riciclata non potabile	458
Fig. 8.4	Schema semplificato per il riuso delle acque grigie	459
Fig. 8.5	Impianto di accumulo delle acque meteoriche	460
Fig. 8.6	Sistema della depurazione delle acque grigie	460
Fig. 8.7	Schema fossa settica a una camera	461
Fig. 8.8	Fosse settiche monocamerale in serie	462
Fig. 8.9	Sez. Long. Vasca settica	463
Fig. 8.10	Ripartizione carico idraulico residenziale	466
Fig. 8.11	Schema di funzionamento sistema di fitodepurazione	466
Fig. 8.12	Dispositivo d'ingresso	468
Fig. 8.13	Soluzioni di raccolta acqua depurata senza tubo forato	469
Fig. 8.14	Letto di fitodepurazione prefabbricato	470
Fig. 8.15	Planimetria vasca recupero acque da pioggia	472
Fig. 8.16	Fabbisogno di acqua per l'Istituto	473

# INDICE SCHEDE

## RILIEVO MORFOLOGICO FOTOGRAFICO

R.m.f.01	23
R.m.f.02	24
R.m.f.03	25
R.m.f.04	26
R.m.f.05	27
R.m.f.06	28
R.m.f.07	29
R.m.f.08	30
R.m.f.09	31
R.m.f.10	32
R.m.f.11	33
R.m.f.12	34
R.m.f.13	36
R.m.f.14	37
R.m.f.15	38
R.m.f.16	39
R.m.f.17	40
R.m.f.18	41
R.m.f.19	42
R.m.f.20	97
R.m.f.21	98
R.m.f.22	99
R.m.f.23	100
R.m.f.24	101
R.m.f.25	102
R.m.f.25	103
R.m.f.27	104
R.m.f.28	105
R.m.f.29	106
R.m.f.30	107
R.m.f.31	108
R.m.f.32	109
R.m.f.33	110
R.m.f.34	111
R.m.f.35	112
R.m.f.36	113

## **RILIEVO STORICO – CARTOGRAFIA**

R.s.C.01	46
R.s.C.02	47
R.s.C.03	48
R.s.C.04	49

## **RILIEVO STORICO – PREESISTENZE**

R.s.P.01	55
R.s.P.02	56
R.s.P.03	57
R.s.P.04	58
R.s.P.05	59
R.s.P.06	60
R.s.P.07	61

## **RILIEVO FOTOGRAFICO SCUOLE**

R.Fs.01	66
R.Fs.02	67
R.Fs.03	68
R.Fs.04	69
R.Fs.05	70
R.Fs.06	71
R.Fs.07	72
R.Fs.08	73
R.Fs.09	74
R.Fs.10	75
R.Fs.11	76
R.Fs.12	77
R.Fs.13	78
R.Fs.14	79
R.Fs.15	80

## **PACCHETTI TECNOLOGICI (JTEMP)**

C.O.01	374
C.O.02	375
C.O.03	376
C.O.04	377
C.V.02	378
C.V.03	379



## ALLEGATO A – INDICE TAVOLE FORMATO A2

Inquadramento territoriale isola di Lipari	TAV. 1
Accessibilità isola macro/micro-urbana	TAV. 2
Evoluzione demografica	TAV. 3
Servizi e infrastrutture scolastiche	TAV. 4
Definizione dell'area d'intervento	TAV. 5
Rilievo topografico	TAV. 6
PRG frazione di Canneto	TAV. 7
FDOM	TAV. 8
Masterplan	TAV. 9
Nuova assetto viario	TAV. 10
Organigramma funzionale	TAV. 11
Organizzazione delle funzioni	TAV. 12
Planivolumetrico	TAV. 13
Pianta piano Terra e -1	TAV. 14
Pianta piano 1 e 2	TAV. 15
Pianta delle coperture	TAV. 16
Sezione A-A e B-B	TAV. 17
Sezione C-C e D-D	TAV. 18
Platea di fondazione	TAV. 19
Pianta soffitto piano -1 e piano terra	TAV. 20
Pianta soffitto piano 1 e piano 2	TAV. 21
Abaco stratigrafie elementi opachi	TAV. 22
Abaco stratigrafie elementi trasparenti	TAV. 23
Blow up sezione B-B	TAV. 24
Blow up sezione D-D	TAV. 25
Nodi tecnologici N.V.01 - N.V.02	TAV. 26
Nodi tecnologici N.V.03 - N.V.04 - N.V.05	TAV. 27
Nodi tecnologici N.V.06 - N.V.07 - N.V.08 - N.V.09	TAV. 28
Scheme design	TAV. 29
Analisi illuminamento	TAV. 30
Impianti di recupero delle acque reflue	TAV. 31

# ALLEGATO B – INDICE TABULATI BILANCIO ENERGETICO (EBA2)

Calcolo indice termo igrometrico comune di Lipari	2
Calcolo fabbisogno energetico – ventilazione naturale	8
Calcolo del fabbisogno energetico – ventilazione meccanica	187