



Lo scarto che ritorna ad essere elemento strutturale per
la “trasformazione” di Palazzo Centurioni



POLITECNICO
MILANO 1863

SCUOLA DI ARCHITETTURA, URBANISTICA E INGEGNERIA DELLE COSTRUZIONI
Polo Territoriale di Lecco
Anno accademico A.A. 2020/2021
Corso di Ingegneria Edile-Architettura

Autori

Gabriella Berlingeri 860976

Giovanni Ferrante 860215

Relatrice:

Prof.ssa Elisabetta Rosina

Correlatore:

Prof. ing. Edoardo Oliviero Radaelli

INDICE

Sinossi	6	6. Il progetto architettonico (Berlingeri e Ferrante)	
Abstract	7	6.1 Gialli e rossi	148
1. Il territorio (Berlingeri e Ferrante)	11	6.2 Analisi dell'intervento	153
1.1. Inquadramento territoriale	30	6.3 Rifunzionalizzazione di Palazzo Centurioni	154
1.2. Inquadramento paesaggistico	35	6.4 Analisi dei flussi	160
1.3. Inquadramento storico	47	6.5 Accessibilità per disabili	162
1.4. Inquadramento fotografico		6.6 Antincendio	166
2. Palazzo Centurioni (Berlingeri e Ferrante)		7. Tecnologia sostenibile (Berlingeri e Ferrante)	
2.1. Metodologia ricerca fonti archivistiche	51	7.1 Sostenibilità nei materiali	172
2.2. Inquadramento storico	52	7.2 Uso degli scarti in edilizia	178
2.3 Il primo progetto di conservazione e consolidamento	61	7.3 Analisi delle verifiche e delle prestazioni	205
3. Il rilievo (Berlingeri e Ferrante)		8. Il progetto del nuovo (Berlingeri e Ferrante)	
3.1 Sopralluogo	64	8.1 Analisi dei carichi	212
3.2 Rilievo fotografico	65	8.2 Dimensionamento degli elementi strutturali	220
3.3 Rilievo geometrico	69	8.3 Progettazione e dimensionamento del giunto strutturale	264
3.4 Rilievo materico	71	9. Climatizzazione (Ferrante)	273
3.5 Rilievo del degrado	73	9.1 Caratteristiche	274
3.6 Analisi della diagnostica	76	9.2 Analisi dei pacchetti tecnologici	275
3.7. Analisi critica del primo progetto di conservazione e consolidamento	77	9.3 Dispersioni e rientri	277
4. Il progetto di conservazione (Berlingeri e Ferrante)		9.4 Dimensionamento dell'impianto di climatizzazione	283
4.1 Il progetto di consolidamento	96	Conclusioni	287
4.2 Il progetto di restauro e di conservazione	109	Indice dei riferimenti	289
5. Il progetto territoriale (Berlingeri e Ferrante)		Bibliografia	290
5.1 Sondaggio di valutazione	128	Indice delle figure	294
5.2 Rilancio del turismo	132	Indice delle tabelle	299
5.3. Analisi SWOT	137	Allegati	
5.4 Strategia di intervento	140	Schede iconografiche	304
		Documentazione strutturale storica	313

Il progetto di tesi nasce dall'interesse da parte dell'Amministrazione Comunale di Castiglione della Pescaia nell'intervenire su uno dei palazzi storici presenti all'interno della cinta muraria del borgo, Palazzo Centurioni.

Data la posizione centrale dell'edificio si è andati ad allargare l'attenzione del progetto anche nei confronti di una rivalorizzazione urbana e in uno studio sul rilancio turistico nei periodi meno affollati da cui può derivare un incremento dell'occupazione.

In particolare, gli interventi che interessano la rifunzionalizzazione del palazzo sono quelli finalizzati al restauro e consolidamento strutturale. Entrambi mirano al principio di conservazione, ovvero di mantenere il più possibile intatto il patrimonio storico – artistico e culturale del bene andando a rispettare i principi di compatibilità, reversibilità, minimo intervento e non danneggiamento.

Su questa linea di pensiero si vuole innestare e combinare un altro dei principi che negli ultimi anni ha preso piede in materia edilizia: l'ecocompatibilità e il riciclo.

Il progetto, quindi prende ispirazione dal principio di conservazione con accezione anche filosofica:

«Panta Rei: Nulla si crea, nulla si distrugge, tutto si trasforma»

L'idea vuole sottolineare il concetto che nessun elemento nuovo può venire ad esistere dove prima non c'era niente. Approfittando del grande interesse in materia ambientale da parte dell'amministrazione, l'obiettivo di questo elaborato è quello di allargare il concetto di trasformazione andando a riutilizzare materiali di scarto.

Questi vengono trasformati in materiali innovativi usati come elementi strutturali all'interno di un edificio storico, andando quindi a "trasformare" anche il concetto di conservazione.

In questo caso si vuole lasciare l'idea che sia possibile aprire nuovi orizzonti sull'utilizzo di materiali di scarto all'interno di questi interventi conservativi che tali rimangono ma che vogliono inglobare e includere una progettazione degli interventi perseguendo i concetti fondamentali di ecosostenibilità ed ecocompatibilità.

L'applicazione di questi concetti vuole, quindi, diventare concretamente parte del patrimonio culturale italiano con il fine di creare edifici a basso consumo ed ecosostenibili senza tralasciare i concetti pilastro della conservazione dell'esistente. Da qui nasce il titolo che è stato dato al suddetto elaborato:

CentuRei

Il titolo scelto deriva dall'interpolazione tra il nome del palazzo che rappresenta una parte importante dell'identità storica e culturale del borgo e dalla parte finale del "mantra" del principio di conservazione "Rei" che si rifà al concetto di trasformazione. Antico e nuovo si incontrano al fine di riportare alla luce uno dei beni storici di grande rilevanza storica, casa dell'identità castiglione da troppo tempo messo in disparte.

The thesis project comes from the interest of the Administration Municipal of Castiglione della Pescaia, intervening on one of the historic buildings present within the walls of the village, Palazzo Centurioni.

Due to the central location of the building, we wanted to broaden the focus of the project through an urban redevelopment and a study on tourism revitalization, in less crowded periods, which can result in an increase in employment.

Particularly, the interventions involving the re-functionalization of the building are aimed at the restoration and structural consolidation.

Both aim at the principle of conservation, that is to keep the historical, artistic and cultural heritage of the property intact as much as possible, respecting the principles of compatibility, reversibility, minimum intervention and no damage.

Consequently, we wanted to graft and combine other principles that have emerged in recent years in the field of construction: eco-friendliness and recycling.

So the project takes inspiration from the conservation principle with a philosophical meaning:

"Panta Rei: Nothing is created, nothing is destroyed, everything is transformed"

The idea wants to emphasize the notion that no new evidence may come to exist where before there was nothing.

Taking advantage of the administration's great interest in environmental matters, the goal of this paper is to broaden the concept of transformation by reusing waste materials.

These are transformed into innovative materials used such as structural elements inside a historic building, also "transforming" the concept of conservation.

In this case, we want to motivate the use of waste materials within these conservation interventions, including a design based on the fundamental concepts of eco-sustainability and eco-compatibility.

The application of these concepts want to become a concrete part of the Italian cultural heritage with the aim of creating low-consumption and eco-sustainable buildings without overlooking the principal concepts of the conservation of the existing.

It's the reason why the title that was given to the mentioned work is:

CentuRei

The title chosen arises from the interpolation between the name of the building, which represents an important part of the historical and cultural identity of the village, and the final part of the "mantra" of the "Rei" conservation principle that refers to the concept of transformation.

Ancient and new meet in order to bring to light one of the historical assets of great historical importance, identity's spot of the Castiglione della Pescaia that has been sidelined for too long.

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

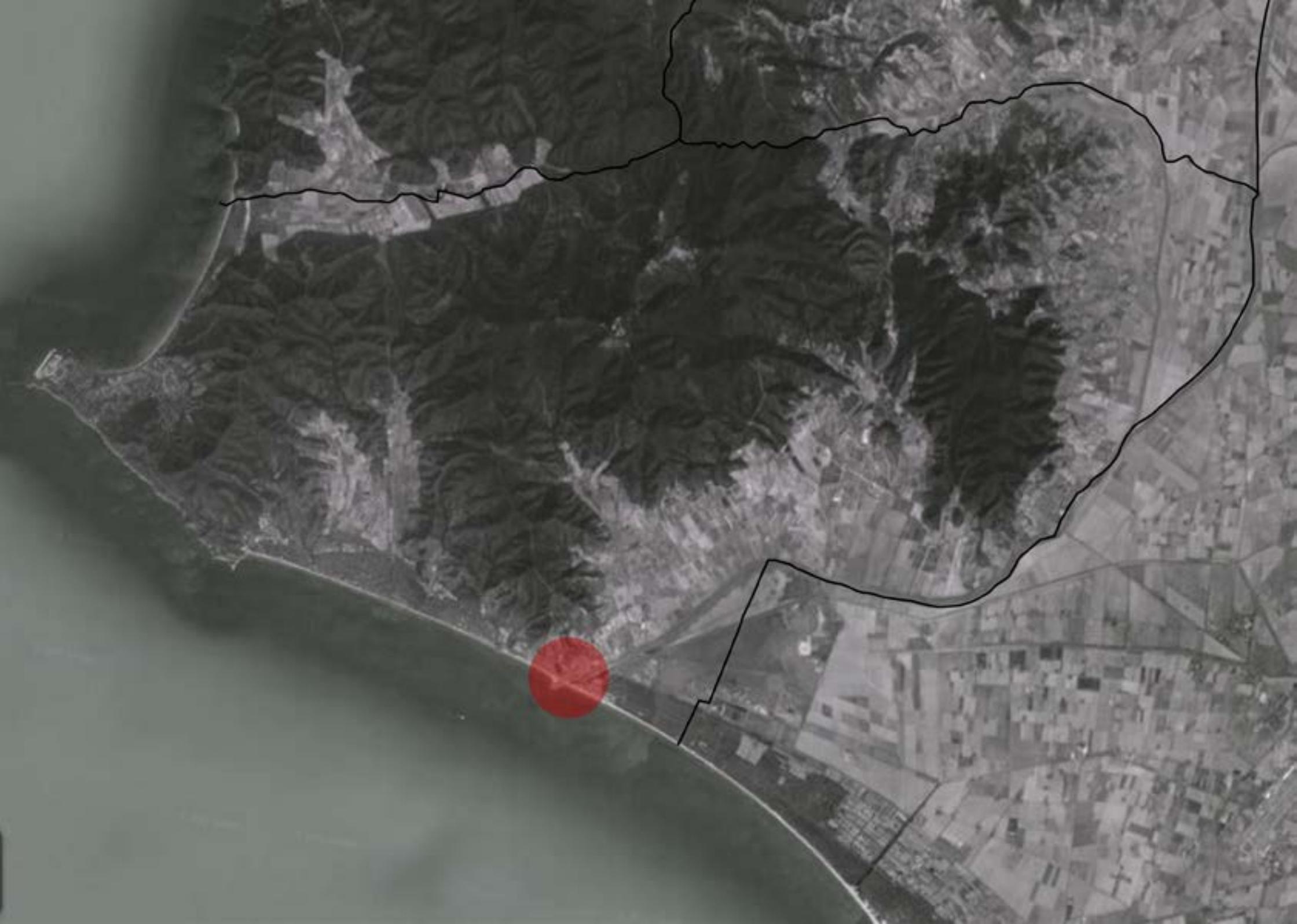


Fig. 1
Inquadramento
territoriale del
comune

1.1 Inquadramento territoriale

Castiglione della Pescaia situata in Toscana e appartenente alla provincia di Grosseto è un comune di circa 7000 abitanti.

Il territorio comunale confina a Nord con i comuni di Scarlino e Gavorrano, a Est e a Sud-Est con il comune di Grosseto mentre a Ovest è bagnato dal Mar Tirreno.

La sua estensione è di circa 210 km² è caratterizzata da una vasta area pianeggiante della Maremma Grossetana, interessata da un'area paludosa di rilevante importanza ambientale e culturale, inclusa nella riserva naturale Provinciale della Diaccia Botrona.

È attraversato da due importanti corsi d'acqua, il Fiume Bruna e il Fiume Ombrone che tracciano un'area fortemente soggetta a fenomeni alluvionali, tutt'ora registrati. Tra questi si sviluppa un vasto specchio d'acqua paludosa, attualmente caratterizzata da un'area di rimboschimento: la Pineta del Tombolo.

Tale area divenne di fatto un bacino lacustre salato, il Lago Prile, la cui salinità venne sfruttata per la raccolta di sale fino al periodo tardo-medievale, epoca in cui divenne un'area palustre per l'intera perdita di salinità.

Dal punto di vista infrastrutturale, il comune non presenta un servizio ferroviario interno e quindi l'accessibilità alla città è caratterizzata da molteplici collegamenti su strada dagli altri centri urbani più grandi, Grosseto e Follonica.

Insieme a questi ritroviamo altre stazioni vicine al comune di Castiglione tra cui quelle di Scarlino e di Gavorrano-Giuncarico-Montepasali.

E' quindi possibile raggiungere il comune da più parti del confine comunale poichè tutte quante le linee dei veicoli su gomma attraversano la strada provinciale principale.

Castiglione, inoltre, è caratterizzata dalla presenza di un sistema ciclopedonale che consente il suo raggiungimento anche con l'uso della bicicletta. Osservando il comune stesso e le zone adiacenti, è possibile notare più segmenti ciclopedonali che, nonostante la distanza ravvicinata, non costituiscono una vera rete di mobilità lenta ma danno uno scenario particolarmente positivo riguardo ad un atteggiamento sostenibile della mobilità.

1.1 Analisi paesaggistica

Castiglione della Pescaia è caratterizzata da una vasta tipologia di sistemi naturali.

Uno di questi è il sistema marino caratterizzato dalla vicinanza al Mar Tirreno. È importante riconoscere la presenza di spiagge che si sviluppano in entrambi i versanti del comune di Castiglione che hanno, tra l'altro, fatto ottenere al comune il bollino di Bandiera Blu e Verde, indetto dal TCI.

Anche quest'anno, infatti, il piccolo comune ha ottenuto la Bandiera blu e quella verde per le sue splendide spiagge anche adeguate per bambini e nuclei familiari, per il terzo anno di fila.



Sono delle spiagge per lo più sabbiose e se ne evidenziano due, di particolare bellezza: Spiaggia di Ponente e Spiaggia di Levante. La Spiaggia di Ponente è quella che dal porto corre verso Punta Ala ed è quella più frequentata di Castiglione in quanto si ritrovano sia spazi per la sosta libera sia vari stabilimenti balneari privati.

La Spiaggia di Levante, invece, è quel tratto che dal Porto di Castiglione corre in direzione di Marina di Grosseto, le cui caratteristiche sono simili alla prima ma con meno spazi privati e più luoghi di sosta libera in un contesto più naturalistico anche perché realmente immersi in uno dei più grandi sistemi verdi del comune.

Proprio perché in un ambiente più naturale in questa zona della spiaggia si evidenzia la presenza di un corridoio ecologico, inserito in un progetto di riqualificazione e salvaguardia per la flora e la fauna.

Altro paesaggio che caratterizza il territorio circostante è quello paludoso della Diaccia Botrona che si estende nell'area

originariamente occupata dal Lago Prile nella parte orientale del territorio comunale e in cui è presente la Casa Museo Ximenes o "Casa Rossa", importante opera di ingegneria idraulica risalente al Settecento.



Fig. 2-3

Logo della bandiera blu e verde

Fig. 4

Vista della spiaggia di levante

Fig. 5

Vista della spiaggia di ponente



Fig. 6
Vista della Riserva
della Diaccia Botrona

L'area montana e collinare di Castiglione è caratterizzata dalla presenza di una fitta rete sentieristica, che in alcuni casi segue un tracciato storico e che ancora, fa parte della tradizione e della cultura dei castiglionesi. I sentieri attraversano l'area dal promontorio di Punta Ala fino al borgo storico e si sviluppano lungo l'entroterra castiglionesi. Inoltre, in quest'area si ritrovano piccoli borghi, come Tirli e Vetulonia, che presentano resti archeologici risalenti al periodo etrusco e romano.

Ancora Castiglione è caratterizzata da un'area pianeggiante su cui si estende l'area urbanizzata in cui si evidenziano molte zone agricole, per lo più aree a vivaio, serre, oliveti e zone agricole in generale e alcuni spazi di verde urbano, limitati ad alcuni spazi di aggregazione.



1.1 Analisi della viabilità

Castiglione della Pescaia, è attraversato da due delle più grandi e trafficate strade provinciali (SP 158 - PADULE) che rendono più agevole il collegamento agli altri centri urbani vicini distribuiti all'interno del confine comunale come Follonica, Vetulonia, Marina di Grosseto e Grosseto. Nonostante sia una località fortemente frequentata da turisti e altri tipi di utenti, non presenta una buona gestione della viabilità e del sistema infrastrutturale. Infatti, non essendo presente un servizio ferroviario interno, la città si deve appoggiare ai servizi di altri centri urbani più grandi, quali Grosseto e Follonica e a quelle di comuni minori quali Scarlino e Gavorrano-Giuncarico-Montepascoli.

Questo ovviamente costituisce un problema di accesso a livello turistico per coloro che non dispongono di un proprio mezzo. L'accessibilità per questo tipo di utenza è garantita grazie ad un servizio di autobus e pullman extra-comunali che percorrono la strada provinciale principale.

In particolare, evidenziamo le quattro linee principali che passano uniscono Castiglione agli altri centri urbani maggiori:

- 1/G, linea che unisce la città con il capoluogo di provincia, passando per Marina di Grosseto;
- 29F, collega il borgo a Follonica, passando per Punta Ala;
- 1FP, nota anche come linea azzurra, che parte da Porto Santo Stefano (oasi naturale WWF di Orbetello) e arriva a Castiglione;
- 49D, la linea unisce la città e si estende fino al porto di Piombino.

Castiglione, inoltre, è caratterizzata dalla presenza di un sistema ciclopedonale che consente il suo raggiungimento anche con l'uso della bicicletta. Osservando il comune stesso e le zone adiacenti, è possibile notare più segmenti ciclopedonali che, nonostante la distanza ravvicinata, non costituiscono una vera rete di mobilità lenta ma danno uno scenario particolarmente positivo riguardo ad un atteggiamento sostenibile della mobilità.

In particolare, sono presenti cinque linee, oltre quelle interne a

Grosseto, che collegano:

- Castiglione della Pescaia alla vicina pineta di Roccamare;
- Castiglione della Pescaia a Marina di Grosseto;
- Marina di Grosseto alla vicina Principina a Mare;
- Fiume Ombrone ad Alberese;
- Marina di Grosseto a Grosseto.

Questo rivela, da parte della comunità, la volontà di voler diventare una località .

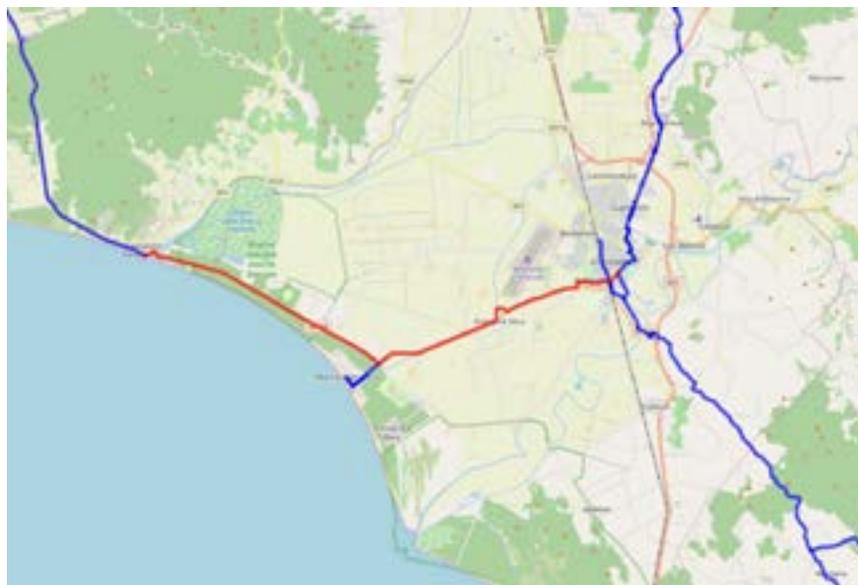


Fig. 7

Rete della mobilità pubblica su gomma, tratto da: <https://www.tiemespa.it/wp-content/uploads/2019/09/cartinagrosseto.pdf>

Fig. 8

Sistema della rete ciclabile, tratto da <http://www.bicitalia.org/itpercorsi126-pista-ciclabile-da-grosseto-a-castiglione-della-pescaia>)

**Fig. 9-10**

Percorsi in mountain bike ed enduro, tratto da: <https://www.poggiomariett.it/mountain-bike-castiglione-pescaia/>



Andando ad analizzare lo stato di fatto a scala locale, si vede che il porto di Castiglione si pone come un' importante infrastruttura con una caratteristica singolarità. Lo scalo turistico e commerciale utilizza il canale del Fiume Bruna tenendosi separato dalla vicina spiaggia balneare. Questo permette di lasciare l'area costiera a contatto con il mare libero, permettendo quindi agli utenti e ai cittadini di poter balneare nelle spiagge adiacenti.

Essendo una località turistica molto quotata per la presenza di lunghe spiagge, vi è una elevata quantità di parcheggi, sia vicino al centro, sia nelle zone periferiche della città. Il risultato di tale conformazione è che in estate il comune non riesce a sostenere un flusso così notevole di utenti e di veicoli poichè si riempiono completamente, mentre in inverno risultano diventare degli enormi spazi vuoti e inutilizzati data l'insufficiente presenza di visitatori sia esterni, sia interni al comune.

Gli spazi principali dedicati al parcheggio sono di:

- Via Giulianelli, nella zona carrabile a Nord del borgo;
- Orto del Lilli a Est del centro;
- Piazza Garibaldi a ridosso della biblioteca;
- Piazza del mercato;
- Cantiere navale Castiglione, ovvero il parcheggio del porto.

Analizzando il borgo medioevale nel dettaglio, si nota che questo è escluso dalla mobilità carrabile essendo un'area pedonale urbana (A.P.U.) e che nel periodo estivo viene estesa alla Z.T.L. che comprende anche l'area attorno all'area antica nonché la via del lungomare in cui si sviluppano molteplici centri e stabilimenti balneari pubblici e privati.

I sentieri attraversano l'area dal promontorio di Punta Ala fino al borgo storico e si sviluppano lungo l'entroterra castiglionesse. Inoltre, sono percorribili in diverse modalità: a piedi, in bicicletta e anche con ciclomotori da fuoristrada "enduro".

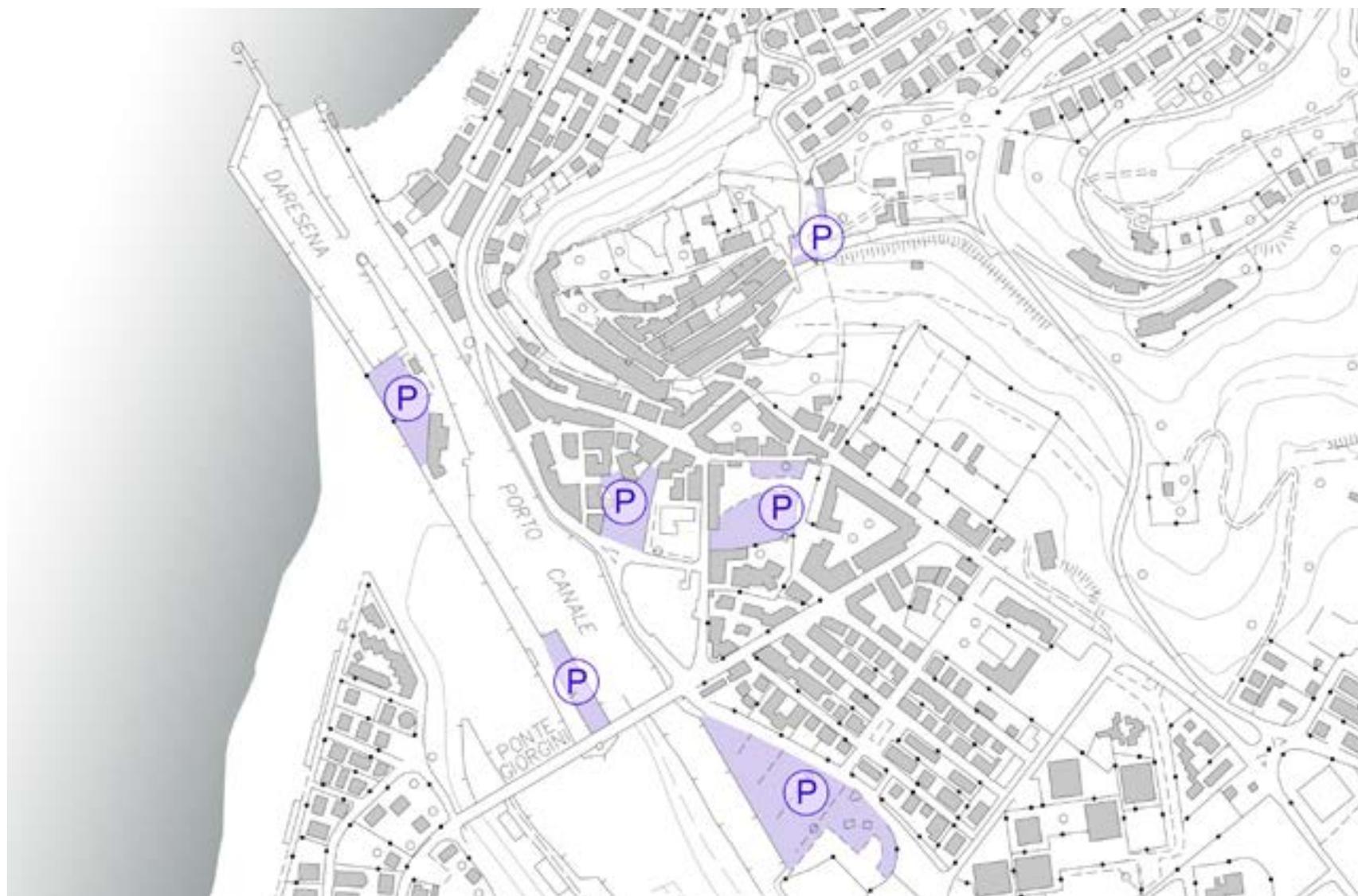


Fig. 11
Presenza zone di
soste e parcheggi
Stralcio della tavola
dei servizi

Analisi pianificazione territoriale e dei vincoli

Il comune di Castiglione della Pescaia è fortemente vincolato da limiti riguardanti la pericolosità geomorfologica e idraulica, derivante dalla presenza di aree marine e paludose.

Pericolosità geomorfologica¹

Si riconoscono, all'interno del Regolamento Urbanistico, tre livelli di pericolosità:

PERICOLOSITÀ GEOLOGICA ELEVATA (G.3):

“Aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con indizi di instabilità connessi alla giacitura, all’acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza; aree interessate da scadenti caratteristiche geotecniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori al 25%”.

PERICOLOSITÀ GEOLOGICA MEDIA (G.2):

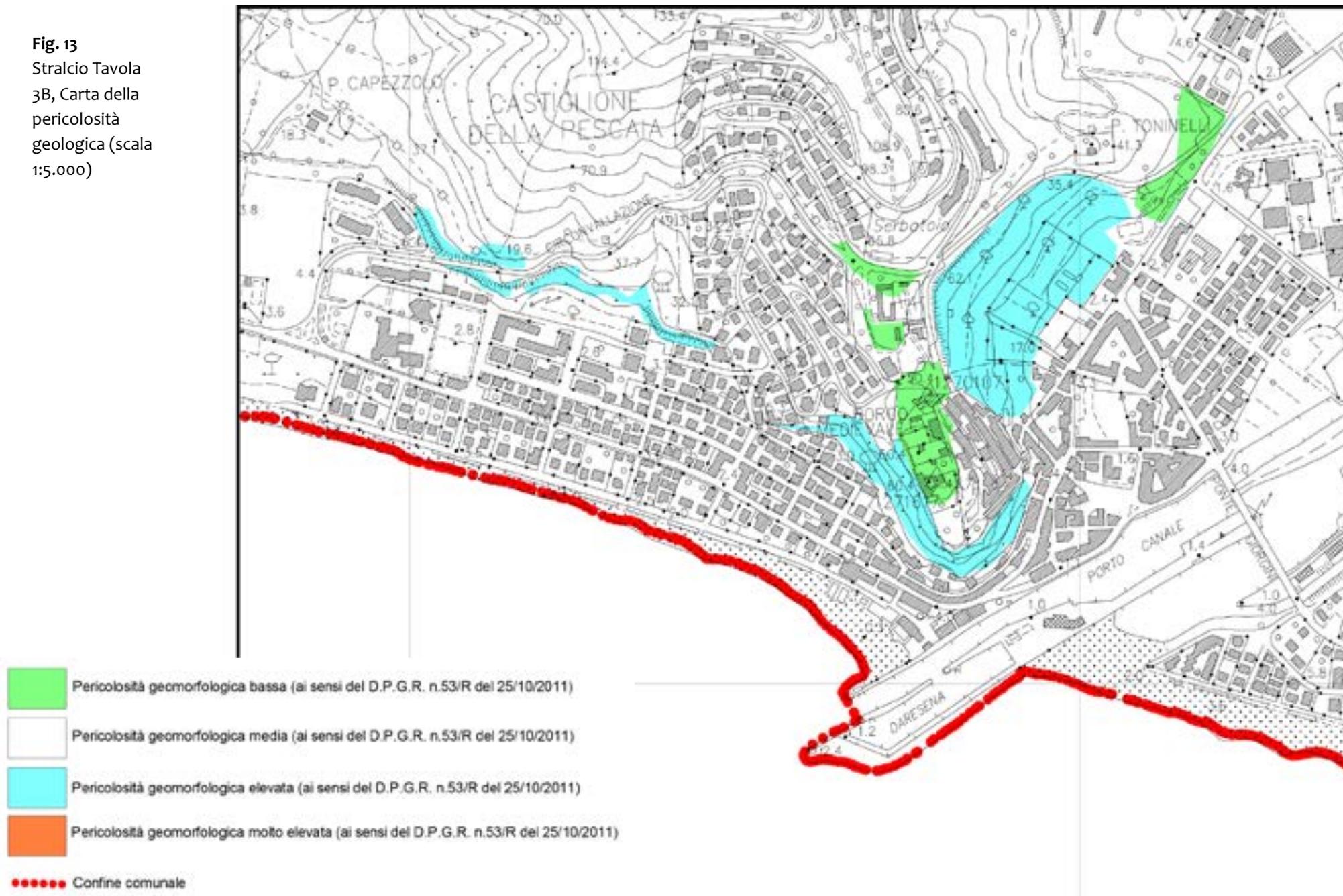
“Aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%”.

PERICOLOSITÀ GEOLOGICA BASSA (G.1):

“Aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di movimenti morfoevolutivi”

¹ Relazione geologica e di fattibilità, Comune di Castiglione della Pescaia, Luglio 2014, p.6

Fig. 13
Stralcio Tavola
3B, Carta della
pericolosità
geologica (scala
1:5.000)



Pericolosità idraulica²

Anche in questo caso, si evidenziano i 3 livelli di pericolosità idraulica.

PERICOLOSITA' IDRAULICA MOLTO ELEVATA (I.4):

"Aree interessate da allagamenti per eventi con TR<30 anni.

Fuori dalle unità territoriali organiche elementari (U.T.O.E.) potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici, rientrano in classe di pericolosità molto elevata le aree di fondovalle non protette da opere idrauliche per le quali ricorrano contestualmente le seguenti condizioni:

- a) vi sono notizie storiche di inondazioni;*
- b) sono morfologicamente in situazione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda".*

PERICOLOSITA' IDRAULICA ELEVATA (I.3):

"Aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra 30<TR<200 anni.

Fuori dalle unità territoriali organiche elementari (U.T.O.E.) potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici, rientrano in classe di pericolosità elevata le aree di fondovalle per le quali ricorra almeno una delle seguenti condizioni:

- a) visono notizie storiche di inondazioni;*
- b) sono morfologicamente in condizione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda".*

PERICOLOSITÀ IDRAULICA MEDIA (I.2):

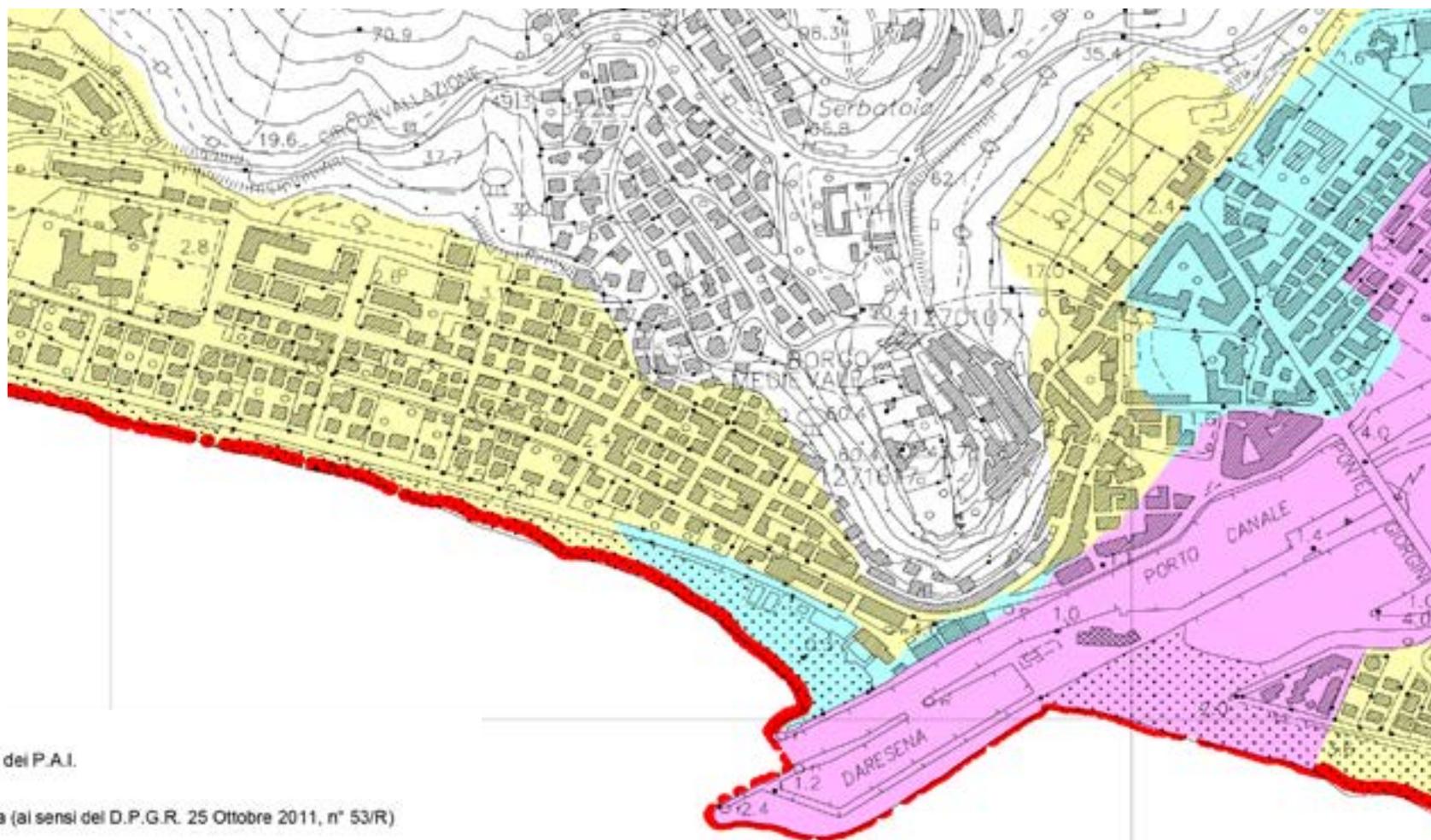
"Aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra 200<TR<500 anni.

Fuori dalle unità territoriali organiche elementari (U.T.O.E.) potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici rientrano in classe di pericolosità media le aree di fondovalle per le quali ricorrano le seguenti condizioni:

- a) non vi sono notizie storiche di inondazioni;*
- b) sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda."*

² Relazione geologica e di fattibilità, Comune di Castiglione della Pescaia, Luglio 2014, p.7

Fig. 14
Stralcio Tavola
3A, Carta della
pericolosità
idraulica (scala
1:5.000)



-  Reticolo acque superficiali del P.A.I.
-  Pericolosità idraulica bassa (ai sensi del D.P.G.R. 25 Ottobre 2011, n° 53/R)
-  Pericolosità idraulica media (ai sensi del D.P.G.R. 25 Ottobre 2011, n° 53/R)
-  Pericolosità idraulica elevata (ai sensi del D.P.G.R. 25 Ottobre 2011, n° 53/R)
-  Pericolosità idraulica molto elevata (ai sensi del D.P.G.R. 25 Ottobre 2011, n° 53/R)
-  Aree A.S.I.P.
-  Confine comunale

Pericolosità acustica³

Per quanto riguarda il borgo murato del comune vi sono vincoli specifici riguardanti i beni culturali, tutelati dal D.lgs. 42/2004 siti all'interno delle fortificazioni e vincoli riguardanti la pericolosità acustica.

La pianificazione comunale inserisce l'intero borgo in classe III, ovvero come "area di tipo misto"⁴.

La zona propriamente vicina a Palazzo Centurioni, è stata inserita nella stessa zona in cui si trovava il Vecchio Ospedale, dove oggi si trova la casa per anziani e la zona di belvedere o piazza Georg Solti. L'immobile sito dove era prima il Vecchio Ospedale, dato che in prossimità della Porta di San Giovanni Battista è stato inserito classe II, dato che è l'unico accesso veicolare per i residenti al borgo².

Il Palazzo e tutta l'area adiacente la porta di San Giovanni sono interessate da vincoli, in particolare, il Palazzo viene inserito nella sottocategoria A1. Quest'ultima "comprende gli edifici e/o complessi di valore storico, architettonico e/o documentario vincolati ai sensi del Dlgs 42/04 Art. 142 lettera m", ovvero sono ammessi i seguenti interventi:

- Manutenzione qualitativa senza frazionamento delle unità immobiliari (Art. 8, fino al Restauro);
- Ristrutturazione edilizia R1 (Art. 9)⁵.

Il territorio castiglione risulta essere molto vincolato anche a causa della presenza di numerosi manufatti con intrinseco valore storico -culturale. Di norma, si considerano vincolati *ope legis* tutti quei manufatti (edifici, strade...) di proprietà pubblica, statale ma anche comunale, di più di 50 anni dei quali si riconosce un valore

storico - culturale e artistico.

Nel momento in cui si svolge un intervento particolare, si necessita della richiesta di verifica; ovvero, la Soprintendenza competente interviene per valutare l'effettiva consistenza del valore supposto, con la conseguente conferma del vincolo con apposito decreto o rimozione dello stesso.

Secondo l'articolo 10 del Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, in materia di "Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137", pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 45 del 24 febbraio 2004 - Supplemento Ordinario n. 28:

"1. Sono beni culturali le cose immobili e mobili appartenenti allo Stato, alle regioni, agli altri enti pubblici territoriali, nonché ad ogni altro ente ed istituto pubblico e a persone giuridiche private senza fine di lucro, che presentano interesse artistico, storico, archeologico o etnoantropologico. [...].

3. Sono altresì beni culturali, quando sia intervenuta la dichiarazione prevista dall'articolo 13:

a) le cose immobili e mobili che presentano interesse artistico, storico, archeologico o etnoantropologico particolarmente importante, appartenenti a soggetti diversi da quelli indicati al comma 1; [...]

d) le cose immobili e mobili, a chiunque appartenenti, che rivestono un interesse particolarmente importante a causa del loro riferimento con la storia politica, militare, della letteratura, dell'arte e della cultura in genere, ovvero quali testimonianze dell'identità e della storia delle istituzioni pubbliche, collettive o religiose; [...]

La presenza di vincoli è importante per la salvaguardia e conserva-

³ Comune di Castiglione della Pescaia, *Regolamento acustico*, art. 3 - *Classificazione acustica del territorio comunale*

⁴ Comune di Castiglione della Pescaia, *Piano di classificazione acustica comunale*, par. 4.2.4 - *Ricettori sensibili, aree di interesse paesaggistico e archeologico e loro perimetrazione*, p. 26

⁵ Comune di Castiglione della Pescaia, *Norme tecniche di Attuazione 2019*, Tit. V, art. 12 - *Interventi di riqualificazione insediativa*, p. 36;

zione dei beni. Nonostante possano essere più o meno restrittivi in eventuali interventi, rimangono uno strumento fondamentale di protezione sugli edifici di elevato valore storico e identitario della cultura del luogo.

In particolare, l'intervento progettato seguirà tutti gli accorgimenti che ne garantiranno la **compatibilità, la reversibilità, la non invasività** senza arrecare danni all'opera. Durante la progettazione si seguirà, quindi, il principio di **minor impatto possibile**.

L'intervento che ci si propone di fare coinvolge un palazzo storico all'interno del borgo murato del comune che è soggetto a vincolo tramite l'articolo 4 della Legge 1 giugno 1939, n. 1089. I beni vincolati a questo articolo *“non possono essere demolite, rimosse, modificate o restaurate senza l'autorizzazione del Ministro della pubblica istruzione”*. Inoltre, *“non possono essere adibite ad usi non compatibili con il loro carattere storico od artistico, oppure tali da recare pregiudizio alla loro conservazione o integrità.”*⁶ Per ogni intervento sarà, inoltre, necessario presentare i progetti alla Soprintendenza competente affinché possano essere approvati.

Ad ogni modo, il Ministro della pubblica istruzione ha la possibilità, con il fine di prevenire l'integrità dell'opera, di disporre ulteriori indicazioni, linee guida e modifiche del progetto riguardanti distanze, misure.⁷

⁶ Si veda: Legge 1 Giugno 1939, n.1089 - *Capo II: Disposizioni per la conservazione, Integrità e sicurezza delle cose*, art. 11-22

⁷ *Ibidem*



Fig. 15
Stralcio Tavola
, Carta della
pericolosità
acustica (scala
1:5.000)

	Classe I	50 dB - 40 dB
	Classe II	55 dB - 45 dB
	Classe III	60 dB - 50 dB
	Classe IV	65 dB - 55 dB
	Classe V	70 dB - 60 dB
	Aree di Spettacolo a Carattere Temporaneo	

Fig. 16
Inquadramento
servizi a livello
sovracomunale

Mappatura dei servizi

Si procede alla mappatura dei servizi seguendo un passaggio di scala dall'ambito sovracomunale a quello comunale fino ad arrivare alla scala del borgo antico.

Per quanto riguarda l'ambito sovracomunale si sono andati a evidenziare i maggiori e i più conosciuti borghi e città presenti intorno a Castiglione della Pescaia così da capire quali servizi offrono le polarità circostanti al comune.

Si può notare immediatamente come la città di Grosseto si ponga come un polo importante, in quanto possiede molteplici servizi sanitari (Ospedale della Misericordia) e di istruzione superiore, istituti tecnici e strutture universitarie (Polo Universitario di Grosseto, Scuola di odontoiatria), nessuno dei quali presenti a Castiglione.

Sono presenti inoltre, strutture aeroportuali e servizi amministrativi con valenza a livello provinciale (Comando dei VVFF, Questura, Tribunale, ufficio della procura della Repubblica).

Gli altri borghi (Tirli, Vetulonia, Buriano, Punta Ala), sebbene siano centri minori, si configurano come importanti poli per il settore turistico, data l'elevata presenza di strutture ricettive e servizi per la cultura accompagnati da strutture appartenenti al settore enogastronomico.

Dalle analisi emerge, quindi, come il comune di Castiglione si ponga come un punto di riferimento per molti turisti nel periodo estivo e in una posizione polare all'interno di questo circuito di borghi storici.



PUNTA ALA

CASTIGLIONE DELLA PESCAIA

TIRLI

VETULONIA

BURIANO

MARINA DI GROSSETO

PRINCIPINA A MARE

GROSSETO

Fig. 17
Stralcio Tavola 1A,
Quadro progettuale
- località Castiglione
Centro, (scala 1:2000)

Ritornando ad una scala più concentrata al comune di Castiglione, in relazione a tale osservazione, è facile notare che i servizi collettivi sono più concentrati nell'area di nuova espansione urbana verso Est mentre sulla costa si concentrano quelli turistici e ricettivi.

Come anticipato, per studiare il centro storico del comune si è effettuato un ulteriore passaggio di scala individuando nello specifico quali servizi pubblici sono presenti.

Si è individuata la presenza dei servizi di seguito riportati:

- Strutture di ristorazione inclusi bar, gelaterie, pub;
- Strutture ricettive e turistiche;
- Strutture di vendita alimentari;
- Strutture commerciali non alimentari;
- Servizi di interesse collettivo.

Per quanto riguarda l'ambito più strettamente legato ai servizi culturali presenti si analizzano da più vicino i beni culturali presenti nel Comune, per lo più presenti all'interno del centro storico del borgo.

Si evidenziano, quindi, sei principali elementi di prestigio, di seguito riportati e indicati nella rappresentazione grafica in figura.

I sei beni di valore storico-culturale cui si fa riferimento sono:

- Faro;
- Fortezza Medievale;
- Castello;
- Monumento ai Caduti;
- Palazzo Centurioni;
- Riserva naturale Diaccia Botrona con la Casa Museo Ximenes, o "Casa Rossa" (tutelato ai sensi del D.lgs 42/2004, art. 142, lett.i).

Legenda

DISCIPLINA PER LA GESTIONE DEGLI INSEDIAMENTI ESISTENTI - TITOLO V

Nuclii storici - art.12

- Nucleo storico di Castiglione - comma 3 lett.a
- Tessuto Storico di Castiglione - comma 3 lett.b

Ambiti urbani - art.12

- Ambito pianificato - comma 5 lett.b
- Ambito urbano ordinato - comma 5 lett.c
- Ambito urbano recente - comma 5 lett.d
- Ambito periferico e/o di margine - comma 5 lett.e

Classificazione edifici - art.12

- A1 - edifici e/o complessi di valore storico, architettonico e/o documentario vincolati - comma 2 lett.a
- A2 - edifici e/o complessi di valore storico, architettonico e/o documentario - comma 2 lett.b
- A3 - edifici e/o complessi di impianto storico di interesse storico e/o documentario - comma 2 lett.c
- B2 - edifici all'interno dei tessuti storici o urbani prevalentemente omogenei, urbanisticamente compiuti - comma 4 lett.b
- B3 - edifici che necessitano di interventi di riqualificazione e/o ricomposizione architettonica - comma 4 lett.c

Zone di Riqualificazione Produttiva - art.13

- D2 - Zona commerciale esistente - comma 3
- D4 - Zona turistico produttiva - comma 5
- D7 - Fascia costiera - comma 8
- D9 - Zona del Porto canale di Castiglione - comma 10
- D10 - Zona produttiva mista - comma 11

Zone per attrezzature e impianti di interesse generale pubblici e privati - art.14

- F1 - Zone per impianti tecnici e tecnologici - comma 4 lett.a
- F2 - Zone cimiteriali - comma 4 lett.b
- F3 - Zone militari, caserme e servizi per l'ordine pubblico - comma 4 lett.c

Zone per servizi pubblici - art.14

- G1 - Zone a verde pubblico attrezzato - comma 6 lett.a
- G4 - Zone per attrezzature di interesse collettivo - comma 6 lett.d
- G5 - Zone per parcheggi pubblici - comma 6 lett.e

Zone "H" Pertinenziali - art.15

- H2 - aree a giardino, resedi, orti, corti, strade private e aree pertinenziali in genere - comma 1 lett.b

Zone "I" di tutela dell'ambiente - art.15

- I1 - Area di interesse paesaggistico e/o ambientale - comma 1 lett.a

DISCIPLINA DELLE TRASFORMAZIONI - TITOLO VI

Programmazione negoziata - art.19

- Interventi della programmazione negoziata - allegati A ed A/bis alle N.T.A.

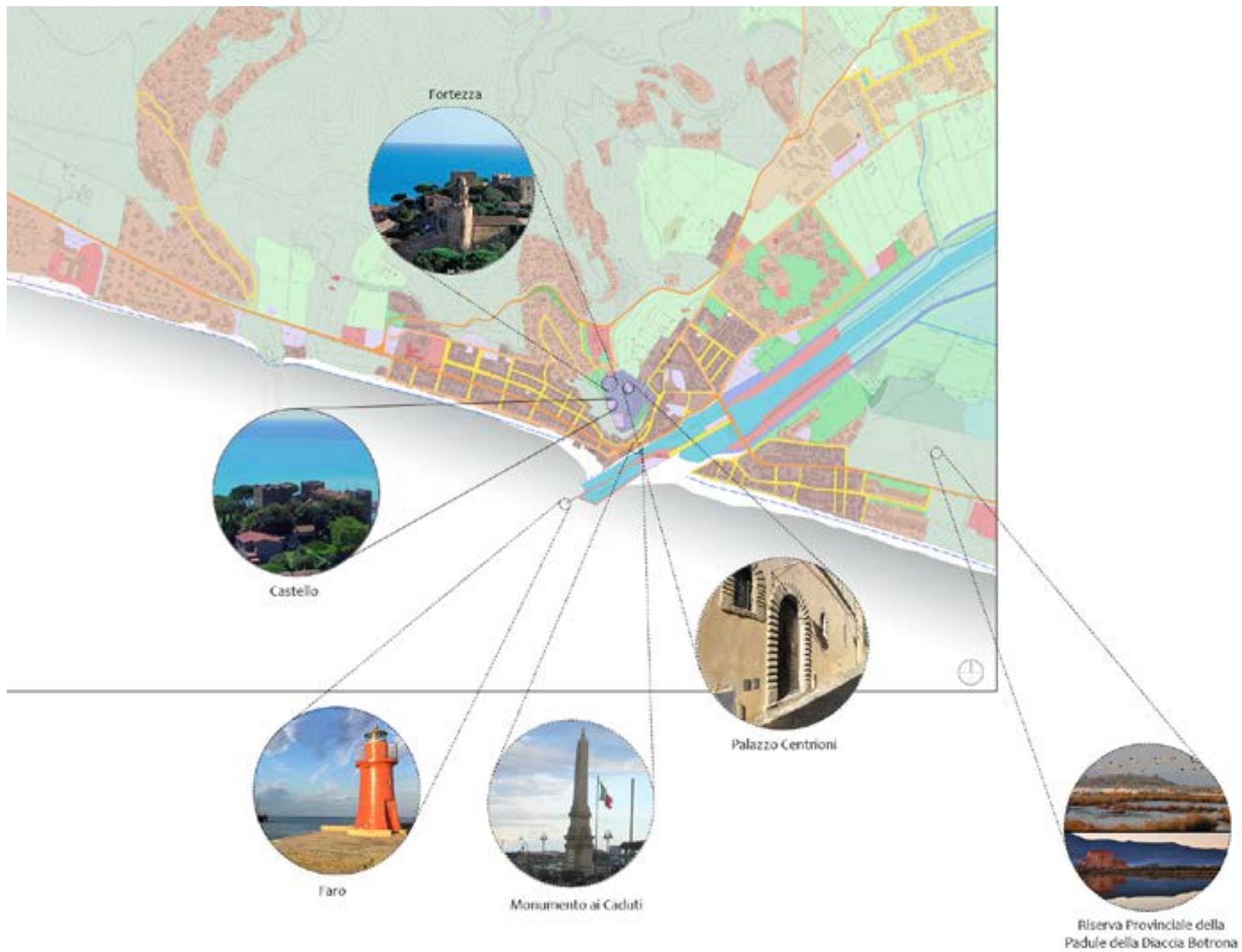
Elementi grafici indicativi e/o prescrittivi all'interno dell'area di intervento

- Area insediabile
- Verde pubblico e/o di pregio ambientale
- Parcheggio pubblico
- Strada pubblica
- Edificio esistente
- Edificio di previsione

SIMBOLI

- vincolo cimiteriale
- percorso pedonale
- Funzione in essere da delocalizzare

Fig. 18
Inquadramento
monumenti
e bellezze
architettoniche



1.2 Inquadramento paesaggistico

Sistema delle acque

Analizzando l'impianto in scala sovracomunale si è andati a studiare il sistema naturale delle acque che attraversano il comune e le aree circostanti. Sono state individuate due grandi e importanti corsi d'acqua naturali tutelati dal Codice dei Beni culturali e paesaggistici. Questi sono:

- Fiume Bruna, che nasce dal Lago dell'Accesa in territorio di Massa Marittima, che segna il confine fra il territorio comunale di Grosseto e quelli dei comuni di Gavorrano e Castiglione della Pescaia;
- Fiume Ombrone che rappresenta il secondo fiume più grande della Toscana, dopo l'Arno.

Entrambi i corsi d'acqua sono fortemente torrenziali e soggetti a notevoli cambiamenti di portata durante l'anno e infatti non è insolito ritrovare alcune zone del fiume esondate come nei casi registrati nel 2004 e nel 2012, a causa dell'esondazione del Fiume Bruna.

Infatti, vengono posti dei vincoli o fasce di rispetto di 150 m dalla linea di battigia per entrambi i corsi d'acqua, dato la loro notevole pericolosità idraulica (istituito nell'Art. 5 del P.A.I. del Bacino Ombrone e della Toscana).

Altri corsi d'acqua che si vanno ad individuare in questa scala sono i canali: Molla, Allacciatore creati per opere di bonifica delle aree umide presenti e quindi non naturali.

A scala locale, focalizzata sul comune di Castiglione della Pescaia, si evidenzia l'esistenza dei precedenti corsi d'acqua e anche di un corso d'acqua minore quale il torrente Valle che sfocia proprio in uno dei due canali e che è prettamente usato per gli scopi agricoli adiacenti.

Infine, altra importante caratteristica è la vicinanza al Mar Tirreno e la presenza della costa su cui insiste un vincolo idrogeologico con una fascia di rispetto di 300 m dalla linea di battigia (istituito nell'Art. 6 del P.A.I. del Bacino Ombrone e della Toscana).

È importante riconoscere la presenza di spiagge che si sviluppano in entrambi i versanti del comune di Castiglione che hanno, tra l'altro, fatto ottenere al comune il bollino di Bandiera Blu e Verde, indetto dal TCI.

Soprattutto nell'ambiente delle spiagge di Levante, caratterizzate dalle Pineta del Tombolo, si evidenzia la presenza di un corridoio ecologico che il comune ha inserito in una zona da riqualificare per conservare la flora e la fauna presente, soprattutto quella che riguarda gli uccelli acquatici come: 4mila oche selvatiche, 35mila anatre di cui 468 codoni (una specie in ripresa dopo alcuni anni di decremento numerico) e 6. 283 fenicotteri.

(D.lgs. 42/2004, art. 142, lett. c)
(istituito nell'Art. 5 del P.A.I. del Bacino Ombrone e della Toscana).
(istituito nell'Art. 6 del P.A.I. del Bacino Ombrone e della Toscana).

Sistema del verde

A scala sovracomunale si vede come il sistema delle aree verdi sia caratterizzato dalla presenza di campi agricoli, più estesi, e di aree boschive, tra l'altro tutelate dal Codice dei Beni culturali e del paesaggio (D.lgs. 42/2004, art. 142, lett.g) e facenti parte di alcune riserve provinciali, illustrate in figura.

Tra queste ritroviamo quelle de:

- Parco naturale Provinciale della Maremma che comprende sia il comune di Grosseto, sia di Castiglione;
- Riserva naturale Provinciale della Diaccia Botrona, si estende nell'area originariamente occupata dal Lago Prile nella parte orientale del territorio comunale e in cui è presente la Casa Museo Ximenes (tutelata dal D.lgs. 42/2004, art. 142, lett. i inclusa nell'elenco riferito al DPCR n° 448 del 13/03/1976);
- Pineta del Tombolo, area naturale che occupa l'intero cordone sabbioso a est di Castiglione della Pescaia;
- Pineta di Roccamare, area naturale che inizia a nord di Castiglione attraversando l'omonima località fino alla spiaggia di Rocchette;
- Promontorio di Punta Ala, si eleva con varie alture a picco sul mare tra la frazione di Punta Ala e il Forte delle Rocchette;
- Padule Piani D'Alma, biotopo nei pressi della frazione Pian d'Alma;
- Oasi di San Felice;
- Ponti di Badia, vicino alla Padule, in cui è presente la storica Tenuta della Badiola.

I sistemi agricoli invece sono caratterizzati, in generale dalla presenza di spazi adibiti all'attività agricola intensiva con colture generali, uliveti, frutteti, castagneti vigneti e orti utilizzati per lo più per un consumo privato.

A scala più piccola, si è andati a vedere in maniera più approfondita la funzione dei vari spazi verdi presenti, vedendo come la maggior parte dello spazio verde è occupato da montagne caratterizzati da una fitta presenza di boschi, tutelati come la Valle delle Cannucce che si estende fino ai borghi minori di Tirli, Vetulonia e Buriano (alberi di leccio, sughera, rovere, abeti). Questi boschi sono caratterizzati da alberi di specie della macchia mediterranea e vi sono zone di pinete di rimboschimento.

Avvicinandoci alla zona costiera si evidenziano zone coperte da pinete anch'esse con valore paesaggistico-ambientale che si estendono fino alla zona di Punta Ala (D.lgs 42/2004, art.141, lett. g).

Spostandoci nella parte più urbanizzata del comune si evidenziano molte zone agricole, per lo più aree a vivaio, serre, oliveti e zone agricole in generale e alcuni spazi di verde urbano, limitati ad alcuni spazi di aggregazione.

L'area montana e collinare di Castiglione è caratterizzata dalla presenza di una fitta rete sentieristica, che in alcuni casi segue un tracciato storico e che ancora, fa parte della tradizione e della cultura dei castiglionesi. I sentieri attraversano l'area dal promontorio di Punta Ala fino al borgo storico e si sviluppano lungo l'entroterra castiglionesi. Inoltre, sono percorribili in diverse modalità: a piedi, in bicicletta e anche con ciclomotori da fuoristrada "enduro".

(D.lgs. 42/2004, art. 142, lett.g)

(tutelata dal D.lgs. 42/2004, art. 142, lett. i inclusa nell'elenco riferito al DPCR n° 448 del 13/03/1976)

(D.lgs 42/2004, art.141, lett. g).

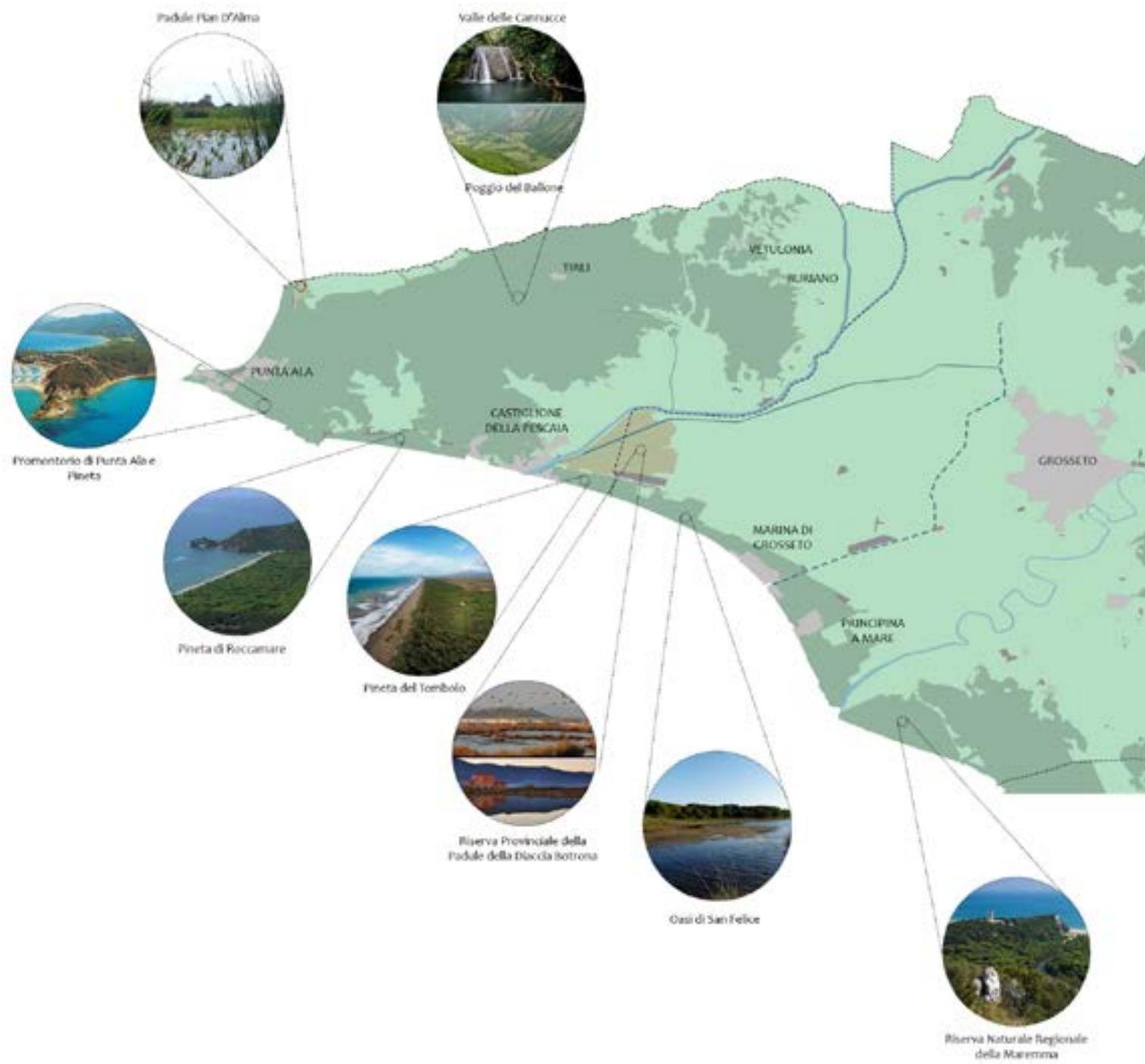


Fig. 19
 Inquadramento
 bellezze
 paesaggistiche

Tab.1

Tabelle dei sentieri e i corrispondenti livelli di difficoltà

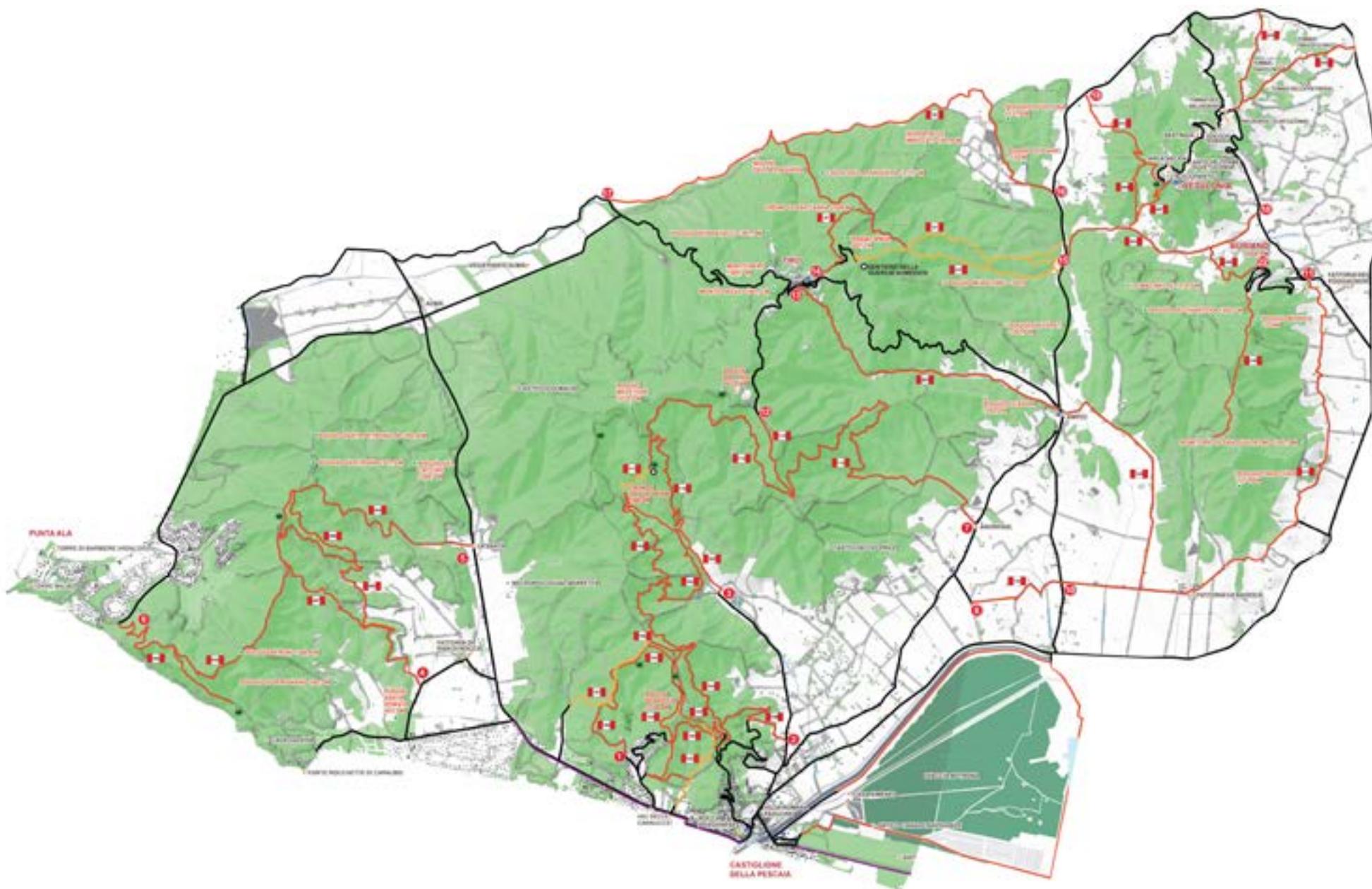
Fig. 20

Rete sentieristica comunale, con i livelli di difficoltà, tratto da <https://www.turismocastiglione.com/pdf/inostrisentieri.pdf>

NR.	Sentiero	Lungh.	Livello				
101	San Guglielmo	3 km	FACILE	032	Serra degli Impiccati	8 km	FACILE
102	La Spianata	5,5 km	FACILE	047	S. Anna	3,5 km	INTERMEDIO
103	Della Diga	3 km	INTERMEDIO	201	Ampio	6 km	INTERMEDIO
104	La Sassosa	2,2 km	FACILE	202	Badia Vecchi	3 km	INTERMEDIO
105	Il Dente del Diavolo	3,5 km	INTERMEDIO	205	Della Valle	4 km	FACILE
106	L'imbrecciata	3,5 km	INTERMEDIO	206	Delle Capannacce	1,5 km	INTERMEDIO
107	Natalino	2 km	INTERMEDIO	207	Delle Lavacchie	1,5 km	INTERMEDIO
108	Valle delle Cannucce	1 km	FACILE	208	Delle Casette	3 km	INTERMEDIO
109	La Mattea	2,5 km	FACILE	209	Scarlino-Buriano	1,5 km	INTERMEDIO
110	Del Mulino	3 km	INTERMEDIO	210	Del Romitorio	3 km	INTERMEDIO
113	Le Palazzette	2 km	INTERMEDIO	212	Delle Vigne	2,5 km	INTERMEDIO
114	Di Mezzo	4,5 km	INTERMEDIO	213	Di Macchiascondona	10 km	FACILE
115	Il Tavolone	8 km	INTERMEDIO	402	Della Dogana	4 km	INTERMEDIO
119	Poggio Franco	3 km	FACILE	403	Di Poggio Perone	4 km	DIFFICILE
120	Cacciagrande	4 km	FACILE	404	Della Santa	5 km	INTERMEDIO
123	Fonte del Capitano	1 km	FACILE	405	R4	5,6 km	INTERMEDIO
124	Sassi Bianchi	2,5 km	INTERMEDIO	406	Dei Cacciatori	1,5 km	INTERMEDIO
				407	Del Valdelmelo	3,8 km	INTERMEDIO

Si riportano, inoltre, anche le discese praticabili con ciclomotore "enduro":

NR.	Sentiero	Lungh.	Livello
11	FreeRide	3 km	DIFFICILE
24	Termine	2,2 km	DIFFICILE
107	Natalino	1,6 km	DIFFICILE
-	Della Quercia numerata	4,2 km	DIFFICILE
-	Brigidino	4,7 km	DIFFICILE



1.3. Inquadramento storico

1.3.1. Il periodo romano

L'origine del centro abitato di Castiglione della Pescaia risale a un antico insediamento etrusco, è possibile riscontrarne testimonianze anche nel centro storico di Vetulonia; successivamente il borgo castiglione diventa di dominio romano. E' possibile osservare tracce del passaggio dei romani grazie ad alcuni resti archeologici rinvenuti presso la riva destra del Fiume Bruna in prossimità del nuovo porto e della zona paludale in cui si ritrovano resti di un'antica villa. Inoltre, è accertata la presenza di una strada consolare, probabilmente costruita nel 286, e selciata in direzione della Pineta del Tombolo, i cui resti sembrano siano stati perduti durante il XIX secolo¹. Successivamente, venne edificato in epoca romana un importante insediamento nella zona (frequentato principalmente fra il III-IV secolo d.C.), conosciuto probabilmente con il nome di *Salebrum*², riferito alla presenza di una salina in corrispondenza del lago che in un primo periodo era salmastro.

1.3.2. Il periodo medievale

Dopo un periodo di abbandono tra il V e l'VIII secolo causato dalle invasioni barbariche, vi fu una graduale rinascita di Castiglione della Pescaia, che prese particolare vigore nel corso del X secolo grazie all'arrivo della Repubblica di Pisa, il cui periodo inizia a partire, precisamente, dal 962. Proprio in questo periodo, furono costruite

le fortificazioni murarie che avevano la funzione di racchiudere parte del borgo situato sul promontorio e delimitavano il primo insediamento situato nella parte bassa del primitivo nucleo abitativo. La prima fortificazione fu la grande torre quadrata, la quale venne costruita sul punto più alto della rocca affacciata sul mare e rappresenta il nucleo primitivo dell'attuale castello (X-XI sec.). Successivamente, furono costruite, nel XII secolo, le due torri più piccole di *Santa Barbara* e della *Sentinella*, inserite nella cinta muraria con le cortine di collegamento. Infine, nel XII secolo vennero edificate le mura che racchiudono tutt'ora la parte alta del borgo, andando a sostituire l'antica cinta muraria bassa che probabilmente vedeva il suo ingresso dalla *Portaccia*³ che rappresenta l'unico elemento architettonico superstite delle primitive mura pisane oltre alle fortificazioni di Torre Lilli, Torre di Via Cristoforo Colombo, i resti di un'altra struttura turriforme in Via delle Vacche, e le rocche di forte delle Rocchette e Torre di Cala Galera, le quali presidiavano la zona costiera.⁴

Le fortificazioni, nel loro complesso, si articolano adattandosi all'orografia del terreno su cui sorgono, attraverso tratti in salita e discesa. Sono caratterizzate da blocchi di pietra, munite in alcuni tratti di camminamenti di ronda; le mura incorporano ben undici complessi turriformi che in passato svolgevano funzioni di avvistamento, di difesa; sono tutt'ora presenti feritoie, che erano utilizzate dagli archibugieri, che si aprono in alcuni punti dei camminamenti di ronda.

I punti di accesso alla borgo sono tre porte: *Porta a Mare*, *Porta San Giovanni Battista* e *Porta dell'Urbe*.

Durante il dominio pisano ci furono numerosi assedi

¹ Si veda: E. Collura, M. Innocenti, S. Innocenti, *Comune di Castiglione della Pescaia. Briciole di storia*, Edizione Innocenti, Grosseto 2002, p.9-12-13

² M. Celuzza, *Guida alla Maremma antica: da Vulci a Populonia, dal Monte Argentario al Monte Amiata*, Nuova Immagine, Siena 1993, p.96; E. Collura, M. Innocenti, S. Innocenti, *Comune di Castiglione della Pescaia*, op. cit., p. 18

³ *Ivi*, p.50

⁴ *Ivi*, p.51



Fig.21
Pianta di
Castiglione della
Pescaia con il
padule e il Fosso
Navigante per
Grosseto
(tratta dall'Archivio
di Stato di Firenze,
Fondo: Miscellanea
Medicea, scala -
1600-1630)



Fig.22
Prospetto di Forte
delle Rocchette

da parte di altre famiglie come gli Aldobrandeschi, i monaci dell'abbazia di San Salvatore al Monte Amiata. Nel XII secolo l'insediamento castellano entrò in possesso dalla famiglia Lambardi che controllava la frazione di Buriano e la cui influenza divenne rilevante in epoca duecentesca. Il centro iniziò una fase di prosperità fino a divenire un libero comune nel XIII secolo. Nel 1274 i Pisani ripresero il dominio sul borgo castellano; a questo periodo pisano risale una prima edificazione di quello che diventerà in epoca successiva palazzo Centurioni.⁶

Alla fine del XIV secolo fu istituito il libero Comune di Castiglione della Pescaia tramite un atto di sottomissione alla città di Firenze riuscendo a farsi garantire la protezione.

Durante il XV secolo le truppe di Re Alfonso V d'Aragona presero possesso del castello e della città, questo fu un periodo rocambolesco per Castiglione della Pescaia, si succedettero infatti diversi assedi e occupazioni da parte delle milizie: la città era spesso saccheggiata dai corsari, dunque il nucleo abitativo si spostò gradualmente all'interno delle mura; nel 1432 ebbe luogo una breve sottomissione da parte della Repubblica di Siena e nel 1449 le milizie del Principato di Piombino riuscirono a liberare l'intero borgo, fatta eccezione del castello che rimase un presidio aragonese. Nel 1460 il castello fu ceduto alla famiglia Piccolomini di Siena, che, dopo aver effettuato restauri alla chiesa e alla cinta muraria⁶, lo vendette quasi un secolo più tardi, nel 1559, a Eleonora di Toledo, moglie di Cosimo de' Medici, con annessi i territori castiglionesi e dell'isola del Giglio, in qualità di possedimenti

⁵ Comune di Castiglione della Pescaia, *Il Palazzo Centurioni, ricerche e contributi per il progetto di restauro*, Settembre 1999, p.2

⁶ D. Barsanti, *Castiglione della Pescaia. Storia di una comunità dal XVI al XIX secolo*; E. Collura, M. Innocenti, S. Innocenti, *Comune di Castiglione della Pescaia*, op. cit., p. 26 - 27

privati della famiglia fiorentina; risultava dunque distaccato sia dallo stato di Firenze che di Siena.⁷

1.3.3. Il periodo Mediceo

I Medici sfruttarono le ricchezze del posto senza occuparsi delle necessità del popolo che risentiva della scarsa manutenzione del borgo e della mancata bonifica della palude; in particolar modo, i fiorentini, presero possesso del monopolio della pesca nel lago, che, nonostante fosse causa delle frequenti epidemie di malaria, dava sostentamento a tutta la cittadina, i diritti di affitto di pesca sul lago fruttarono ai Medici notevoli introiti.⁸ Anche le risorse agricole del territorio e dei pascoli per l'allevamento del bestiame furono ampiamente sfruttati. In particolare, l'area attorno a Castiglione era per lo più coperta da zone boschive e collinari con poche pianure caratterizzate dalla presenza di acquitrini e paludi⁸; queste zone erano sfruttate per la coltivazione di alberi da frutto, tra cui viti, e i boschi rappresentavano una notevole fonte per il reperimento di legna da ardere.

Era evidente che la nobile famiglia fiorentina era interessata al solo sfruttamento delle risorse del luogo, ciò si evince anche dalla scarsa cura nella manutenzione delle zone paludose e degli annessi fossi, che richiedevano continue bonifiche per evitare il diffondersi della malaria; questa politica portò così un progressivo deterioramento della zona.⁹

Il borgo, essendo posizionato in un punto strategico, era un importante presidio per il commercio dei Medici,

veniva dunque preso di mira dai corsari, per difendere il borgo dalle razzie venne costruita la Rocca di punta Ala, la quale era sotto il comando di Angelo Canturioni, membro di un'importante famiglia nobile di Castiglione che possedeva e aveva ampliato l'omonimo palazzo. Il nuovo presidio difensivo andò ad affiancare quelli esistenti delle Rocchette e Cala Galera con il fine di controllare la costa.¹⁰

Fù alla fine del '500 che Ferdinando de' Medici apportò qualche miglioria alla roccaforte: ricostruì una serie di torri (ancora oggi riconoscibili per la forma circolare che si adattava al progresso tecnologico militare) affiancandole una serie di terrapieni¹¹; inoltre furono apportate migliorie alla chiesa parrocchiale di San Giovanni Battista, le cui prime tracce si hanno mezzo millennio prima (1051), e ad una piazza sita a Nord-Ovest detta la "*spianata*" fu in oltre realizzato l'orologio nei pressi dell'attuale Santa Maria del giglio, poco distante dalla porta posta a Sud.

Sempre in questo periodo si documenta la costruzione di alcuni edifici diventati il simbolo di Castiglione quali: Palazzo Camaiori, Palazzo Centurioni, Palazzo Pretorio e l'edificio del Vecchio Ospedale; tutti si affacciano su una strada interna alle mura castellane con in mezzo una ottantina di case¹¹.

Palazzo Camaiori era la residenza nobile dei Medici, probabilmente realizzata su un palazzo ancor più antico. Questo era il punto di riferimento principale per i castiglionesi in quanto oltre ad essere una

⁷ D. Barsanti, *Castiglione della Pescaia. Storia di una comunità dal XVI al XIX secolo*; E. Collura, M. Innocenti, S. Innocenti, Comune di Castiglione della Pescaia, op. cit., p. 26 - 27

⁸ *Ivi*, p. 23-26

⁹ *Ivi*, pp. 7-9

¹⁰ *Ivi*, pp. 37-39

¹¹ E. Collura, M. Innocenti, S. Innocenti, *op.cit....*, p.51

residenza nobiliare fungeva da edificio amministrativo, frantoio, magazzino e cantina. Qui, nel periodo Loreense-Aragonese, Pietro Leopoldo fu ospite del palazzo intorno al XVI secolo¹², ciò viene attestato da uno stemma posto sul portale d'ingresso alla residenza, in Via dell'Amore. Palazzo Centurioni, o Palazzo Pretorio, fu un altro punto di riferimento della comunità grazie alle tante funzioni amministrative, infatti era la sede locale della pretura e delle carceri.¹³ Una volta dismesso dalle originarie funzioni a cui era adibito, è stato trasformato in edificio abitativo e suddiviso in varie unità.

Infine il Vecchio Ospedale svolgeva un importante ruolo all'interno della comunità, specialmente nei periodi in cui la malaria colpiva più duramente e in cui il maltempo bloccava i pescatori.



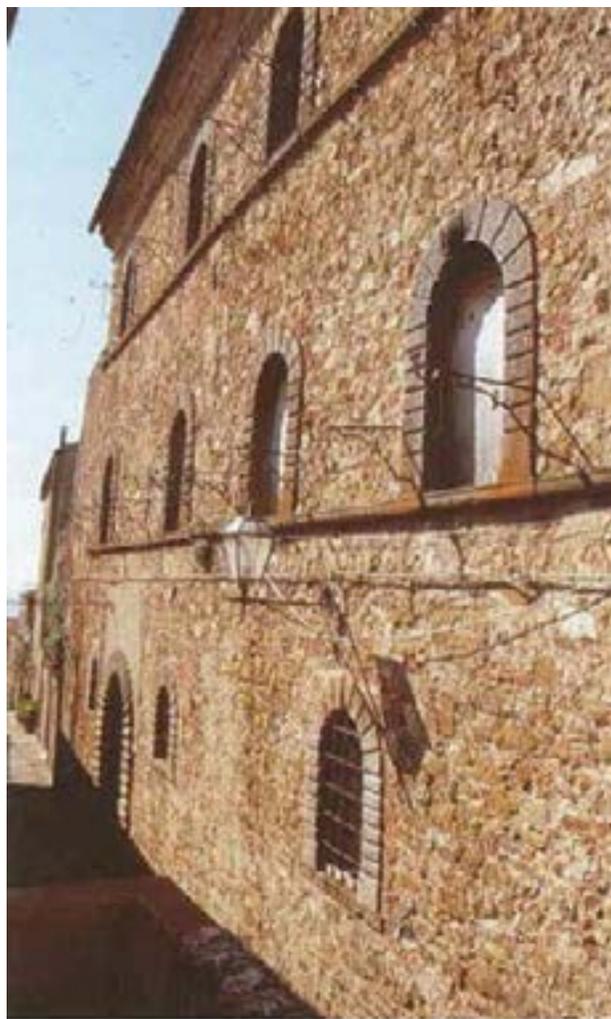
Fig. 23
Vista di Palazzo
Camaiori o Vecchio
Ospedale

¹² E. Sole, *Castellione de Piscaria: immagini storiche, turistiche, archeologiche e folcloristiche di Castiglione della Pescaia*, Firenze 1981, p. 13-14

¹³ Comune di Castiglione della Pescaia, *Il Palazzo Centurioni...* op. cit. p. 2

Fig. 24

Palazzo Centurioni, prospetto su via dell'Ospedale (anno 1999) (Tratto da: Comune di Castiglione della Pescaia, *Il Palazzo Centurioni, ricerche e contributi per il progetto di restauro*, Settembre 1999)



1.3.4. Il periodo settecentesco e Loreense

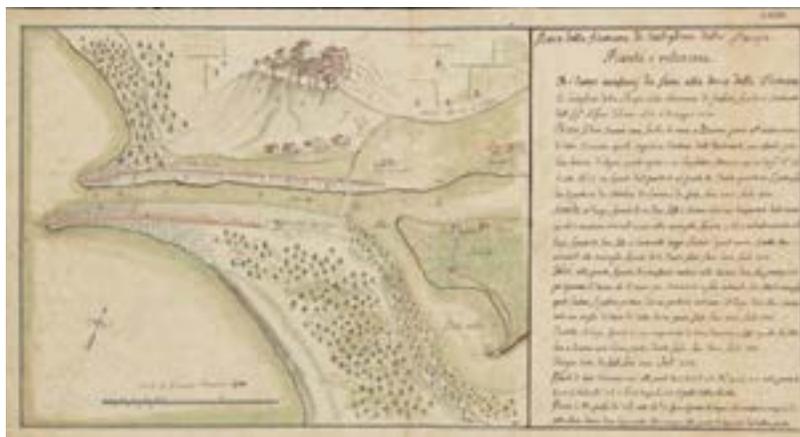
Successivamente alla dominazione medicea intervennero gli Asburgo Lorena che considerarono la Maremma Senese non più come una colonia da sfruttare per le sue risorse agricole, ma come una porzione del territorio granducale da recuperare, dato il suo pessimo stato di degrado¹⁴, con un appropriato piano politico generale, predisposto da autorevoli esponenti del governo, con il consiglio ed il supporto dei più importanti ingegneri idraulici del tempo. Dal periodo settecentesco in poi, il centro conobbe una forte rinascita grazie alle opere di bonifica e canalizzazione dell'antico Lago Prile e ai grandi scambi commerciali favoriti dal ruolo importantissimo del porto di Castiglione della Pescaia assunto in quel periodo.

La mappa, in figura, rappresenta il centro murato collinare di Castiglione con il suo porto canale (con in basso la casina della sanità, i magazzini e l'osteria e poche case rappresentate nel loro stato di degrado e "rovine" antiche e con in una darsena interna anche il "Porto antico") con a destra enunciata la relazione "dei lavori da realizzare per rendere efficiente l'approdo che il mare periodicamente danneggiava", probabilmente con insabbiamento e la rovina dei moli.

Da quanto si evince erano necessarie una serie di operazioni di dragaggio in prossimità del canale e bisognava rinforzare i muri di contenimento laterali del terreno a protezione del canale¹⁵.

¹⁴ D. Barsanti, *Castiglione della Pescaia...*, op. cit., p. 9;

¹⁵ ASF, Fondo: Pianta dello Scrittoio delle Fortezze e Fabbriche



Altri interventi per il risanamento di quest'area, che comprendeva la Padule della Diaccia Botrona, vennero effettuati dall'ingegnere Leonardo Ximenes¹⁶ che «in quanto matematico del governo nel 1756, cominciò ad occuparsi delle operazioni di bonifica su quasi tutto il territorio toscano, senza però prosciugare completamente i grandi laghi palustri, ma conservandoli, secondo una concezione estremamente moderna ed all'avanguardia per l'epoca.

La sua concezione di bonifica era globale e fortemente connessa con la realtà economica del tempo, il suo intervento "idraulico", cioè di canalizzazione, non escludeva però del

tutto anche interventi di colmata, limitandola a ristrette superfici di territorio.»¹⁷



Fig. 25
Bocca della Fiumara di Castiglione della Pescaia. Pianta e Relazione (tratta dall'Archivio di Stato di Firenze, Fondo: Piante dello Scrittoio delle Fortezze e Fabbriche, scala 1:2000, 1710).

Fig. 26
Pianta di Castiglione della Pescaia, parte del suo territorio, Fiumara e parte della Pineta Paludina, 1759 (tratto da ASF, Fondo Miscellanea di Piante, Collocazione n 655).

¹⁶ Leonardo Ximenes (1716-1786) di origini siciliane fu un gesuita, astronomo, ingegnere idraulico e civile e geografo italiano di grande rilievo della Toscana dei Lorena. Delle sue opere idrauliche si ricordano: la bonifica del lago di Bientina, un canale emissario dal lago all'Arno, un polo viario, due fabbriche di cateratte nel pisano. Inoltre, costruì strumenti per misurare la velocità delle acque come la ventola e la valvola idraulica. Come ingegnere civile, realizzò la via regia modenese, attuale statale 66.

Fu anche scrittore e membro di numerose accademie internazionali e dal 1750 al 1759 collaborò con il gesuita veneziano Francesco Antonio Zaccaria nella pubblicazione della rivista enciclopedica "Storia letteraria d'Italia".

¹⁷ Serafina Buetti (a cura di), *La Bonifica <<idraulica>> di Leonardo Ximenes ed i primi interventi dell'Ufficio dei Fossi*, Grosseto 1991, p. 10

Nota: Nella fig. 3 si raffigurano il Castello e tutti gli edifici sparsi nel borgo, contrassegnati da lettere alfabetiche e richiamati in una dettagliata legenda. Oggetto principale della rappresentazione (interno a un gruppo di 10 disegni) è il progetto delle nuove saline sul Tombolo, vicino alla zona umida e alla fiumara.

Fig. 27
 Casa Rossa, 1769
 (tratto da: ASF,
 Fondo Miscellanea
 di Piante,
 Collocazione:
 Loenardo Ximenes.
 Della fisica
 riduzione della
 Maremma Senese,
 Firenze, Moucke,
 tavv. I-IV)

Nel 1758, Ximenes, insieme al governatore di Grosseto, fu inviato a fare un sopralluogo in Maremma e mentre venivano studiati i modi per risistemare il porto di Castiglione si verificò una spaventosa piena dell'Ombrone, che sommerse tutta la pianura circostante; l'anno successivo, egli scrisse una delle sue tante perizie generali, rendendosi subito conto che bisognava avere una chiara visione ed un piano sistematico d'intervento <<atto a promuovere il decollo finale della Maremma, partendo però anche dalla necessaria ed indispensabile arginazione del Fiume Ombrone, le cui continue piene ed inondazioni distruggevano, ogni intervento idraulico>>¹⁸.

Per evitare ulteriori criticità idrauliche, l'ingegnere consigliò all'amministrazione di istituire una nuova riforma agraria che, <<in base ad un catasto geometrico, distribuisse i terreni degli enti pubblici ed ecclesiastici e dei vecchi proprietari assenteisti a nuovi imprenditori, capaci di adottare un'agricoltura intensiva ed un allevamento stabulato>>¹⁹. Il suo progetto riuscì a realizzarsi soltanto nel 1765, quando Pietro Leopoldo²⁰ decise di <<mettere in pratica la "riduzione fisica" dello Ximenes>>²¹ considerando anche di effettuare degli interventi in grado di salvare le preesistenze storiche. Ximenes fu il primo scienziato, in Toscana, ad usare accuratamente, e in modo adeguato, le fonti storiche per

poter documentarsi sul territorio in cui veniva chiamato a intervenire.

Tra il 1766 e il 1768 fece effettuare degli interventi di rinforzo all'argine destro del fiume Ombrone utilizzando molteplici espedienti quali: <<gabbionate, sassaie e piantagioni di salici e pioppi e ripulire i vari fossi e canali preesistenti, quali la Molla e la Molletta>>²².



¹⁸ Ivi, p.11

¹⁹ Serafina Buetti (a cura di), *op. cit...*, p. 10

²⁰ Pietro Leopoldo (1747-1792) fu Granduca di Toscana con il nome di Pietro Leopoldo I di Toscana dal 1765 al 1790 e imperatore del Sacro Romano Impero e re d'Ungheria e Boemia dal 1790 al 1792. Figlio dell'imperatore Francesco I e di sua moglie Maria Teresa d'Austria, fu fratello della celebre Maria Antonietta, regina di Francia, e di Maria Carolina, regina di Napoli.

²¹ Serafina Buetti (a cura di), *op. cit...*, p.12

²² *Ibidem*

Nota: la figura 27 rappresenta lo spaccato longitudinale della Cateratta che "passa per il Rotone e per l' Argano". Si tratta di un edificio dalle massicce fondamenta, a due piani (inferiore per il sistema di sollevamento, il superiore per l'abitazione del custode) con tre arcate e altre cateratte che servivano per il controllo delle acque e come passaggio per la pesca delle anguille.

Progettò e fece costruire sull'antico bacino del fu lago di Castiglione una nuova fabbrica, chiamata anche Casa Rossa, utile per creare un regolare deflusso delle acque ma anche per aiutare nella pesca <<con una cateratta centrale come passaggio obbligato per il pesce in uscita e in risalita>>²³.



Nonostante gli interventi dell'ingegnere fu necessario, per garantire la salubrità del territorio, costruire un acquedotto che portasse direttamente l'acqua al borgo.

Inizialmente intrapreso da Ximenes e, a seguito di contrasti con la comunità locale, ultimato dai suoi successori, tale acquedotto viene ritenuto "ammirabile nella sua struttura architettonica" ed è "rimasto funzionante fino ai nostri tempi"²⁴, ma tutti questi interventi risultarono inefficaci e talvolta controproducenti in quanto riportarono epidemie malariche nella città.

1.3.5. Da Pietro Leopoldo all'unità d'Italia

Durante il periodo ottocentesco Castiglione della Pescaia continua ad essere sotto il dominio grossetano sotto il granducato di Pietro Leopoldo, il quale vedeva nel territorio castiglione un'ampia area adatta al raccolto con un affaccio diretto sul mare per il commercio delle materie prime. Egli continuò dunque la campagna di bonifica della zona paludosa tra il 1830 e il 1850 facendo diventare l'area lacustre una zona coperta di erbe palustri in cui restano presenti le zone di pesca e le saline precedentemente progettate.

Il granduca si adoperò per l'introduzione della proprietà privata estinguendo le retrograde strutture sociali ed economiche ancora in uso nel borgo; la proprietà privata consentiva la nascita della classe imprenditoriale locale, ulteriormente incentivata da Leopoldo tramite la donazione di terreni e materiali edili. Il rovescio della medaglia fu che, nonostante la nuova classe sociale si arricchiva, la forbice tra ricchi e poveri aumentava notevolmente, non tutti i cittadini potevano usufruire delle materie che venivano prodotte in loco in quanto era più conveniente il commercio di queste.

Sotto il granduca di Toscana la città si ripopolò (era questo il fine ultimo di Leopoldo) e vide una prima espansione oltre le fortificazioni, l'ampliamento avvenne nelle aree adiacenti il fiume e la costa.²⁵

Dalla metà del XVIII secolo furono realizzati una serie di lavo-

Fig. 28

Casa Rossa, 1769
(tratto da: ASF,
Fondo Miscellanea
di Pianta,
Collocazione:
Loenardo Ximenes.
Della fisica
riduzione della
Maremma Senese,
Firenze, Moucke,
tavv. I-IV)

²³ *Ibidem*

²⁴ Danilo Barsanti, *op. cit.*, pp. 137-140

²⁵ Serafina Bueti (a cura di), *op. cit.*, p. ?

Nota: la figura 28 rappresenta lo spaccato trasversale della Cateratta che "passa per il centro del Rotone". Si tratta di un edificio dalle massicce fondamenta, a due piani (inferiore per il sistema di sollevamento, il superiore per l'abitazione del custode) con tre arcate e altre cateratte che servivano per il controllo delle acque e come passaggio per la pesca delle anguille.

Fig. 29
Veduta su
Castiglione della
Pescaia con Ponte
Giorgini

Fig. 30
Pagina successiva:
Mappa di
Castiglione
della Pescaia,
1822 (tratto da
ASG - Antico
Catasto Toscano
- Castiglione della
Pescaia - Sezione
M - Foglio 1,
disegnato da Anto-
nio Piccioli)

ri edili tra cui quelli che videro la realizzazione della cappella della Madonna della Porta²⁶ (conosciuta anche come Santa Maria del giglio) nel 1741, il restauro della chiesa di San Giovanni Battista nel 1769, dell'ospedale, che servì anche la popolazione grossetana, e dell'annesso cimitero nel 1783.

A causa del progressivo spostamento dei cittadini nelle aree di nuova costruzione o verso i campi il borgo cominciò a essere disabitato; dopo una breve dominazione napoleonica il borgo si presentava in totale stato di degrado, ne furono colpite la cinta muraria, la Casa Rossa, le cisterne cittadine e le roccaforti, inoltre la palude tornò al suo consueto stato insalubre che portò nuovamente le zanzare causa della malaria.

Fù Leopoldo II che riuscì nella prima vera opera di bonifica del lago: inizialmente si seguì il progetto dell'ingegner Giorgini²⁷ il quale sosteneva che la causa delle epidemie era l'incontro tra acqua dolce e salata; egli fece costruire un ponte nel quale fosse possibile regolare il flusso d'acqua. Ovviamente, dal punto di vista della salubrità, quest'opera fu inconcludente, ma diventò un importante collegamento con Grosseto e per controllare i flussi d'acqua.

L'ultimo tentativo di Leopoldo fu quello più lungo e dispendioso e consisteva nella realizzazione di cinque colmate e un canale sul fiume Bruna, l'intervento fu efficace in quanto la malaria scomparve definitivamente e i terreni bonificati furono sfruttati nel settore agrario.²⁸

In seguito all'abbandono del granducato di Toscana da parte della famiglia di Leopoldo II, la cittadina votò a favore dell'annessione al Regno di Sardegna, e successivamente al regno d'Italia nel 1860.

Ciò provocò una mutazione del commercio, i Savoia infatti costruirono la ferrovia litoranea affidando lo scambio di merci alla locomozione, la cittadina cadde in una profonda crisi da cui uscì in seguito spostando la propria rendita nel settore balneare.



²⁶ Serafina Buetti (a cura di), *op. cit.*..., p. 37

²⁷ *Ivi*, pp. 39-43

²⁸



CON

ONE

M I

M

A

L

H. B. B.

E

Comunità

di Grosseto

paule

Comunità di Castiglioni della Pescaia
Divisione di
del Piano (Civ. Castiglioni)
Dipartimento Unico
Foglio della Carta data il 1756.
di ordine (M. B. B.) e P. B.
disegnata ed intagliata da M. B. B.
da Antonio Piccini geometra

Fig. 31

Spiaggia balneare di Castiglione della Pescaia, anni 50.

Fig. 32

Pagina successiva: Castiglione della Pescaia, Impianto del Nuovo Catasto, 1939 (Tratta da: ASG, Impianto del Nuovo Catasto, Comune di Castiglione della Pescaia, F.° CVI)

1.3.6. Dal periodo fascista ai giorni d'oggi

Tra le opere effettuate in tutta l'Italia durante il governo fascista fu totalmente portata a termine la bonifica della palude; rendendo tutta l'area salubre fu possibile attuare una prima espansione dell'area abitata costruendo abitazioni per i lavoratori della ferrovia grossetana. Venne riaperta "Porta a mare" che era stata parzialmente tamponata, furono realizzati alcuni percorsi, tra cui la via panoramica e il collegamento tra borgo basso e borgo murato. Dopo alcuni bombardamenti da parte degli alleati, fu necessario ricostruire parte dell'edificato.²⁹

Una seconda espansione si ebbe nella zona del porto dove dagli anni sessanta in poi sono sorte le case di villeggiatura a seguito dello sviluppo del turismo balneare.



²⁹ E. Collura, M. Innocenti, S. Innocenti, *op.cit....*, p.62

³⁰ G. L. Orlandi, *Abitazioni nel centro storico*, in *Architetture Grosseto*, vol. *Castiglione della Pescaia*, n. 7/09, Edizioni ETS, Pisa 2009, p. 74

Nota: Nella figura 32 sono rappresentati i limiti delle particelle catastali in inchiostro nero e rosso, i confini con gli altri fogli e le Sezioni confinanti sono in rosso o verde e quelli con le altre Comunita' in viola, mentre il disegno dell'idrografia e' eseguito in azzurro, la viabilita' con un doppio tratto nero e gli insediamenti in rosso. La mappa presenta il reticolato geometrico costituito da maglie quadrate identificate da numeri interi progressivi. Inoltre vi sono espresse le varie misure catastali e i punti trigonometrici di riferimento che in corrispondenza di quelli primari vengono identificati da una lettera maiuscola.



Fig. 33
Stralcio Tav. 6

1.4. Inquadramento fotografico

Si riporta l'inquadramento di alcuni tra i più importanti beni architettonici all'interno del borgo murato di Castiglione della Pescaia.



IL PALAZZO



2.1 Metodologia di ricerca

Il lavoro di ricerca effettuato per la ricostruzione storica dell'oggetto di studio ha comportato notevoli difficoltà durante la prima raccolta di informazioni, soprattutto riguardante il primo periodo di costruzione.

La metodologia seguita è stata quindi quella di partire con la conoscenza del palazzo tramite fonti più reperibili, rese grazie alla partecipazione e all'aiuto del Comune di Castiglione della Pescaia, che hanno dato la possibilità di andare a tracciare uno scenario generale sulla "vita" centenaria dell'edificio. Nonostante questa fonte sia stata utile e molto ricca di informazioni più o meno recenti, sono rimasti irrisolti alcuni interrogativi, posti anche dall'amministrazione stessa e sorti durante e post le operazioni di sopralluogo e rilievo, poichè poco conosciuto.

È stato quindi iniziato un percorso di ricerca storica che ha visto la partecipazione di più archivi della regione Toscana e la interpolazione di più fonti dato il susseguirsi di più dominazioni del piccolo comune e quindi il continuo passaggio di proprietà che ha dovuto attraversare il palazzo. L'obiettivo di questo percorso intrecciato di informazioni è stato quello, innanzitutto di completare l'ampia ricerca già svolta e dare una risposta agli interrogativi rimasti irrisolti ridando una valenza storica al palazzo; in secondo luogo, con la conoscenza del passato si è in grado di poter recuperare i pezzi di identità della cultura castiglioneese rimasti nascosti.

Dopo notevoli sforzi di raccolta, discernimento delle informazioni e contestuale comprensione dell'evoluzione architettonica del palazzo, è stato effettuato una divisione logica che vedesse passo passo l'evoluzione del palazzo e rilevasse i contestuali lavori di attacco alle nuove porzioni ed eventuali lavori di annessioni susseguiti negli anni.

Questo processo logico diventa utile per la contestualizzazione

delle porzioni di proprietà comunale in cui intervenire per il progetto di consolidamento e restauro.

2.2. Inquadramento storico del palazzo

Durante la dominazione Aragonesa, nella metà del XV secolo, viene trovato un primo documento attestante un progetto edilizio da parte di "un ignoto operatore tecnico fiorentino in un lotto di terreno già interessato da edificazioni medievali ormai completamente in rovina"¹ che viene affiancato ad una vecchia costruzione risalente alla dominazione pisana, probabilmente una residenza. Secondo questo documento si ritiene che la prima porzione del palazzo venne costruita come "casa pisana".

Nel 1460 il Castello medievale interno al borgo viene ceduto alla famiglia Piccolomini di Siena, e tra il 1450 e il 1470 all'interno del borgo, probabilmente nel 1464, "vennero effettuati grandi lavori edilizi: il funzionario mediceo scrive, infatti, che allora furono restaurate le Mura e la Rocca, l'habitatione fu la miglior forma ridotta et la chiesa principale con l'altra di Santa Maria fuori le Mura"² (parla della chiesa adiacente a Porta sul Mare).

¹ Comune di Castiglione della Pescaia, *Il Palazzo Centurioni, ricerche e contributi per il progetto di restauro*, Settembre 1999, p.2

² *Ibidem*

Dalle innumerevoli ricerche sorge un inventario, risalente al 1693, comprendente un *"elenco del patrimonio cosimiano risalente al 1561 che descrive un piccolo edificio nella forma definitasi nel secolo precedente che si crede essere riconosciuta nel corpo di sinistra rispetto a via dell'Ospedale, costituito al tempo sicuramente dal piano terra e dal primo piano, più incerto il secondo."*³

Questo inventario dà quindi una primitiva descrizione compositiva dell'edificio dando conferma ad ulteriori fonti che datavano la costruzione dell'edificio nella prima metà del 1400: *"il fabbricato consisteva in una casa posta a piè della rocca, dove si tiene il banco della iustitia e dove abita il computista con due abituro et appartenenze, cioè una sala con tre camere et il banco della iustitia e sotto la stalla per le bestie con 3 casalini scoperti e spalcati che dovevano essere posti in adiacenza e in linea sulla stessa via."*⁴

Quasi un secolo più tardi, nel 1559, il palazzo venne comprato dalla famiglia De' Medici, il cui granducato era già entrato in possesso del borgo di Castiglione nel 1561.⁵ In questo scenario è possibile far rientrare l'opera di riorganizzazione del palazzo di giustizia di Castiglione. Subito dopo l'acquisizione da parte della famiglie dei Medici nel 1559 è possibile pensare che si fosse creata l'esigenza di creare una sede più grande per lo svolgimento dell'attività giudiziaria che rappresentava, ai tempi, il potere granducale. Da un punto di vista architettonico e formale, quindi si credeva fondamentale poter rendere il palazzo riconoscibile rispetto alle altre costruzioni residenziali del borgo medievale.

In quanto cinquecentesco il palazzo si atteneva, quindi, ai linguaggi architettonici formali del tempo, infatti l'edificio sembra seguire le regole architettoniche di simmetria e di utilizzo dei materiali della regione.

Le soluzioni che venivano usate nel '500 rimandano all'utilizzo di un trattamento dei prospetti con intonaco mentre le decorazioni venivano ridotte all'essenziale come per esempio in corrispondenza di elementi di marcapiano, cornici caratterizzati invece dall'utilizzo del materiale lapideo, in particolare del bugnato.

Si trattava di soluzioni che intendevano mirare ad una velocità di esecuzione e una minore spesa dell'intervento soprattutto per quanto concerneva i luoghi pubblici.

Assieme a queste semplificazioni linguistiche si realizzano anche trasformazioni di tipo volumetrico andando a incorporare o distruggere eventuali preesistenze adiacenti. La configurazione planimetrica esistente prevedeva il fabbricato posto tra due diversi livelli di terreno, uno più alto in Via di Mezzo (m) e l'altro più basso in Via dell'Ospedale (m) dove si trovava l'entrata principale all'edificio, ancora esistente.

³ Comune di Castiglione della Pescaia, *Il Palazzo Centurioni, ricerche e contributi per il progetto di restauro*, Settembre 1999, p.2

⁴ *Ibidem*

⁵ Si veda: Comune di Castiglione della Pescaia, *Il Palazzo Centurioni, ricerche e contributi per il progetto di restauro*, Settembre 1999, p.

Dall'anno della sua costruzione è noto che esisteva solo la parte sinistra.

Questa configurazione era abbastanza vincolante da non favorire molta libertà di realizzazione di una classica configurazione di residenza urbana cinquecentesca, articolata in uno sviluppo del fabbricato attorno ad un cortile centrale che permetteva di ricevere aria e luce in tutti i punti dell'edificio.

Questo ha infatti radicalmente limitato l'articolazione spaziale interna nel momento in cui era sorta la necessità di creare luoghi di riposo per chi lavorava all'interno; infatti, alcuni di questi spazi risultano di seconda luce e poco indipendenti.⁶

Di fatto, gli ambienti del piano terra, caratterizzati da ambienti voltati, sono quelli dedicati alle "stalle" e gli ambienti del primo piano, che si affacciano sul lato Nord-Est, presentano una fonte di luce diretta e spazi più ampi che identificano questa porzione dell'edificio come quella dedicata alle attività di ufficio, quindi la "sala" e il "banco di giustizia"⁷.

Gli altri spazi che si trovano nella parte retrostante, nel lato Sud-Ovest, sembrano essere dedicati alle camere d'alloggio del computista che vi lavorava.⁸

Possiamo quindi affermare che, dall'anno della sua costruzione fino al 1616, il palazzo mantenne questa prima configurazione interna, nonché le precedenti funzioni riportate. Da questo momento in poi la configurazione funzionale ed estetica del palazzo riporterà notevoli cambiamenti soprattutto per

quanto riguarda ampliamenti volumetrici e sopraelevazioni, trasformazioni che giungono fino all'attuale stato di fatto.

Infatti, il palazzo si sviluppa secondo dimensioni più elevate e con un diverso uso dei materiali e degli elementi decorativi andando, ancora di più, a distinguersi dalle altre configurazioni edilizie che si ritrovano nell'intorno del borgo. Vengono, quindi, a manifestarsi un moltiplicarsi degli assi delle finestre, poichè vengono annessi nuovi spazi interni; un crescere dell'altezza degli interpiani e il loro sovrapporsi aumentando, di conseguenza, l'altezza globale del fabbricato che lo eleva di importanza⁹.

Anche gli elementi decorativi crescono di importanza; le cornici delle finestre monofore sono caratterizzate da un trattamento con l'uso del bugnato e abbinato alle pareti ad intonaco secondo il gusto toscano cinquecentesco.

Queste infatti, sembrano seguire una simmetria che prende ancora più importanza tramite la presenza delle fasce marcapiano in materiale bugnato e la forma delle aperture che si pone come elemento distintivo rispetto al costruito esistente residenziale, circostante. Nel 1616 è documentato che vennero avviati numerosi interventi di restauro dell'edificio nonché trasformazioni dello stesso in residenza nobile per mano di alcune maestranze del posto, quali Pietro Petruccini, Gabriello Ughi.

Durante il principato di Ferdinando II De' Medici la situazione del palazzo andò a peggiorare a tal punto che nel 1625 il

⁶ Si veda: Comune di Castiglione della Pescaia, *Il Palazzo Centurioni, ricerche e contributi per il progetto di restauro*, Settembre 1999, p. 14

⁷ *Ibidem*

⁸ *Ibidem*

⁹ Si veda: Comune di Castiglione della Pescaia, *Il Palazzo Centurioni, ricerche e contributi per il progetto di restauro*, Settembre 1999, p.14

commissario Francesco Francesconi dovette affidare a un certo Mercanto Schini, una missiva nella quale spiegava dettagliatamente la situazione castiglionesa e denunciava che: *"il palazzo di Giustizia sia in malissimo stato"*¹⁵.

La richiesta giunse all'orecchio di Leonardo Accolti che il 19 maggio dello stesso anno scrisse al provveditore generale di Firenze, Leonardo Guidotti, ricordando la volontà della comunità di restaurare il palazzo.

Notizie successive arrivano quasi un anno dopo, a dimostrazione che doveva essere intervenuta una fase interlocutoria.

Da una lettera del 1626 risulta infatti che si stava lavorando a interventi di restauro sulle chiese e mura circostanti ma che si era ancora in attesa di un perito che controllasse la situazione del palazzo:

"sono più di tre settimane che ella è costì [...] se non si vigilano li negotii pubblici a beneficio della comunità andrà sempre di male in peggio".¹⁶

Accolti, alcuni giorni dopo, scrisse un'altra missiva con cui informare il provveditore fiorentino della decisione del granduca mediceo di effettuare i lavori e più precisamente interventi riguardanti gli "acconciamenti".

Ancora, si trova scritto *"[...] che le travi vecchie potrebbero servire in luoghi di minor larghezza et per piani di tal fabbrica, acciò si facerà questa restaurazione con maggior risparmio come comandano le Altezze Serenissime"*.¹⁷

Ancora, nel 1689, furono eseguiti altri interventi di

manutenzione al palazzo e più precisamente nei luoghi della cucina.

Infatti viene scritto da Orazio Veltroni, in una lettera al provveditore fiorentino, che:

*"vi è urgentissimo bisogno di fare un nuovo tramezzo tra la cucina et una camera, perchè il tramezzo vecchio tutto di tavole, è affatto lacero e guasto passandoci l'aria fredda ed umida con documento notevole della servitù e la cucina istessa è impraticabile"*¹⁹.

Nonostante l'elevato costo dell'intervento, questo viene risolto e lo stesso Veltroni continua a mostrarsi interessato al miglioramento del fabbricato proponendo, nel 1701, ulteriori lavori.

In particolare, gli interventi edilizi riguardavano il consolidamento delle mura e interventi di manutenzione dei serramenti nei prospetti più soggetti agli agenti atmosferici, più critico del vento di scirocco. Da una documentazione dello stesso Veltroni infatti, si evince che:

"vi è una stanza, per altro bella e capace, che già serviva a cancelleria. Ma in oggi, perchè soggetta agli scirochi ed è resa inhabitabile, per esser lacero e guasto tutto il pavimento onde converrebbe rifarlo di nuovo, levare le finestre dalla parte di scirocco, e farla in faccia al maestrale, per renderla più sana con qualche altro restauro delle muraglie".²⁰

¹⁵ Comune di Castiglione della Pescaia, *Il Palazzo Centurioni, ricerche e contributi per il progetto di restauro*, Settembre 1999, p.4

¹⁶ Ibidem

¹⁷ Ivi, p.5

¹⁹ Comune di Castiglione della Pescaia, *Il Palazzo Centurioni, ricerche e contributi per il progetto di restauro*, Settembre 1999, p.4

²⁰ Ivi, p.5

Con la morte di Cosimo III e del suo successore, Castiglione passa alla famiglia Lorena d'Asburgo²¹ che però non si mostrano interessati alla manutenzione del palazzo. Successivamente, con la divisione del Gran ducato di Toscana, il borgo passa sotto il potere della Provincia Inferiore Senese e viene ridotta a semplice podesteria dipendente dalla vicina città di Grosseto durante il quale il palazzo continua ad essere utilizzato come residenza comunale e a mantenere la sua funzione pubblica e soprattutto giudiziaria (1766).

Successivamente Castiglione della Pescaia passa sotto il completo controllo della comunità Grossetana e il palazzo di giustizia continua a mantenere le sue funzioni pubbliche fino a che, attorno alla fine del secolo, non viene abbandonato e privato delle sue funzioni d'ufficio e collocato infine sul mercato per essere venduto a privati.

In questo scenario, una famiglia del posto, i Centurioni²², accrescono la loro ricchezza comprando anche il palazzo di giustizia che nel tempo comincerà a cambiare sempre più funzioni.

Infatti, nel 1778 il palazzo di giustizia in via dell'Ospedale venne acquistato dalla famiglia Centurioni o Centurione, probabilmente famiglia nobile genovese, che arrivarono a Castiglione come militari al servizio del granduca nelle roccaforti costiere.

Il capostipite, Angelo, già era castellano nel 1720 nella roccaforte di Troia Nuova, oggi Punta Ala, a cui succedette il figlio Giuseppe e poi anche i figli di quest'ultimo: Francesco,

Angelo e Tommaso anche loro comandanti delle roccaforti presenti nel territorio castiglionesse. Tra i fratelli fu Tommaso²⁵, intorno al 1753, a prendere il posto del padre nella roccaforte dell'odierna Punta Ala e venne promosso tenente, nel 1769, della torre presente nel territorio delle Rocchette. Da questo momento cominciò l'arricchimento e molte delle speculazioni economiche e immobiliari che resero la famiglia nobile una delle più ricche del piccolo comune, dopo la famiglia Camaiori²⁶.

Infatti, nel 1783 Tommaso Centurioni possedeva già notevoli appezzamenti di terreno nella zona alta del borgo di Castiglione, tra cui anche un'abitazione ubicata in via della Fortezza, fra il castello e la chiesa di S. Giovanni Battista. Inoltre, in questo stesso periodo, ricoprì più volte le posizioni di capopriore e priore del comune di Castiglione. Morto nel 1807, lasciò tutta la sua eredità al figlio, Angelo Centurioni, avuto con la terza moglie Francesca Fini che prese l'eredità in seguito alla prematura morte del figlio tredicenne nel 1816.

Una volta che la vedova si risposò in seconde nozze, l'unico ramo che rimase della famiglia era quello di Giuseppe Centurioni, figlio di Angelo e nipote di Tommaso. Anch'egli militare, in un primo momento, abitò nella cittadina di Grosseto e all'incirca nel primo decennio del 1800 si trasferì a Castiglione in cui acquistò, come il nonno, notevoli appezzamenti di terreno tra cui vigne, fattorie e appartamenti. È in questo periodo che, da questo ramo

²¹ È un ramo cadetto della Casa d'Asburgo, derivato dal ramo Asburgo d'Austria e generatosi con il matrimonio tra Maria Teresa d'Austria e Francesco Stefano di Lorena (1736-1918).

²² Centurioni

²⁶ Famiglia, assai antica ed illustre, di origine senese che possedette vasti proprietà terriere a Siena e nella Maremma, in particolare a Castiglione. Inoltre, fu iscritta fra i nobili della città di Siena.

della famiglia, venne acquistato il palazzo della giustizia che venne, quindi, usato come abitazione.

Intorno agli anni '30 del 1800, il palazzo, venne per la prima volta inserito nel catasto geometrico-particellare lorenese, chiamato "Casa del tribunale" e intestato al figlio di Giuseppe Centurioni, Angelo.

La descrizione della sezione M delle tavole indicative della particella n. 115 riporta le dimensioni del palazzo: "aveva una superficie di 802 braccia quadre"²⁸, corrispondenti a circa 270 metri quadrati.

Inoltre, all'interno del catasto viene riportato un'altra particella, la n. 116; si tratta di uno spazio adibito probabilmente ad orto e orientato verso via dell'Ospedale che misura "205 braccia quadre"²⁹, cioè circa 70 metri quadrati.

A metà Ottocento, si documenta che Angelo Centurioni si sposò con Antonietta Orsini e divenne consigliere comunale di Castiglione nonché il terzo maggior contribuente del comune. Infatti, si osserva dai catasti, che al tempo la famiglia possedesse una decina di case nella parte alta del borgo, formate da numerosi appartamenti affittati, nove vigneti, cinque appezzamenti agricoli, oltre al palazzo della giustizia.³⁰ Quest'ultimo, intorno alla seconda metà del 1800, venne intestato al primo figlio di Angelo, Giuseppe Centurioni, e modificato nella superficie; infatti, nella particella n.116 corrispondente allo spazio di orto risulta la costruzione di una corte murata annessa al palazzo che così raggiunge una superficie globale di "1007 braccia quadre"³¹, cioè un totale di

342 metri quadrati.

Successivamente, in seguito a lotte giudiziarie e operazioni di ipoteca, si legge nei documenti, che dal 1860 al 1872 circa il palazzo venne provvisoriamente diviso tra i figli di Giuseppe Camaiori, altro possedente nobile del tempo, per poi ritornare in mano della famiglia Centurioni subito dopo.³³

Ancora, si annota, nelle varie documentazioni catastali, che gli stessi Centurioni, in questi anni, cedettero una porzione del palazzo a Camillo Brusaschi e più tardi, nel 1874, un'altra porzione a Angelo Tosi di Caldana senza però trovare di quali porzioni edili si trattasse.

Nel 1883 viene descritto nel catasto che il palazzo, per mezzo di un rogito, fosse tornato di proprietà dei fratelli Centurioni, figli del precedente Angelo, e formato da "stanze 38, distinto in tre piani da terra a tetto, con orto interno, confinato da dette vie [...] del valore di lire 1500 e gravato di una rendita annuale di 500 lire"³⁴ (Via di Mezzo n.11 e Via dell'Ospedale n.4).

Dopo la morte di Giuseppe Centurioni, avvenuta nel 1911, il fabbricato rimase in mano agli altri fratelli Leopoldo, Argenide e Teresa che provvidero ad espletare la voltura catastale nel luglio del 1913. Successivamente, non abitando più nel comune castiglionesse, decisero di passare, tramite rogito notarile, la proprietà del palazzo di nuovo a Giuseppe Camaiori che espletò la voltura catastale nel

²⁸ Comune di Castiglione della Pescaia, *Il Palazzo Centurioni, ricerche e contributi per il progetto di restauro*, Settembre 1999, p. 21

²⁹ *Ibidem*

³⁰ *Ibidem*

³¹ *Ibidem*

³⁴ Comune di Castiglione della Pescaia, *Il Palazzo Centurioni, ricerche e contributi per il progetto di restauro*, Settembre 1999, p. 22

gennaio del 1921.

Subito dopo, la moglie di Camaiori, Anna Sara Corticelli, concesse l'uso gratuito dell'intero palazzo come asilo infantile e scuola parificata alle suore di Cottolengo di Torino ³⁵, dirette da un comitato locale del tempo. ³⁶

La scelta di aprire un asilo infantile nacque dalla necessità di far fronte alle nuove esigenze che cominciavano a sorgere all'interno della vita comunale riguardante l'educazione e l'assistenza infantile. A tal proposito vennero istituite, già nel 1915, raccolte fondi e lotterie di beneficenze per l'acquisto di un immobile in Via Nuova (attuale Via IV Novembre) che diventasse sede del primo istituto privato infantile castiglionese.³⁷

Tale era la partecipazione locale, che solamente un anno dopo ci si accorse che era necessario reperire uno spazio più grande e, data l'entrata in guerra dell'Italia, sorse ancora di più la necessità di avere un luogo in cui educare i bambini, con più riguardo verso i figli dei militari andati in guerra.

Per far ciò in questi anni si cercò di trovare nuove disponibilità finanziarie e aiuti in denaro che potevano arrivare solo se l'istituto castiglionesse fosse stato riconosciuto ufficialmente dallo stato.

Quindi, prima di poter ricevere i contributi e le donazioni finanziarie l'istituto dovette gestire meglio la sua organizzazione interna con la creazione di un proprio statuto approvato dai soci nel febbraio del 1922, un proprio fondo e una regolare contabilità.

Fu così che l'istituto di educazione poté ricevere gli aiuti economici di cui aveva bisogno e che provenivano da importanti enti pubblici nazionali quali la Croce Rossa Americana, l'associazione delle suore del Cottolengo, più tardi chiamate ad insegnare nella nuova sede; dalla regina Elena di Savoia fino al papa Benedetto XV.

Finalmente, con l'aiuto di Anna Sara Corticelli Camaiori, vennero affittati gli spazi di Palazzo Centurioni dopo aver effettuato degli opportuni interventi edilizi necessari ad ospitare un asilo infantile.

La nuova istituzione venne intitolata a Vittorio Emanuele III e si pose lo scopo di "*accogliere e custodire gratuitamente, nei giorni feriali, i bambini poveri e non poveri castiglionesi di ambo i sessi da 3 a 6 anni e di provvedere alla loro educazione civile, morale e religiosa, offrendo anche una refezione calda quotidiana gratuita o semi gratuita*".⁴¹ Dopo aver definito il consiglio d'amministrazione l'asilo di Castiglione riuscì ad ottenere il proprio riconoscimento giuridico e morale con amministrazione autonoma il 4 settembre 1924.

In particolare, nella nuova sede di Via dell'Ospedale, dato l'ingente spazio di cui era provvisto, vennero previste l'allestimento di tre nuove scuole, suddivise per grado: materna, elementare parificata e scuola lavoro con laboratori annessi; questo fu possibile anche grazie alla precedente vendita dell'immobile di Via Nuova che fece guadagnare all'istituto la somma di 25000 lire.⁴²

³⁵ Cottolengo di Torino: fondazione istituita per operazioni di beneficenza e accoglienza

³⁶ Comune di Castiglione della Pescaia, *Il Palazzo Centurioni, ricerche e contributi per il progetto di restauro*, Settembre 1999, p. 22

³⁷ *Ibidem*

⁴¹ Comune di Castiglione della Pescaia, *Il Palazzo Centurioni, ricerche e contributi per il progetto di restauro*, Settembre 1999, p. 22

⁴² *Ivi*, p.23

Il palazzo continuò a funzionare come istituto infantile fino al 1933 quando il comune di Castiglione provvedette a spostare la sede nell'odierno edificio scolastico che si trova in Piazza Garibaldi.⁴³

Da questo momento in poi rimase attivo solo il servizio di scuola materna fino agli anni '70 quando per motivi logistici la sede fu spostata nella parte bassa della città, dove ancora oggi risiede.

In questo intervallo di tempo, però, è bene ricordare che si sono succeduti numerosi passaggi di proprietà.

Infatti dopo la morte del presidente Anna Sara Corticelli Camaiori (1933) e del marito Giuseppe Camaiori nel 1939, il palazzo venne donato, per testamento, nel 1938 alla Piccola Casa delle Divina Provvidenza del Cottolengo di Torino a patto che l'utilizzo del fabbricato continuasse a essere quello educativo e venne ufficialmente registrato come proprietà nel 1943.⁴⁴

Solo nel 1950 il palazzo venne definitivamente riportato nel nuovo catasto "fabbricati" e divenne di proprietà dell'amministrazione provinciale del Cottolengo di Torino.

Successivamente a questa funzione pubblica, il palazzo restò abbandonato, in disuso e solo nel 1973 si arrivò alla proposizione di alcune iniziative concrete per il nuovo riutilizzo del fabbricato.

Già nel 1967 si cominciò a parlare di riorganizzare gli spazi del nuovo istituto scolastico interpellando un commissario prefettizio, Nilio Milani.

Per la costruzione del nuovo fabbricato giunse l'offerta da

parte di un certo Sig. Malenchini che volle donare un terreno sito in Via Don Minzoni, ma prima di avviare i lavori era necessario reperire i fondi finanziari e l'amministrazione comunale di Castiglione decise di collaborare con il commissario.⁴⁵

Durante una seduta comunale nel 1969 partì la proposta, da parte del comune, di reperire i suddetti fondi ricevendo in cambio la proprietà del vecchio fabbricato di Palazzo Centurioni che poteva essere utilizzato come centro culturale o ospitare un alloggio della gioventù grazie alla sua posizione vantaggiosa. In un'altra seduta comunale del 1973 si tornò a riparlare del riutilizzo del palazzo e riconsiderare l'opportunità, da parte del comune, di partecipare ad un'asta pubblica per acquisire l'immobile quando ormai il prezzo era aumentato. Dato il grande interesse da parte dell'amministrazione di acquistare il palazzo, si arrivò ad un accordo con l'ente proprietario del Cottolengo di Torino invece di incorrere in un'asta pubblica.⁴⁶

Venne così formata una commissione speciale, composta da 5 membri che ebbe il compito di arrivare ad un compromesso di tipo economico sia con l'ente proprietario, sia con il commissario.

Nel luglio del 1973, prima di perdere l'opportunità di usare il terreno del Sig. Malenchini, la direzione dell'asilo appaltò il primo stralcio dei lavori di costruzione del nuovo asilo

⁴³ *Ibidem*

⁴⁴ Comune di Castiglione della Pescaia, *Il Palazzo Centurioni, ricerche e contributi per il progetto di restauro*, Settembre 1999, p. 23

⁴⁵ *Ivi*, p.24

⁴⁶ *Ibidem*

infantile per un importo complessivo di 110 milioni di lire, ma essa aveva solo 35 milioni di lire da poter adoperare.⁴⁷

Occorrevano, quindi, altri 75 milioni di lire per portare a termine la costruzione, onere che poteva essere ottenuto con la vendita di Palazzo Centurioni e doveva essere assunto dal comune di Castiglione se voleva averne l'assoluta proprietà. Nell'agosto del 1973 il comune accettò tale accordo con la direzione dei lavori del nuovo asilo impegnandosi ad acquistare l'immobile di Via dell'Ospedale, a patto che i lavori venissero completati.

Nel marzo del 1975, tramite delibera comunale n.159, il palazzo venne acquistato e inserito all'interno del nuovo catasto moderno riportando la seguente descrizione: *"unico corpo di fabbrica a tre piani, in buone condizioni di stabilità, con murature portanti in pietrame, solai in legno, copertura in laterizio, con accesso principale da Via dell'Ospedale ed accesso secondario da Via di Mezzo"*.⁴⁸

⁴⁷ *Ivi*, p. 24

⁴⁸ *Ivi*, pp. 24-25

2.3 Il primo progetto di riuso

Successivo agli interventi di consolidamento strutturale e restauro l'amministrazione comunale ha provveduto a redarre un secondo progetto diretto alla riqualificazione e riuso dell'edificio i cui elaborati si ritrovano in allegato al seguente elaborato.

Questo riguarda esclusivamente gli spazi voltati del piano terra che sono interessati da un intervento di conservazione e riutilizzo dei materiali già esistenti in loco e impiegati a suo tempo, come nel caso della pavimentazione che è stata completamente demolita e sostituita con rivestimento in gres porcellanato, con effetto granito chiaro, ottenuto con materie prime riciclate ed ecocompatibile⁴⁹. Al fine di creare più spazio all'interno della stanza era stato proposto di eliminare il piccolo altare, che nel rispetto dell'art. della Legge 1089/39, poteva essere restaurato e trasferito in altra sede religiosa per essere riutilizzato, in quanto, secondo la nuova funzione dell'edificio questo non aveva più ragione di stare lì. Nello stato attuale delle cose, invece, questo elemento architettonico è stato lasciato al suo posto.

L'intervento più significativo è stato effettuato nella vecchia cantina o stalla in cui sono stati puliti i lavatoi in laterizio, protetti da pianali in grigliato metallico zincato, al fine di conservare la loro integrità. Inoltre, per motivi di fruizione del bene, è stato realizzato un servizio igienico. Quest'ultimo è stato quindi pensato come un volume a sé stante, di forma quadrata, inserito al centro della stanza in modo da essere in equilibrio con l'intero volume e facilmente individuabile come elemento nuovo e moderno.

Da progetto, secondo indicazioni riportati da relazione descrittiva, l'unità di servizio igienico doveva essere costruito con mattoni faccia vista, sormontati da travi in acciaio corten e vetrocemento con una porta d'accesso in legno laccato rosso.

Nello stato attuale, il modulo del servizio appare diverso dalle indicazioni fornite da progetto poichè realizzato in mattoni faccia vista ma senza alcuna traccia di vetrocemento e una porta in legno laccata bianca, anzichè rossa⁵⁰.

Da progetto era stato previsto di effettuare anche un adeguamento tecnologico degli ambienti al fine di creare uno spazio più accogliente e in grado di ospitare eventi come mostre, conferenze e luogo di discussione.

Pur essendo un intervento ristretto ai soli ambienti del piano terra, l'intervento ha visto la realizzazione di un impianto elettrico con canaline in rame posizionate lungo il battiscopa dei locali interessati, impianti di condizionamento garantiti dalla posa di fan-coil e da tubazioni sottostanti il massetto, accuratamente coperti da una traccia centrale che conduce all'ambiente di cantina caratterizzato dall'uso di un nuovo materiale di rivestimento, sempre con materiale lapideo, similari e compatibili al resto della pavimentazione⁵¹.

⁴⁹ Relazione descrittiva del progetto di riuso (I stralcio)

⁵⁰ *Ibidem*

⁵¹ *Ibidem*

IL RILIEVO

3.1 Il rilievo dello stato di fatto

La fase di rilievo dello stato di fatto ha comportato l'evolversi di diverse fasi poichè erano stati precedentemente svolti degli interventi e delle analisi sulla geometria, il degrado e la struttura del palazzo.

Il primo passo è stato quello di raccolta delle informazioni e delle documentazioni cartacee e digitali, forniti dall'amministrazione locale, utili a capire come fosse il palazzo prima dei molteplici interventi di restauro e consolidamento, che hanno modificato il reale e originale volto del palazzo. Successivamente, sono state raccolte e analizzate le documentazioni che spiegavano e illustravano i vari interventi di restauro e consolidamento.

Questi avevano l'obiettivo di riutilizzare gli spazi al piano terra, mettere in sicurezza i solai degli altri due piani soprastanti e infine di consolidare la struttura del tetto.

Dopo la raccolta di queste informazioni, risalenti almeno a 12 anni fa, si è provveduto ad avviare la fase di sopralluogo degli ambienti esterni e di quelli interni e verificandone la fedeltà, così da assumerli come documenti a cui riferirci.

Il palazzo, nella sua interezza, è un corpo di fabbrica, affiancato da altri due costruzioni residenziali, caratterizzato da un piano terra, due piani intermedi, uno spazio sottotetto e due terrazzamenti esterni posizionati a Sud-Ovest e Sud-Est.

All'esterno il palazzo si mostra caratterizzato da un prospetto Nord molto simmetrico e rispettoso del linguaggio architettonico del '500 che non mostra elevati elementi di degrado; il lato Sud e gli altri due, compresi i terrazzamenti, al contrario, si mostrano degradati soprattutto in corrispondenza degli orizzontamenti.

L'elemento di copertura, invece, è l'unico elemento architettonico che, sia all'esterno sia all'interno, risulta del tutto privo di segni di degrado, dato l'impegnativo intervento di ricostruzione.

L'accesso al palazzo è possibile da due porte arcuate site in Via dell'Ospedale, una delle quali è ad oggi completamente sbarrata per cui l'entrata adibita all'accesso è demandata al portone ad arco a tutto sesto, caratterizzato da un portone in legno e da una cornice in pietra serena.

L'accesso ai piani soprastanti, ad oggi, è affidato ad un ingresso in Via di Mezzo posto ad un dislivello pari a circa 7.00 metri dal piano strada ma in realtà è presente una scala a rampa singola caratterizzata da un soffitto voltato che corre fino al secondo piano.

3.2 Rilievo fotografico

La fase del rilievo fotografico è un'attività fondamentale per la comprensione dell'area, capace di fornire un grande contributo in vista delle fasi successive di rilievo. Infatti, attraverso tale documentazione è stato possibile verificare le misure rilevate sul campo e quelle precedentemente effettuate, oltre all'essere in grado di rilevare al meglio il quadro fessurativo presente e dello stato di conservazione del fabbricato.

Al fine di redigere una completa documentazione sull'edificio è stato riportato non solo la campagna fotografica effettuata per il rilievo dello stato di fatto ma anche quello fatto nella prima campagna di rilievo così da comprendere al meglio l'evoluzione dello stato conservativo del fabbricato.

3.2.1. Rilievo fotografico 2005 - 2008

Le foto riportate in allegato di questo elaborato, gentilmente fornite dall'amministrazione comunale, descrivono lo stato di fatto precedente alle operazioni di intervento mirato alle stanze del piano terra e agli elementi di solaio dei vari piani e dell'elemento in copertura.

3.2.2. Rilievo fotografico 2020

Le foto riportate di seguito, sono successive a tali interventi ed esprimono quindi il più recente stato di fatto del palazzo dopo un notevole periodo di abbandono e disuso.

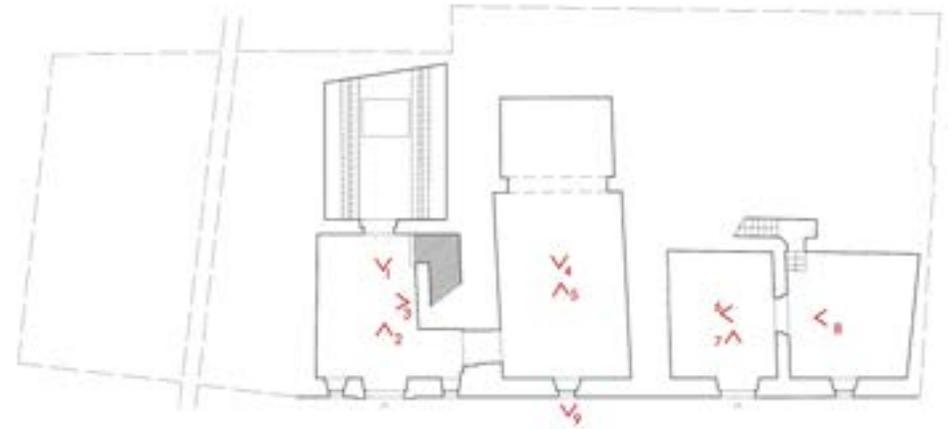
Vengono riportate quelle più significative, utili per la comprensione del forte stato in cui il palazzo verte nonchè per un'analisi oggettiva delle possibili cause che hanno portato al degrado degli ambienti sia da un punto di vista superficiale, sia strutturale. Questi verranno attenzionati nel successivo capitolo nonchè nelle schede di intervento per il consolidamento e la conservazione del Palazzo.



1



2



3



4



5



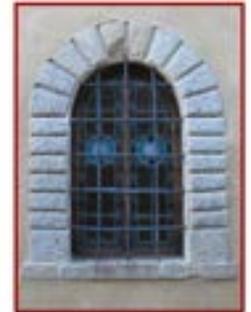
6



7



8



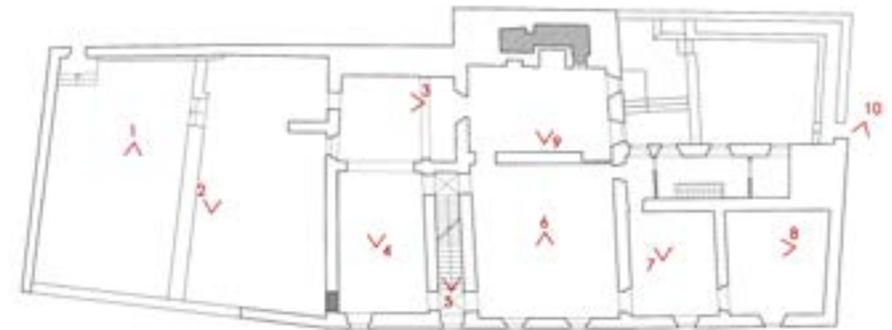
9



1



3



2



4



5



6



6a



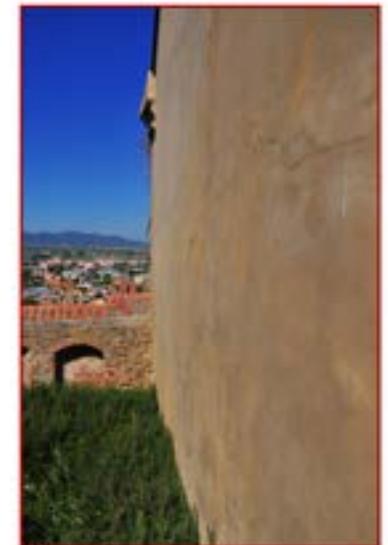
7



8



9



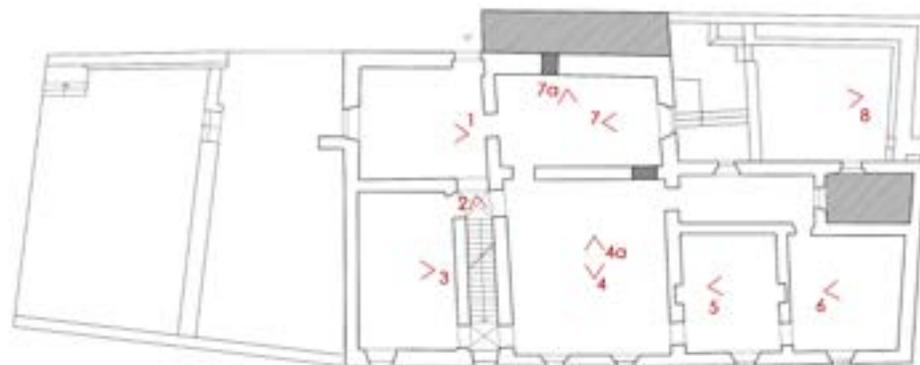
10



1



2



3



4



4a



5



6



7



7a



8

3.3. Rilievo geometrico

Il rilievo metrico, caratterizzato dai suoi elaborati grafici, risulta essere una fase fondamentale per definire la conoscenza, la geometria e gli spazi dell'oggetto di studio. Una prima fase del rilievo geometrico è stato quello di andare a recuperare, innanzitutto, eventuali documentazioni e rilievi fatti precedentemente, che potevano aiutare nella comprensione della configurazione spaziale del fabbricato, in questo caso effettuati dalla stessa amministrazione comunale.

Sono stati infatti reperiti, molteplici disegni in formato CAD risalenti al 2007-2009, utili per un intervento di consolidamento strutturale; questi sono stati usati per due principali motivi. Il primo consiste nell'utilizzare queste informazioni per verificare le misure prese in queste operazioni di rilievo e il secondo quello di andare a ricostruire anche una documentazione affidabile e il più completa possibile sull'oggetto di studio, poco conosciuto anche all'interno del Comune e della Regione Toscana, al fine di poter tracciare un profilo tecnico del bene architettonico che fosse completo e continuo nel caso in cui un giorno si dovesse provvedere alla sua rifunzionalizzazione.

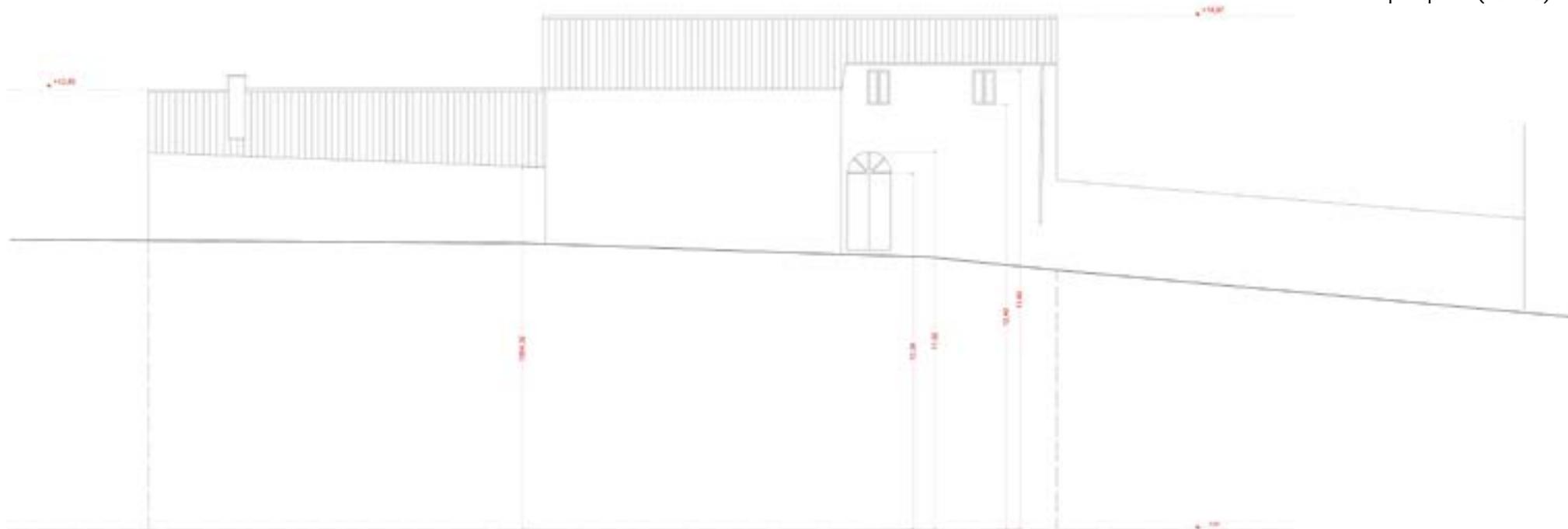
Le informazioni reperite dall'amministrazione sono state utili al fine di rilevare che, nonostante le operazioni di consolidamento dei solai, gli interpiani e le grandezze degli spazi non sono cambiati e che appaiono quindi veritieri e compatibili con le misurazioni prese in situ.

Analizzando le informazioni del rilievo dei prospetti e delle sezioni del fabbricato, ci si è imbattuti in una problematica riguardante la definizione di uno zero assoluto, non descritto negli elaborati reperiti. Arrivati in situ, è stato quindi necessario definire una linea di terra che permettesse la misurazione di tutti i prospetti e degli elementi architettonici che li caratterizzavano quali aperture, cornicioni e linee di gronda.

Facendo le nuove misurazioni altimetriche e intrecciando le con le informazioni derivanti dai vecchi rilievi ci si è accorti che lo zero assoluto di riferimento da noi scelto verificava, a meno di un errore grafico accettabile, le misurazioni prese 12 anni prima.

Per quanto riguarda la determinazione delle quote degli interpiani sono state utilizzate le stesse misurazioni effettuate nella precedente campagna di rilievo poiché compatibili con quelli rilevati secondo le nostre misurazioni. In questo caso, è stata rilevata una criticità per quanto riguarda le altezze delle volte presenti nel vano scala e in alcuni spazi del piano terra, le quali non erano state prese nel precedente rilievo metrico.

Fig. 1
Rilievo geometrico
prosp. SO (Tav. 18)



3.4. Rilievo materico

Il rilievo materico rappresenta la fase successiva a quella appena analizzata e consiste nella mappatura dei materiali usati per la costruzione dell'edificio, sia quelli presenti all'esterno sia quelli caratterizzanti gli spazi interni.

Anche in questo caso sono state utilizzate le precedenti documentazioni al fine di tracciare un profilo continuo e dettagliato del bene architettonico, dato che vi era riportato anche il tipo di materiale presente, soprattutto riguardo ai materiali lapidei.

I materiali che sono stati quindi rilevati appartengono a 4 categorie:

Materiali Lapidei:

- Malta in calce idraulica;
- Intonaco;
- Pietra Naturale;
- Pietra Serena;
- Granito;

Metalli

Legno

Laterizi

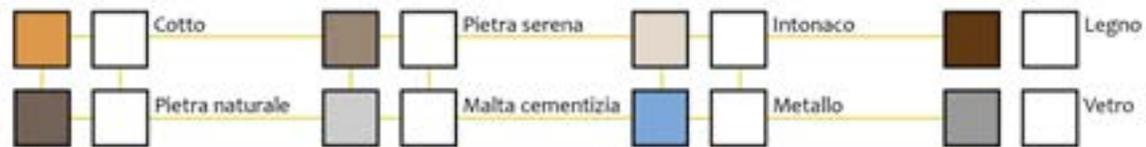
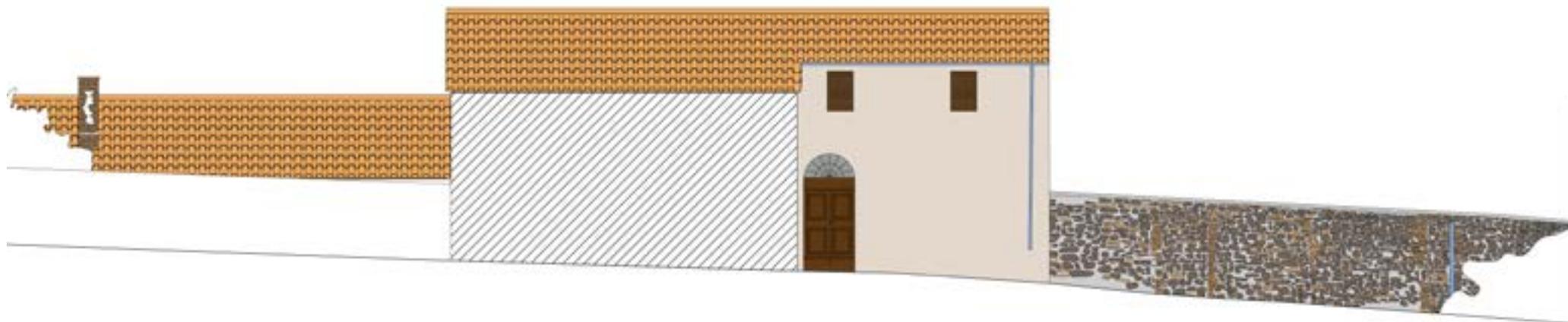


Fig. 2
Rilievo materico
prosp. SO (Tav. 23)



3.5. Rilievo del degrado

Il rilievo del degrado rappresenta la fase più significativa per un adeguato restauro architettonico del caso di studio. Infatti, con questa fase si intende effettuare una mappatura dei danni e degli ammaloramenti che colpiscono i materiali componenti dell'edificio ed eventuali aspetti strutturali che possono compromettere la durata di vita del bene.

Inoltre, questa mappatura permette di poter stilare una serie di schede di intervento utili a dettare delle linee guida per il risanamento e la risoluzione di tali danni, in cui viene esplicitata la codifica della simbologia grafica relativa ai differenti fenomeni. In essa vengono evidenziate, in tutta la loro estensione quantitativa, e categorizzate le patologie e i fenomeni di degrado presenti sulle superfici.⁴

Le patologie vengono generalmente identificate tramite termini normalizzati. In questo caso si è fatto riferimento alla terminologia definita dalla normativa UNI EN 1182 - *Descrizione della forma di alterazione - Termini e definizioni del 2006*⁵.

⁴ C. Campanella, *Capitolato speciale di appalto per opere di conservazione e restauro*, Pirola, Sole 24 ore, Milano 1999

⁵ ASTM C 1196-1197, *Standard Test Method for In Situ Compressive Stress Within Solid Unit Masonry Estimated Using Flatjack Measurements*, 1991

Fig. 3
Abaco del degrado
rilevato (Tav. 25)

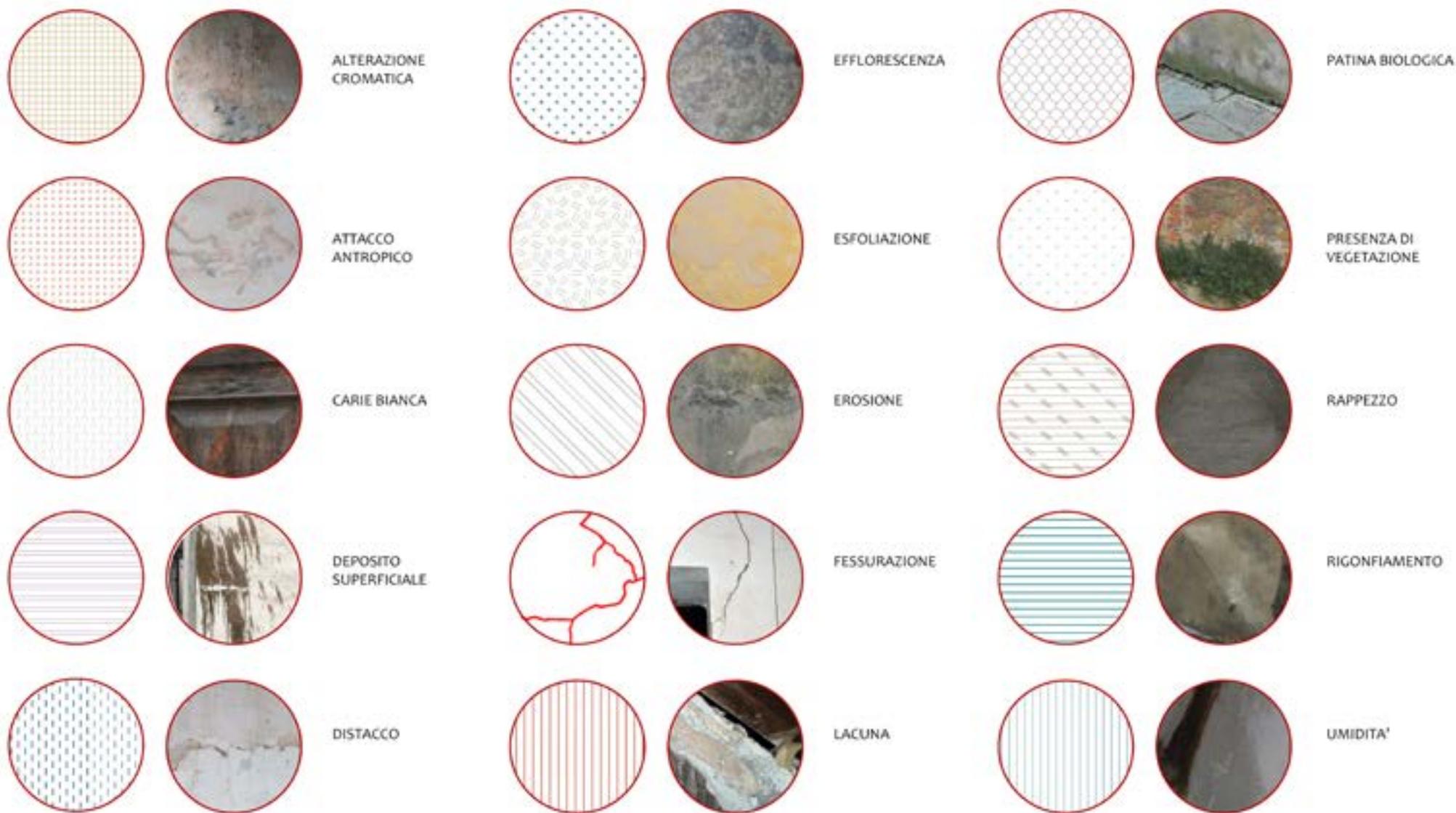
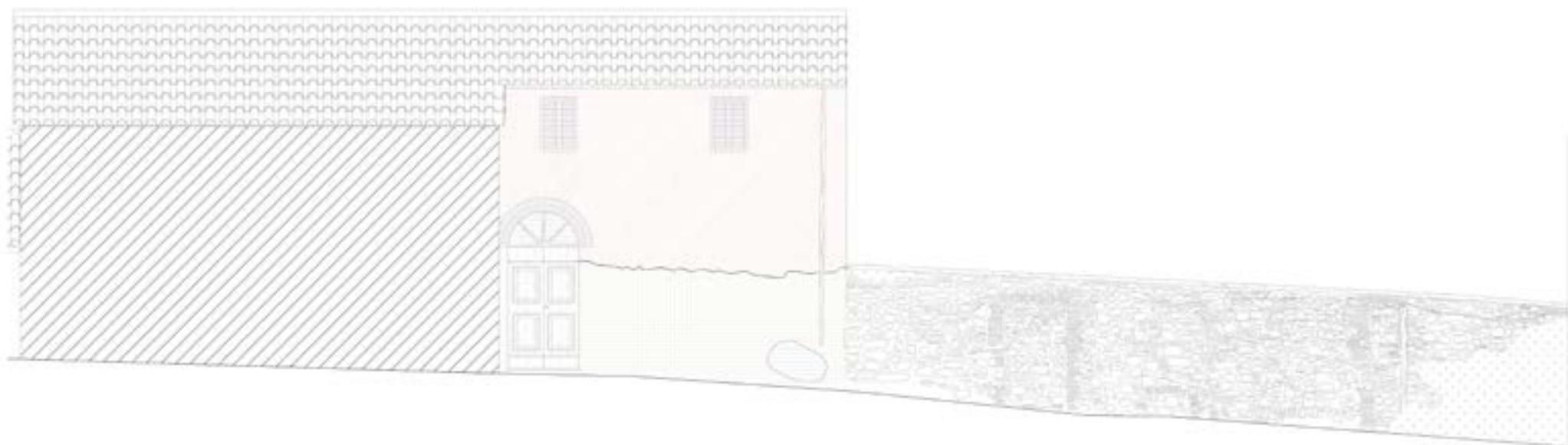


Fig. 4
Rilievo del degrado
prosp. SO (Tav. 26)



3.6. Analisi della diagnostica

In questa fase di studio del bene è importante provvedere ad una campagna diagnostica, in grado di rilevare le caratteristiche della muratura e dei materiali, nonché della natura dei danni in modo tale da effettuare un intervento coscienzioso e mirato.

Analizzando il degrado dei manufatti, la diagnostica può fornire anche indicazioni sulla composizione dei materiali utilizzati, sulla tecnica di esecuzione, su precedenti interventi di restauro, su possibili mutamenti nella destinazione d'uso.

Purtroppo questo non è stato possibile effettuarlo a causa del periodo in cui si è iniziato il percorso di studio del fabbricato, ma di seguito vengono riportate quelle che sarebbero stato opportuno fare:

- **Indagini videoendoscopiche**⁴, una prova leggermente invasiva ma utile per ottenere una conoscenza dello spessore in quegli elementi strutturali di cui non si può conoscere la stratigrafia in maniera diretta, come nei solai voltati;

- **Indagini con martinetti piatti**⁵, una prova leggermente distruttiva in cui si va a determinare in situ i livelli di sforzo-deformazione nella muratura.

Tramite apposita strumentazione posta sulla superficie, strain gauges o LVDT, fornisce la misura delle deformazioni verticali o laterali durante tutta la prova.

- **Indagini termografiche**⁶: è una prova non distruttiva che si basa sull'acquisizione di immagini nell'infrarosso.

Questo strumento è in grado di rilevare le temperature dei corpi analizzati attraverso la misurazione dell'intensità di radiazione infrarossa emessa dal corpo in esame. La termografia permette di visualizzare valori assoluti e variazioni di temperatura degli oggetti, indipendentemente dalla loro illuminazione nel campo del visibile. Può essere in grado di rilevare cavità all'interno della murature, intercapedini, perdite e distacchi di materiale, presenza di elementi strutturali, quadro fessurativo di una superficie e fenomeni di umidità di risalita o infiltrazioni.

- **Psicrometro**, che aiuta a trovare e localizzare precocemente il danno dovuto alle caratteristiche della struttura se questo è dato da elevati tassi di UR% e brusche cadute di T° che aumentano il rischio di condensazione sulle superfici più fredde; Integrazione di IRT, microscopia sui materiali di finitura, monitoraggio microclimatico. Questo è utile per individuare le aree e i materiali a rischio, nonché i valori soglia per la conservazione ottimale dei materiali,

- **Analisi resistografiche**⁷ per gli elementi lignei, consente di eseguire una diagnosi in campo e di visualizzare le variazioni di densità nelle strutture in legno.

Tale variazione può essere dovuta ad agenti esterni quali umidità, insetti xilofagi e infatti vengono svolte nelle porzioni di travi più soggetti ad ammaloramenti come agli appoggi con le murature o con altri elementi lignei.

⁴ UNI EN 16174:2000,

UNI EN 13187:2000, *Prestazione termica degli edifici - Rivelazione qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri edilizi - Metodo all'infrarosso*

⁷ UNI 1119:2004, *Beni culturali - Manufatti lignei - Strutture portanti degli edifici - Ispezione in situ per la diagnosi degli elementi in opera*

UNI 11035-1:2010, *Legno strutturale - Classificazione a vista dei legnami secondo la resistenza meccanica - Parte 1: Terminologia e misurazione delle caratteristiche*

3.7. Analisi critica

L'ultima analisi effettuata durante le fasi di rilievo riguarda il rilievo tecnologico e un'analisi oggettiva delle modalità e criticità degli interventi effettuati.

Consiste nel conoscere i sistemi costruttivi definiti considerando i materiali e le tecniche costruttive adottati. L'analisi è accompagnata inoltre da alcune elaborati grafici, che descrivono i pacchetti stratigrafici utilizzati, derivanti da un attento studio sul campo nonché da molteplici ricerche storiche che hanno ricondotto ad una stratificazione, soprattutto interna, di diversi materiali di finitura.

Si vanno, quindi, ad identificare 3 tipi di diverse stratigrafie:

- Solaio;
- Solaio di copertura;
- Murature.

Il primo progetto di conservazione del palazzo ebbe inizio nel Settembre del 2007 e, secondo le documentazioni raccolte, fine nel Marzo del 2008.

Esso vide la messa in opera di molteplici interventi quali:

- Messa in sicurezza dell'edificio;
- Restauro e sostituzione dei serramenti;
- Consolidamento delle murature e dei solai;¹⁰

Consolidamento delle murature, dei solai e della copertura

Murature- Intervento Cuci scuci

Secondo la documentazione raccolta e analizzata, il progetto di consolidamento statico ha interessato il trattamento delle murature tramite un intervento di "cuci-scuci". Si tratta di un'operazione di risarcitura della muratura per mezzo della parziale sostituzione del materiale, particolarmente degradato, il quale non riesce più a soddisfare le funzioni meccaniche¹¹.

In particolare, l'operazione consiste in più fasi la prima delle quali vede il puntellamento delle murature da entrambi i lati per poi iniziare la demolizione manuale (tramite martelli, punte e leve)¹² dei materiali degradati; successivamente all'asportazione avviene la fase della pulitura effettuata con spazzole o raschiatori in modo da creare una superficie pulita da eventuali detriti.

L'operazione di cucitura, ovvero l'effettiva sostituzione del materiale deve avvenire tramite materiali appositamente scelti che siano compatibili con la muratura storica.

In particolare, il materiale utilizzato in questa fase è stato esplicitamente laterizio pieno, come è possibile vedere dal degrado dello stato di fatto, particolarmente evidente negli spazi sottostanti i davanzali delle finestre.

Dalla compilazione di un capitolato tecnico, inoltre, possiamo accertare che, da indicazione di progetto doveva

¹⁰ Relazione variante

¹¹ Capitolato speciale d'appalto, *Progetto di consolidamento strutturale - Conservazione e riuso del Palazzo Centurioni in Castiglione della Pescaia - 1° stralcio funzionale*, p.24

¹² *Ibidem*

¹³ *Ibidem*

essere usata una malta a calce idraulica naturale, NHL 5, con inerte caratterizzato da sabbia silicea, cocciopesto e pozzolana adeguatamente vagliati.¹³

Dal sopralluogo effettuato, però, è ben visibile che il materiale di riempimento che caratterizza il paramento interno della muratura è a base di malta cementizia, poichè dalla grana decisamente più grossolana, ruvida e dal colore grigio, più scuro.

Intervento applicazione intonaco macroporoso

Un altro tipo di intervento effettuato sulle murature, più dal lato del paramento esterno, è un trattamento di **deumidificazione** e bonifica delle stesse tramite l'applicazione di un intonaco macroporoso¹⁴.

L' applicazione del trattamento deve, però, essere eseguita successivamente la corretta diagnosi e risoluzione dei problemi di condensa e umidità e quindi provvedendo , in maniera preventiva, l'edificio di un efficiente sistema di aerazione.

La procedura vede l'eliminazione permanente dei fenomeni di umidità di risalita, mediante l'applicazione di intonaci ad elevata porosità che sono in grado di aumentare la velocità di evaporazione dell'acqua, presente all'interno della muratura, e che quindi sono in grado di aiutare la muratura ad essere più traspirante così da eliminare il fenomeno di efflorescenza salina.

Probabilmente la stessa procedura è stata applicata anche nei paramenti interni di tutti gli ambienti voltati che sono per

lo più a contatto con il terreno.

Ciò che viene rilevato dall'immediato sopralluogo è un notevole stato di degrado poichè probabilmente non sono state preventivamente effettuati altri tipi di interventi quali il consolidamento strutturale delle volte¹⁵ e interventi mirati alla risoluzione dei fenomeni di umidità di risalita in quanto questo tipo di intonaco raccoglie i sali ma non li elimina del tutto.

Questi si cristallizzano durante l'evaporazione dell'acqua fino a quando, dopo circa 5-10 anni diventa saturo e cade staccandosi dalla parete, come in questo caso in cui sono evidenti i fenomeni di rigonfiamento ed efflorescenza salina che portano al distacco.

Inoltre, è nostra opinione pensare che probabilmente l'intervento tramite applicazione di tale intonaco non sia pienamente riuscito in quanto non si sono previsti degli interventi per l'areazione delle murature per l'eliminazione dell'eventuale umidità o condensa all'interno.

Intervento di sostituzione e integrazione materiali lapidei

L'intervento è stato mirato a ricostruire finti elementi architettonici come porzioni di bugnato delle cornici delle finestre, sul prospetto principale.

Come da capitolato tecnico¹⁶, la procedura ha visto l'applicazione di una malta da ripristino a base di calce e la modellazione del pezzo è avvenuta tramite l'uso di due

¹⁴ Capitolato speciale d'appalto, *Progetto di consolidamento strutturale - Conservazione e riuso del Palazzo Centurioni in Castiglione della Pescaia - 1° stralcio funzionale*, p. 43

¹⁵ *Intervista con arch. Nadia Poltronieri*

¹⁶ Capitolato speciale d'appalto, *Progetto di consolidamento strutturale - Conservazione e riuso del Palazzo Centurioni in Castiglione della Pescaia - 1° stralcio funzionale*, p. 37

sagome libere munite di supporto ligneo da far scorrere una in senso orizzontale da destra verso sinistra, l'altra in senso verticale dal basso verso l'alto¹⁷.

¹⁷ Capitolato speciale d'appalto, *Progetto di consolidamento strutturale - Conservazione e riuso del Palazzo Centurioni in Castiglione della Pescaia - 1° stralcio funzionale*, p. 37

Solai piani

Per quanto riguarda i solai, invece, gli interventi svolti interessano tutti lo smantellamento delle precedenti pavimentazioni con l'applicazione di un intervento di consolidamento statico dei solai lignei e trattamento delle stesse travi in legno.

Prima di effettuare gli interventi sono stati quindi svolti dei lavori preliminari, quali:

- Puntellamento in contromonta (L/300-400) della struttura gravante sugli elementi oggetto di intervento mediante sostegno centrale eseguito con ritti regolabili da cantiere (cristi);
- Rimozione dell'eventuale intonaco dalla fascia delle murature interessate all'intervento con successiva rimozione del pavimento e del relativo sottofondo;
- Accurata pulizia degli elementi lignei da consolidare seguendo le indicazioni fornite dal progetto o prescrizioni della D.L.;
- Identificazione delle cause intrinseche ed estrinseche del dissesto della struttura;
- Verifica del quadro patologico dei manufatti lignei, ovvero travi principali.¹⁸

Lo smontaggio dei solai piani, come da manuale viene eseguita in senso inverso le fasi esecutive del montaggio; successivamente sono stati smontati i pavimenti e poi opportunamente effettuati gli interventi di consolidamento. La rimozione dei pavimenti è stata eseguita con mezzi manuali (mazzetta e scalpello) e ha interessato solo la parte di rivestimento fermandosi allo strato di sottofondo che è stato pulito e regolarizzato¹⁹.

Successivamente a queste azioni preliminari, si è provveduto ad effettuare i lavori di consolidamento sulle travi lignee e del loro aggrappo alla muratura.

In una ulteriore relazione compilata dall'impresa direttrice dei lavori, viene precisato che, durante la lavorazioni di consolidamento e in particolare dopo lo smontaggio dei solai, le travi da sostituire erano molte di più del previsto, e che per procedere all'irrigidimento degli stessi solai, si rendeva necessario inserire nei nuovi piani una maggiore quantità di profilati d'acciaio con conseguente utilizzo di calcestruzzo alleggerito e rete elettrosaldata.²⁰

L'intervento ha, quindi, previsto innanzitutto un consolidamento delle travi principali in legno d'abete che consisteva in un collegamento bullonato con un profilato UPN 260 su cui poi è stata saldata la rete elettrosaldata e la caldana in calcestruzzo alleggerito, composta da una miscela di sabbia e cemento rinforzata con rete di vetroresina di adeguato spessore.²¹

Inoltre, al fine di garantire una collaborazione con le murature è stato usato un sistema di cerchiatura costituito da profilati metallici angolari ad "L", saldati alla rete elettrosaldata.

Questi sono stati preventivamente forati, bullonati a barre filettate AISI 316L ϕ 12 mm e inghisate in fori 22 mm orizzontali per una lunghezza minima di 20 cm, collocate all'estradosso del solaio; la sigillatura delle barre è avvenuta mediante betoncino reoplastico a ritiro compensato.²²

¹⁸ Capitolato speciale d'appalto, *Progetto di consolidamento strutturale - Conservazione e riuso del Palazzo Centurioni in Castiglione della Pescaia - 1° stralcio funzionale*, p.26

¹⁹ *Ivi*, p. 42

²⁰ *Ivi*, p. 26

²¹ relazione variante, p. 3

²² Si veda: Capitolato speciale d'appalto, *Prog.*, p. 26, *op.cit.*

Fig. 5
Sezione Trasversale
solaio del piano di
calpestio

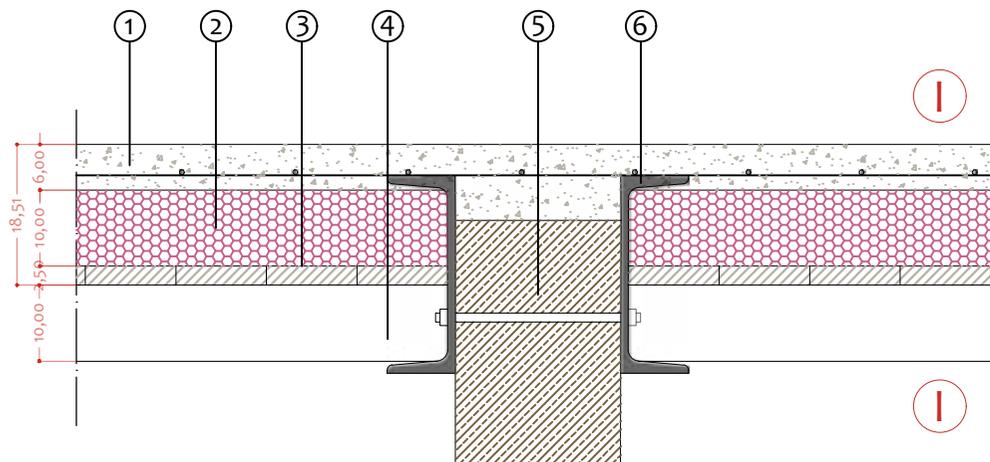


Fig. 6
Sezione
Longitudinale
solaio del piano di
calpestio

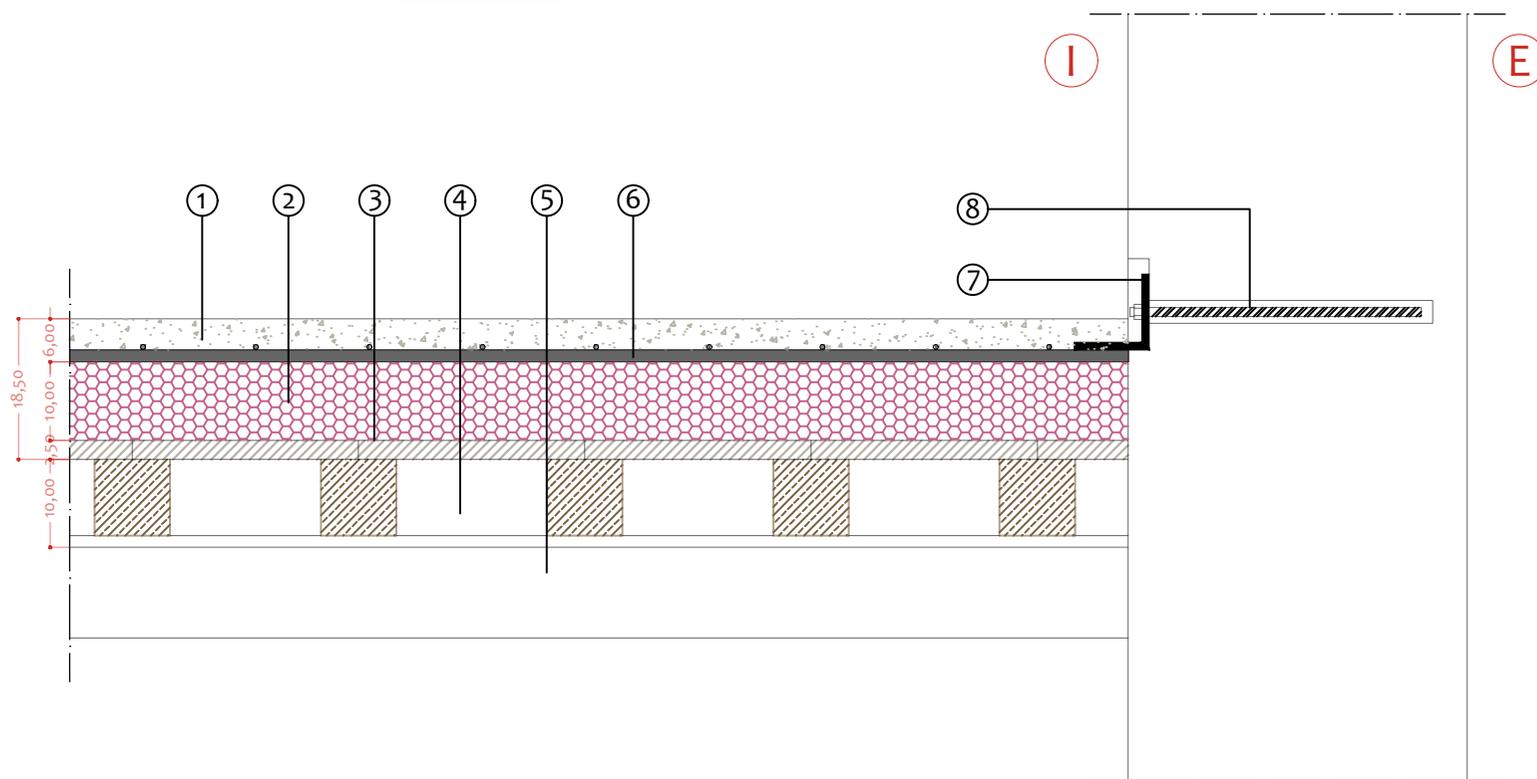




Fig. 7
Vista frontale
attacco del solaio
alla muratura con
particolare (stato
di fatto - 2020)



Fig. 8
Vista dal basso
dell'intervento di
consolidamento
delle travi lignee
(stato di fatto -
2020)



Fig. 9-10

Vista delle pareti dell'ambiente voltato della cantina (stanza Co1, stato di fatto - 2020)

Solai voltati

All'interno dell'edificio vi sono due grandi ambienti voltati al piano terra e due che interessano gli spazi adibiti ai vani scala. Nonostante l'amministrazione comunale abbia richiesto e riportato indicazioni sugli interventi di consolidamento da farsi alle suddette strutture²³, questo non è stato effettuato dalla direzione lavori, probabilmente per questioni economiche o di tempo.

Gli unici interventi che sono stati quindi effettuati hanno riguardato la pulizia delle pareti e l'intonacatura degli ambienti voltati a piano terra.

Dallo stato di fatto è quindi chiaro che non sono stati risolti, partendo dalla causa, i degradi che riguardano una notevole presenza di rigonfiamenti ed efflorescenze saline in tutte le pareti che caratterizzano gli ambienti voltati soprattutto in corrispondenza dei muri di imposta delle volte.

Questo probabilmente è dovuto a causa di una mancata aerazione delle murature interne che, probabilmente, contengono umidità per risalita e/o di infiltrazione.

Inoltre, da capitolato uno degli interventi effettuati per risolvere questo problema era probabilmente l'utilizzo dell'intonaco macroporoso, il quale però non ha funzionato poichè probabilmente non si è andati a risolvere la causa principale.

Negli ambienti voltati del vano scala, invece, la situazione è differente. Anche in questo caso non ci sono documenti che chiariscano il perchè non siano stati effettuati interventi di consolidamento.

Si rilevano, infatti, notevoli fessurazioni, seppur di non grave entità, che manifestano un'assenza di intervento e uno stato



²³ Si veda: Capitolato speciale d'appalto, Prog. ..., p.26-30, op. cit.



di fatto comunque compromesso.

Tali fessurazioni, come evidente dalle foto, interessano soprattutto gli architravi delle aperture sugli ambienti e le volte in chiave e sulle reni. Questo probabilmente, è dovuto ad una possibile rotazione dell'edificio causata da un mancato ammorsamento dell'elemento di cordolo di copertura alle murature verticali sottostanti.

Questo mancato ammorsamento causa quindi un notevole sforzo delle murature a rispondere alle sollecitazioni orizzontali date dal cordolo che causano, di conseguenza, sforzi di trazione nei materiali e cinemismi di rotazione alle murature, come è visibile anche dalle piante.

Fig. 11-12

Particolari di degrado di efflorescenze saline, rigonfiamenti e distacchi intonaco (stato di fatto - 2020)

Fig. 13-14

Vista del degrado delle volte a crociera della scala centrale (stato di fatto - 2020)



Fig. 15

Vista del degrado in corrispondenza delle reni della volte a botte della scala centrale (stato di fatto - 2020)





Fig. 16-17
Particolari delle
lesioni e fessure
presenti negli
architravi delle
aperture(stato di
fatto - 2020)

Solaio di copertura

L'intervento ha interessato la realizzazione di un nuovo elemento di copertura sull'intero spazio del sottotetto e anche una porzione del secondo piano.

Le operazioni effettuate sono state, prima di tutto, quelle riguardanti lo smontaggio del tetto originale evitando di toccare gli elementi di travatura principali:

- Puntellamento e/o sbatacchiamento con ponteggi regolabili da cantiere della struttura portante del tetto;
- Rimozione dei canali di gronda delle canne fumarie, dei comignoli, delle antenne, delle scossaline e quant'altro sia presente sulla copertura;
- Verifica della stabilità dei cornicioni e, nel caso siano direttamente connessi con la struttura del tetto, provvedere ad idonei puntellamenti;
- Rimozione del manto di copertura;
- Totale rimozione del sottopiano, costituito da pianelle e della piccola orditura lignea compreso il disancoraggio dalla struttura primaria.²⁴

Secondo capitolato tecnico, l'intervento doveva essere conforme al punto 9 dell'Allegato 3 della C.M.LL.PP. 10 aprile 1997, n.65/AA.GG.²⁵, con lo scopo di garantire un'adeguata connessione tra le strutture lignee di copertura e le murature, così da ridurre l'azione spingente delle coperture ed evitare pericolosi fenomeni di martellamento delle stesse sui setti murari.

Questo si è tradotto nell'applicazione di un collegamento con le murature mediante cerchiatura dell'edificio in sommità, tramite realizzazione di un cordolo in calcestruzzo armato.

La superficie è stata preparata rendendola regolarizzata,

scabra e bagnata per migliorare l'ancoraggio meccanico nella superficie a contatto.²⁶

Successivamente è stato realizzato il cordolo in calcestruzzo che secondo le indicazioni di progetto non poteva essere inferiore a quattro filari di mattoni pieni, compresi i corsi di malta mentre, la larghezza minima, non poteva essere inferiore alle due teste²⁷. (dim. 25x30 cm)

Il cordolo è stato poi armato utilizzando sia armature longitudinali, sia sia armature trasversali caratterizzate da barre ad aderenza migliorata in acciaio inossidabile, minimo $\phi 8/400$ mm che poi sono state collegate alla rete elettrosaldata della soletta in calcestruzzo alleggerito, soprastante.²⁸

Questa operazione è stata effettuata sia in corrispondenza del muro portante centrale, sia in prossimità degli elementi di aggetto del cornicione, il quale è stato successivamente lavorato e sagomato a regola d'arte, come indicazioni di progetto.

²⁴ Si veda: Capitolato speciale d'appalto, *Prog. ...*, p.25, *op. cit.*

²⁵ *Istruzioni per l'applicazione delle «Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche»* di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996.

²⁶ Si veda: Capitolato speciale d'appalto, *Prog. ...*, p.25, *op. cit.*

²⁷ *Ibidem*

²⁸ *Ibidem*

²⁹ *Ibidem*

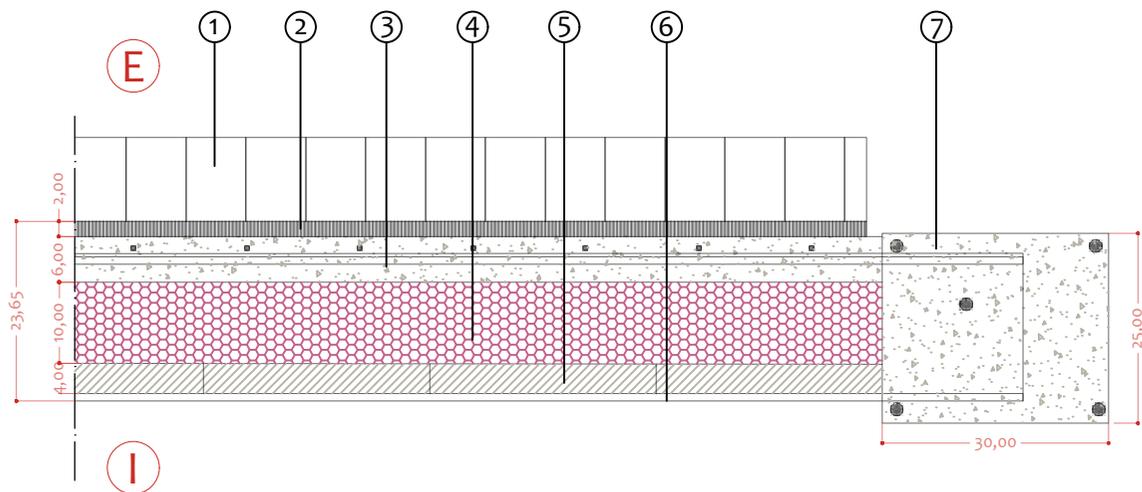


Fig. 18
Sezione Trasversale
solaio di copertura

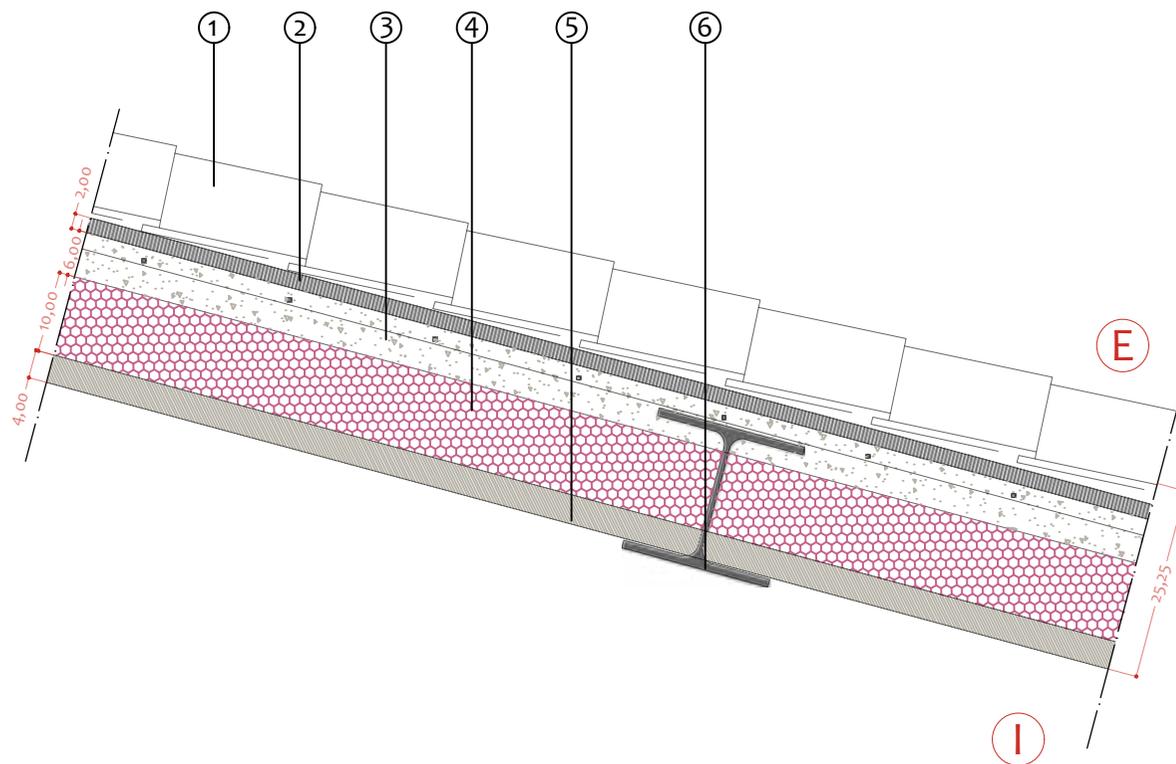


Fig. 19
Sezione
Longitudinale di un
solaio di copertura

Fig. 20
Particolare del
cordolo di sommità
(stato 2007)

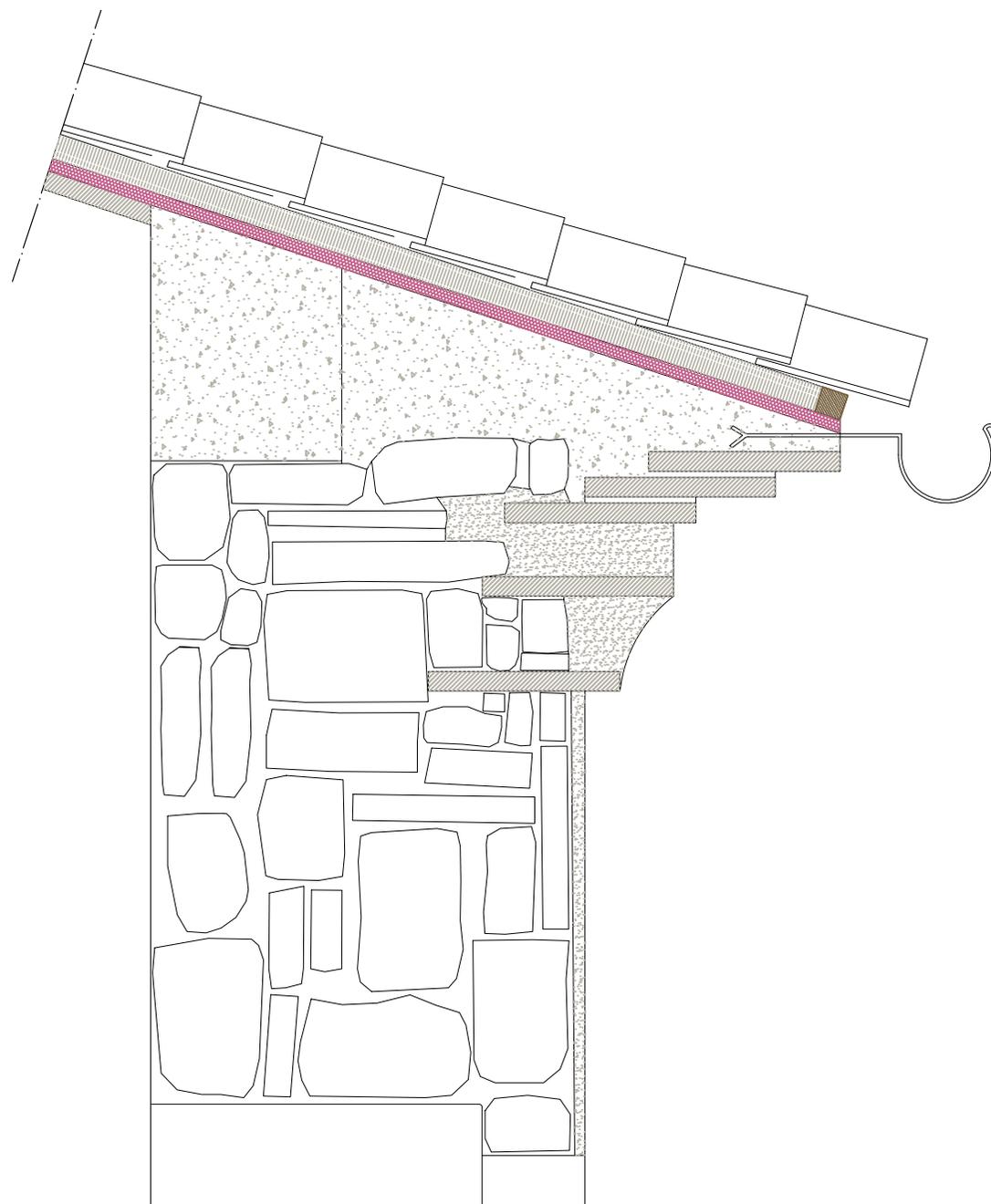




Fig. 21
Smantellamento
della copertura
originaria (fine
2007)



Fig. 22
Smantellamento
della copertura
originaria (fine
2007)

Fig. 23
Smantellamento
della copertura
originaria (fine
2007)



Fig. 24
Posa del nuovo
elemento di
copertura



Fig. 25
Posa del nuovo
elemento di
copertura

Fig. 26
Posa del nuovo
elemento di
copertura
- Dettaglio
dell'attacco delle
travi

Come è ben visibile dalle foto, successivamente allo smontaggio del tetto, la D.L. ha deciso di non ristabilire lo storico tetto in travi lignee, bensì in accordo con la proprietà adiacente, è stato progettato un nuovo solaio di copertura. Questo ha previsto l'uso di travi in acciaio S275²⁹ con profili HEB200, come riportato nel rilievo tecnologico (par. 3.6, p.), disposte come l'orditura delle travi lignee preesistenti e con un passo più frequente. Il pacchetto di copertura è completato con uno strato di isolamento e impermeabilizzazione e infine gli strati caratterizzanti il rivestimento, effettuato con applicazione di tegole romane.

La struttura in acciaio, quindi viene poi incastrata all'interno del cordolo in calcestruzzo per garantire un ammorsamento con la muratura.

Lo stato di fatto, però, mostra segni evidenti che l'intervento per quanto utile a confinare meglio la struttura, ha attivato dei cinatismi che negli anni hanno portato a rotazione dell'edificio e, in molti punti dei prospetti, a rilevare dei fuori piombo e rigonfiamenti.

Questo suggerisce che il cordolo non è stato adeguatamente reso collaborante con la struttura preesistente in muratura e che quindi si comporta come un elemento singolo non riuscendo a distribuire in maniera adeguata le forze orizzontali che riceve, al resto della struttura.

Altro elemento che merita attenzione è la lavorazione effettuata sulle travi in acciaio che caratterizzano l'orditura principale della copertura.



²⁹ Si veda: Capitolato speciale d'appalto, Prog. ..., p.25, op. cit.



Da una delle foto di repertorio, che ci sono state gentilmente fornite dall'amministrazione comunale, si evidenzia che la trave che copre le luci degli ambienti del sottotetto è in realtà composta da più travi delle stesse dimensioni, collegate tra di loro tramite saldatura. Questo collegamento cade in dei punti che potrebbero essere soggetti ad azioni elevate di flessione.

Per questo motivo, conoscendo il peso della stratigrafia, si è andati a verificare la resistenza a flessione del profilo in acciaio considerando la luce più elevata tra gli ambienti da coprire, pari in questo caso a 6,66 m.

Fig. 27
Posa del nuovo elemento di copertura - Dettaglio dell'attacco delle travi

Fig. 28
Posa del nuovo elemento di copertura - Dettaglio saldatura travi



IL PROGETTO DI CONSERVAZIONE

4.1 Il progetto di consolidamento

Dalle informazioni e dall'analisi critica effettuata per lo stato di fatto e l'attuale stato di degrado del bene architettonico, si va a proporre un nuovo progetto di consolidamento.

Tale progetto si propone di intervenire in maniera mirata, in primo luogo, su quegli elementi strutturali non consolidati quali:

- Fondazioni;
- Volte;

In secondo luogo, in accordo con le osservazioni oggettive fatte sullo stato di fatto, si propone di andare ad effettuare dei miglioramenti strutturali nelle parti in cui è già stato effettuato un intervento di consolidamento.

In particolare si andranno a rivedere gli interventi riguardanti le **murature** e gli elementi strutturali nuovi inseriti nell'elemento di **copertura**.

Questo si pone l'obiettivo di migliorare la risposta dell'intero edificio, considerando anche la nuova destinazione d'uso secondo il progetto architettonico previsto.

Consolidamento delle fondazioni

L'intervento proposto per il consolidamento delle fondazioni vuole innanzitutto andare a garantire una buona aerazione degli elementi strutturali compreso quelli verticali delle murature permettendo così alla muratura di non trattenere eventuale acqua di risalita e umidità in modo da non causare di nuovo stati di degrado.

Quello che si propone di realizzare è un vespaio armato aerato¹ ovvero un solaio controterra in cui si prevede costituito da due solette in calcestruzzo additivato con materiali di scarto in sansa di oliva (C25/30), di spessore pari a 10 cm, armate con rete elettrosaldata ϕ 10/20x20 cm e distanziate tra loro mediante casseri a perdere tipo iglù, di dimensioni 50x50 cm e altezza di 25 cm.

La particolarità di questa tecnologia è quella che le due solette in calcestruzzo vengono puntualmente collegate tra loro mediante connettori in acciaio, sagomati a Z, posizionati all'incrocio dei casseri in PVC ed annegati nel getto delle due solette. I connettori a Z hanno la funzione di trasferire gli sforzi di taglio e di garantire la collaborazione tra le due solette, in modo da creare un unico sistema resistente, come una vera e propria trave Vierendeel.²

Inoltre, si prevede di andare a inserire un'intercapedine aerata, posta tra il nuovo pavimento e il terreno esistente, costituendo un'efficace barriera nei confronti dell'umidità di risalita dal terreno e un isolamento termico per i locali posti a quota più bassa.³

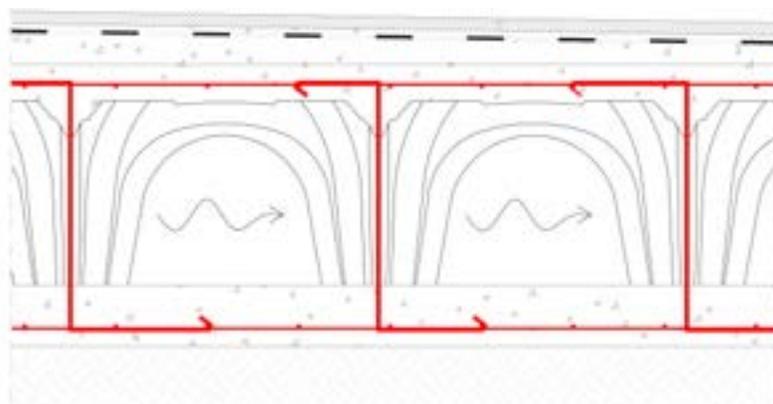
¹Valentina Mogenicato, *Il consolidamento delle fondazioni nel progetto di conservazione: stato dell'arte e nuove tecnologie*, Rel.: Lorenzo Jurina, 2008/09

²Ibidem

³Ibidem

Fig. 1
Posa del nuovo
elemento
fondazione

Il vespaio armato strutturale rientra negli interventi di consolidamento di tipo “passivo”, per cui sarà in grado di fornire il proprio contributo solo quando si verificherà un incremento delle sollecitazioni.



Modalità esecutive di posa

1. Rimozione temporaneo del pavimento esistente

2. Scavo fondazionale

Tramite adeguati sistemi di demolizione quali ... si andrà a deffettuare lo scavo di fondazione fino ad arrivare al piano di posa delle fondazione esistenti dell'edificio.

3. Posa del magrone

Arrivati alla quota di fondazione, si andrà a gettare lo spessore del magrone in calcestruzzo armato, con sp.10cm;

4. Creazione di collegamenti

Al fine di ammorsare le fondazioni e le murature verticali si effettueranno dei collegamenti tramite barre in acciaio passanti in diagonale per collaborare con una sezione maggiore e più resistente di muratura;

5. Posa primo getto di calcestruzzo

Realizzazione del primo getto di calcestruzzo armato con rete elettrosaldata $\phi 10/10 \times 10$ cm;

6. Inserimento degli iglù e dei connettori a Z

Come spiegato precedentemente, si poseranno prima gli iglù in PVC e corrispondente sistema di areazione. Successivamente si inseriranno gli elementi in acciaio a Z di distribuzione delle sollecitazioni

7. Posa secondo getto di calcestruzzo

Realizzazione del secondo getto di calcestruzzo armato con rete elettrosaldata $\phi 10/10 \times 10$ cm;

8. Reinserimento del rivestimento di solaio

Nel caso di queste pavimentazione storiche, si andrà a reinserire il rivestimento in pietra serena grigia e per quanto riguarda gli spazi di bottega verrà ristabilita la preesistente pavimentazione in piastrelle in laterizio.

Consolidamento delle volte

Dal punto di vista strutturale, l'intervento di consolidamento viene pensato solo nelle volte che presentano un quadro fessurativo più grave, ovvero nei vani scala, in cui le fessure sono presenti sia nelle volte a botte, sia nelle volte a crociera degli interpiani.

In questo caso, si propone lo stesso intervento di consolidamento per entrambi le tipologie di volta considerando le diverse caratteristiche geometriche.

Questi elementi sono pensati per sopportare, come le murature, i carichi assiali e talvolta devono far fronte ad impreviste azioni flessionali.

Se non in maniera grave, può accadere che la struttura, come in questo caso, mostri degli scostamenti più o meno accentuati dalla forma originaria che è meglio prevenire prima che aumentino fino a causare la perdita di materiale e/o il collasso dell'intera struttura.

Si propone quindi, di usare una soluzione che permette di avere un miglioramento della struttura non solo a compressione ma anche a trazione tramite l'applicazione di reti fibrerinfornate applicate alla muratura con malte idrauliche.

Questo, nonostante sia un intervento di tipo **passivo**, ha notevoli vantaggi tra i quali quello di essere di rapida esecuzione, possibile applicazione locale alle zone più sollecitate e indubbi risultati strutturali. Inoltre, l'applicazione di malte idrauliche garantisce una buona

traspirabilità alla muratura e buone caratteristiche di reazione al fuoco, conformi alle norme antincendio³.

Solitamente le fibre che caratterizzano la rete per effettuare tale intervento sono sintetiche con aggiunta di alcali resistenti e sono inoltre a bassissima conduttività termica, ad elevata resistenza alla corrosione, agli agenti atmosferici, ai raggi UV, agli ambienti alcalini, riciclabili e ad elevata durabilità.

Quello che si propone in questo caso di studio è quello di andare ad applicare lo stesso tipo di intervento andando ad utilizzare le reti da pesca caratterizzate da Nylon6 per l'elemento garante di resistenza meccanica e una malta ottenuta dagli scarti del riso per l'incollaggio.

Si andrà ad operare all'intradosso degli ambienti così da non invadere eccessivamente la struttura portante ed evitando di rimuovere i gradini in marmo, operando dall'estradosso.

Modalità applicative⁴

1. Fase di rimozione intonaco

In questa fase si prevede di arrivare allo spessore murario che caratterizza la volta andando a rimuovere l'intonaco di finitura e ulteriori strati di rinzafo.

2. Fase di pulitura superficie

Una volta arrivati allo spessore murario della volta si provvede a pulire e umidificare la superficie muraria.

³ https://products.kerakoll.com/yep-repository/kerakoll/media/09_Volte_2020.pdf

⁴ *ibidem*

N.B. Fig.1,2,3 sono tratte da: https://products.kerakoll.com/yep-repository/kerakoll/media/09_Volte_2020.pdf

Fig. 2
Predisposizione
fori su supporto
murario

Fig. 3
Bagnatura del
supporto murario

Fig. 4
Prima stesura di
malta

Dopo eventuale sigillatura di lesioni si procede alla soffiatura del paramento togliendo qualsiasi tipo di detriti e polvere ottenendo una superficie liscia e pulita e si inizia a predisporre i fori per l'aggancio dei connettori, nonchè bagnatura del supporto (Fig.1-2)

3. Applicazione del primo strato di malta

Si va a realizzare un prima mano di malta in calce idraulica, di spessore minimo di 3-5 mm su cui adagiare il tessuto di rinforzo (Fig.3).

4. Applicazione del tessuto

Si procede a posare il tessuto rinforzato in fibre di nylon quando ancora la malta è fresca garantendo il perfetto incollaggio e inglobamento del tessuto alla matrice esercitando una piccola pressione con spatola e avendo cura che la malta esca dai fori per assicurarsi di avere un ottima adesione al primo strato di matrice (Fig. 4).





5. Ancoraggio del sistema di rinforzo

Inserimento di connettori realizzati in tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad alta resistenza, da installarsi ogni 40 cm lungo lo sviluppo trasversale e longitudinale di installazione della fascia in rete.

A questo viene poi realizzata l'operazione di iniezione a bassa pressione finale di malta compatta ad altissima igroscopicità e traspirabilità, iperfluida (Fig.5).

6. Applicazione del secondo strato di malta

Come per la prima mano di malta, si effettua uno strato finale di malta al di sopra del tessuto di rinforzo sempre di spessore minimo di 3-5 mm stando attenti ad inglobare e a renderlo perfettamente aderente con il tessuto. In questa fase si include la chiusura del foro di iniezione con apposito tappo di chiusura (Fig. 6).



Fig. 5
Applicazione del tessuto in fibra

Fig. 6
Realizzazione del sistema di ancoraggio

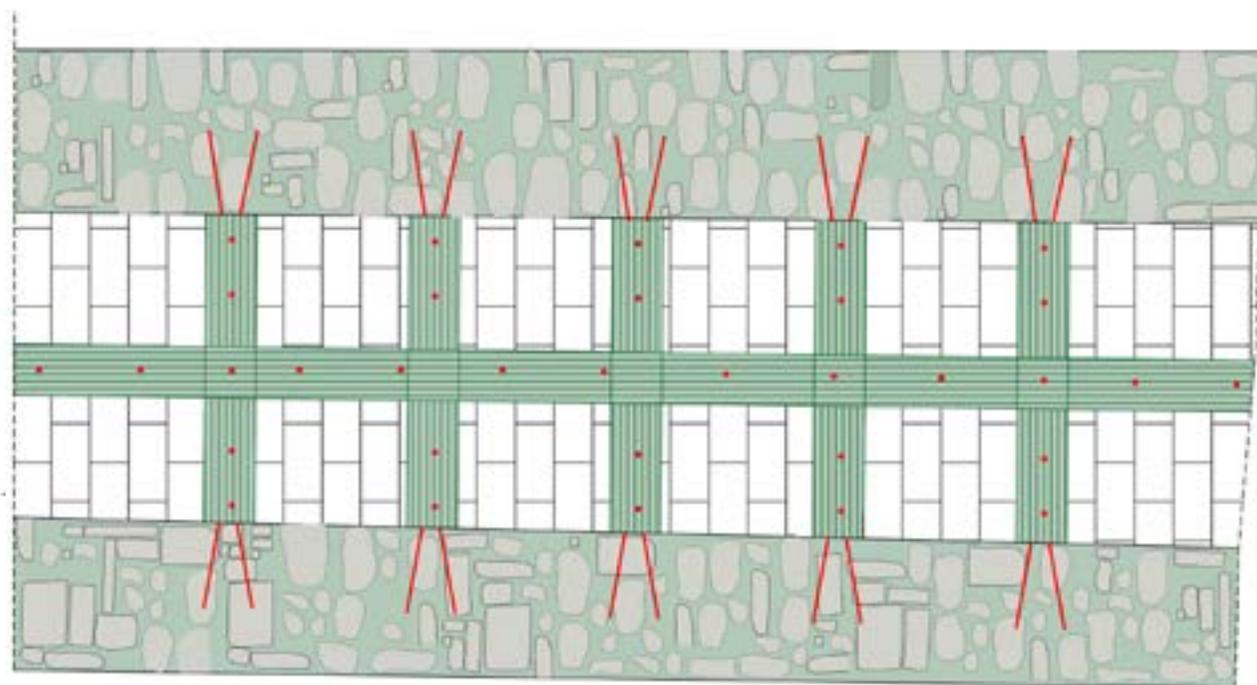
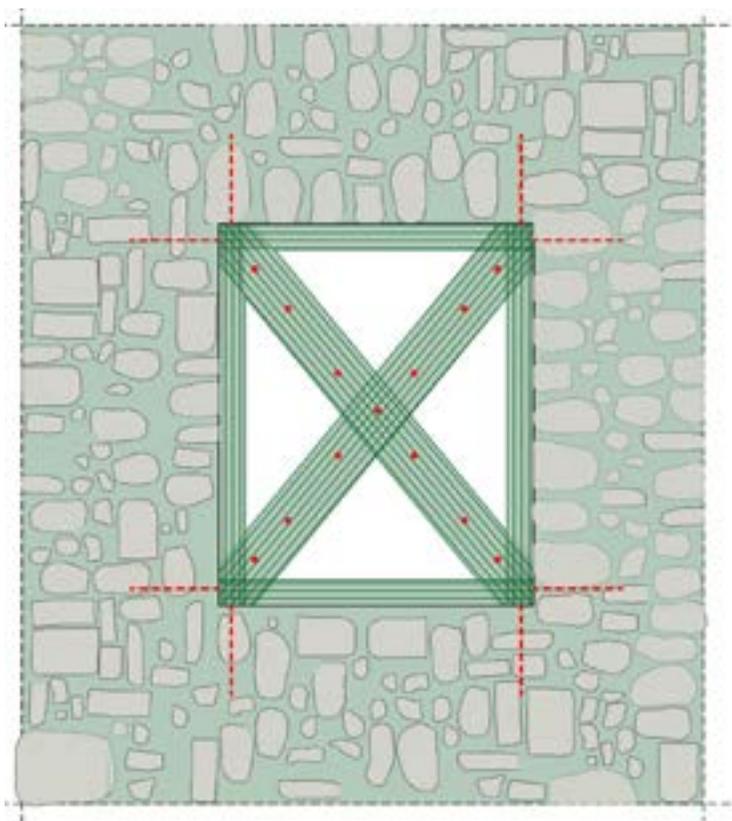
Fig. 7
Seconda stesura di malta

Questo intervento viene effettuato su tutti gli ambienti voltati compresi gli spazi di pianerottolo caratterizzati da volte a crociera e gli elementi di architrave che presentano leggere fessurazioni in chiave e negli angoli.



N.B. Fig. 4,5,6 sono tratte da: https://products.kerakoll.com/yep-repository/kerakoll/media/09_Volte_2020.pdf

Fig. 8
Vista in pianta -
scala 1:10 (Tav. 60)



Consolidamento delle murature

Dato lo stato di forte degrado in cui volge la muratura, soprattutto dal lato interno dell'edificio, si ripropone un nuovo intervento di consolidamento delle murature.

Si propone di usare due sistemi, a seconda del tipo di materiale usato in faccia vista.

Per i paramenti murari che presentano muratura storica in pietrame disordinato si prevede di utilizzare il **sistema Reticulatus**, una nuova proposta di intervento su murature storiche che consente di salvaguardare la finitura faccia-vista dei paramenti, usata soprattutto nelle murature in pietrame.

La tecnica, nata nel 2008⁵, consiste nella realizzazione di una ristilatura armata dei giunti di malta tramite funi in acciaio inox che si vanno ad incastrare in maniera organizzata tra i materiali lapidei o laterizi formando una maglia continua.

Per quelle murature, come nella maggior parte del nostro caso studio, che hanno entrambi le facce rivestite di intonaco si userà la tecnica dell'**intonaco armato** che sfrutta l'applicazione di una rete GFRP ottenendo quindi una superficie liscia da poter poi intonacare.

Come si evince dallo stato di fatto dell'edificio, è la tecnica più compatibile e adatta al nostro caso studio in oggetto, dato questa doppia presenza di materiali tra interno ed esterno.

Modalità applicative sistema Reticulatus⁶

1. Preliminare studio del paramento murario

Oltre ad un accurato studio e rilievo del paramento, permette di decidere il percorso che le funi d'acciaio devono seguire e aiuta ad individuare la posizione dei nodi in cui realizzare le perforazioni;

2. Esecuzione della scarifica dei giunti di malta

Questi devono avere almeno una profondità di circa 50 - 60 mm, inoltre in questa fase è prevista una pulizia tramite acqua in pressione degli stessi;

3. Applicazione del primo strato di malta

I corsi precedentemente scarificati vengono quindi riempiti con della malta compatibile con la muratura storica e vengono quindi applicati dei ripartitori angolari in materiale preformato in corrispondenza degli incroci murari, organizzati in quinconce;

4. Esecuzione delle perforazioni

Le perforazioni vengono effettuate con trapano a rotazione su entrambe le facce per una profondità pari a 2/3 lo spessore murario. Nel caso in oggetto si sceglie di andare a perforare per circa 40 cm dello spessore murario, in media di 75-80 cm. In questa fase si prevede anche di effettuare adeguata pulizia per mezzo di getto d'aria;

5. Iniezione delle perforazioni

Una volta pulite, si procede ad operazione di iniezione con malta cementizia antiritiro e posizionamento delle barre filettate M, poi adeguatamente serrate con i rostri, rondelle e dadi;

⁵ Questa tecnica innovativa è stata sviluppata dal professor Antonio Borri dell'Università di Perugia

⁶ <https://webapi.ingenio-web.it/immagini/file/byname?name=hp05HU1di2.pdf>

6. Stesura delle funi di acciaio

Seguendo il percorso deciso nel primo step si andranno a inserire le funi metalliche all'interno, avendo cura di far passare le funi all'interno dei rostri reggicavi, predisposti nella fase precedente;

7. Tensionamento delle funi

In questa fase di tensionamento degli elementi di tiro in acciaio viene predisposto anche il serraggio dei dadi della barra filettata, così da poter attivare l'intervento

8. Ristilatura finale dei giunti

Una volta che è stato montato il tutto e ben tesate le funi metalliche è possibile ristilare i giunti, andando a "coprire" l'intervento, utilizzando una malta compatibile e per esterni.

In questo sistema la rete in FRP è in grado di assorbire gli sforzi di trazione, mentre la malta strutturale contribuisce ad assorbire gli sforzi di compressione. Il trasferimento degli sforzi fra il supporto e la rete di rinforzo è garantito anche dalla presenza dei connettori, che assicurano la collaborazione strutturale fra l'elemento murario e l'intonaco armato.⁷

Questo intervento viene effettuato per entrambi i lati del paramento murario interessato da una muratura disordinata in pietrame per cui si valuta, da prove sperimentali, un incremento della resistenza del 17%⁸.

Le suddette sperimentazioni riguardano prove effettuate per valutarne la resistenza flessionale fuori piano evidenziando che, grazie all'utilizzo delle funi metalliche,

la resistenza viene raddoppiata, poichè hanno il compito di assorbire le sollecitazioni di trazione⁹.

La sostituzione delle funi metalliche con funi in materiale sintetico rappresenta la futura evoluzione del sistema, in quanto l'elevata flessibilità di tale materiale consentirebbe una facilità di applicazione ancora maggiore.

⁷ <https://webapi.ingenio-web.it/immagini/file/byname?name=hp05HU1di2.pdf>

⁸ *Ibidem*

⁹ *Ibidem*

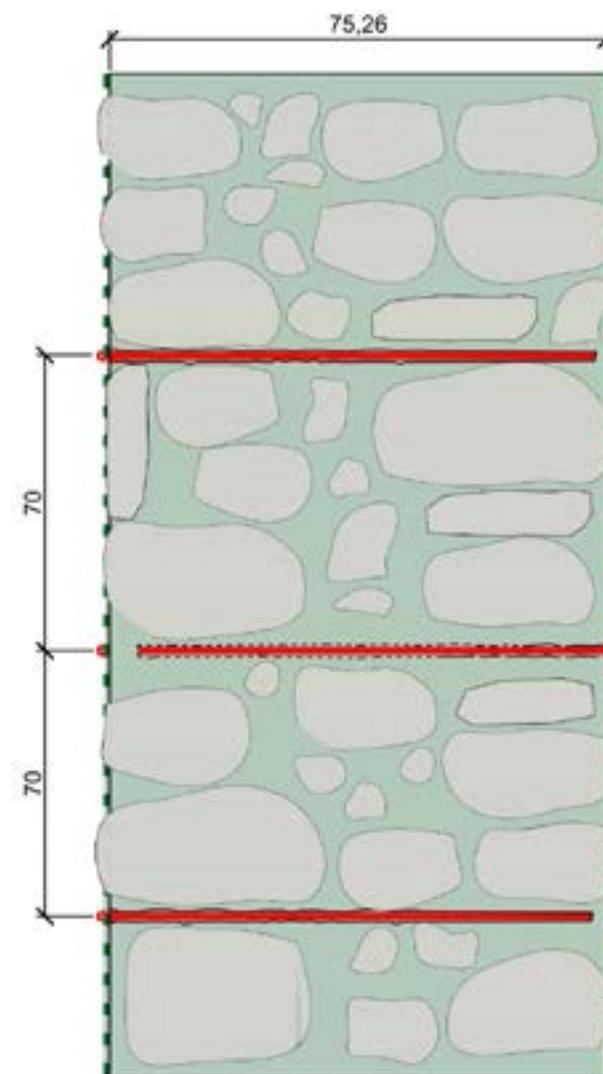
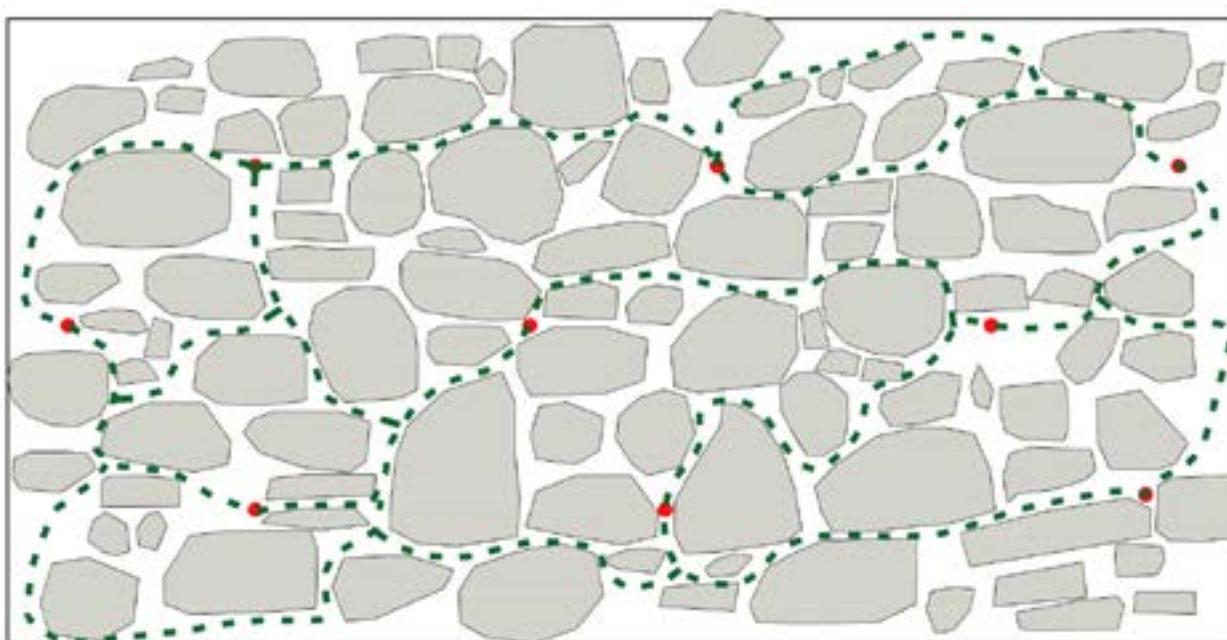


Fig. 9
 Dettagli costruttivi
 intervento del
 Sistema Reticulatus
 (Tav. 58)

Modalità applicative tecnica dell'intonaco armato¹⁰

L'intonaco armato è una tecnica di miglioramento delle caratteristiche delle murature molto usata per gli interventi di ristrutturazione degli edifici in muratura esistenti. Consiste nell'applicare sui due lati della muratura delle reti metalliche o FRP collegate tra loro.

I vantaggi che ne seguono dall'applicazione di questa tecnica sono svariate:

- Migliora le caratteristiche della muratura per effetto del placcaggio e del confinamento del materiale;
- Rende la muratura non solo resistente a compressione, ma con l'inserimento di una rete riesce a concedere anche caratteristiche di resistenza a trazione;
- Confinamento degli elementi strutturali.¹¹

Le norme NTC 2018, propongono, per la valutazione delle caratteristiche della muratura placcata su due lati con intonaco armato, dei coefficienti di amplificazione per i vari tipi di muratura.¹²

Tali coefficienti vengono moltiplicati per i valori caratteristici di rigidità e resistenza del materiale di base per ottenere le caratteristiche della muratura rinforzata.¹³

La procedura¹⁴ di applicazione dell'intonaco armato su murature particolarmente ammalorate si esplica attraverso le seguenti fasi:

1.

3. Esecuzione di fori

Si procede a effettuare dei fori passanti sulla superficie muraria per consentire l'inserimento di connettori, caratterizzate da barre filettate in acciaio che attraversano l'intero spessore murario.

4. Applicazione della rete di rinforzo

Su entrambe le facce della muratura viene applicata la rete in materiale riciclato caratterizzato da fibre di nylon⁶

5. Inserimento dei connettori

Per rendere collaborante l'elemento di rinforzo della rete con la muratura si procede ad inserire le barre filettate nei fori precedentemente fatti e si va ad eseguire iniezioni di malta cementizia antiritiro fino a completo riempimento del foro.

6. Applicazione della finitura

Infine, si procede alla stesura di una seconda mano di malta cementizia che permetta di migliorare l'adesione tra il supporto murario e l'elemento di rinforzo e successivamente si applica lo strato di finitura finale in intonaco, compatibile con la muratura storica.

¹⁰ <https://news.interstudio.net/2017/01/19/valutazione-delle-caratteristiche-dellintonaco-armato/>

¹¹ *Ibidem*

¹² Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Tabella C8.5.I, *Valori del coefficiente suggeriti per l'aggiornamento del valore medio dei parametri meccanici*

¹³ <https://blog.casanoi.it/intonaco-armato-sue-applicazioni/>

¹⁴ *Ibidem*

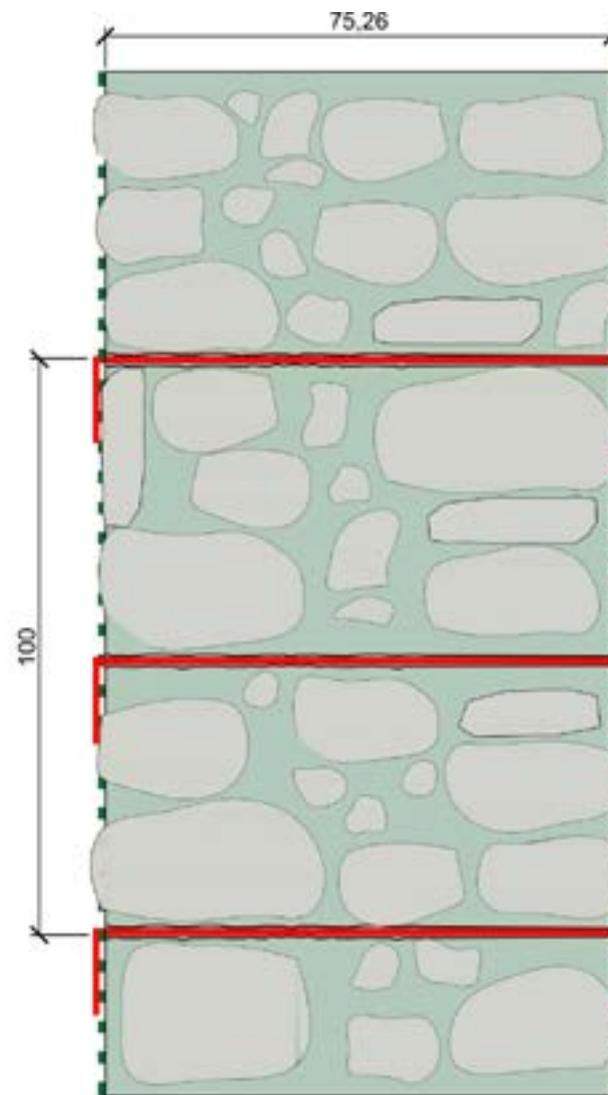
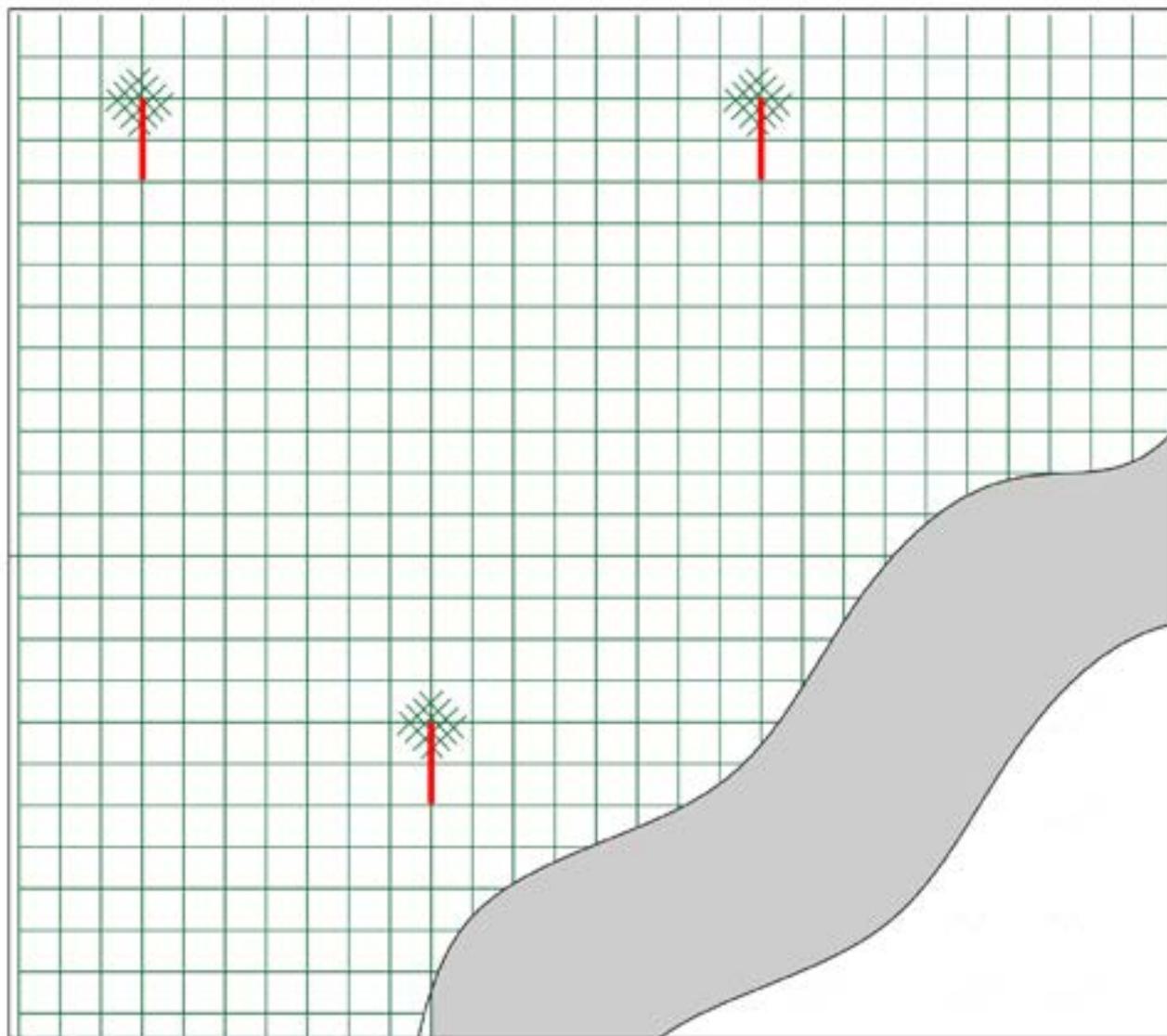


Fig. 10
 Dettagli costruttivi
 intervento
 intonaco armato
 (Tav.58)

Fig. 11
 Dettagli costruttivi
 delle barre di
 ancoraggio
 (Tav. 58)

Consolidamento della copertura

Al fine di migliorare la risposta dell'intero edificio, si procede alla riconfigurazione del comportamento scatolare dell'edificio.

Come già spiegato nel paragrafo dell'analisi critica degli interventi effettuati nel 2008 si va a ricostituire l'utilità del cordolo in calcestruzzo andando a realizzare l' adeguato collegamento con i maschi murari.

L'intervento si propone, inoltre di ridurre la lunghezza di libera inflessione della parte sommitale delle pareti murarie che spinge in senso orizzontale sollecitandole eccessivamente.

Modalità esecutive

1. Messa in sicurezza

Innanzitutto, si va a puntellare l'elemento di copertura dall'intradosso così da mettere in sicurezza l'intero elemento.

2. Rimozione pacchetto

Operando dall'alto si procede a rimuovere una parte del rivestimento di copertura arrivando alla superficie del cordolo in calcestruzzo.

In seguito, si procede a pulitura della superficie e soffiatura della stessa per la rimozione di eventuali detriti.

3. Collegamento con la muratura

Si prevede di effettuare un carotaggio da 60 mm di diametro e profondo 50 mm. Una volta inserita e inghisata le barre filettate in acciaio, con diametro ϕ 20 mm e lunghezza di ancoraggio di circa 100 cm con resina, la si blocca in sommità con rondella e dado serrando attentamente.

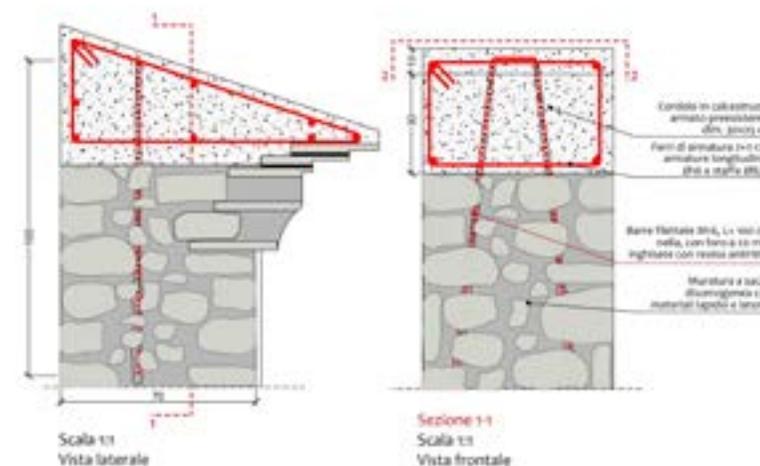
Le barre vengono posizionate inclinate con il fine di andare a prendere più sezione resistente possibile del maschio murario, così da permettere un miglior ed efficace ammortamento.

Dopo inserimento delle barre si vanno a riempire i fori effettuati con malta cementizia di inghisaggio antiritiro.

4. Ripristino pacchetto di copertura

Successivamente alla chiusura dei fori si stende una fascia di rete fibrorinforzata sul calcestruzzo su cui poi verrà stesa uno strato di malta cementizia con il fine di far aderire la rete al supporto cementizio e si annega il tutto con il calcestruzzo.

Infine si prevede di andare a ricostituire il pacchetto precedentemente progettato con eventuale sostituzione di elementi del manto di copertura danneggiati.



Consolidamento delle travi di copertura

Per migliorare il comportamento a flessione delle travi in acciaio HEB200 nei punti di saldatura, applicati in mezzera, si procede all'inserimento di una piastra in acciaio che vada a dare più sostegno, soprattutto per quegli ambienti del sottotetto che hanno una grande luce (>10 m)

Il collegamento tra la piastra in acciaio e le ali della trave è caratterizzato da 8 barre filettate di diametro ϕ 10 mm e serrate con dado e rondella M12

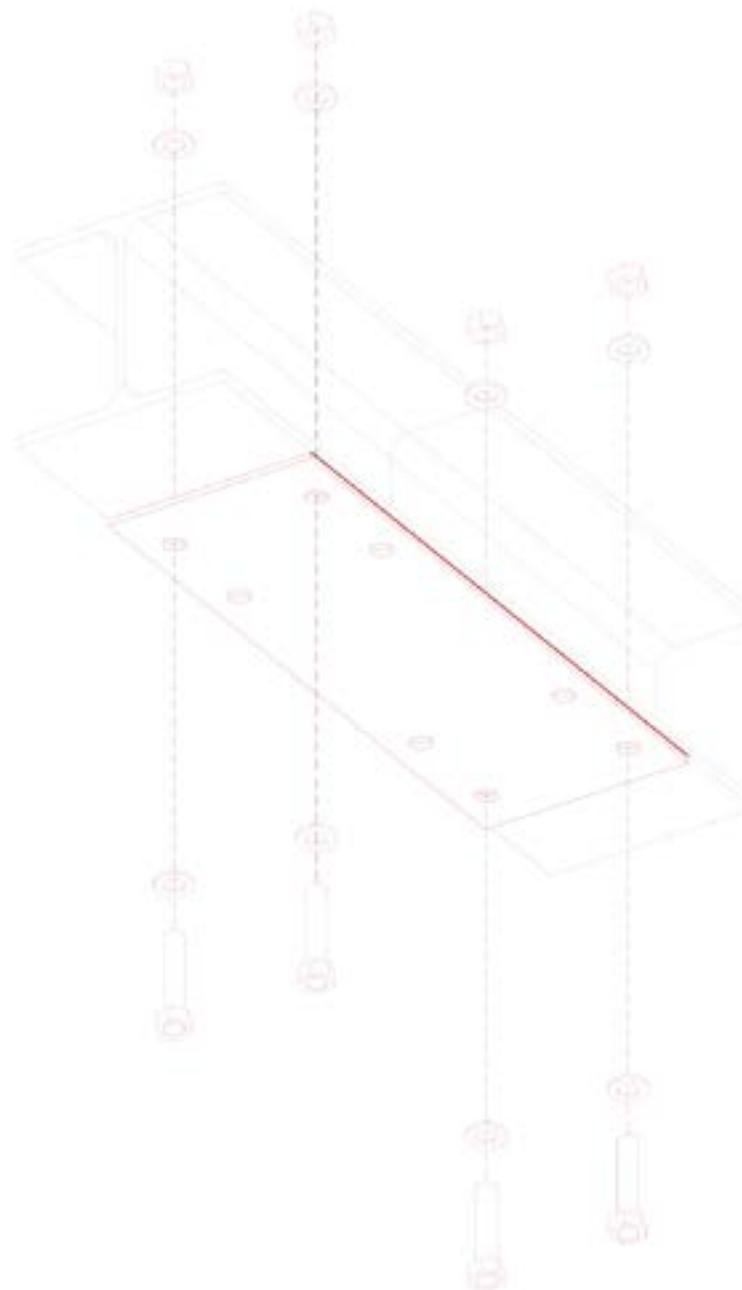


Fig. 12
Piastra di supporto in acciaio, vista in pianta (Tav. 61)

Fig. 13
Ancoraggio della piastra di supporto in acciaio, vista in 3D (Tav. 61)

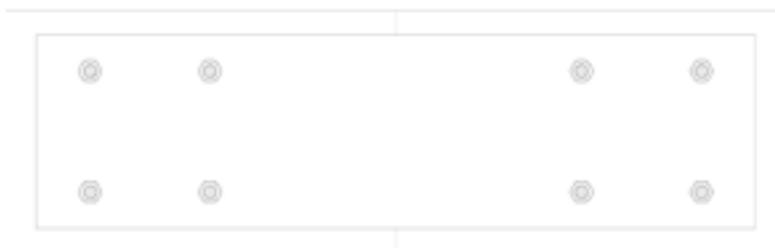


Fig. 14

Rimozione delle superfetazioni superficiali con bisturi, tratto da <http://www.restauroearte.com/en/node/60>

Fig. 15

Iniezioni consolidanti su intonaco, tratto da <https://www.impresedilnews.it/chiesa-di-san-siro-a-genova-consolidamento-degli-intonaci-e-restauro-pittorico/>

Fig. 16

Pulitura della superficie, tratto da <https://www.impresedilnews.it/chiesa-di-san-siro-a-genova-consolidamento-degli-intonaci-e-restauro-pittorico/>

4.2. Il progetto di restauro e di conservazione

Ulteriore progetto di conservazione riguarda il restauro di alcune pitture e affreschi che vengono rilevati in alcuni ambienti dell'edificio e sotto la stratificazione dell'intonaco presente.

Quello che si propone di fare, quindi, è di provvedere alla rivelazione di tale pitture murali tramite tecniche poco invasive.

Lo scoprimento delle pitture presenti viene effettuato in due step¹⁵:

1. Si procede alla prima rimozione degli strati aggiuntivi di intonaco tramite utilizzo di bisturi a lama intercambiabile;
2. Uso di strumento a percussione tipo martellina



Successivamente si prevede di effettuare operazioni consolidanti, nel caso in cui sia strettamente necessario¹⁶:

1. Per un consolidamento del supporto d'intonaco si prevede di effettuare impacchi con acqua e polpa di legno ammorbidenti;
2. Iniezioni consolidanti nelle parti di distacco dell'intonaco di supporto della pittura. Questo viene effettuato tramite

iniezioni di malte idrauliche in calce e a basso contenuti di sali e solfati.



Ulteriore operazione che viene effettuata è la pulitura della superficie con impacchi in ammonio carbonato, supportato da miscela in fibra di cellulosa con tempi di posa di circa 4/5 ore ma sempre valutati a seconda delle indagini preliminari fatte¹⁷.



¹⁵ http://www.dalpiazalberto.it/index.php?fl=2&op=mcs&id_cont=857&idm=857&moi=857

¹⁶ *Ibidem*

¹⁷ *Ibidem*

Successivamente si concludono le operazioni di intervento analizzando tutte le parti pitturate rivelate.

Nel caso in cui ci siano delle lacune nelle zone caratterizzate da cadute di colore o abrasioni dello strato pittorico si procede ad effettuare un integrazione pittorica¹⁸ mediante velature e abbassamento tonale, andando a valutare il tono di colore dai precedenti campioni d'intonaco rilevati¹⁹ e trovando quello più simile e compatibile alla stratificazione storica e di colore.

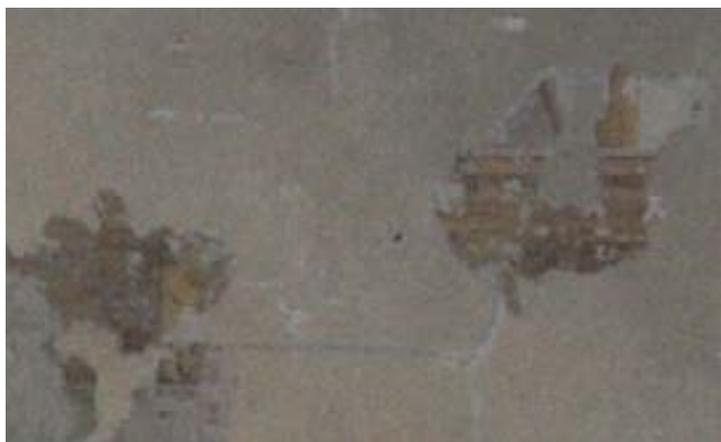


Fig. 17
Integrazione pittorica su un affresco, tratto da http://www.storiedirestauro.it/wp-content/uploads/2020/03/Ebook_integrazione-pittorica-in-5-min.pdf

Fig. 18
Dettagli delle pitture murali, stanza C.1.4 (sopralluogo 2020)

Fig. 19
Dettagli delle pitture murali, stanza C.1.4 (sopralluogo 2020)

Fig. 20
Dettagli delle pitture murali, stanza C.1.4 (sopralluogo 2020)

¹⁸ http://www.dalpiazalberto.it/index.php?fl=2&op=mcs&id_cont=857&idm=857&moi=857

¹⁹ Si veda: Comune di Castiglione della Pescaia, *Il Palazzo Centurioni...* op. cit, p. 42-45

Fig. 21
Dettagli delle
pitture murali,
stanza C.1.4
(sopralluogo 2020)



Fig. 22
Dettagli delle
pitture murali,
stanza C.2.3
(sopralluogo 2020)

Fig. 23
Dettagli delle
pitture murali,
stanza C.2.4
(sopralluogo 2020)



Oltre agli interventi mirati alle pitture murali presenti in alcune stanze del palazzo si propone anche il restauro delle nicchie caratterizzate da decorazioni in stucco molto semplici.



L'intervento consiste nell' integrazione delle mancanze presenti tramite il ripristino della modanatura della decorazione.

Si va ad utilizzare una miscela composta da una malta e polvere dello stesso materiale di quello presente in opera.

Dopo averli adeguatamente miscelati in rapporto di 1:3, si aggiunge acqua fino ad ottenerne una pasta abbastanza densa, non colabile applicabile al tipo di decorazione²⁰. Appena questa miscela si comincia ad asciugare si inizia a modellare in continuità con la decorazione già in opera.

²⁰ <https://pietrobarnabe.it/materiali-lapidei-pietre-stuccchi/>



Per ottenere la sagomatura si procede ad usare tramite i cosiddetti “graffietti” che consentono di ottenere la sagomatura delle modanature oppure è possibile costruire la guida lineare con l'utilizzo di una lamina di acciaio.



Questo viene effettuato molto spesso per interventi piccoli e mirati che semplificano l'esecuzione delle addizioni migliorando l'andamento superficiale ed estetico della stuccatura.

Una volta finita la sagomatura si può procedere ad applicare trattamenti di levigatura e uno strato protettivo sulla superficie tramite prodotto idrorepellente e antivecchiante che può essere utilizzato usato sia in interno che in esterno anche come rimedio antimuffa e antivegetativo.

Fig. 24

Calce aerea
tratto da <https://pietrobarnabe.it/materiali-lapidei-pietre-stucchi/>

Fig. 25

Sagomatura
con supporto
lineare di ausilio,
tratto da <https://pietrobarnabe.it/materiali-lapidei-pietre-stucchi/>

²¹ <https://pietrobarnabe.it/materiali-lapidei-pietre-stucchi/>

SCHEDE DI INTERVENTO

Scheda di intervento

Schede di degrado correlate: Alterazione cromatica, Degrado antropico, Colatura, Deposito superficiale, Esfoliazione

Descrizione tecnica

Elemento tecnico interessato: Chiusura e partizione verticale
Localizzazione: Ambienti interni e prospetti principali
Materiale interessato: Intonaco di calce

Descrizione dell'intervento

La prima fase dell'intervento è quella di andare e rimuovere tutti gli elementi impropri presenti sulla superficie e rimuovere le parti di intonaco notevolmente degradato. Inoltre, si deve preparare la superficie tramite pulitura e successiva posa dello strato di finitura. Particolare attenzione si dovrà mostrare nei confronti dello strato di finitura esterno in quanto di pregio estetico e storico.

Protocollo operativo

FASE 1: Analisi e identificazione delle cause delle forme di degrado presenti sulla superficie ove intervenire. Pulitura della stessa tramite uso di spazzole morbide di saggina con, possibilmente,

FASE 2: Rimozione degli elementi impropri e asportazione dello strato di intonaco attraverso scalpelli di piccole dimensioni avendo cura di non intaccare la superficie muraria esistente.

FASE 3: Pulitura del supporto tramite idropulitrice con pompa a spruzzo e acqua deionizzata nebulizzata in modo da rimuovere eventuali detriti che possano ostacolare l'applicazione della nuova finitura.

FASE 4: Sigillatura di eventuali infiltrazioni tramite uso di malte con specifiche caratteristiche dal punto di vista chimico, di colore e di granulometria in modo tale da garantire un buon comportamento alle variazioni di temperatura, umidità.

FASE 5: Dopo asciugatura della superficie, applicazione di un primer impregnante antisalino.

FASE 6: Realizzazione del nuovo intonaco



Scheda di intervento

Schede di degrado correlate: Distacco, Alterazione cromatica, Umidità

Descrizione tecnica

Elemento tecnico interessato: Chiusura controterra
Localizzazione: Muratura mista in pietra naturale e laterizio
Materiale interessato: Intonaco di calce

Descrizione dell'intervento

L'intervento consiste in un'apposita pulitura della superficie interessata previa risoluzione del fenomeno causante il tipo di degrado. Nel caso particolare in oggetto si prevede di intervenire in fondazione e nelle murature per garantire una maggiore traspirabilità e fuori uscita dell'umidità per risalita capillare dato il contatto con il terreno delle chiusure controterra, soprattutto negli ambienti voltati a piano terra.

Protocollo operativo

FASE 1: Trattamento dell'umidità per risalita capillare attraverso interventi mirati e locali, anche tramite iniezioni di formulati chimici.

FASE 2: Dopo risoluzione della causa principale del degrado si procede alla preparazione della superficie mediante accurata pulitura con stracci, scopinetti o spazzole di saggine al fine di rimuovere facilmente i residui presenti.

FASE 3: Utilizzo di spray o idropulitrici a bassa pressione con acqua deionizzata nebulizzata operando dall'alto verso il basso e lavaggio con uso di soluzioni acquose con acido muriatico puro, diluito al 5-10%.

FASE 4: Risciacquo utilizzando acqua pura deionizzata, più volte ripetuti sino a quando l'acqua post-risciaquo avrà la stessa acidità dell'acqua pura di lavaggio.

FASE 5: Dopo successiva e completa asciugatura del paramento si dovrà applicare a spruzzo un idoneo idrorepellente a base siliconica, avendo cura di effettuare l'operazione ore, possibilmente più fresche della giornata.

FASE 6:



FESSURAZIONE

Scheda di intervento

Schede di degrado correlate Fessurazione

Descrizione tecnica

Elemento tecnico interessato: Solai voltati e architravi
Localizzazione: Pareti perimetrali verticali e architravi
Materiale interessato: Intonaco di calce

Descrizione dell'intervento

L'intervento consiste in una pulitura dell'area interessata dalla lesione e il successivo ripristino della continuità dell'intonaco tramite iniezioni e stuccatura della fessura. In quanto intervento passivo, comunque, si rende necessario risolvere il cinematico che ha portato alla fessurazione.

In questo caso particolare, si predispone un intervento di consolidamento strutturale nelle parti maggiormente degradate quali gli ambienti voltati della scala centrale e degli elementi di architravi.

Protocollo operativo

FASE 1: Analisi e identificazione dell'entità e delle cause della lesione. In quei punti in cui non si rilevano problemi strutturali è possibile procedere alle successive operazioni.

FASE 2: Preparazione del supporto mediante pulizia superficiale a secco con spazzola morbida di saggine al fine di rimuovere eventuali parti incoerenti di materiale.

FASE 3: Iniezioni di malta di calce idraulica naturale, valida sia per le lesioni di tipo strutturale e superficiale. Come verificato dagli interventi di consolidamento strutturale, si utilizza una malta in calce con una percentuale bassa di additivi in sansa di oliva, diluita con resina acrilica al fine di trattenere l'acqua e non bruciare prematuramente la miscela iniettata.

FASE 4: Stuccatura con malta e rifinitura della lesione, nonché ultimazione con lo strato di finitura di intonaco.



Scheda di intervento

Schede di degrado correlate Patina biologica, Umidità

Descrizione tecnica

Elemento tecnico interessato: Chiusura verticale

Localizzazione: Pareti verticali esterne e chiusure controterra

Materiale interessato: Muratura in pietrame misto e intonaco di calce

Descrizione dell'intervento

L'intervento per entrambi le tipologie di muratura consiste nella rimozione meccanica della patina, la successiva disinfestazione con materiali biocidi, pulitura e idrolavaggio. Durante questa fase si dovrà prestare molta attenzione al paramento al fine di non alterare in alcun modo il substrato del muro.

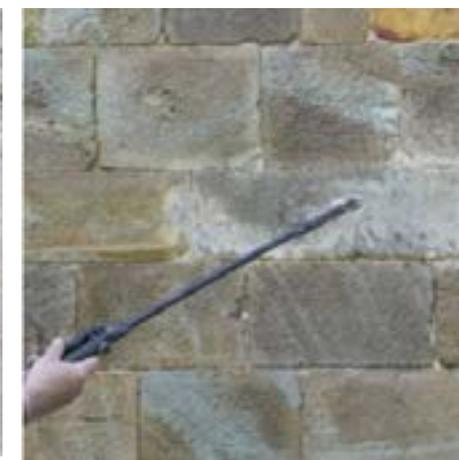
Protocollo operativo

FASE 1: Rimozione meccanica della patina tramite spatole, pennelli morbidi in modo da non danneggiare la muratura. Il periodo più indicato e consigliato è quello di effettuare questi interventi durante i mesi invernali.

FASE 2: Applicazione del prodotto biocida costituito da sali di ammonio diluiti in acqua e applicato tramite pennello o a spruzzo a seconda della grandezza della superficie da trattare. Applicazione di tale prodotto ha l'obiettivo di prevenire ulteriori attacchi da parte di microrganismi.

FASE 3: Spazzolatura della superficie per rimuovere residui di presenze biologiche ancora presenti.

FASE 4: Idrolavaggio con acqua deionizzata e nebulizzata a pressione moderata per eliminare qualsiasi resto di prodotto biocida.



Tratte da:
<https://www.phaseitalia.it/soluzioni/restauro-lapideo-disinfezione/>

RAPPEZZO INCONGRUO

Scheda di intervento

Schede di degrado correlate Rappezzo incongruo

Descrizione tecnica

Elemento tecnico interessato: Pareti interne verticali

Localizzazione: Pareti ambienti del lato Ovest e sottodavanzali

Materiale interessato: Murature in pietrame misto

Descrizione dell'intervento

L'intervento consiste nel ridare continuità alla finitura tramite utilizzo di materiali compatibili e procedere tramite scialbatura in modo da ottenere una superficie più uniforme.

Soprattutto in corrispondenza dei davanzali delle finestre si può vedere come gli interventi precedentemente fatti siano caratterizzati da un rappezzo con materiale differente da quello che si rende compatibile con una muratura storica del tipo.

Una volta che si procede ad intervenire con lavori di consolidamento sulle murature si procederà a rimuovere tale strato di malta cementizia per ricostituire la normale estetica della superficie.

Protocollo operativo

FASE 1: Asportazione dei rappezzi eseguiti con materiale incongruo mediante adeguati strumenti quali martelli e scalpelli al fine di non compromettere ulteriormente la muratura esistente. In questa fase è quindi fondamentale porre molta attenzione anche per non causare danni alle aree circostanti.

FASE 2: Intervento di consolidamento delle murature tramite intonaco armato ove possibile effettuare. (Vedi S.I. 8)

FASE 3: Pulitura a secco delle superfici mediante spazzole morbide.

FASE 4: Rifinitura con il nuovo strato di intonaco in calce compatibile con la muratura storica



RIMOZIONE UMIDITA'

Scheda di intervento

Schede di degrado correlate Umidità, Colatura

Descrizione tecnica

Elemento tecnico interessato: Chiusura verticale controterra
Localizzazione: Terrazze esterne e ambienti voltati
Materiale interessato: Muratura in pietrame misto e intonaco di calce

Descrizione dell'intervento

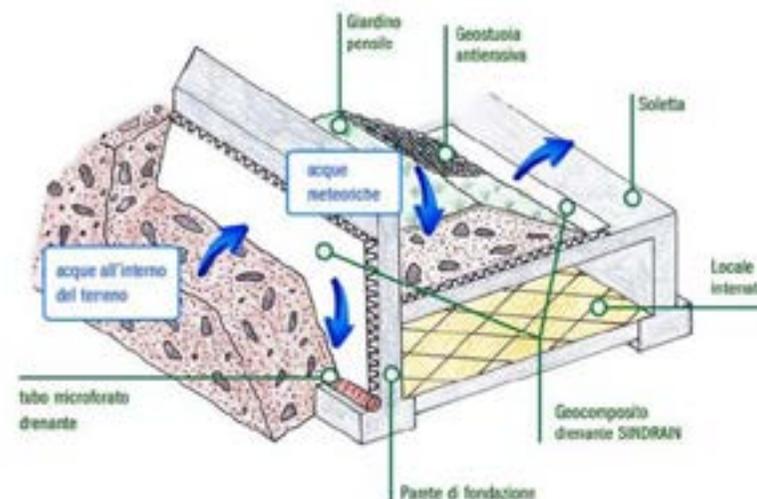
L'intervento consiste nell'impermeabilizzazione delle murature controterra mediante l'uso di membrane bituminose e la realizzazione di un sistema drenante senza riempimento così che sia più facile l'ispezione e la raccolta, drenaggio e smaltimento di acqua. Esso permette di contrastare i degradi, quali la formazione di patine biologiche, macchie e distacchi di intonaco, che si formano sulle murature in pietra e la loro finitura a seguito dell'assorbimento di acqua e umidità. Sulle superfici non controterra che mostrano fenomeni di umidità si andrà a intervenire superficialmente

Protocollo operativo

- FASE 1: Si procede con operazioni di scavo del terreno fino al piano fondale esistente rimuovendo l'eventuale pietrisco attualmente presente.
- FASE 2: Asciugatura della muratura all'aria, per il tempo necessario, al fine di evitare il riformarsi dell'umidità.
- FASE 3: Pulizia della muratura con pennelli morbidi.
- FASE 4: Regolarizzazione della muratura tramite rasatura con malta compatibile, al fine di realizzare un supporto piano e regolare su cui poi applicare la membrana impermeabilizzante in grado di separare la muratura da eventuali fenomeni d'umidità.
- FASE 5: Posa sul magrone di fondazione di un tubo drenante da collegare a corrispondente pozzo di scarico. Il tubo viene, inoltre, ricoperto da un telo TNT per evitare ostruzioni con il pietrisco drenante.
- FASE 6: Riempimento dello scavo con materiale di drenaggio naturale.
- FASE 7: Reinterro e posa dello strato di rivestimento per la pavimentazione della terrazza esterna.



<https://www.rifaidate.it/fai-da-te/tecniche/raschiare-l-intonaco-umido-asp>



<https://www.infobuild.it/approfondimenti/umidita-risalta-risolta-sin-drain/>

Scheda di intervento

Schede di degrado correlate Presenza di vegetazione

Descrizione tecnica

Elemento tecnico interessato: Chiusura verticale.
Localizzazione: Terrazze esterne lato OVEST ed EST
Materiale interessato: Muratura mista in pietra naturale e laterizio

Descrizione dell'intervento

L'intervento consiste nella rimozione meccanica frenata della vegetazione e successiva disinfestazione tramite sostanze chimiche, se necessaria nel caso in cui la rimozione della macroflora possa apportare danni al substrato della muratura.

A tale scopo devono essere identificati la tipologia e specie di vegetazione al fine di identificare quanto il tipo di vegetazione è radicato così da definirne la reale possibilità d'intervento.

Si sconsiglia l'uso dei biocidi nei periodi di pioggia, di forte vento o eccessivo surriscaldamento delle superfici per evitare la possibile dispersione o asportazione del prodotto.

Protocollo operativo

FASE 1: Identificazione della tipologia, specie della vegetazione e delle cause responsabili del suo sviluppo.

FASE 2: Rimozione, preferibilmente nei periodi invernali, della vegetazione attraverso metodi meccanici con spatole, pennelli o, se possibile, mediante il taglio a raso con l'ausilio di mezzi a bassa emissione di vibrazioni, prestando attenzione a non danneggiare il substrato e la muratura.

FASE 3: Applicazione, a completamento dell'intervento di un prodotto biocida, quale clorotriazina e metositrizina nel caso di vegetazione infestante. Si consiglia di applicare tale prodotto tramite pennello o a spruzzo a seconda della grandezza della superficie da trattare. Dopo 60 giorni dell'applicazione del prodotto si suggerisce di controllare se l'intervento è stato efficace o meno.

FASE 4: Asportazione delle eventuali patine rimaste tramite spazzole di di saggina e lavaggio delle superfici con acqua deionizzata nebulizzata.

E' necessario mantenere un monitoraggio costante della crescita della vegetazione.

Inoltre è consigliato l'utilizzo in piccole quantità di prodotti erbicidi o biocidi preventivi.



INTONACO ARMATO

Scheda di intervento

Schede di degrado correlate Um

Descrizione tecnica

Elemento tecnico interessato: Chiusure verticali

Localizzazione: Tutti gli ambienti

Materiale interessato: Muratura in pietrame misto e intonaco di calce

Descrizione dell'intervento

L'intervento consiste nel consolidamento della muratura verticale tramite utilizzo di un sistema di rinforzo e rete in fibre di nylon e malta di supporto in calce compatibile con la muratura storica.

Protocollo operativo

FASE 1: Rimozione degli strati di intonaco preesistente

FASE 3: Esecuzione fori passanti sulla superficie muraria per consentire l'inserimento di connettori in barre filettate in acciaio che attraversano l'intero spessore murario.

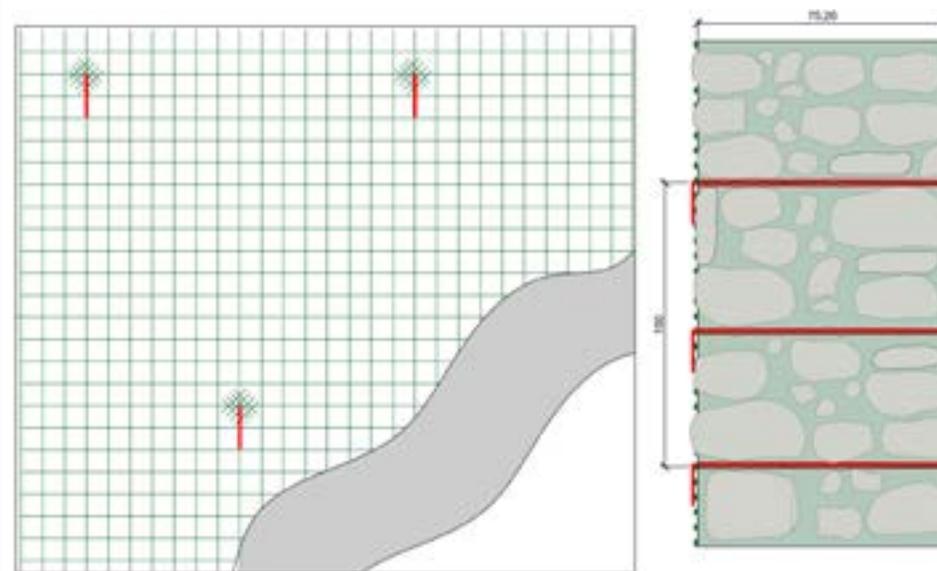
FASE 4: Applicazione della rete di rinforzo su entrambe le facce della muratura

FASE 5: Inserimento dei connettori in fibra di nylon e dei fazzoletti in rete per rendere collaborante l'elemento di rinforzo della rete con la muratura. Inoltre, si eseguono iniezioni di malta antiritiro fino a completo riempimento del foro.

FASE 6: Applicazione della finitura con una seconda mano di malta che permetta di migliorare l'adesione tra il supporto murario e l'elemento di rinforzo e successivamente si applica lo strato di finitura finale in intonaco, compatibile con la muratura storica.



Tratto da: <https://buildingcue.it/intonaco-armato-tutela-patrimonio-edilizio/17660/>



Scheda di intervento

Schede di degrado correlate Fessurazione

Descrizione tecnica

Elemento tecnico interessato: Chiusura verticale.
Localizzazione:
Materiale interessato: Muratura mista in pietra naturale

Descrizione dell'intervento

L'intervento consente di intervenire su murature storiche preservandone la finitura faccia-vista dei paramenti murari, in questo caso caratterizzati da pietrame misto. La tecnica consiste nella realizzazione di una ristilatura armata dei giunti di malta, attraverso funi in acciaio inox organizzate in modo organizzato a quinconce in modo da formare una maglia irregolare continua, capace di adattarsi alle murature di pietrame.

Protocollo operativo

FASE 1: Analisi del paramento murario al fine di decidere il percorso che le funi d'acciaio devono seguire e aiuta ad individuare la posizione dei nodi in cui realizzare le perforazioni.

FASE 2: Esecuzione della scarifica dei giunti di malta con una profondità di circa 50 - 60 mm.

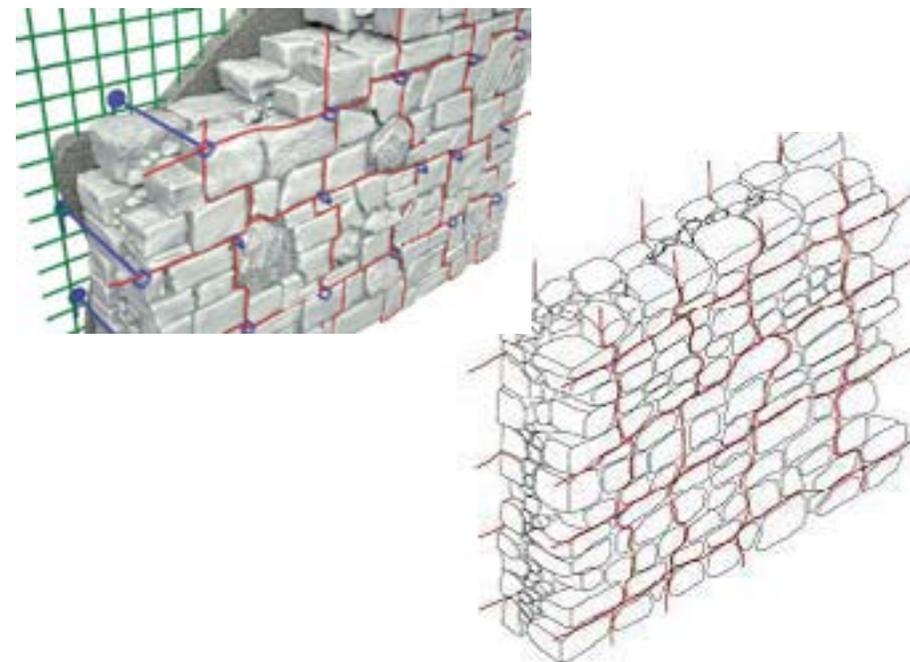
FASE 3: Applicazione del primo strato di malta compatibile con la muratura storica e vengono applicati dei ripartitori angolari in materiale preformato organizzati in quinconce;

FASE 4: Esecuzione delle perforazioni effettuate con trapano a rotazione su entrambe le facce per una profondità pari a 40 cm. Una volta pulite, si procede ad operazione di iniezione con malta cementizia antiritiro e posizionamento delle barre filettate M12, poi adeguatamente serrate con i rostri, rondelle e dadi;

FASE 5: Si vanno ad inserire le funi metalliche all'interno, avendo cura di far passare le funi all'interno dei rostri reggicavi già predisposti.

FASE 6: Si esegue un tensionamento degli elementi di tiro in acciaio viene predisposto anche il serraggio dei dadi della barra filettata, così da poter attivare l'intervento

FASE 7: Ristilatura finale dei giunti utilizzando una malta compatibile e per esterni.



Tratto da:
<https://www.teknoring.com/guide/guide-architettura/come-consolidare-le-murature-in-pietrame-con-la-tecnica-del-reticulatus-la-guida/>

VESPAIO AREATO ARMATO

Scheda di intervento

Schede di degrado correlate

Descrizione tecnica

Elemento tecnico interessato: Chiusure orizzontali controterra

Localizzazione: Ambienti piano terra

Materiale interessato: -

Descrizione dell'intervento

L'intervento consiste nella demolizione del solaio esistente e la realizzazione di un'intercapedine ventilata che distacchi la pavimentazione dal terreno, arginando così i problemi di umidità di risalita soprattutto in prossimità delle chiusure verticali e condensazione. Affinché la ventilazione si verifichi, è necessario predisporre un tubo che permetta lo sfiatamento attorno al perimetro dell'edificio. Questo permette inoltre di provvedere allo smaltimento delle acque atmosferiche dal lato delle terrazze sui lati Est e Ovest del palazzo.

Protocollo operativo

FASE 1: Demolizione del solaio con martello e prestando attenzione a non danneggiare le residue murature e fondazioni storiche al fine di non creare instabilità strutturali.

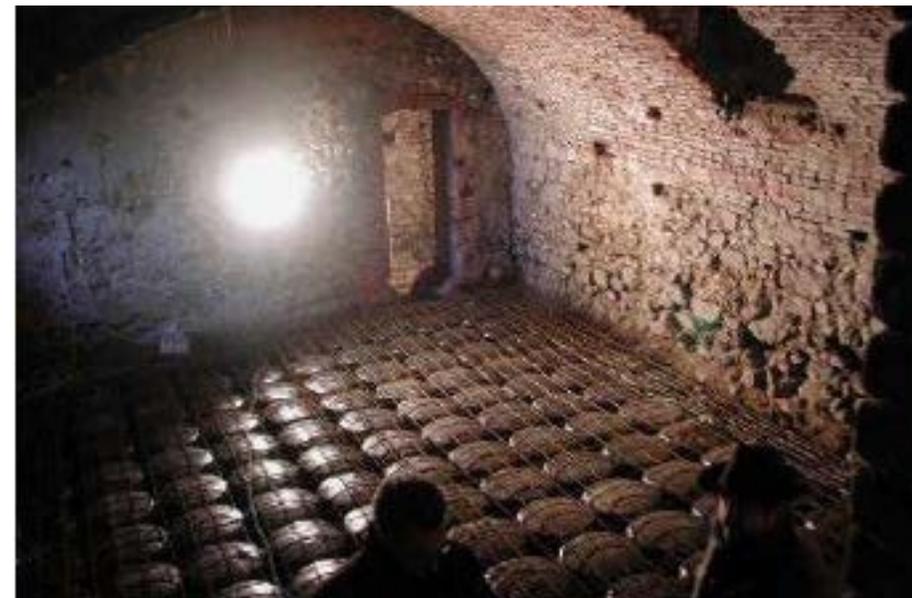
FASE 2: Scavo fondazionale fino alla quota di fondazione;

FASE 3: Esecuzione del getto dello strato di magrone.

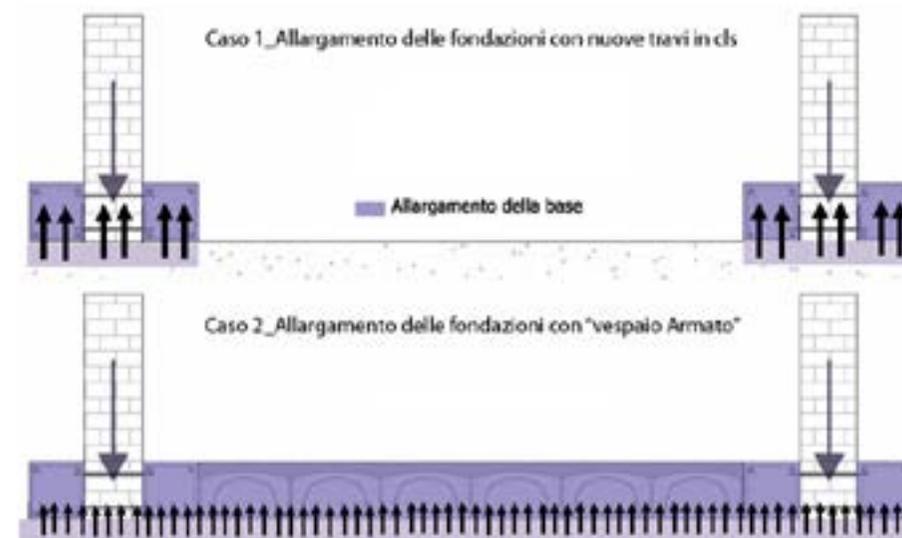
FASE 4: Posa degli elementi prefabbricati per l'aerazione del solaio e i connettori a Z per permettere la distribuzione delle sollecitazioni comportandosi come un elemento di trave reticolare alla Viereendel

FASE 5: Esecuzione del getto di calcestruzzo con rete elettrosaldata $\phi 10/10 \times 10 \text{ cm}$;

FASE 6: Reinsierimento del rivestimento in pietra serena grigia e per gli spazi di bottega verrà ristabilita la preesistente pavimentazione in piastrelle in laterizio.



Tratto da: Lavori effettuati al Castello di Masino a Caravino (TO) Prof. Ing. Lorenzo Jurina, 2004



Tratto da: Valentina Mogicato, *Il consolidamento delle [...]*, op. cit. rel. Lorenzo Jurina, 2008/09

IL PROGETTO TERRITORIALE

5.1. Sondaggio di valutazione

Nel periodo dal 15 novembre al 22 Dicembre 2020 è stato condotto uno studio guidato da un sondaggio sottoposto agli abitanti di Castiglione e ai turisti che frequentano o hanno frequentato il comune, tramite il supporto dell'amministrazione, di associazioni alberghiere locali e diffondendo il questionario nei social network.

Il questionario è stato sottoposto a 346 persone (114 abitanti e 136 turisti) che hanno indicato il loro punto di vista riguardo la vita della città e i loro stimoli riguardo quest'ultimo.

1. Indica il tuo genere:

Uomo (37 %) Donna (63 %)

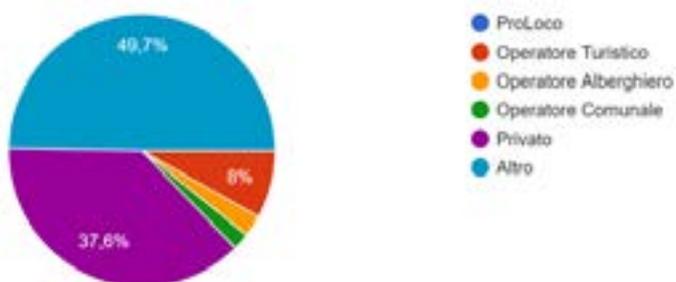
2. Sei un abitante di Castiglione della Pescaia?

Si (33 %) No (67 %)

3. Lavori nel comune di Castiglione della Pescaia?

Si (23,9 %) No (67,1 %)

4. Esplicita il settore o associazione di appartenenza:



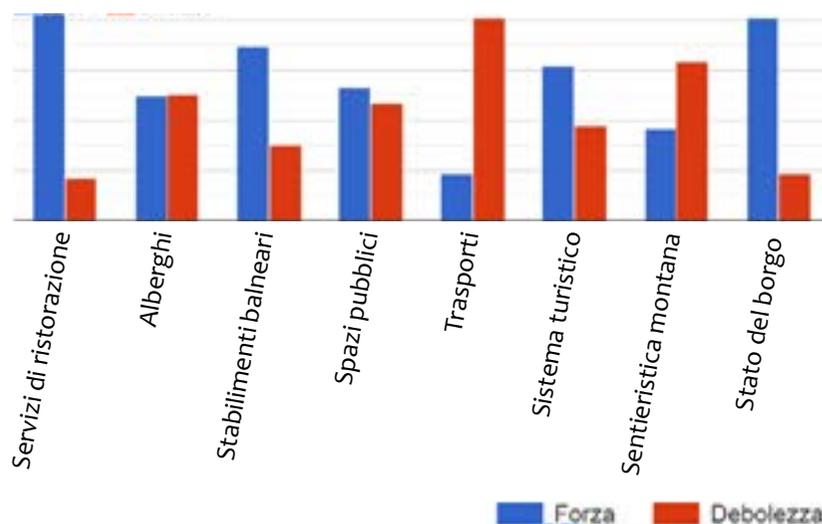
5. Come consideri la vita durante il periodo invernale?

ne siano rivolti ad un
) i turisti?

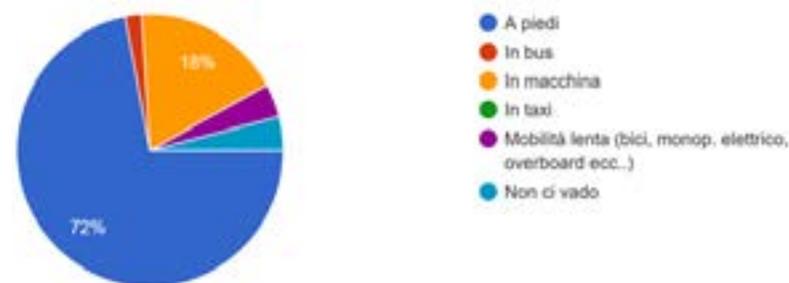
9. Sei mai stato/a in vacanza o hai mai visitato i luoghi circostanti della Maremma grossetana?

Si (58,1 %) No (41,9 %)

10. Quali sono i punti di forza e debolezza del borgo storico?



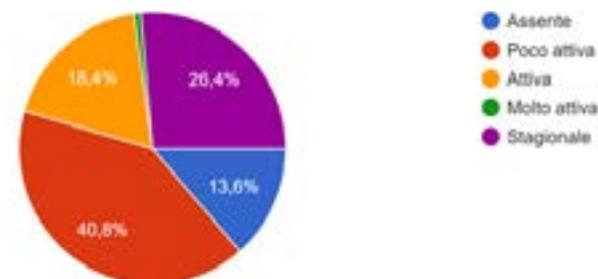
11. Come raggiungi il borgo storico?



12. Pensi che il borgo storico sia abbastanza accessibile e valorizzato?

Si (41,6 %) No (58,4 %)

13. Come percepisci la vita sociale all'interno del borgo?



14. Quali servizi potrebbero migliorare l'accessibilità e la fruizione di una cittadina costiera?

(Scelte multiple)

- Eventi culturali/musicali (67,6 %)
- Attività di sensibilizzazione (9,8 %)
- Eventi enogastronomici (50,4 %)
- Servizi bus navetta interni (30,7 %)
- Linee bus extra-comunali (24,2 %)
- Servizi turistico-museali (23,8 %)
- Itinerario sui camminamenti storici (49,6 %)

Altre risposte interessanti:

- Percorsi nei boschi, a cavallo, bike, trekking.
- Intensificare e migliorare la sentieristica.

15. Conosci palazzo Centurioni?

Si (37,7 %) No (62,3 %)

16. Pensi che un edificio storico sia adatto ad ospitare attività che si legano all'identità della propria città? Quali?

(Scelte multiple)

- Nessuna attività legata all'identità (4,1 %)
- Arti e mestieri del passato (59,8 %)
- Enogastronomia (39,3 %)

Musicali (50,4 %)
 Teatrali (43,9 %)
 Letterarie (45,5 %)

17. Qual è, secondo te, l'utilizzo migliore che potrebbe avere palazzo Centurioni?

Risposte interessanti:

- Mostre, eventi culturali e museali;
- Un museo arti mestieri e storia di Castiglione.
- Scuola di alta formazione artistica;
- Potrebbe diventare un polo di attrazione per ospitare eventi storici culturali, eventi enogastronomici per non disperdere vini e cibi tipici del borgo e maremmani.
- Possibilità di ospitare corsi di vela e/o attività legate alla promozione di sport d'acqua e di attività di promozione della storia del borgo coinvolgendo giovani che troverebbero anche possibilità di occasioni di socializzazione in qualsiasi momento dell'anno;
- Museo del vino o comunque un museo enogastronomico o legato ai vecchi mestieri che si svolgevano nel paese;
- Luogo di mostre/negozi di arte e artigianato.

18. Quali spazi credi siano necessari in un borgo costiero come Castiglione? (*Scelte multiple*)

Spazi per eventi all'aperto (69,7 %)
 Spazi per eventi al chiuso (45,1 %)
 Piazza coperta (11,9 %)
 Museo (23,4 %)
 Centro culturale (47,5 %)
 Spazi per lo studio (16,0 %)

19. Conosci Georg Solti?

Si (66,0 %) No (34,0 %)

20. Pensi che sia un personaggio da cui possa derivare un'attività culturale?

Si (85,5 %) No (14,5 %)

21. Se sì, di che tipo?

Risposte interessanti:

- Abbiamo già concerto in estate, sarebbe bello fare qualcosa anche nella media bassa stagione;
- Continuare ciò che era iniziato con l'accademia;
- Eventi lirici;
- Scuola di alta formazione musicale;
- Aderente al suo ambito. Aumentare gli eventi musicali nella piazza a lui dedicata e parallelamente valorizzare palazzo centurioni con iniziative che riguardano l'ambito musicale.

22. Conosci Italo Calvino?

Si (98,8 %) No (1,2 %)

23. Pensi che sia un personaggio da cui possa derivare un'attività culturale?

Si (87,1 %) No (12,9 %)

24. Se sì di che tipo?

Risposte interessanti:

- Incontri letterari;
- Lectures, attività relative alle sue opere, sia per bambini sia per adulti, mostre;
- Attività letteraria, ci sono tanti castiglionesi che hanno scritto libri. In una sede come Palazzo Centurioni, potrebbero fare incontri, leggere le loro opere e magari invitare altri scrittori;
- Letture ricreative con bambini e ragazzi;
- Associazione per giovani talenti della letteratura;

- Spazi di scambio culturale organizzando letture delle sue opere magari utilizzando eventi in cui dare riflessioni sui temi da lui affrontati anche attraverso concorsi di grafica disegni pitture o utilizzo di materiali naturali per creazioni artistiche che richiamerebbero i temi da lui affrontati;
- Caffè letterario dedicato ad approfondimenti su brani estrapolati dai suoi libri.

Conclusioni

Dalle suggestioni ottenute durante il sondaggio e interviste con personaggi del luogo e del settore ricettivo del comune, ci si è quindi orientati verso un rilancio turistico che potesse essere interscambiabile tra i vari periodi dell'anno.

La parte fondamentale di questo approccio ad un nuovo turismo per la città vuole essere quello di far coinvolgere in prima persona il visitatore ma anche il promulgatore dell'attività stessa.

Inoltre, essendo Castiglione un piccolo comune tra montagna e mare si vuole incentivare i visitatori a tornare all'interno del borgo anche nei periodi di bassa stagione con l'obiettivo di sdoganare quello che è da sempre stato un turismo prettamente stagionale.

Questo deve essere fatto sforzandosi di reinventarsi nelle attività e nel coinvolgimento dell'utente visitatore incentivando, per esempio, attività più "estive" nel periodo invernale.

Quello che si propone è quindi di rivalutare gli eventi nel periodo di bassa stagione incentivando determinate attività:

- Utilizzare gli spazi espositivi del palazzo come luogo di reclutamento per l'Accademia di musica di Georg Solti che può quindi rivelarsi per almeno 3 mesi dell'anno un luogo di cultura e rinnovamento artistico per il comune. Infatti, questo tipo di evento viene organizzato una volta all'anno, solitamente verso Maggio e coinvolge esperti e studenti selezionati da tutte le parti del mondo.

- Coinvolgimento in attività letterarie e confronto con nuovi poeti e scrittori emergenti. In questo caso possono essere prenotati gli spazi al fine di organizzare settimanalmente o mensilmente degli incontri.

- Recupero di alcune figure importanti e di anniversari particolare nel periodo della bassa stagione che possono dare il via a nuove attività di tipo letterario, teatrale e musicale.

- Attività legate alla sostenibilità alimentare, in questo caso sarà possibile coinvolgere associazioni e scuole per un'educazione rivolta allo spreco e al riciclo utilizzando gli spazi interni per attività laboratoriali e quelli esterni per toccare con mano i prodotti invernali che questo comune può offrire.

- Attività laboratoriali rivolte ad alcuni antichi mestieri del cordaio e del maniscalco in modo da permettere un recupero dell'identità del luogo, specialmente all'interno di un borgo murato in cui il palazzo è sito.

5.2. Rilancio del turismo

Sono stati individuati degli obiettivi in linea con quanto è emerso dalle analisi conoscitive e durante la fase di sintesi, effettuate durante la fase progettuale. Nel caso del comune di Castiglione della Pescaia, sono stati scelti **tre obiettivi**.

1. **Recupero della memoria storica;**
2. **Rivitalizzazione del periodo invernale;**
3. **Recupero della cultura materiale e immateriale.**

L'iter decisionale che ci ha spinto a definire i criteri di comparazione, descritti più avanti, è stato quello di porci delle domande che descrivessero l'attuale stato di fatto con le sue criticità e le sue potenzialità. Sono così sorte 3 macrocategorie di temi in cui andare ad indagare e che hanno dato l'incentivo per la ricerca dei casi studio:

1. Quali potrebbero essere le strategie, le soluzioni, e quindi gli interventi, che porterebbero il comune verso una nuova ridestituzione turistica invernale, risolvendo i forti scompensi socio-economici e riguardanti i flussi;
2. Quale può essere il modo di recuperare la memoria storica, la cultura materiale e immateriale del luogo, in particolare in un sistema storico estremamente consolidato e conservativo;
3. Come poter inserire più attività diverse all'interno di un edificio all'interno del borgo medievale, ricreando un polo multifunzionale che possa accogliere più temi culturali e artistici in modo da riportare l'identità unica del comune;

Modelli turistici

Turismo medievale

Questo modello si propone di valorizzare il prodotto territoriale dell'**enoturismo storico**, un trend in forte crescita che coniuga l'eccellenza dei percorsi viti-vinicoli con la visita delle aree medievali italiane.¹

Tende a promuovere quelli che sono i centri minori o poco conosciuti istituendo anche una promozione delle attività ricettive del luogo (alberghi, ristoranti, B&B, agriturismi, case vacanza) per muovere l'economia locale. Esse, quindi, possono rinnovarsi dal punto di vista turistico riservando dei pacchetti comprendenti tour enogastronomici all'interno dei borghi del territorio comunale, nonché visite guidate da esperti nei luoghi storici che li caratterizzano.²

Un caso di applicazione è il Trentino Alto Adige³ che nel 2019 ha reso possibile ad un ristretto numero di prenotati di visitare una selezione di cantine tipicamente identitarie dell'appassionata cultura familiare del vignaiolo salendo a bordo di un comodo bus con partenza da Trento. Il tour prevedeva la sosta in 3 cantine di 3 valli diverse (Piana Rotaliana, Valle dei Laghi, Vallagarina) con un'approfondita visita guidata e degustazione.⁴ Durante l'itinerario, è prevista anche una visita del celebre Castel Thun, uno dei più belli e meglio conservati castelli del Trentino, dimora di un'illustre famiglia, sito nella suggestiva cornice della Val di Non.

¹ <https://www.montagnadiviaggi.it/2018/10/festival-turismo-medievale-trento.html>

² *Ibidem*

³ *Ibidem*

Fig. 1
Castello di Thun
tratta da:



Fig. 2
Esempio turismo
esperienziale,
laboratorio di
cucina
Tratto da:
[https://www.
progettoartes.it/
futuro-del-turismo-
esperienziale/](https://www.progettoartes.it/futuro-del-turismo-esperienziale/)

È chiaro che questo tipo di modello turistico si presta in tutti i piccoli comuni o piccoli borghi che abbiano delle caratteristiche medievali comuni. Non solo, consente di attivare anche delle partnership tra privati e pubblici con il fine di migliorare e incrementare la partecipazione cittadina, rilanciando al tempo stesso l'economia interna del piccolo comune, tramite le attività proposte dal modello.

Turismo esperienziale

“È una esperienza unica, autentica, basata sulle relazioni umane, che permette di immergersi nello stile di vita locale e in tutto ciò che ne costituisce l'identità, permette di acquisire esperienze multisensoriali attraverso la partecipazione diretta nelle attività che costituiscono l'offerta” (Ignazio Caloggero)⁵

Il modello del turismo esperienziale⁶ è basato sull'idea fondante che il turismo debba rispondere alla richiesta di suscitare delle **emozioni**. Attualmente, in effetti, sono più le abitudini o le usanze di una data comunità ad attrarre flussi turistici che non i monumenti o

le bellezze naturali. Ultimamente, si è fatta sempre più crescente l'idea che il turista debba e voglia essere **protagonista** e non più semplicemente spettatore.

L'obiettivo quindi è quello di fornire al turista la possibilità di **imparare** qualcosa, allargare i propri orizzonti e conservare il ricordo e le emozioni di un'esperienza a tutto tondo, costruendosi un proprio bagaglio culturale.⁷ Lo scopo del viaggio diviene quindi l'apprendimento attraverso la condivisione di momenti di vita quotidiana.



Questo modello di turismo trova il proprio valore aggiunto nell'elemento emozionale che ha così un impatto sulla generazione di un ricordo.

Un progetto, o per meglio dire un'offerta, di turismo esperienziale, per definirsi effettivamente tale, deve rispondere ad alcuni criteri ed offrire:

⁴ <https://www.montagnadiviaggi.it/2018/10/festival-turismo-medievale-trento.html>

⁵ <https://www.aiptoc.it/per-una-corretta-definizione-di-turismo-esperienziale/>

⁶ <https://www.progettoartes.it/futuro-del-turismo-esperienziale/>

⁷ *Ibidem*

- *Unicità*, legata al fatto che l'esperienza che stiamo offrendo può avvenire solo nel luogo in cui la stiamo offrendo;
- *Autenticità*, legata alle persone che il turista incontrerà, alle attività a cui gli verrà proposto di partecipare, che devono essere legate alle tradizioni del territorio;
- *Intrattenimento*, insito nella capacità di raccontare in modo coinvolgente ed accattivante l'esperienza che viene offerta;
- *Coinvolgimento del turista*, reso protagonista attraverso attività che gli consentiranno di sperimentare e imparare.⁸

Il turismo esperienziale si basa quindi sui principi di coinvolgimento, avventura e, soprattutto, autenticità ed originalità dell'esperienza. Ci si propone quindi di allontanarsi dai percorsi più turistici, proponendo in qualche modo dei percorsi di "élite", a cui attingerà solo chi è disposto a condurre un viaggio non più caratterizzato dai canoni tradizionali, ma piuttosto dalla proposta di nuove esperienze e ricordi che si costruiranno sulla base di ciò che il turista ha fatto e non più solo in relazione a ciò che ha visto.



Turismo di condivisione

Il turismo di condivisione⁹ era un progetto stanziato nel 2020 per la ripresa di alcune piccole comunità appartenenti ai "Borghi Autentici d'Italia" con lo scopo di coinvolgere il turista nella quotidianità del borgo, facendolo diventare un vero e proprio cittadino temporaneo del luogo.



I Borghi Autentici aderenti al progetto potranno organizzare diverse iniziative⁹ legate al tema della condivisione tra le quali:

- *"via per via, tavola per tavola"*: attività di street food, allestite tra le vie principali, che coinvolgono i cittadini stessi che presentano al visitatore il piatto proposto;
- *"passeggiate che scaldano il cuore"*: passeggiate di gruppo con l'ausilio di guide o esperti avere coscienza diretta di quelli che sono i beni culturali che, seppur piccoli, appartengono al patrimonio culturale della comunità;
- *"lectio magistralis"*: intervista e dialogo alcuni personaggi locali che condividono alcuni aneddoti riguardanti il borgo, sia eventi personali che storici;
- *"viaggio in un piccolo mondo autentico"*: altra tipologia di passeggiate o escursioni guidate all'interno del paesaggio del borgo, possono essere svolte oltre che a piedi, con animali, biciclette o, dove vi è possibilità, in barca;

Fig. 3

Esempio turismo esperienziale, laboratorio teatrale
Tratto da: <https://www.progettoartes.it/bitesp-esempi-di-turismo-esperienziale-storyliving-experience-theatre/>

Fig. 4

Logo dell'Associazione Borghi Autentici d'Italia

⁸ <https://www.progettoartes.it/futuro-del-turismo-esperienziale/>

⁹ <https://www.borghiautenticitalia.it/progetti>

Fig. 5

Escursioni ed esperienza in barca a vela

Tratto da: <https://www.vuoifarevela.com/vela-scuola-gite-isole/309-rocchette-e-castiglione-della-pescaia>



- *“un mese di vacanza gratis a...”*: si tratta dell’esperienza più interessante proposta nel progetto, prevede il coinvolgimento di due o più giovani che avranno la possibilità di essere ospitati gratuitamente nel borgo per un mese in cambio di alcune ore giornaliere di volontariato e/o di cooperazione.

I candidati italiani e stranieri selezionati, così, diventeranno cittadini temporanei del Borgo, immergendosi nella cultura locale, imparando l’italiano (se stranieri), co-operando con la comunità locale, facendo volontariato, scoprendo i prodotti tipici e le aziende agro-alimentari della zona e contribuendo alla conoscenza del Borgo e del suo territorio.

- *“l’angolo della condivisione”*: raccolta fondi per una causa particolare anche locale, da individuare, scambio solidale, baratto.¹⁰

Si tratta di un progetto innovativo che avrebbe dovuto essere applicato per la prima volta nell’estate del 2020, ma a causa della situazione di emergenza è stato sospeso. Nonostante ciò, rappresenta una tipologia di turismo nuova con la quale è possibile conoscere a fondo il luogo che si visita, il turista non è più un semplice visitatore e fruitore, ma diventa parte integrante della comunità la quale condividerà esperienza e la propria storia in cambio di un contributo concreto e volontario da parte del visitatore.

Da questi 3 modelli appena analizzati ci si è quindi domandato cosa e quali approcci potessero essere adattabili in un luogo come quello del borgo di Castiglione della Pescaia, che ha un territorio estremamente variegato e flessibile nelle attività da poter promuovere e valorizzare.

Questa analisi, insieme alla lettura delle risposte risultanti dal sondaggio effettuato e ad un continuo confronto con l’amministrazione comunale, hanno permesso di restringere il campo decisionale su quegli aspetti da valorizzare e/o innovare.

Dai vari modelli citati si è voluto prendere quegli aspetti che più sembrano adattarsi ed essere compatibili con le esigenze del luogo.

All’interno del borgo storico in cui ci troviamo, che purtroppo sembra non essere valorizzato come dovrebbe, Palazzo Centurioni si pone l’obiettivo di diventare la **sede di lancio** di alcune attività che possano coinvolgere di più cittadini e turisti.

Essendo un luogo storico ci si propone di prendere un approccio, molto interessante del “turismo medievale”, promuovendo anche quei borghi minori o poco conosciuti istituendo una **nuova rete** e comunicazione con altri musei o attività ricettive per la promozione dei prodotti e dell’economia locale, durante l’intera durata dell’anno.

In questo circuito, tutte le attività ricettive, quali agriturismi, b&b e hotel, possono rinnovarsi dal punto di vista turistico riservando dei pacchetti comprendenti tour, non solo enogastronomici, ma anche diretti alla cultura dell’olio, e come si fa per il vino, della sua storia nonché la produzione e abbinamento con i cibi.

La scelta di favorire anche questo prodotto locale deriva dalla posizione territoriale di Castiglione, inserita nella zona paludosa del Lago Prile di origine etrusca in cui vi sono stati notevoli ritro-

¹⁰ <https://www.borghiautenticiditalia.it/progetti>

vamenti archeologici che testimoniavano una profonda cultura per i frantoi, le olive e l'olio. Soprattutto, grazie ad uno storico Isidoro Falchi¹⁴, a Vetulonia, è stato riportato alla luce una domus, detta "Domus dei Dolii".



Un ampio vano era destinato allo stoccaggio delle riserve alimentari, custodite entro grandi orci (dolia) rinvenuti ancora in piedi e forse (la parte lastricata in pietra) alla produzione di olio. Questi resti sono esposti al Museo archeologico di Vetulonia, facente parte di una rete museale esistente, i Musei di Maremma.



Talmente è forte tale cultura per l'olio che è stata addirittura istituita, a Vetulonia, una Festa dell'olio, organizzata per la seconda domenica di novembre, in cui si svolgono varie degustazioni e mostre degli antichi frantoi.

Vi è quindi la volontà di inserire anche Castiglione della Pescaia all'interno di questa rete promuovendo la conoscenza di tutti i prodotti locali, elementi cardine dell'identità del luogo, incoraggiando visite guidate da esperti nei suddetti luoghi storici.

Ancora, altro approccio interessante tra i modelli citati, utile al rilancio del turismo a Castiglione della Pescaia, è quello di rendere l'attività turistica un'esperienza vera e propria coinvolgendo in prima persona l'utente all'interno delle attività.

Toccare con mano i prodotti o praticare le antiche usanze di un luogo, spinge senza ombra di dubbio, l'utente a interessarsi di più al luogo in cui si trova, generando ricordi che presumibilmente lo porteranno a voler ritornare sul luogo.

Quindi, quello che si propone di fare è di andare a inserire, all'interno del Palazzo, attività laboratoriali di cucina e di antiche maestranze che coinvolgono l'utente in prima persona, seguito dall'occhio attento dei cittadini o professionisti della cultura maremmana.

Fig. 6

Area archeologica della Domus dei Dolii, Vetulonia
Tratto da: <https://www.ilgiunco.net/2017/09/12/ripresi-a-vetulonia-gli-scavi-della-domus-dei-dolia-e-vicina-alla-domus-di-medea/>

Fig. 7

Museo archeologico di Vetulonia
Tratto da: [https://it.wikipedia.org/wiki/Museo_civico_archeologico_Isidoro_Falchi#/media/File:Museo_archeologico_Isidoro_Falchi_Vetulonia_\(GR\).jpg](https://it.wikipedia.org/wiki/Museo_civico_archeologico_Isidoro_Falchi#/media/File:Museo_archeologico_Isidoro_Falchi_Vetulonia_(GR).jpg)

¹⁴ Isidoro Falchi (1838 - 1914) è un medico e archeologo autodidatta. Dopo aver ottenuto la laurea in medicina a Pisa, Falchi vinse la condotta a Campiglia Marittima. Tra il 1879 e il 1883 fu eletto come Consigliere Comunale dedicando la sua attività politica in gran parte di diritti di pascolo e di usi civici. Per questa sua propensione iniziò una ricerca archivistica che culminò con la pubblicazione "Trattenimenti popolari sulla storia della Maremma e specialmente di Campiglia Marittima". La sua vita rimase poi indissolubilmente legata alla scoperta e agli scavi di Vetulonia che si protrassero per circa 30 anni. Morì nel e lo ricorda, nella rivista Emporium XLI n.245 del maggio 1915, suo genero Luigi Pernier con un lungo necrologio.

5.3. Analisi SWOT

L'analisi SWOT è uno strumento di pianificazione strategica abitualmente adottato per elaborare, sintetizzare e descrivere una situazione allo stato in cui si presenta in fase di analisi. In questo senso, l'analisi SWOT si declina come un sistema di considerazioni atte ad evidenziare lo stato di fatto di un determinato contesto urbano, distinguendo e delineando il campo d'azione del progettista.

In particolare, si struttura basandosi su una matrice composta da quattro categorie:

- Strengths (Forze);
- Weakness (Debolezze);
- Opportunity (Opportunità);
- Threats (Minacce).

I punti di forza e quelli di debolezza sono fattori endogeni, ovvero intrinseci del luogo, mentre le opportunità e le minacce sono costituite da fattori esogeni, ovvero esterni al contesto e quindi non direttamente modificabili se non tramite l'azione progettuale.

In base a questi, quindi, si potranno condurre delle considerazioni sulle caratteristiche del luogo che mettano in luce gli aspetti in grado di supportare il processo che si intende intraprendere così da capire come tali considerazioni possano trarne miglioramento oppure potrebbero ostacolarlo.

Si è proceduto a redigere un'analisi SWOT completa ed esaustiva su tutto l'ambiente urbano di Castiglione della Pescaia, comprendendo anche il borgo murato.

Si procede analizzando gli stessi argomenti trattati dalle analisi:

- Servizi e funzioni primarie;
- Sistema della mobilità;
- Reti ecosistemiche;
- Monumenti e landmarks;

- Tessuto urbano e spazio aperto.
- Governance;
- Fattori socio-economici.

Forze e Debolezze

Sono state riscontrate tante forze quanto le debolezze ma su delle tematiche diverse che comportano, in determinati casi, una **svalutazione** degli aspetti forti del sistema urbano.

Alcune di queste riguardano proprio il raggiungimento della città, poichè non sono presenti delle linee di autobus a livello comunale che possano aiutare a conoscere meglio l'area.

Questo comporta **ulteriori sbilanciamenti** soprattutto riguardo alla parte socio-economica del comune di Castiglione poichè per l'appunto si ha un notevole servizio di alloggi nei mesi estivi, ma un elevato svuotamento degli stessi durante la stagione invernale.

La conseguenza di questo **fenomeno stagionale** fa sì che la città non presenti delle attività che possano invogliare gli utenti, sia interni sia esterni all'area, a permanere e a vivere la città con le sue bellezze storiche, culturali e naturalistiche di cui è piena.

Opportunità e Minacce

Si evidenzia come gli aspetti riportati nella categoria delle Opportunità si rivolgono per lo più a strategie di rigenerazione della vita del comune e di recupero del borgo medievale.

Alcune di queste vengono trattate già all'interno del piano strutturale del comune, mentre altre provengono da un'analisi delle risorse che sono state riscontrate nella fase iniziale della conoscenza. Quest'ultime vogliono **incentivare alla valorizzazione** di alcune risorse che potrebbero portare ad un equilibrio tra le attività stagionali all'interno del comune, come nel caso del riutilizzo di determinate aree dismesse o inutilizzate. La categoria delle minacce, invece, mostra problematiche

riguardanti alcuni servizi utili alla comunità cittadina e indica come anche a livello esterno al comune, riaffiora il fenomeno dello sbilanciamento della fruibilità e della stagionalità. Questo infatti comporta, insieme agli aspetti visti nel paragrafo precedente, ad un notevole calo della sostenibilità economica e dei flussi che si creano durante l'anno data soprattutto dalla mancanza di servizi attivi per la collettività e della stagionalità nelle linee di autobus extra-urbani.

Di seguito riportiamo alcune riflessioni che sono sorte durante lo sviluppo della SWOT.

I temi che si portano alla luce sono:

- La difficoltà nello svolgere un'attività progettuale in un contesto già fortemente definito e depositario di un retaggio storico appartenente almeno all'epoca medioevale;
- La qualità del tessuto edilizio della città, che ad un nucleo storico caratterizzato ed identitario affianca un'espansione residenziale apparentemente incontrollata.

Come molti luoghi d'Italia, Castiglione della Pescaia risulta frutto di un'evoluzione storica che affonda le sue radici nell'epoca medievale. La valorizzazione e la conservazione di questo patrimonio storico sono di indubbia importanza e purtroppo non sempre possibili.

È compito del progettista, comprendere i vincoli imposti e possibilmente raggiungere l'obiettivo progettuale adattandosi ad essi. Diventa, quindi, estremamente importante conoscere la natura dei vincoli imposti sul tessuto storico, in modo da poterne comprendere il significato e operare sinergicamente ad essi e non in loro contrapposizione.

Per quanto riguarda il caso specifico, il piano strutturale del comune richiede di porre particolare attenzione alla tutela dell'area appartenente alla Diaccia Botrona.

Questa infatti presenta criticità importanti legati all'intenso flusso turistico estivo, alla presenza di piccole strutture ricettive all'interno della pineta, al rischio di incendi e al rischio di cancellazione di

biodiversità dovute in parte alla variazione nell'assetto della vegetazione, che dipende da politiche forestali da sottoporre a controlli di valutazione, ed in parte ad azioni di spianamento meccanico delle spiagge, che non tengono conto della presenza di piccoli ecosistemi associati alla presenza di materiali spiaggiati.

Si pone inoltre l'attenzione anche su elementi di criticità esterni all'area interessata, costituiti dal confine del sito con impianti turistici di notevole importanza e con la strada che delimita il sito stesso, interessata da intenso traffico veicolare durante la stagione estiva. Si pone quindi l'attenzione sull'adozione di misure di conservazione quali l'adozione di misure forestali finalizzate alla tutela e all'incremento delle specie autoctone presenti, la riduzione dell'impatto derivante dalla pulizia delle spiagge mediante l'impiego di mezzi meccanici, il controllo dell'impatto turistico riducendo il numero di accessi al mare.

I vincoli imposti sul tessuto storico invece riguardano la possibilità di condurre operazioni di manutenzione ordinaria o straordinaria e agli interventi di restauro e risanamento, come definite dal Testo Unico per l'Edilizia (D.P.R. 380/2001), laddove se ne presenti la necessità.

Si riporta di seguito la tavola in cui vengono raccolti tutti i punti precedentemente descritti, utili alla generazione del piano strategico per la rigenerazione urbana di Castiglione della Pescaia.

Fig. 8
Analisi SWOT (Tav. 10)



Servizi e funzioni primarie

- Elevata quantità di strutture ricettive;
- Polarizzazione dei servizi commerciali e pubblici in centro;
- Porto e spiagge vicini al centro storico;
- Presenza di campi sportivi in buone condizioni;
- Spiagge ecosostenibili;

Sistema della mobilità

- Elevata quantità di parcheggi;
- Ciclopedonale che collega la città alle aree naturalistiche (Punta Capezzolo, Riva del Sole);
- Conglomerazione della viabilità provinciale;
- Presenza di aree pedonali urbane coincidenti con il borgo storico;

Reti ecosistemiche

- Notevole interesse naturalistico;
- Presenza di bellezze costiere e lungomare;
- Presenza di belvedere panoramici

Monumenti e Landmarks

- Presenza Diaccia Botrona, area di interesse storico e naturalistico;
- Presenza del Castello e della Fortezza medievale; costituiscono il cuore storico della città;
- Faro, elemento immediatamente riconoscibile della città;

Tessuto urbano e spazio aperto

- Nucleo storico consolidato e riconoscibile;
- Conservazione del percorso evolutivo della città;

Governance

- Tradizione storica del borgo medievale;

Fattori socio-economici

- Crescita numero addetti nelle imprese;
- Economia basata molto sul turismo;
- Forte coscienza sulla materia di riciclo;

Servizi e funzioni primarie

- Ospedali al di fuori del comune;
- Tribunale al di fuori del comune;
- Scuole primarie di secondo grado al di fuori del comune;
- Decentramento dell'edificio che ospita il comune;
- Stagionalità delle attività commerciali;
- Mancanza di un luogo pubblico coperto;
- Borgo ad uso esclusivamente comunale;

Sistema della mobilità

- Assenza di una stazione ferroviaria;
- Assenza di una linea di bus comunale;
- Z.T.L. attivo esclusivamente in estate;

Reti ecosistemiche

- Zone soggette ad evidenti pericolosità idrauliche e di esondazione;
- Aree verdi urbane limitate;
- Tratti costiere a lenta erosione;
- Assenza di adeguati sistemi di depurazione per lo smaltimento dei liquami;

Monumenti e Landmarks

- Scarsa valorizzazione del Castello e della Fortezza medievale;

Tessuto urbano e spazio aperto

- Destinazione d'uso prevalentemente residenziale; svuotamento durante l'inverno;

Governance

- Settore turistico indirizzato prevalentemente sul settore marittimo;
- Scarsa organizzazione dei flussi turistici nel corso dell'anno;

Fattori socio-economici

- Riduzione del numero di imprese;
- Alto numero di abitanti appartenenti alla fascia anziana (quasi il 70 %);
- Lo svuotamento invernale causa un'elevata contrazione delle attività economiche in questo periodo;

Servizi e funzioni primarie

- Biblioteca inserita in una rete culturale provinciale;
- Importante approdo ricettivo per imbarcazioni;
- Prossimità all'aeroporto di Grosseto (circa 20 km);

Sistema della mobilità

- Ampia rete sentieristica che si estende oltre i confini comunali;
- Rete di bus extraurbani;
- Ciclabile che collega CdP con Marina di Grosseto;
- Collegamento stradale diretto con l'aeroporto;
- Previsione di una revisione dell'accesso meccanizzato e ciclopedonale nell'area lungomare (Via Roma);

Reti ecosistemiche

- Rivalorizzazione corridoi ecologici;
- Possibilità di connessione con altre importanze naturalistiche provinciali;
- Intensificazione culturale con piante autoctone;
- Tutela e incremento biodiversità locale (Badiola, Padule);

Monumenti e Landmarks

- Riutilizzo degli edifici di proprietà comunale oggi inutilizzati (Palazzo Centurioni);

Tessuto urbano e spazio aperto

- Valorizzazione attiva del tessuto storico;
- Riutilizzo di alcuni edifici comunali (ex casa di riposo, area ex Paoletti, ex sede comunale);
- Trasformazione urbana del centro murato con espansioni lineari (SP 158 - PADULE);

Governance

- Promozione misure di incentivazione delle forme di agricoltura volte al mantenimento o recupero degli assetti tradizionali;

Fattori socio-economici

- Promozione e consolidamento attività zootecnica produttiva;

Servizi e funzioni primarie

- Elevata quantità di strutture ricettive che in estate rimangono vuoti;

Sistema della mobilità

- Parcheggi che in estate sono grandi vuoti urbani;
- Stagionalità di buona parte dei bus;

Monumenti e Landmarks

- Città non inserita nel circuito turistico dei borghi storici toscani;
- Città non inserita nella rete dei musei maremmani;
- Castello di proprietà privata, visitabile solo a pagamento;

Fattori socio-economici

- Forte stagionalità turistica;
- Sistema economico fragile basato quasi esclusivamente sul turismo estivo;
- Calo del mercato immobiliare durante la stagione invernale;
- Turismo non sostenibile durante i mesi estivi

5.4. Strategie di intervento

La Vision di progetto viene concretizzata tramite la redazione della matrice OSA, ovvero degli Obiettivi, Strategie e Azioni.

È la fase del processo di progettazione che consiste nel riunire le informazioni maturate durante la fase di sintesi e cerca di definire una visione strategica che viene poi a svilupparsi nell'elaborato grafico della Vision, dando quindi una risposta a tutte le "domande" o le istanze trovate o richieste.

Il progettista definisce, in primo luogo, gli obiettivi della trasformazione urbana che devono essere riferiti direttamente al processo di progettazione all'interno del contesto urbano e devono quindi essere chiari e di immediata comprensione.

Nel caso del comune di Castiglione della Pescaia, sono stati scelti tre **obiettivi** che vogliono valorizzare quelle che sono le forze ma soprattutto le risorse che il contesto possiede e contemporaneamente vogliono risolvere le mancanze che possiede.

È importante soffermarsi sul fatto che non è possibile portare a compimento solo uno di questi obiettivi, ma è bene che essi lavorino sinergicamente data la loro interconnessione e che quindi possono portare a conseguenze positive e/o negative l'uno sull'altro.

Il **primo obiettivo** mira a una rigenerazione del nucleo storico del comune rivalorizzandone la cultura materiale, la storia e la sua fruizione, estremamente persa da tempo.

Il **secondo** si concentra molto su una delle debolezze più forti che presenta il comune dal punto di vista della fruibilità. Questo obiettivo viene posto per risolvere i notevoli sbilanciamenti di flusso e di attività turistica durante tutti i mesi dell'anno, che causano non solo una svalutazione del borgo ma minano all'intera sostenibilità del comune dal punto di vista economico e soprattutto sociale.

Il **terzo** è un obiettivo che si pone in correlazione con gli altri e vuole risolvere l'accessibilità all'area comportando quindi un cambiamento radicale nella vita del comune in modo da essere, non più una zona di passaggio per altri centri abitati, ma un polo attrattivo a livello provinciale se nonchè regionale e nazionale.

In secondo luogo, il progettista definisce le **strategie** che devono essere specifiche per il contesto urbano di riferimento e rappresentano degli interventi o delle linee guida utili al raggiungimento degli obiettivi scelti nella fase precedente.

Queste strategie vogliono raccogliere, non solo le proposte già portate avanti dall'amministrazione, ma soprattutto le istanze e le esigenze derivanti dalle richieste dei cittadini del comune, che sempre di più sentono il bisogno di portare vita all'interno della città e in particolar modo del centro storico.

Una volta definite le strategie per la realizzazione degli interventi a scala urbana è necessario concludere questa fase con la definizione delle **azioni**.

Fig. 9

Analisi strategica e determinazione della matrice OSA (Tav. 63)

Recupero Memoria Storica / Identità

Recupero edifici esistenti interni al borgo



Intervento di restauro e rifunzionalizzazione di Palazzo Centurioni



Restituzione al pubblico del Castello Medievale



Riqualificazione delle mura storiche del borgo e ripristino del camminamento superiore

Recupero della cultura materiale



Riscoperta della tradizione
Recupero delle antiche tradizioni e attività di sensibilizzazione sul territorio



Installazione pannelli conoscitivi della storia del borgo medievale

Memoria delle figure illustri quali Italo Calvino, Georg Solti, Ambrogio Fogar, Carlo Fruttero

Valorizzazione delle figure storiche del luogo

Rivitalizzazione nel periodo invernale

Creare nuove attività attrattive e culturali



Laboratori intergenerazionali del recupero dei mestieri: cucina tradizionale, pescatore, cordalo



Creazione di eventi letterari e/o musicali periodici per la comunità cittadina

Creazione di un circuito culturale con gli altri borghi



Organizzazione di nuovi festival enogastronomici connessi agli eventi già presenti nei borghi minori

Miglioramento della rete extra-urbana

Incremento delle linee nel periodo invernale



Installazione pensiline fotovoltaiche



Definizione di linea bus elettrica urbana a livello comunale con fermata prevista all'entrata del borgo (Porta di San Giovanni Battista, Porta a Mare)

Miglioramento della viabilità lenta

Introduzione di percorsi con mezzi pubblici comunali



Definizione di stazioni di capolinea
Definizione di linee inter-urbane verso Tirli, Vetulonia, Burlano

Ampliamento della via ciclo-pedonale



Prolungamento della rete ciclabile in direzione Punta Ala - Piani D'Alma - Follonica



Completamento della rete ciclopedonale sulla via del lungomare (Via Roma) e prolungamento lungo Via della Casa Rossa con risistemazione a verde degli argini del Fiume

In base alle istanze e alla compilazione delle strategie all'interno della matrice O.S.A. si va a definire la **Vision strategica** (Fig. 10). Questa elaborazione consiste nel sintetizzare graficamente il progetto di rigenerazione urbana individuando i punti e i temi chiave.

Nel caso specifico, si è deciso di raffigurare la centralità del comune di Castiglione in quanto polo attrattore delle diverse attività e dei diversi servizi culturali e naturalistici presenti. Tramite un unico filo conduttore, il comune va a collegarsi agli altri poli individuati all'interno del territorio comunale, diventando quindi centro di un circuito culturale e turistico.

Questa idea di circolarità vuole, inoltre, promuovere e valorizzare l'idea di riciclo dei prodotti di scarto provenienti dalle filiere produttive e da rifiuti, usati all'interno dei pacchetti tecnologici del Palazzo.

Il progetto non vuole, quindi, solo rappresentare la trasformazione funzionale di un edificio, ma vuole sensibilizzare la comunità locale e turistica a tematiche universali quali l'impatto e l'educazione ambientale, la sostenibilità delle risorse e l'ecoturismo.

Una trasformazione globale che intrecci svariate tematiche e che inglobi, soprattutto nelle attività proposte, una trasformazione dell'ospite o del fruitore grazie all'esperienza e al coinvolgimento.

Si va quindi a realizzare quello il **Concept plan**, ovvero un elaborato che serve a definire i ragionamenti mentali, immagini e scritte che vogliono esprimere una "bozza" di quello che è il progetto preliminare e che deriva dalle "richieste" sviluppate durante la vision strategica e la definizione degli obiettivi.

Rappresenta il primo concreto elaborato di progetto, descrivendone i contenuti e contribuendo ad evidenziare quei ragionamenti, quelle idee e aspirazioni che si vogliono portare avanti.

In particolare il concept plan (Fig. 12), elaborato per il comune di Castiglione della Pescaia, vuole riassumere al meglio i principali obiettivi che riguardano l'intera rigenerazione urbana e soprattutto nei riguardi del nucleo storico e della sua rivalorizzazione.

Sono stati quindi analizzati maggiormente gli obiettivi di:

1. Recupero della memoria storica, in cui viene ad identificarsi l'importanza storico-culturale del borgo storico con la riappropriazione pubblica del Castello e di Palazzo Centurioni, altro edificio storico della città che può ben adattarsi alla rivalorizzazione della cultura materiale e immateriale del luogo. Inoltre, compreso in questo macroobiettivo viene sviluppata l'idea di creare un circuito intorno all'area storica che possa accompagnare tutti gli utenti alla visita del borgo e a godere anche delle bellezze panoramiche del territorio.

Ancora, all'interno dell'area del borgo si vuole andare a realizzare un camminamento sospeso che abbia un duplice scopo: quello che intende far riscoprire il passaggio superiore delle mura storiche e quello di utilizzare questa struttura come elemento di consolidamento per le mura stesse, che ad oggi mostrano, in alcuni punti, il bisogno di essere consolidate e restaurate.

2. Miglioramento del collegamento, fatto attraverso un miglioramento del servizio su gomma esistente e di un servizio di mobilità lenta a livello extra-urbano così da rendere Castiglione della Pescaia un punto nevralgico in tutti i mesi dell'anno. Altro collegamento che vuole essere creato si riferisce a quello culturale e produttivo con gli altri borghi del territorio comunale così da creare una rete unica, in particolare con Tirli, Vetulonia e Buriano. Il collegamento che si crea si rivolge, quindi, sia alle bellezze naturalistiche inglobando in questo circuito le altre piccole località ricettive, sia bellezze storiche e culturali che gli altri

Fig. 10
Vision strategica del progetto (Tav. 63)

Fig. 11
Navetta per residenti, tratto da <https://www.stile.it/2016/10/09/cefalusi-viaggia-ad-emissioni-zero-id-126665/>

Fig. 12
Concept plan, scala 1:2000 (Tav. 9)

borghi dell'entroterra possono offrire, quale la rete museale maremmana.

Tra le strategie è presente anche il miglioramento dell'accessibilità all'interno del borgo murato che può presentare notevoli disagi a causa del tipo di rivestimento che caratterizzano le strade e dai continui dislivelli presenti.

Si va quindi a prevedere un servizio di navetta interno per le persone con disabilità o mobilità ridotta in modo da permettere non solo la fruizione delle attività a Palazzo Centurioni ma anche di tutti i beni architettonici storici che lo caratterizzano, quali il Castello, le chiese e le mura interne.



Il veicolo è caratterizzato da un funzionamento elettrico e può avere dai 6 agli 8 posti. È finalizzata al trasporto su strada in aree di tipo turistico per interessi turistico-ricreativi e solo su itinerari predefiniti¹⁵.

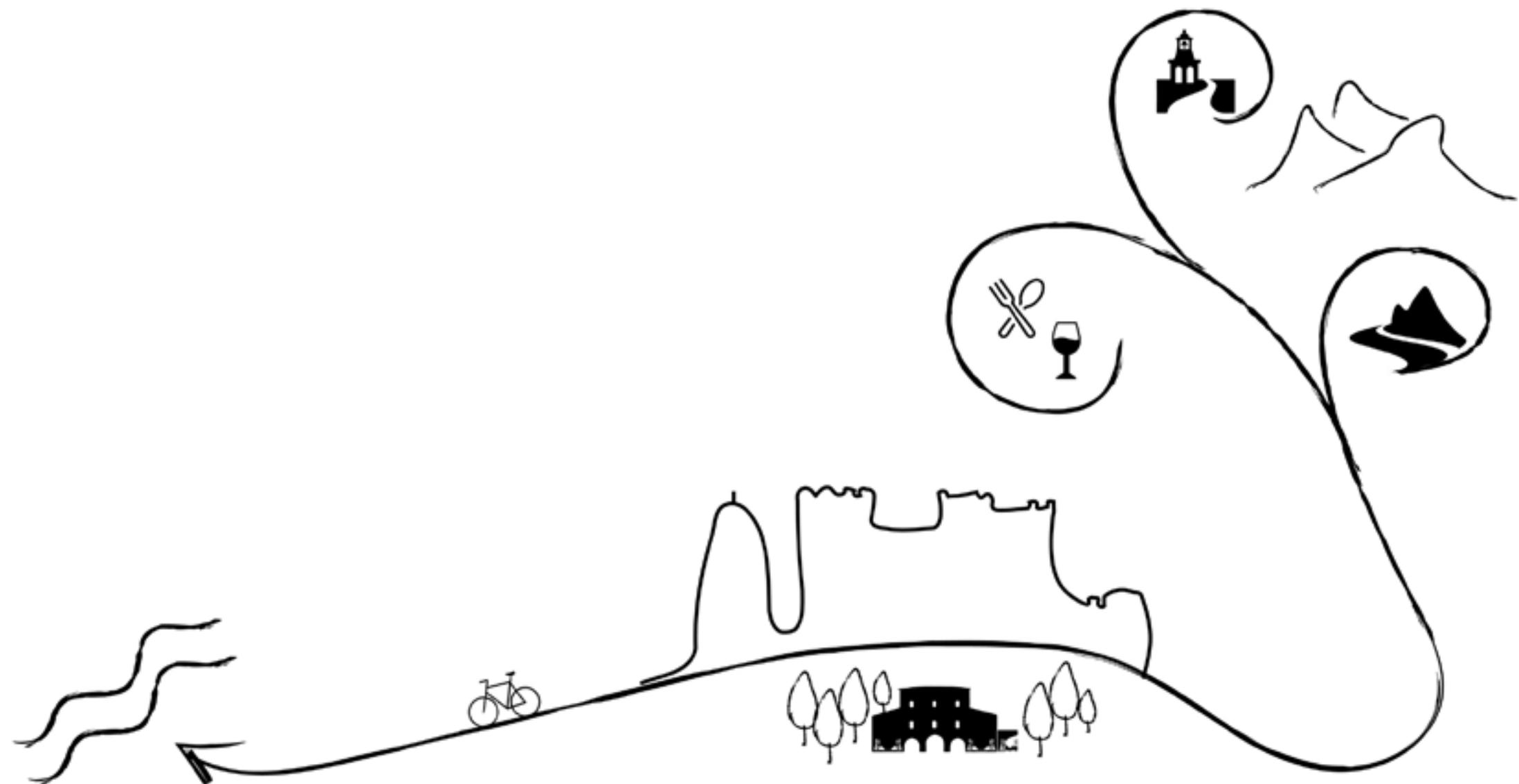
Si prevede da parte del comune l'organizzazione di un percorso all'interno del borgo che preveda accompagnamenti diretti anche al posto auto o all'uscita dal borgo storico.

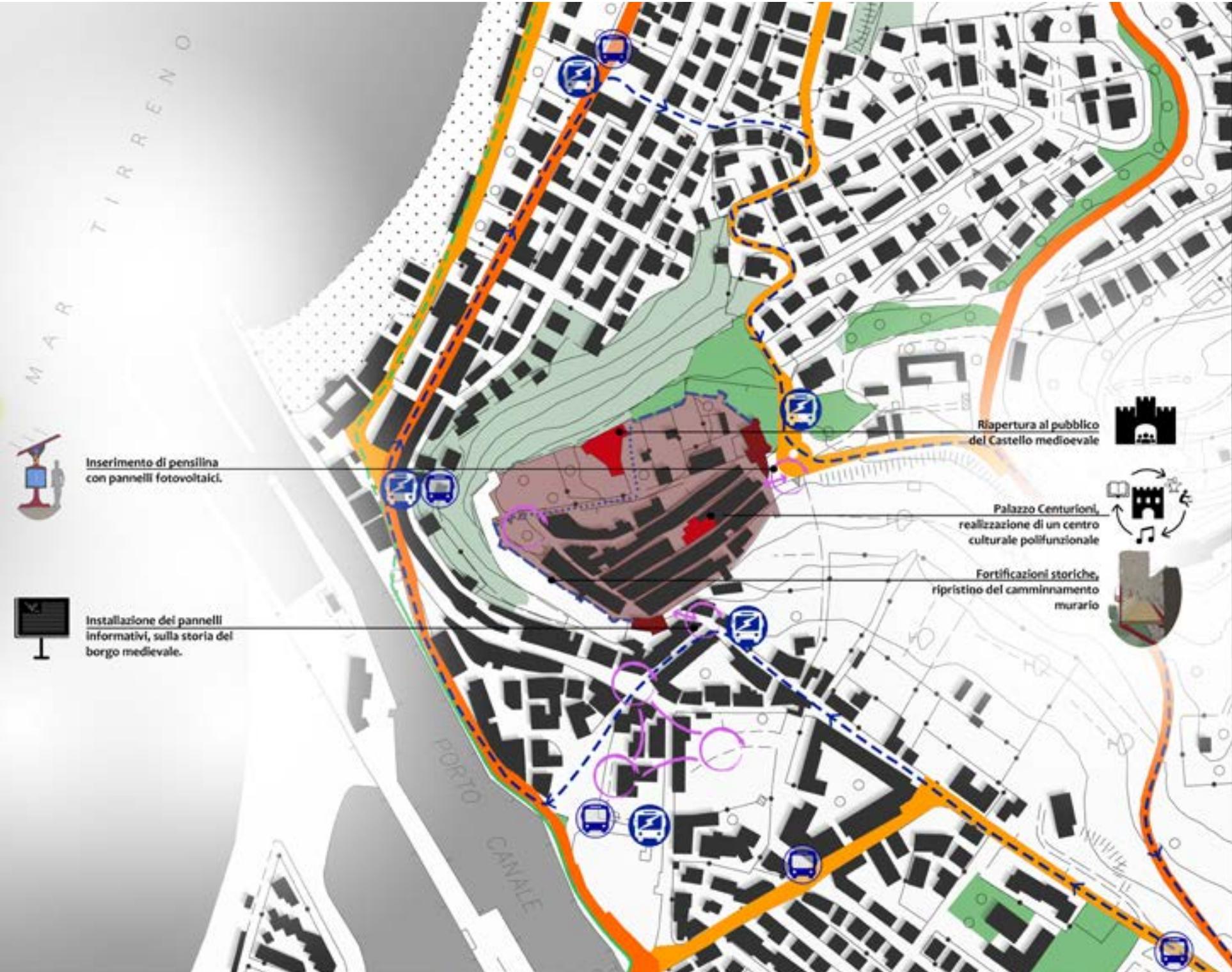
Possiede un sistema di sospensioni che mantiene un elevato comfort anche in presenza di terreni sconnessi. Può essere usato anche d'inverno grazie alle coperture in canvas. Inoltre con i suoi grandi spazi interni è in grado di garantire un elevato comfort di marcia in tutte le stagioni e ad emissioni zero, secondo le nuove direttive della normativa italiana¹⁶.

3. Risoluzione di alcune criticità rilevate, quale la zona di pericolosità idraulica riscontrata nelle zone soprattutto adiacenti agli argini del fiume. Questa criticità viene risolta con un intervento mirato agli argini esistenti così da permettere una messa in sicurezza e una superficie più drenante nelle zone maggiormente colpite dall'esondazione del Fiume Bruna. Inoltre, si pensa a queste aree come delle zone in cui può essere risolta la criticità di avere poche aree per il verde urbano così da riqualificarne l'uso esistente.

¹⁵ <https://www.stile.it/2016/10/09/cefalusi-viaggia-ad-emissioni-zero-id-126665/>

¹⁶ *Ibidem*





Inserimento di pensilina con pannelli fotovoltaici.



Installazione dei pannelli informativi, sulla storia del borgo medioevale.

Riapertura al pubblico del Castello medioevale



Palazzo Centurioni, realizzazione di un centro culturale polifunzionale



Fortificazioni storiche, ripristino del camminamento murario



- Strade provinciali SP158, SP Padule
- Viabilità Principale
- Rete ciclopedonale esistente
- Ampliamento della rete ciclopedonale
- Area Pedonale Urbana
- Autobus e Pullman
- Fermate della nuova linea interurbana con pensiline dotate di pannelli fotovoltaici
- Rete interurbana di autobus elettrici
- Nodi urbani
- Punti di accesso al borgo
- Verde urbano
- Aree boschive tutelate per legge AGC - DCR 05/2018

IL PROGETTO ARCHITETTONICO

Introduzione

A partire dall'analisi territoriale e dalle risposte dei questionari si sono delineate le destinazioni d'uso utili per valorizzare l'edificio storico: spazi dedicati all'enogastronomia, museali, di bottega e di ricevimento.

Analizzando palazzo Centurioni si nota che è caratterizzato da tre piani suddivisi in svariate stanze separate da larghi muri portanti e due spazi esterni, uno che offre un affaccio, posto a sud-ovest, e un altro, posto a nord-est, circondato da alti muri di recinzione storica.

Pur essendo accessibile su tutti i piani (due ingressi principali a piano terra, uno al secondo piano e un ingresso secondario al primo piano, accessibile dalla terrazza), è necessario affiancare all'edificio una scala antincendio dotata di ascensore, per dare ai disabili la possibilità di passare dal primo al secondo piano.

6.1 Gialli e Rossi

Le demolizioni - I Gialli

Il piano terra è costituito da due zone non comunicanti, in quella a sud-ovest, si provvede alla sola rimozione della piccola struttura realizzata nel 2009 per ottenere un bagno, le due stanze a nord-est vedranno un ampliamento delle aperture, sia per dare accessibilità a entrambe dall'esterno, sia per ottenere un rapporto areo-illuminante soddisfacente.

Le demolizioni previste per i piani elevati riguarda il miglioramento dell'accessibilità, infatti, come detto precedentemente, gli interni dell'edificio sono dotati da diverse stanze di modeste dimensioni, le aperture tra esse sono per la maggior parte dei casi strette (e inaccessibili ai disabili), talvolta mancano collegamenti necessari tra stanze. Inoltre è necessario realizzare due aperture, una per piano, per l'uscita di emergenza.

Altre demolizioni riguardano due i tamponamenti, uno nella zona della cucina: era stata tamponata una delle due aperture per accedere all'antico magazzino dietro al camino; l'altro tamponamento, al primo piano, era stato realizzato su uno dei due accessi dal terrazzo a sud ovest. Nel sottotetto non sono previste modifiche di alcun tipo.

Le nuove costruzioni - I Rossi

Al piano terra non sono previste nuove costruzioni, sulla terrazza a sud-ovest sarà necessario ricostruire le scale dell'accesso secondario e la rampa per i disabili; su entrambi i piani elevati saranno costruiti l'edificio delle scale antincendio dotate di ascensore e i nuovi muri dei bagni, infine al primo piano si aggiungeranno le pareti interne vetrate.

Fig. 1

Pianta dei gialli e rossi, Piano Terra (Tav. 45)

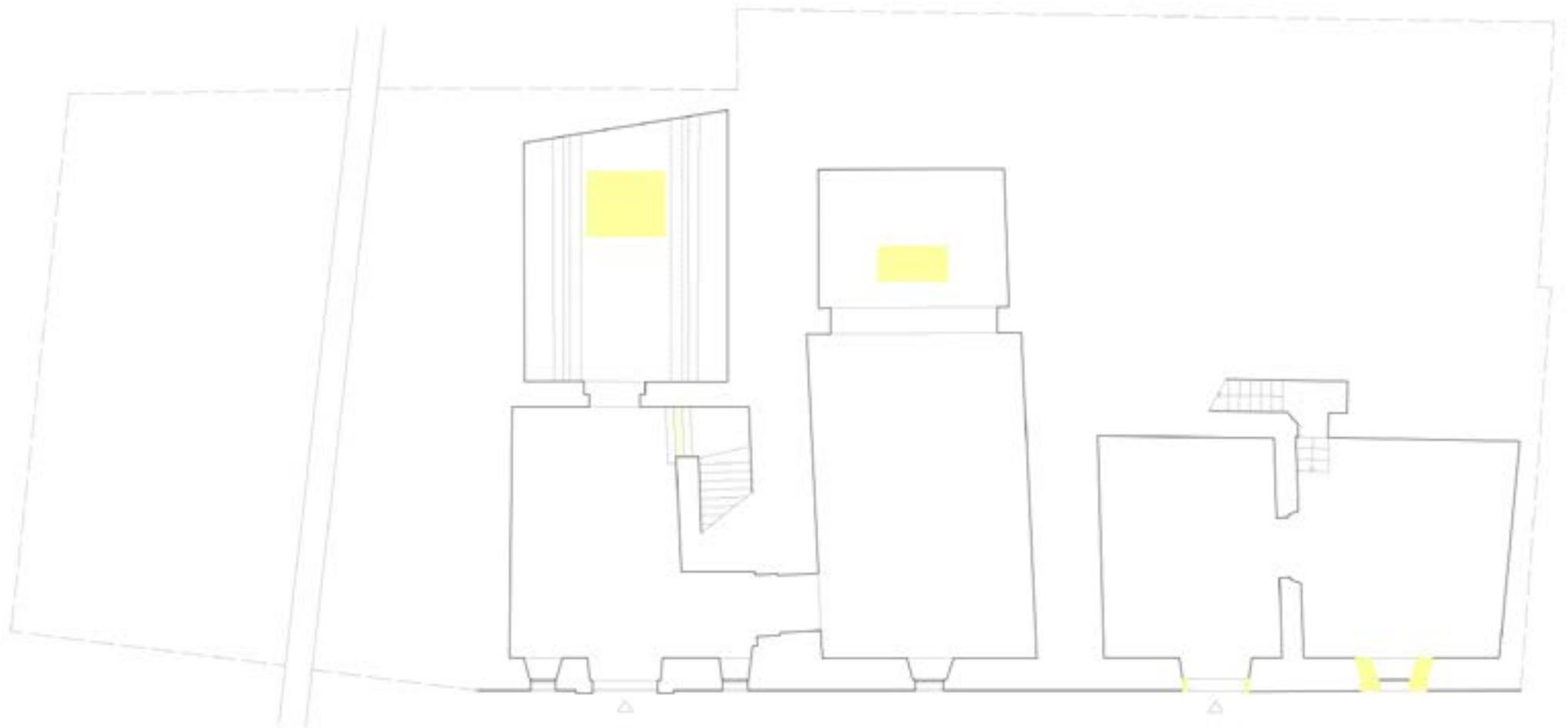


Fig. 2
Pianta dei gialli e
rossi, Piano Primo
(Tav. 45)



Fig. 3
Pianta dei gialli e
rossi, Piano Secondo
(Tav. 45)



Fig. 4
Prospetto principale
su Via dell'Ospedale
(Tav. 45)

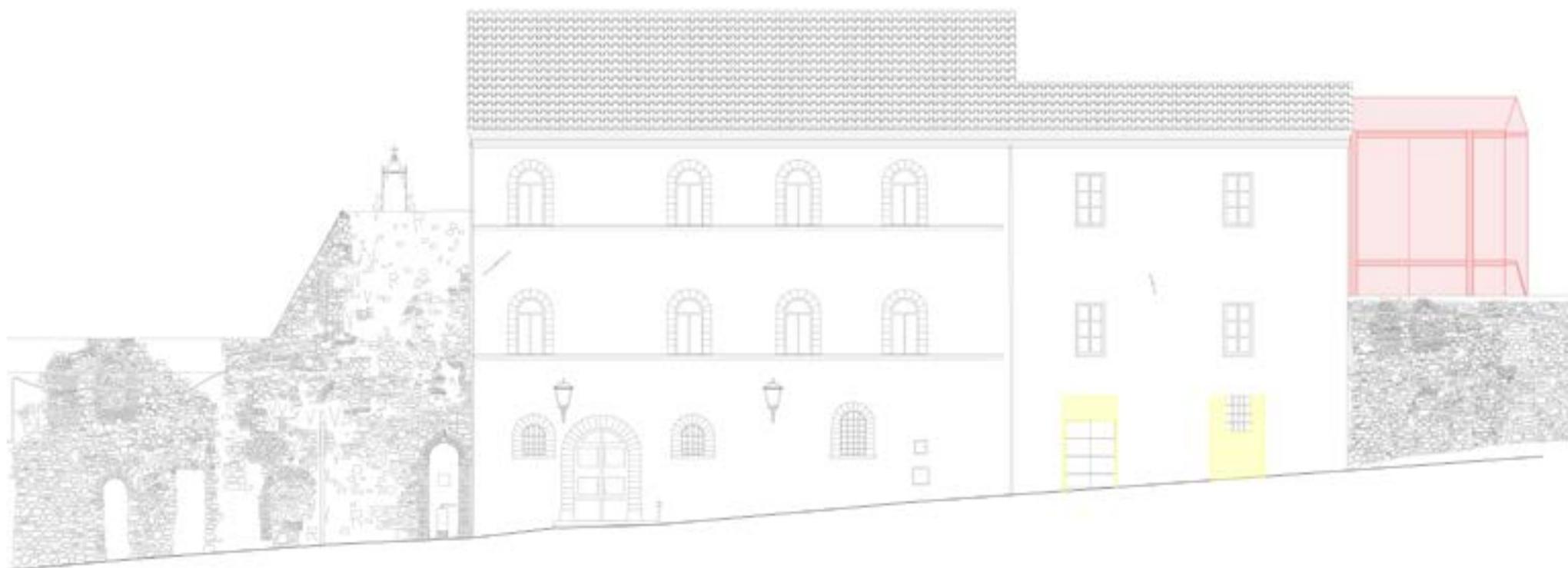


Fig. 5-6

L'Atelier / AAVP
Architecture, Parigi
2013
Tratte da: <https://www.archdaily.com/426498/l-atelier-aavp-architecture>

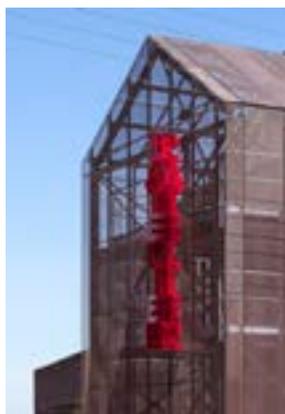


Fig. 7

Studio scansioni linee
prospetto NE

Fig. 8

Studio scansioni linee
prospetto SO

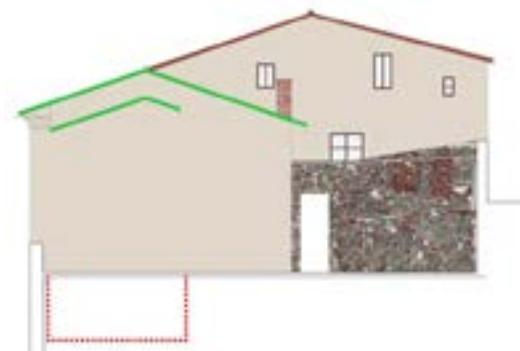
6.2 Analisi dell'intervento

Come già detto in precedenza, l'unico grande ampliamento previsto per il palazzo è quello della scala antincendio. Osservando alcuni integrazioni di scale antincendio, si è scelto di seguire l'esempio de "L'Atelier / AAVP Architecture"¹ a Parigi (Fig. 5-6), il cui prospetto su strada presenta una porzione di edificio storico affiancata dal corpo scale.

Osservando l'edificio si notano due peculiarità:

- L'ampliamento mantiene la continuità del prospetto essendo una estrusione del profilo laterale dell'edificio storico;
- La pelle del nuovo corpo, essendo realizzata in alluminio stirato (e dunque forato) appare opaco quando è colpito dal sole e trasparente quando è in ombra.

Se il corpo de L'Atelier appare come un solido completo e inaccessibile, nella progettazione dell'ampliamento di palazzo Centurioni sono previste due variazioni: il rivestimento si aprirà sul prospetto strada in modo da ricreare una piccola terrazza che diventerà il punto di maggior visibilità sul mare, esso sfrutterà gli allineamenti già esistenti nel prospetto storico; trovandoci in un contesto in cui le antiche costruzioni in pietra hanno coperto l'intera area interna alle mura, si vuole rompere questo fenomeno dando spazio alla natura, il rivestimento in alluminio stirato si presta a dare supporto ai rampicanti.



¹ <https://www.archdaily.com/426498/l-atelier-aavp-architecture>

6.3 Rifunzionalizzazione di Palazzo Centurioni

Per restituire l'edificio ai cittadini si è deciso, anche su suggerimento degli stessi possibili fruitori, di puntare su enogastronomia, spazi espositivi e per eventi oltre che una bottega. Ogni piano è servito da una reception che al secondo piano funzionerà anche da ufficio turistico.

Enogastronomia

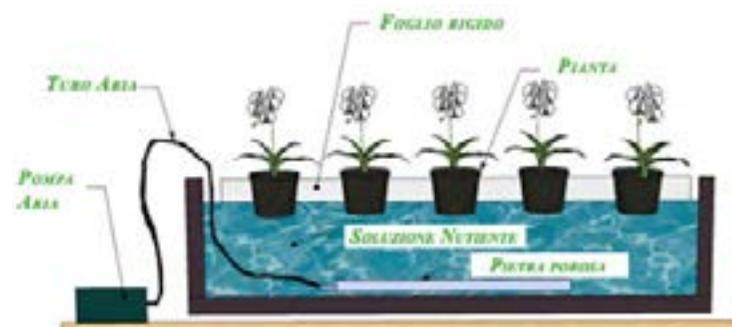
L'area del castiglione è caratterizzata da risorse enogastronomiche di notevole interesse, la cui valorizzazione è un'opportunità per portare nella città un diverso tipo di turismo rispetto a quello balneare. Uno dei prodotti più importanti e storicamente radicato nella cultura locale è l'oliva, una stanza voltata a piano terra ospiterà una piccola esposizione permanente sulla produzione dell'olio e sarà fornita di macina funzionante. La stanza adiacente, la più buia del piano terra, sarà invece usata come cantina che ospiterà vino, salumi e formaggio oltre che olio.



Il primo piano ospiterà due tipi di zone enogastronomiche, dalla produzione all'assaggio, si tratta infatti di due tipologie di laboratori di cucina e una zona per la degustazione nella sala centrale.

Un laboratorio di cucina sarà tradizionale, mentre un'altro sarà ispirato al "teppanyaki" giapponese (il cuoco, posto al centro mostrerà le modalità di preparazione dei piatti tipici che poi farà assaggiare alle persone che lo circondano) rendendo l'esperienza dell'utente più coinvolgente.

Da quest'ultimo laboratorio sarà accessibile il "giardino del gusto", ovvero un piccolo orto in cui saranno presenti colture tradizionali e idroponiche di ortaggi e piante aromatiche da poter utilizzare nei laboratori di cucina.



Ecco, come il concetto di sostenibilità e riciclo ritorna anche all'interno dell'edificio, volendo utilizzare sistemi di riciclo dell'acqua utilizzando una vasca già presente nello spazio esterno, in cui è già presente un allaccio idraulico.

Questo inoltre, permetterà, all'intera comunità, di creare attività di sensibilizzazione sull'importanza della risorsa naturale e del rispetto da mostrare verso i prodotti della propria terra, creando più collaborazione tra i fruitori.

Questo sistema innovativo è una tecnica di coltivazione senza suolo che stimola la crescita delle piante. Quando le radici sono sospese nell'acqua in movimento, assorbono rapidamente sia le sostanze nutritive che l'ossigeno. Se la quantità di ossigeno risulta

Fig. 9

Esempio cucina teppanyaki

Tratto da: <https://www.timeout.com/sydney/restaurants/the-best-teppanyaki-in-sydney>

Fig. 10

Funzionamento del sistema idroponico
Tratto da:
<https://www.coltivazioneindoor.it/guida-coltivazione-idroponica.html>

insufficiente per il bisogno della pianta, la sua crescita sarà lenta. Se al contrario la pianta sarà correttamente ossigenata, la pianta crescerà più velocemente e in salute. Lo scopo di chi si occupa di agricoltura idroponica è bilanciare la combinazione di acqua, nutrienti ed ossigeno, secondo le necessità delle piante al fine di massimizzare produzione e qualità².

Fig. 11

Esempio di tavolo sensoriale tipo
Tratto da: https://www.ansa.it/lifestyle/notizie/incartellone/arte/2016/06/20/musei-odorosi-la-rivincita-dellolfatto-nei-luoghi-dellarte_19052e59-d6c9-4ce8-b5d1-od5b3bfa19d9.html#

In questa idea di collaborazione si vogliono inserire anche progetti con le scuole finalizzati ad un'educazione non solo di tipo alimentare ma anche

Spazi espositivi

Il tema ricorrente negli spazi espositivi rimane l'enogastronomia in quanto i prodotti sono in stretta connessione con la cultura del luogo e ben radicati nella storia dell'intero territorio comunale.

A riguardo, infatti, è stato predisposto al secondo piano una stanza sensoriale³ dedicata esclusivamente al riconoscimento delle essenze aromatiche e dei prodotti locali. La stanza è provvista di grandi scaffalature e alcuni tavolini in cui vengono esposte ampole e/o contenitori pieni di essenze, fiori ed erbe di vario genere, con il duplice scopo di educare i propri sensi ai prodotti locali e creare nuove emozioni⁴ per rendere l'esperienza ancora più autentica e personale.



Ancora, a questo piano si ritrovano altre stanze in cui sono previsti dei pannelli espositivi e/o pannelli di proiezioni in cui sarà possibile organizzare e tenere eventi culturali di vario genere.

In particolare, si vuole mostrare molta attenzione riguardo le figure storiche, importanti per la comunità, di Georg Solti, nei giorni in cui l'accademia di Grosseto organizza concerti in suo onore, e Italo Calvino, per il quale possono essere organizzate lectures o eventi/caffè letterari ed eventi sulla sensibilizzazione cinematografica.

Spazi per eventi

Lo stesso secondo piano sarà facilmente reversibile: una volta portati i pannelli nel sottotetto le due sale principali potranno ospitare ricevimenti e grandi eventi anche comunali, sfruttando i collegamenti al piano inferiore.

² https://www.idroponica.it/coltivazione-idroponica_28-161.html

³ https://www.ansa.it/lifestyle/notizie/incartellone/arte/2016/06/20/musei-odorosi-la-rivincita-dellolfatto-nei-luoghi-dellarte_19052e59-d6c9-4ce8-b5d1-od5b3bfa19d9.html

⁴ <http://www.mrsntorino.it/cms/il-museo/esperimenta/item/518-viaggiare-con-il-naso-mostra.html>

Inoltre, per rendere l'evento più originale si potranno utilizzare le cucine al piano inferiore i commensali del piano superiore.

Bottega

Tornando al piano terra, le due stanze a nord-ovest saranno indipendenti dal resto dell'edificio (eccezione fatta per i bagni), e ospiteranno dei laboratori e punti di rivendita delle reti da pesca riciclabili.

Questi rappresentano gli ambienti testimonianti l'impegno dei cittadini e dell'amministrazione comunale a preservare le bellezze naturalistiche e le risorse ambientali del territorio.

Al tempo stesso, questi si porranno come luoghi per il recupero della memoria immateriale del territorio, in quanto assieme all'attività di sensibilizzazione per la protezione del mare vi saranno attività laboratoriali per la creazione di nuove e riciclate reti da pesca, coinvolgendo figure artigiane ormai, probabilmente perdute da tempo, quali il cordaio e il tessitore di reti.

Per questo motivo è stata inserita la bottega delle reti bio, per dare un'alternativa ecologica ai pescatori castiglionesi, in quanto ci si pone l'obiettivo di andare ad abbattere il consumo di reti da pesca in nylon, pericolose per l'ambiente, facendo un passo indietro per tornare a reti biodegradabili in cotone o fibre vegetali.

Fig. 12
Pianta
architettonica, Piano
Terra (Tav. 46)

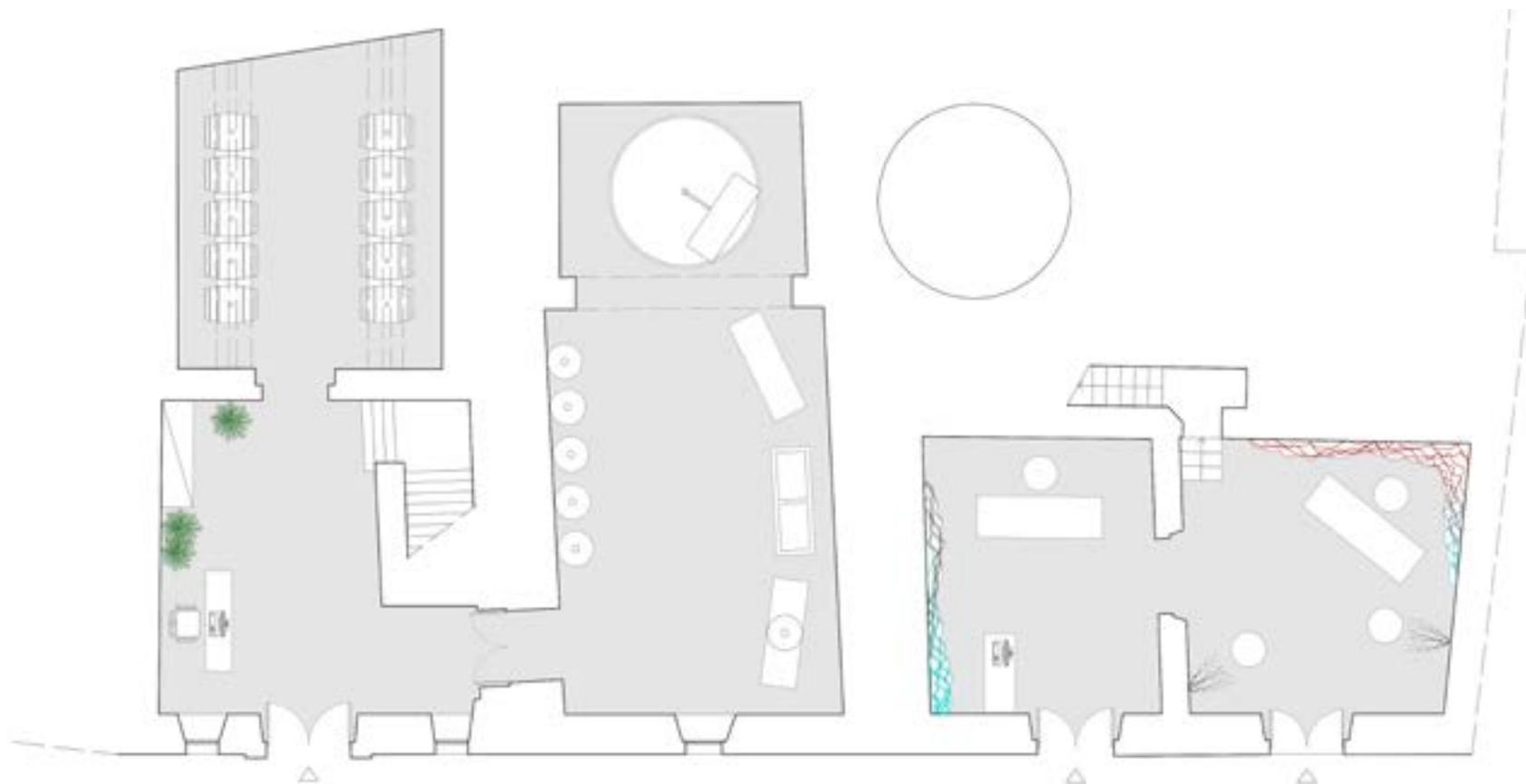


Fig. 13
Pianta
architettonica, Piano
Primo (Tav. 47)



Fig. 14
Pianta
architettonica, Piano
Secondo (Tav. 48)



6.4 Analisi dei flussi

Per permettere un accesso libero e sicuro a tutti gli utenti e data la presenza di più attività all'interno dello stesso edificio, si è andati ad effettuare uno studio sui flussi per ogni attività.

Si è voluto attenzionare questo aspetto non solo per un concetto di fruizione dell'edificio ma anche per la situazione sociale e sanitaria che si sta affrontando.

La conformità dell'edificio, con tre entrate posizionate su due livelli, ha permesso di non fare intrecciare troppo i vari flussi tra di loro garantendo possibilmente un adeguato distanziamento sociale tra gli utenti.

Tutti gli ambienti vicini alle porte di accesso sono dotate di una reception o ufficio APT (Agenzia per il Turismo) che guiderà e istruirà gli utenti a orientarsi nell'edificio a seconda del motivo della visita e dell'attività che si vuole seguire, infatti grazie alla scala centrale sarà possibile raggiungere tutti i piani e tutte le attività.

Da questo studio dei flussi sono sorte nuove suggestioni che riguardano la complicata situazione sanitaria che stiamo vivendo; per cui sono state definite delle linee guida per una fruizione del palazzo in completa sicurezza.

Vengono definiti percorsi al fine di evitare un eccessivo intreccio dei flussi tra gli utenti e determinate regole da seguire all'entrata e per la partecipazione alle attività culturali ed enogastronomiche previste.

Queste comprendono la misurazione della temperatura nelle zone di reception, nonché predisposizione di distributori di igienizzante, distanza minima di almeno un metro.

Si mostra notevole attenzione alle attività gastronomiche in cui oltre al rispetto delle distanze, vengono predisposti dei pannelli

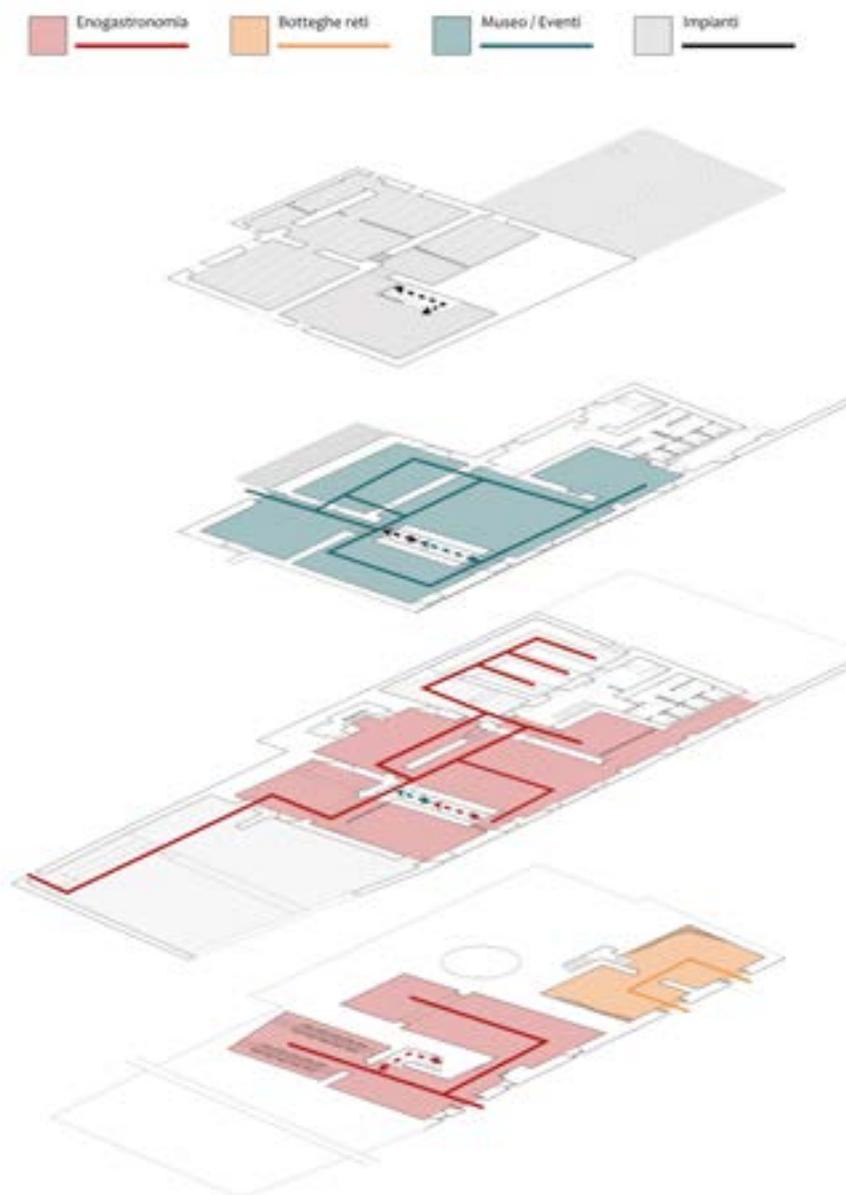


Fig. 15
Schema dei flussi in 3D, N.B.: le zone di servizio non sono colorate. (Tav. 53)

⁴ Normativa di riferimento: DPCM 17/05/2020, Circolare n. 27, *Linee guida per la riapertura dei musei e dei luoghi della cultura*

separatori in plexiglass trasparente.

Anche lo staff e i professionisti chiamati a lavorare all'interno del Palazzo, devono attenersi alle regole vigenti già indicate nonché sottoporsi a periodici tamponi e controlli settimanali in modo da garantire la propria sicurezza e di quella degli utenti.

Data la presenza di queste attività legate al cibo, si vuole provvedere ad attrezzare l'edificio anche del sistema di sicurezza HACCP⁵, standard orientato alla prevenzione di ogni tipo di pericolo per la sicurezza alimentare dei consumatori.

Esso è finalizzato alla prevenzione dei rischi per la salute dei consumatori; attraverso questo sistema è indispensabile individuare i pericoli potenziali che si presentano in ciascun processo produttivo degli alimenti, nonché implementare tutte le misure e le procedure idonee per garantire i requisiti richiesti dalla legislazione e prevenire possibili alterazioni nel livello di salubrità dei cibi e contaminazioni di vario tipo.

⁵Linea guida applicativa del regolamento CE n. 853/2004/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio sull'igiene dei prodotti alimentari, ALL. A

6.5 Accessibilità per disabili

Per accessibilità si intende la possibilità, anche per persone con ridotta capacità motoria o sensoriale, di raggiungere l'edificio e i suoi ambienti, di entrarvi agevolmente e di fruire spazi e attrezzature in condizioni di adeguata sicurezza e autonomia¹⁰.

Come detto già al precedente paragrafo, sono state realizzate alcune demolizioni per allargare i passaggi tra le varie stanze e permettere ai disabili di raggiungere ogni punto all'interno del piano.

Dato che la conformità dell'edificio e la presenza di solai storici non permettono di andare ad installare un' ascensore interno, si è deciso di installarlo nel nuovo ampliamento previsto per permettere il passaggio tra i due piani superiori.

Il piano terra, invece, essendo sullo stesso piano è completamente accessibile. Inoltre, è prevista la progettazione di servizi igienici provvisti di porte scorrevoli e di opportuni corrimano e campanello di emergenza posto in prossimità della tazza garantendo le misure minime necessarie, in conformità con la normativa vigente⁶.

⁶ Normative di riferimento: D.P.R. 236, 14/06/1989, (accessibilità, adattabilità, visitabilità, superamento delle barriere architettoniche); D.P.R. 503, 24/07/1996, Norme per eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici.

Fig. 16
Pianta dei
disabili, Piano
Terra (Tav. 54)

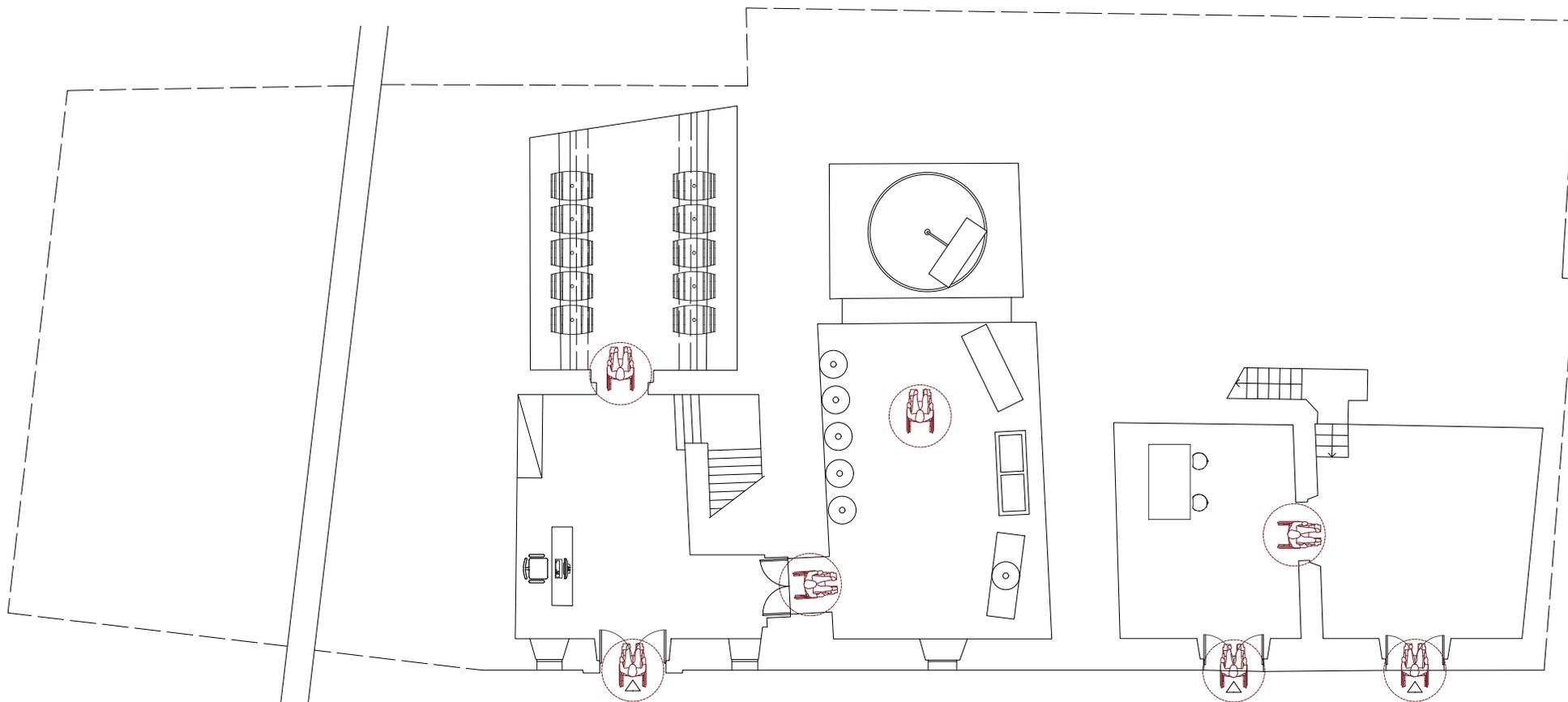


Fig. 17
Pianta dei
disabili, Piano
Primo (Tav. 54)

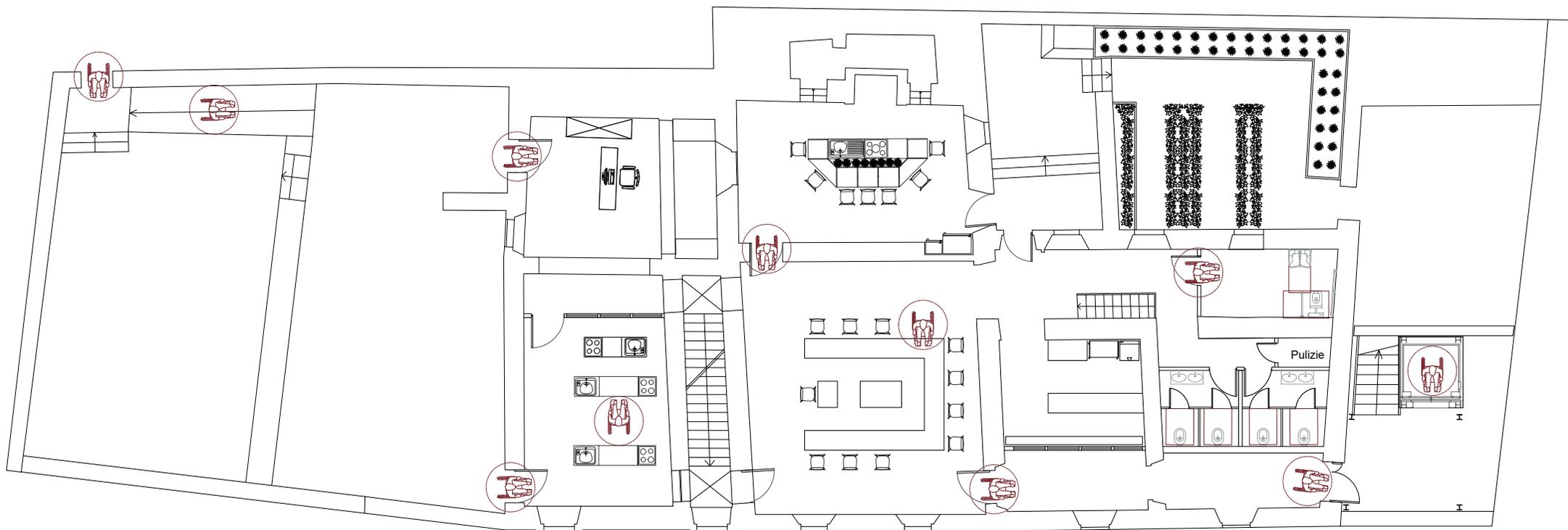
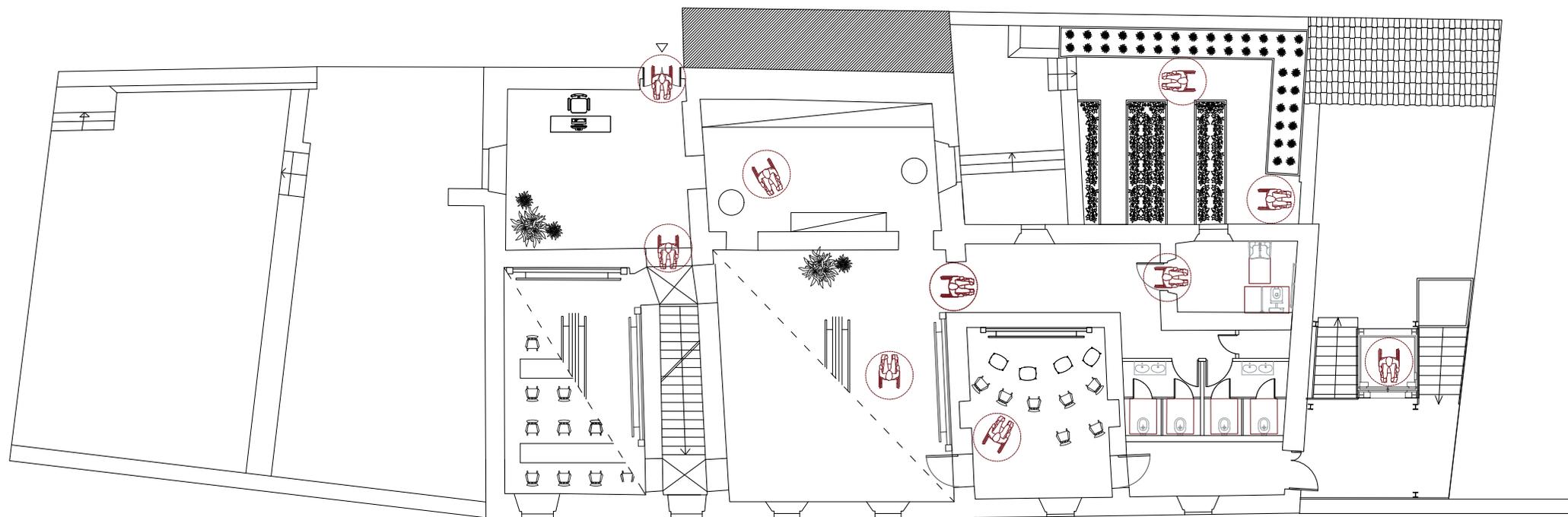


Fig. 18
Pianta dei
disabili, Piano
Secondo (Tav.
54)



6.6 Antincendio

Il progetto è stato sviluppato anche prendendo in considerazione le prescrizioni normative in materia di prevenzione incendi⁷. La forma dei fabbricati e la collocazione all'interno del giardino facilitano la fuga in caso di emergenza.

Al piano terra il perimetro dell'edificio vetrato è dotato di moduli di emergenza apribili verso l'esterno che facilitano l'evacuazione dagli ambienti.

Il piano primo prevede l'esodo tramite le due uscite presenti su Via di Mezzo e sulla terrazza esterna che diviene un punto di raccolta da mantenere inferiore a 60 m, in questo caso corrisponde a m. Inoltre, dato che l'edificio si sviluppa in lunghezza, per consentire a tutti gli utenti di raggiungere una via di fuga vicina, entro i 25 m di distanza, si è provveduto a realizzare l'ampliamento a Nord-Est. Questo è stato realizzato per assolvere al problema della scala antincendio, sebbene sia presente una scala centrale, questa non solo non rispetta le norme, ma è anche poco sicura per via delle alzate e pedate variabili.

Inoltre su nel lato dell'edificio in cui sono poste le scale è possibile raggiungere direttamente l'esterno dell'edificio.

Per guidare gli utenti del complesso verso le vie di esodo si prevede l'installazione di segnaletica di sicurezza, conforme al D. Lgs. 9 aprile 2008, n. 81.

Le porte installate lungo le vie di esodo sono apribili nel verso dell'esodo a semplice spinta e hanno larghezza pari o superiore a 120 cm.

Tutti gli ambienti sono stati dotati di un adeguato numero di estintori portatili omologati, distribuiti in modo uniforme nell'area da proteggere e in prossimità delle uscite in modo che la distanza che

una persona deve percorrere per utilizzarli non sia superiore a 30 m, e comunque almeno uno ogni ambiente, purchè di una quadratura minore del valore normato di 150 m².

E' stato previsto un impianto fisso di rilevazione e segnalazione automatica degli incendi, corredato di segnalatori a pulsante manuale opportunamente distribuiti e ubicati in prossimità delle uscite.

⁷ D.M. 3/08/2015 - Vigili del fuoco, Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'articolo 15 del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139

Fig. 19
Pianta
Antincendio, Piano
Terra (Tav. 54)



Fig. 20
Pianta
Antincendio, Piano
Primo (Tav. 54)



Fig. 21
Pianta
Antincendio, Piano
Secondo (Tav. 54)



TECNOLOGIA SOSTENIBILE

7.1. Sostenibilità nei materiali

"Il patrimonio edificato in Europa, sia residenziale che terziario, è stimato in circa 30 miliardi di metri quadrati di superficie e aumenta di circa l'1% l'anno. Ogni anno, 4,3 giga tonnellate di materiali vengono utilizzati nel settore, dei quali **più della metà** per manutenzioni e ristrutturazioni.

Circa il 12% dei materiali utilizzati proviene da una fonte secondaria".¹

Negli ultimi decenni, è maturata la consapevolezza nei riguardi dell'importanza della protezione ambientale, soprattutto per quanto riguarda la valutazione delle emissioni di CO₂.

Sono state quindi sviluppate tecniche per la valutazione dei carichi ambientali associati a beni e servizi², tra i quali prendono maggiormente piede la metodologia dell'analisi del ciclo di vita e il concetto di economia circolare.

Analisi del ciclo di vita o Life Cycle Assessment

Concepita a partire da analisi energetiche, la metodologia si è sviluppata nel periodo compreso tra gli anni 1970 e 1990, sebbene con metodologie profondamente differenti. A partire dall'anno 1990 è iniziata la standardizzazione in cui ha avuto un importante ruolo di coordinamento la Society of environmental toxicology and chemistry (SETAC) con la quale sono state redatte le norme standard internazionali ovvero le norme ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006.³

È stato riconosciuto che, per molti di questi prodotti, gran parte degli impatti ambientali non è nell'uso del prodotto ma nella sua produzione, trasporto o smaltimento⁴, quello che viene definito scarto o rifiuto residuo.

Un'analisi del ciclo di vita diventa, quindi anche uno strumento di supporto alle decisioni per industrie e organizzazioni, ad esempio per la progettazione o la riprogettazione di prodotti caratterizzati da una maggiore sostenibilità ambientale, come definito dalle norme standard.

Modello di economia circolare

L'economia circolare è un modello di produzione e consumo che implica i concetti di condivisione, riutilizzo, riciclo e riparazione dei materiale e dei prodotti esistenti il più a lungo possibile.

In questo modo ci si pone l'obiettivo di allungare il ciclo di vita dei prodotti contribuendo, contemporaneamente, a ridurre la produzione di rifiuti al minimo.

I vantaggi che questo modello, non solo economico ma anche di comportamento, può offrire sono svariati:

- Riduzione della pressione sull'ambiente;
- Più sicurezza circa la disponibilità di materie prime;
- Aumento della competitività;
- Impulso all'innovazione e alla crescita economica (un aumento del PIL dello 0,5%);
- Incremento dell'occupazione.

¹ Edoardo Croci, direttore di ricerca allo Iefe, il centro di economia e politica dell'energia e dell'ambiente dell'Università Bocconi di Milano e coordinatore dell'Osservatorio Green Economy

² ISO 14040:2006 Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework

³ J. Guinée, R. Heijungs, G. Huppes, A. Zamagni, P. Masoni, R. Buonamici, T. Ekvall, T. Rydberg, *Life Cycle Assessment: Past, Present and Future*, Environmental Science Technology, 2010

⁴ *Ibidem*

Fig. 1
I 5 principi dell'economia circolare, tratto da: <https://www.cnppartners.it/blog/economia-circolare/>

In questo, l'Unione Europea ha lanciato una stima approssimativa in cui si potrebbero avere circa 700.000 nuovi posti di lavoro entro il 2030, se il modello venisse adeguatamente usato.⁵

Avvicinarsi a un modello di economia circolare significa, quindi, innovare i processi, dalla produzione alla trasformazione dello scarto, cambiare il modo in cui si concepiscono i prodotti e la loro origine.

È importante quindi comprendere che esiste una via alternativa nel processo progettuale, soprattutto in campo edilizio.⁶

Oggi, fortunatamente, sono sempre di più i prodotti realizzati da materiale di scarto, provenienti anche da altre filiere industriali o agricole. Tra le materie riciclate più utilizzate ritroviamo la gomma, la plastica, gli inerti e il legno, la lana di roccia, utilizzati soprattutto nella realizzazione di nuovi prodotti come isolanti.

Sempre più attenzione viene riservata anche alla seconda vita dei detriti e delle macerie da cantiere, inerti utilizzati per la produzione di nuovi prodotti.⁷

Negli ultimi anni, soprattutto negli stati del Nord Europa, si è già iniziato ad interfacciarsi con questo tipo di approccio adottando delle linee guida e dei modelli comuni e trasferibili in modo tale da permettere ad altre città o comuni a prenderne parte.

Un progetto che ha preso piede è infatti il "Circularity City Project" che aiuta a definire quali devono essere i modelli di business da adottare.

Le linee guida che sono state, quindi predisposte possono essere inglobate in categorie 5 obiettivi principali:

1. Andare a sostituire le materie prime vergini con materiali rinnovabili o biodegradabili.
2. Recupero delle risorse delle materie prima andando a recuperare i prodotti di scarto delle lavorazioni o i sotto prodotti.
3. Necessità di estendere il ciclo di vita utile dei prodotti e/o di parte di prodotto preservando comunque le funzioni originarie.
4. Creazione di piattaforme condivise, condividendo delle piattaforme digitali con il fine di aumentare l'uso di prodotti.



⁵ <https://www.europarl.europa.eu/news/it/headlines/economy/20151201STO05603/economia-circolare-definizione-importanza-e-vantaggi>

⁶ <https://www.infobuildenergia.it/approfondimenti/le-costruzioni-e-leconomia-circolare>

⁷ *Ibidem*

5. Considerare il prodotto come servizio, ovvero andare ad ottimizzare la produttività di una risorsa o di un prodotto mantenendone le proprietà.⁸

In questo studio ci si è voluti concentrare anche sugli scarti agro-alimentari, presenti sul territorio italiano e quello maremmano-grossetano.

Ci si è sembrato interessante focalizzarsi su questo ambito poiché vi possono essere notevoli vantaggi in entrambi i settori. Da recenti studi si vede come cresca l'importanza di usufruire al meglio e in maniera efficiente le risorse a nostra disposizione, invece di utilizzare materiali derivanti da elementi sintetici è possibile andare a considerare materiali di scarto biodegradabile con un utilizzo nuovo.

Infatti, oltre il 90% dei materiali per l'edilizia derivano dal petrolio e dalla chimica di sintesi e il settore agroalimentare, oltre a rappresentare il maggior contributo economico in Italia sta affrontando numerosi crisi.

Divenendo sempre più globalizzato e vulnerabile, non solo a crisi finanziarie ma soprattutto agli eventi atmosferici sempre più estremi; molti dei lavoratori e imprenditori di aziende agricole sono in estrema difficoltà. Queste possono generare la chiusura di tali aziende e la riduzione del presidio umano nelle zone rurali con conseguenti dissesti idrogeologici⁹.

Ci sembra quindi importante poter in qualche modo intrecciare questi due settori con lo scopo di ricavare nuovi materiali, innovativi e avvantaggiare un settore che comunque affronta notevoli costi soprattutto nella gestione e nello smaltimento delle scorie provenienti da determinate lavorazioni.



Anche l'Unione Europea, in prima linea, si pone degli obiettivi che mirano a un approccio simile a quello indicato dal modello economico con il fine di migliorare il benessere sociale, economico e ambientale a livello globale.

Gli obiettivi che si riportano di seguito sono alcuni tra quelli raccolti nella direttiva europea "Agenda 2030" per lo Sviluppo Sostenibile, a cui il comune di Castiglione della Pescaia partecipa attivamente.

È un programma d'azione per le persone, il pianeta e la prosperità sottoscritto nel Settembre 2015 dai governi dei 193 Paesi membri dell'ONU¹⁰.

Essa ingloba 17 "Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile" (SDGs) in un grande programma che include un totale di 169 traguardi.

L'avvio ufficiale degli Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile ha coinciso con l'inizio del 2016, guidando il mondo sulla strada da percorrere nell'arco dei prossimi 15 anni: i Paesi, infatti, si sono impegnati a raggiungerli entro il 2030.¹¹

Gli Obiettivi per lo Sviluppo rappresentano obiettivi comuni su un insieme di questioni importanti per lo sviluppo, ciò significa che riguardano tutti i Paesi e tutti gli individui: "nessuno ne è escluso, né deve essere lasciato indietro lungo il cammino necessario per portare il mondo

Fig. 2

Logo obiettivi per lo sviluppo sostenibile - Agenda 2030
Tratto da: <https://www.agenziaco-esione.gov.it/comunicazione/agenda-2030-per-lo-sviluppo-sostenibile/>

⁸ <https://www.infobuildenergia.it/approfondimenti/le-costruzioni-e-leconomia-circolare>

⁹ arch. R. Benincasa Amato, arch. L. Confalonieri, arch. V. Liuzzo, arch. P. Maranò, arch. L. Novelli, arch. S. Rossi, arch. G. Sabbatini arch. J. Serago, Commissione DAS dell'OAPPC di Firenze, *Agricoltura - Nutrire il cantiere*, 2014-2015

¹⁰ <https://unric.org/it/agenda-2030>

¹¹ *Ibidem*

Fig. 3

Logo obiettivo 7
 Tratto da: <https://unric.org/it/obiettivo-7-assicurare-a-tutti-l'accesso-a-sistemi-di-energia-economici-affidabili-sostenibili-e-moderni/>

sulla strada della sostenibilità"¹².

In particolare ne riportiamo tre che possono rivelarsi compatibili e sulla stessa linea di pensiero degli interventi proposti per il progetto del Palazzo.



OBIETTIVO 7

L'obiettivo si propone principalmente di assicurare a tutti l'accesso a sistemi di energia economici, affidabili, sostenibili e moderni.

In particolare, tra i traguardi descritti vi sono:

- Raddoppiare entro il 2030 il tasso globale di miglioramento dell'efficienza energetica;
- Accrescere entro il 2030 la cooperazione internazionale per facilitare l'accesso alla ricerca e alle tecnologie legate all'energia pulita – comprese le risorse rinnovabili, l'efficienza energetica e le tecnologie di combustibili fossili più avanzate e pulite – e promuovere gli investimenti nelle infrastrutture energetiche e nelle tecnologie dell'energia pulita.



OBIETTIVO 12

Secondo la direttiva europea, devono essere intraprese delle strategie di sviluppo globale che mirino al miglioramento della qualità della vita, sotto molteplici punti di vista e rivolgendosi a più settori, alla riduzione dei costi economici, ambientali e sociali, al miglioramento della competitività economica con la riduzione della povertà.

In particolare specifica che *"per consumo e produzione sostenibili si intende la promozione dell'efficienza delle risorse e dell'energia, di infrastrutture sostenibili, così come la garanzia dell'accesso ai servizi di base, a lavori dignitosi e rispettosi dell'ambiente e a una migliore qualità di vita per tutti."*¹³

I benefici quindi, che ne devono derivare devono comportare un ribaltamento e una nuova interpretazione del ciclo produttivo *"attraverso la riduzione dell'impiego di risorse, del degrado e dell'inquinamento nell'intero ciclo produttivo, migliorando così la qualità della vita."*¹⁴

¹² <https://unric.org/it/agenda-2030>

¹³ *Ibidem*

¹⁴ *Ibidem*

Questo comporta quindi di includere non solo comunicazione tra i soggetti attivi nel processo decisionale ma anche quello di andare a sensibilizzare direttamente il consumatore e utilizzatore del prodotto "[...]offrendo loro adeguate informazioni su standard ed etichette, e coinvolgendoli, tra le altre cose, nell'approvvigionamento pubblico sostenibile." ¹⁵

Per questa ragione viene condiviso il pensiero che si rende necessario un approccio sistematico e cooperativo tra soggetti attivi nelle filiere, dal produttore fino al consumatore, utilizzando tecniche di comunicazione ed educazione atte a far comprendere l'importanza delle risorse che il mondo ci mette a disposizione.

Per sottolineare ancor più l'importanza di questi concetti, all'interno della descrizione dell'obiettivo, viene riportato un paragrafo dedicato al settore alimentare e all'impatto ambientale e sociale¹⁶.

In questo paragrafo viene evidenziato come l'educazione, lo spreco delle risorse e la generazione dei rifiuti siano estremamente collegati.

Il settore alimentare rappresenta il 30% del consumo totale di energia, ed è responsabile del 22% delle emissioni di gas serra.

I consumatori, le famiglie influenzano tale impatto attraverso scelte e abitudini alimentari attuate quotidianamente.

1,3 miliardi di tonnellate di cibo vanno sprecate ogni anno, mentre quasi 2 miliardi di persone soffrono la fame, da cui deriva indirettamente un fenomeno di degradazione dei suoli, inaridimento dei terreni, un utilizzo non sostenibile dell'acqua, l'eccessivo sfruttamento della pesca e il degrado dell'ambiente marino che riducono la capacità delle risorse

naturali di provvedere alla produzione alimentare¹⁷.



OBIETTIVO 14

Strettamente legato al dodicesimo obiettivo, vi è quello diretto alla conservazione e miglioramento della vita marittima.

L'acqua piovana, l'acqua potabile, il clima, le nostre coste, molto del nostro cibo e l'aria che respiriamo sono elementi in definitiva forniti e regolati dal mare. È necessario quindi rispettare in maniera particolare questo incredibile ambiente soprattutto poichè sono e continuano ad essere vitali per il commercio ed il trasporto.

Gli oceani coprono i tre quarti della superficie terrestre, contengono il 97% dell'acqua presente sulla Terra e rappresentano il 99% di spazio, in termini di volume, occupato sul pianeta da organismi viventi.¹⁸

A livello globale, molte comunità dipendono proprio dalla biodiversità marina e costiera per il loro sostentamento sia di tipo economico sia per la sopravvivenza in quanto

Fig. 5

Logo obiettivo 14
Tratto da: <https://unric.org/it/obiettivo-14-conservare-e-utilizzare-in-modo-durevole-gli-oceani-i-mari-e-le-risorse-marine-per-uno-sviluppo-sostenibile/>

¹⁵ <https://unric.org/it/agenda-2030>

¹⁶ *Ibidem*

¹⁷ *Ibidem*

¹⁸ <https://unric.org/it/obiettivo-14-conservare-e-utilizzare-in-modo-durevole-gli-oceani-i-mari-e-le-risorse-marine-per-uno-sviluppo-sostenibile/>

gli oceani rappresentano la più grande riserva di proteine al mondo.

Dal punto di vista economico le industrie ittiche marine danno impiego, direttamente o indirettamente, a più di 200 milioni di persone vantaggiando di sussidi per la pesca.¹⁹

Questi usati in maniera sconsiderata vanno a contribuire ad un rapido esaurimento alle numerose specie faunistiche senza considerare il grande impatto delle attività umane che portano notevoli quantità di inquinamento, come lo sono la pesca eccessiva e l'elevata presenza di turisti lungo le coste.

Tra i traguardi che l'obiettivo europeo si pone se ne riportano alcuni molto vicini a ciò che il progetto di tesi propone di fare ovvero:

- Prevenire e ridurre qualsiasi forma di inquinamento marino, sensibilizzando lavoratori e cittadini, nonché i turisti ad un rispetto particolare nei confronti dell'ambiente marittimo e delle sue risorse, incentivando comportamenti sostenibili;
- Aumentare i benefici economici nella gestione sostenibile della pesca, dell'acquacoltura e del turismo;
- Aumentare la conoscenza scientifica, sviluppare la capacità di ricerca e di trasmissione della tecnologia marina, tenendo in considerazione i criteri e le linee guida della Commissione Oceanografica Intergovernativa sul Trasferimento di Tecnologia Marina, con lo scopo di migliorare la salute dell'oceano;
- Potenziare la conservazione e l'utilizzo sostenibile degli oceani e delle loro risorse applicando il diritto internazionale, come riportato nella Convenzione delle Nazioni Unite sul Diritto del Mare²⁰.

¹⁹ <https://unric.org/it/obiettivo-14-conservare-e-utilizzare-in-modo-durevole-gli-oceani-i-mari-e-le-risorse-marine-per-uno-sviluppo-sostenibile/>

²⁰ *Ibidem*

7.2 Uso degli scarti in edilizia

Secondo la normativa NTC18 (Norme Tecniche delle Costuzioni 2018):

"Gli interventi di consolidamento vanno applicati, per quanto possibile, in modo regolare ed uniforme alle strutture. L'esecuzione di interventi su porzioni limitate dell'edificio va opportunamente valutata e giustificata calcolando l'effetto in termini di variazione nella distribuzione delle rigidità. Nel caso si decida di intervenire su singole parti della struttura, va valutato l'effetto in termini di variazione nella distribuzione delle rigidità. Particolare attenzione deve essere posta anche alla fase esecutiva degli interventi, onde assicurare l'efficacia degli stessi, in quanto l'eventuale cattiva esecuzione può comportare il peggioramento delle caratteristiche della muratura o del comportamento globale dell'edificio".¹⁶

Prendendo consapevolezza di quanto viene riportato in normativa, si propone l'intenzione di unire tali indicazioni con i principi di conservazione quali:

- **Minimo intervento:** una volta riconosciuta la necessità di apportare degli interventi in un'ottica di conservazione dell'edificio, ci si deve assicurare che l'intervento sia quanto più possibile contenuto;
- **Reversibilità:** questo criterio assicura la possibilità di rimuovere, in qualsiasi momento, le aggiunte e le integrazioni effettuate;
- **Compatibilità fisico - chimica:** si deve garantire la scelta di materiali attuali che presentino caratteristiche compatibili con quelli antichi.

Questo garantirà una coesistenza dell'intervento e dell'esistente, in un rapporto di reciproca utilità;

- **Distinguibilità:** la ricostruzione di intere parti "in stile" deve essere evitata. La ricostruzione di parti limitate aventi un'importanza architettonica possono essere accettate a condizione che siano basate su una precisa ed indiscutibile documentazione[...]. Se necessario per un corretto utilizzo dell'edificio, il completamento di parti più estese con rilevanza spaziale o funzionale dovrà essere realizzato con un linguaggio conforme all'architettura contemporanea¹⁷.

Inoltre:

"Le indicazioni che seguono non devono essere intese come un elenco di interventi da eseguire comunque e dovunque, ma solo come possibili soluzioni da adottare nei casi in cui siano dimostrate la carenza dello stato attuale del fabbricato ed il beneficio prodotto dall'intervento. Per quanto applicabile, i criteri e le tecniche espone possono essere estesi ad altre tipologie costruttive in muratura".¹⁸

Questa ulteriore indicazione tracciata nella normativa offre l'occasione di poter sperimentare l'uso di nuovi prodotti e nuove tecniche di intervento al fine di giungere alla risoluzione degli stati di degrado e/o collasso e contemporaneamente a rendere l'edificio ecosostenibile grazie all'utilizzo di materiali "riciclati" ed ecocompatibili. Il suddetto lavoro di tesi si pone, quindi, l'obiettivo di andare a utilizzare materiali di scarto delle produzioni agricole del luogo per creare nuovi prodotti ecosostenibili

¹⁶ Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C8A.5, in Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni, 2018

¹⁷ Si veda: Carta di Cracovia, *Principi per la conservazione ed il restauro per il patrimonio costruito*, 2000

¹⁸ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C8A.5, in Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni, 2018

ed ecocompatibili con i materiali utilizzati nell'edificio esistente rinnovando l'idea di fondo che definisce il concetto di bioarchitettura¹⁹.

Essa è una pratica architettonica rispettosa dei principi della sostenibilità che si pone l'obiettivo di instaurare un rapporto equilibrato tra l'ambiente e il costruito, soddisfacendo i bisogni delle attuali generazioni senza compromettere, con il consumo indiscriminato delle risorse, quello delle generazioni future.

Alcuni degli obiettivi principali sono:

- privilegiare la qualità della vita ed il benessere psico-fisico dell'uomo;
- salvaguardare l'ecosistema;
- impiegare le risorse naturali (acqua, vegetazione, clima);
- non causare emissioni dannose (fumi, gas, acque di scarico, rifiuti);
- concepire edifici flessibili e riadattabili nel tempo con interventi di ampliamento o cambiamento di destinazione d'uso;
- prevedere un diffuso impiego di fonti energetiche rinnovabili;
- utilizzare materiali e tecniche ecocompatibili, preferibilmente appartenenti alla cultura materiale locale²⁰.

L'industria delle costruzioni ha un forte impatto ambientale a causa dell'altissimo consumo energetico, delle sue emissioni nell'atmosfera, dell'inarrestabile consumo del territorio e del diffuso utilizzo di materiali di origine petrolchimica che determinano gravi problemi di inquinamento durante tutto il loro ciclo di vita²¹.

Nel caso in oggetto si è andati ad analizzare la produzione delle risorse agricole all'interno del territorio comunale e del

territorio maremmano circostante.

¹⁹ Statuto dell'Istituto Nazionale di Bioarchitettura

²⁰ *Ibidem*

²¹ C. Colombo, O. Ruggieri, *Edilizia a basso impatto ambientale: Analisi del ciclo di vita di materiali naturali a base di calce-canapulo*, Politecnico di Milano, a.a. 2011-2012

IL RISO E I SUOI SCARTI

Il riso è l'alimento base per gran parte della popolazione mondiale, specialmente in Asia e Africa, ma la sua produzione annuale genera enormi quantità di paglia stimata in circa 8×10^{11} kg e anche di pula in circa $1,5 \times 10^{11}$ kg.

Attualmente, solo il 20% della paglia di riso viene utilizzato per scopi pratici, come la produzione di biocarburanti, carta, fertilizzanti e mangimi per animali, e dopo il raccolto la maggior parte viene bruciata in situ.

L'Italia è il primo produttore di riso in Europa con circa 1,60 milioni di tonnellate su tutto il territorio che comprende circa 4200 aziende, 250.000 ettari. Questi dati indicano che l'Italia produce più del 50% dell'intera produzione UE e circa lo 0,40% di quella mondiale, accompagnata da una vasta gamma di varietà che rendono il prodotto di una qualità unica.

Dai dati Istat si registra che nel 2019 la produzione italiana di riso si aggira attorno a 14.981.329 quintali e la Toscana rappresenta solo il 0,0011 % della produzione complessiva. Nonostante questo piccolo contributo produttivo, è importante andare ad analizzare la produzione locale vicino al comune di Castiglione della Pescaia. Sono stati, quindi, analizzati i dati statistici riferiti all'anno 2019 sulla produzione di riso sia nella regione, sia all'interno della provincia della Maremma grossetana²².

Come si può leggere dalle tabelle riportate, la produzione, espressa in quintali, rivela come essa sia rilevante rispetto

Tab. 1
Dati sulla produzione di cereali in Toscana

Toscana - 2019		
	Produzione raccolta (quintali)	Produzione totale (quintali)
Olive	748.851	816.883
Uva	3.860.455	3.888.055
Girasole	465.449	468.781
Riso	17.810	17.810
Mais	942.570	951.100
Canapa	15.677	15.882
Foraggio	-	2.2774.000

²² <http://www.dat.istat.it/>

Tab. 2

Dati sulla produzione di cereali nella provincia di Grosseto

Grosseto - 2019		
	Produzione raccolta (quintali)	Produzione totale (quintali)
Olive	200.000	220.000
Uva	433.500	445.000
Girasole	40.000	40.000
Riso	9.094	9.094
Mais	12.500	12.500
Canapa	1.500	1.500
Foraggio	-	1.200.000

al totale calcolato nella regione. Infatti, la provincia di Grosseto produce esattamente il 51 % della produzione regionale.

Per ogni tonnellata di riso che viene prodotto bisogna andare a considerare che vengono estratti una notevole quantità di scarti che possono essere riutilizzati come riportato prima.

In particolare:

1 T DI RISO = 1.3 T DI PAGLIA, 200 KG LOLLA, 70 KG PULA.

Si è proceduto quindi a calcolare la quantità di scarti del riso rispetto alla produzione locale, espressa in quintali.

Per ogni 9,0718 quintali di riso si ottengono 11,793 quintali di paglia.

Dei vari cosiddetti prodotti di scarto, il riso spezzato e la crusca di riso possono essere pienamente utilizzati dall'industria alimentare; mentre la paglia di riso ha un grande potenziale per la produzione di carburante e vari altri prodotti. Poiché la lolla di riso viene prodotta fuori sede durante la lavorazione del grano, viene utilizzata una percentuale maggiore, sebbene sia stata anche tradizionalmente considerata un rifiuto e spesso scaricata e/o bruciata²³. Tuttavia, la lolla di riso è facilmente raccolta ed è economica, quindi è sempre stata usata come fonte di energia per piccole applicazioni. Negli ultimi anni sono stati sviluppati numerosi prodotti derivati, tra cui resine composite polimeriche e legname polimerico come sostituto per il legno naturale, "entrambi prodotti combinando lolla di riso macinata e resine polimeriche, e pellet solidi, che possono essere utilizzati nella generazione di energia"²⁴.

²³ Bernard A. Goodman, *Utilization of waste straw and husks from rice production: A review*, 2020; doi.org/10.1016/j.jobab.2020.07.001

²⁴ *Ibidem*

La paglia di riso e la buccia contengono una combinazione di cellulosa (32–47%), emicellulosa (19–27%) e lignina (5–24%), insieme a quantità apprezzabili di silice e altri componenti minori²⁵.

Il primo passo nella raffinazione della biomassa di riso di scarto comporta la scomposizione della struttura alla rinfusa, generalmente, una fase di pretrattamento rimuove la lignina e/o l'emicellulosa, interrompe la struttura della parete cellulare e aumenta l'area superficiale e l'accessibilità della cellulosa²⁶.

Le fibre naturali da rifiuti agricoli possono essere utilizzate per la produzione di polimeri leggeri e a basso costo per applicazioni in edilizia e costruzioni.

Un esempio di applicazione è quello di combinare il cemento con la paglia di riso in modo da ottenere buone proprietà di isolamento termico, proprietà meccaniche adeguate e resistenza al fuoco.

Dopo un adeguato pre-trattamento, la paglia di riso può essere utilizzata anche per la produzione di pannelli di fibre. Rimuovendo parzialmente l'emicellulosa e la lignina mediante trattamento meccanico a vapore ad alta pressione della paglia di riso, la cristallinità della cellulosa viene migliorata rendendola così adatta per l'uso in compositi polimerici rinforzati. Inoltre, l'uso della lolla di riso come riempitivo nei materiali compositi è stato esaminato da uno studio scientifico²⁷ che evidenzia come le proprietà dei compositi siano influenzate dalle interazioni fibra-polimero e che è ancora necessaria una migliore comprensione dei meccanismi di interazione tra i polimeri e i riempitivi²⁸.

Tab. 3
Quantità espressa in tonnellata degli scarti del riso in Toscana e nella provincia di Grosseto

Scarti del riso		
	Toscana	Grosseto
Paglia	2.315,3 t	1.182,22 t
Lolla	356,2 t	181,88 t
Pula	124,67 t	18,188 t

²⁵ F. Bilo, S. Pandini, L. Sartore, L. E. Depero, G. Gargiulo, A. Bonassi, S. Federici, E. Bontempi, *A sustainable bioplastic obtained from rice straw*, 2018; doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.252

²⁶ Si veda: Bernard A. Goodman, *Utilization of waste straw [...]*, op. cit.

²⁷ R. Arjmandi, A. Hassan, K. Majeed, Z. Zakaria, *Compositi polimerici riempiti con buccia di riso*, *Int. J. Polym. Sci.*, 2015, pp. 1 - 32, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100959-8.00005-6>

²⁸ *Ibidem*

Altro uso importante della lolla di riso, una volta trasformata in cenere, è sottoforma di pozzolana, materiale finemente suddiviso che in presenza di acqua reagisce con l'idrossido di calcio rilasciato dall'idratazione del cemento Portland per formare idrato di silicato di calcio e altri composti cementizi.

La combustione della lolla di riso al di sotto della temperatura di cristallizzazione della silice produce una cenere di carattere prevalentemente amorfo con la sua reattività derivata principalmente dalla superficie interna delle particelle microporose. La cenere raffreddata rapidamente ha il numero massimo di gruppi silanolici che sono importanti per un additivo per cemento pozzolanico ²⁹.

La presa del calcestruzzo aumenta con l'aumento del contenuto di ceneri e, se utilizzata nel calcestruzzo in muratura, la cenere della lolla di riso conferisce una buona resistenza e durata ³⁰.

Inoltre, l'aggiunta del 20-30% di cenere di lolla di riso aumenta la resistenza all'attacco di solfati, acidi e cloruri, mentre il 20% del cemento Portland può essere sostituito dalla cenere di lolla di riso senza influire negativamente sulla sua forza.

La cenere della lolla di riso fissa la calce libera rilasciata durante l'idratazione dei silicati di clinker e la silice amorfa

reagisce con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ nella reazione di idratazione secondaria per formare una struttura porosa con ampia area superficiale specifica che migliora la resistenza e la durabilità del calcestruzzo ³¹.

Altro scarto del riso che viene trasformato in cenere è la paglia che, a causa del suo alto contenuto di silice, metalli alcalini e alcalino terrosi, può sostituire il feldspato e il quarzo nella produzione di materiali ceramici e può anche costituire parte di una materia prima alternativa per produrre piastrelle in gres porcellanato sostituendo i componenti non plastici, che insieme alle argille costituiscono i principali costituenti del gres porcellanato ³².

Recenti studi riferiscono che una miscela di lolla di riso, bagassa ³³ e carta da macero può produrre cartone adatto per l'imballaggio come mezzo ondulante, avvolgimento e pannello isolante e, recentemente, compositi formati da paglia di riso modificata dalla polimerizzazione in situ di polielettrolita polifosfato di ammonio e il polietilene ad alta densità è stato descritto come materiale con buone proprietà ignifughe ³⁴.

Altro utilizzo recentemente rilevato degli scarti del riso è demandato alla produzione delle bioplastiche derivate da un processo di derivatizzazione con diversi gruppi chimici. Può essere convertito in cellophane o anche come plastica solida, pellicola e prodotti per il confezionamento di alimenti; que-

²⁹ Si veda: Bernard A. Goodman, *Utilization of waste straw [...]*, op. cit.

³⁰ S.A. Zareei, F. Ameri, F. Dorostkar, M. Ahmadi, *Rice husk ash as a partial replacement of cement in high strength concrete containing micro silica: evaluating durability and mechanical properties*, *Case Stud. Constr. Mater.*, 7 (2017), pp. 73-81, <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2017.05.001>

³¹ Si veda: Bernard A. Goodman, *Utilization of waste straw [...]*, op. cit.

³² *Ibidem*

³³ Bagassa: Residuo della macinazione e spremitura della canna da zucchero, usato come combustibile o nella preparazione di fibre cellulose

³⁴ P. Jeetah, NS Golaup, K. Buddynauth, *Production of cardboard from waste rice husk*, 3, 2015, pp. 52-59, <https://doi.org/10.1016/j.jece.2014.11.013>

sto perchè caratterizzata da bassa permeabilità all'aria, oli e batteri³⁵.

Il potenziale di queste nuove plastiche è elevato, soprattutto usato come film e fogli termoretraibili poichè le sue proprietà meccaniche allo stato secco sono paragonabili a quelle del polistirolo, mentre la bioplastica colata allo stato umido si comporta in modo simile al policloruro di vinile plastificato³⁶.

Un esempio concreto nella realizzazione di alcuni materiali edilizi tramite uso degli scarti del riso è il lavoro effettuato da una recente azienda RICEHOUSE.

Questa azienda nasce dall'esperienza di un architetto Tiziana Monterisi, di origini piemontesi, ha voluto valorizzare i prodotti secondari della coltivazione del riso locale, in modo da risolvere problemi legati alla sostenibilità ambientale e alla riduzione di emissioni nelle produzioni industriali ³⁷.

Inoltre, altro obiettivo che si pone l'architetto e poi l'intera fondazione, è quello di andare non solo ad operare su costruzioni nuove ma applicare questi elementi in ristrutturazioni di parti di edifici esistenti ³⁸.

I prodotti che promuovono hanno come ingredienti chiave tutti gli scarti ottenuti dalla produzione del riso, della sua raccolta e lavorazione.

Infatti, si ritrovano prodotti edilizi quali intonaci di fondo, intonaci di finitura, pannelli di isolamento confezionati con elementi quali lolla, pula e paglia.

In particolare, nel caso studio in oggetto si vuole andare ad applicare specifici materiali nei pacchetti di consolidamento delle murature, come elemento di fondo per il passaggio degli impianti nel solai e come finitura per il rivestimento interno ed esterno delle chiusure.

Uno dei materiali che si è scelto di utilizzare è la miscela per l'intonaco di fondo RH100³⁹, usato nelle murature come elemento resistente.

È un intonaco naturale, usato per l'isolamento termico e acustico con notevoli proprietà igrotermiche e di traspirabilità. La miscela comprende un sapiente rapporto tra la calce aerea e lolla di riso che, in quanto contiene elevato contenuto di silice, rende il composto inattaccabile e durevole nel tempo nonché elevata inerzia al fuoco e impatto ambientale quasi pari a zero.

Secondo scheda tecnica, riportata negli allegati dell'elaborato, esso riduce l'inquinamento assorbendo la CO₂ presente all'interno degli ambienti garantendo quindi, non solo un benessere abitativo ma soprattutto un benessere di tipo energetico all'edificio.

Di seguito si riportano alcune delle caratteristiche fondamentali usate per la verifica di resistenza:

Calore specifico	1500
Conducibilità termica	0,07
Resistenza a compressione	Classe CS1

Tab. 4
Caratteristiche fisiche dell'intonaco

³⁵ Si veda: P. Jeetah , N.S. Golaup , K. Buddynauth, *Production of [...]*, op. cit.

³⁶ *Ibidem*

³⁷ <https://www.ricehouse.it/chi-siamo>

³⁸ <http://www.coltivarelacitta.it/chi-siamo/>

³⁹ <https://www.ricehouse.it/rh100>

Tab. 5
Caratteristiche fisiche dell'intonaco di finitura

Altro materiale che si riporta è l'intonaco di finitura RH200⁴⁰ che viene ottenuto utilizzando la pula di riso sempre associata a una calce aerea e ad una selezione di polveri di marmo e terre naturali che generano un materiale resistente agli agenti atmosferici, quindi adeguato per uso esterno e notevoli proprietà di traspirabilità, importanti per eliminare eventuale presenza di umidità nelle murature. Anche per questo materiale si riportano alcune delle caratteristiche tecniche:

Calore specifico	1500
Conducibilità termica	0,53
Resistenza a compressione	Classe CS1

Infine, per quanto riguarda l'intervento di completamento dei solai si propone di usare un massetto alleggerito (RH310⁴¹).

I sottofondi con l'utilizzo di tali prodotti hanno un elevato isolamento termo-acustico. Le componenti del massetto alleggerito, miscelate al momento dell'uso, danno origine ad un composto di facile applicazione.

Può essere applicato in spessori da 5 a 25 cm, è leggero, estremamente flessibile, traspirante, compatibile con tutti i supporti e specifico per l'isolamento termico e per il carico ridotto sulle solette, negli interventi per la bioedilizia e nella ristrutturazione di edifici di interesse storico⁴².

Data la presenza di diverse attività all'interno del palazzo, è necessario andare a soddisfare requisiti di isolamento acustico tra un' ambiente e l'altro in modo da non disturbare gli utenti. Questo tipo di massetto date le sue caratteristiche di isolamento termoacustico è adatto per casi di risanamento termico di questo tipo e garantisce ottime prestazioni acustiche grazie alla porosità dei prodotti utilizzati ed pertanto è ottimale in tutti gli ambienti che necessitano di essere isolati rispetto ai locali adiacenti.

⁴⁰ <https://www.ricehouse.it/rh200>

⁴¹ <https://www.ricehouse.it/rh310>

⁴² *Ibidem*

LE OLIVE E I SUOI SCARTI

Come effettuato in precedenza si è andati ad analizzare i dati statistici registrati al 2019 sia a livello nazionale, sia a livello regionale e territoriale.

In Italia la produzione di olive si aggira attorno ai 21.941.049 quintali e la Toscana rappresenta il 0,037 % della produzione complessiva⁴³.

Come è riportato nella tabella di fianco si può leggere che la produzione a livello territoriale, espressa in quintali, ricava esattamente il 0,267 % della produzione regionale.

Inoltre, vengono riportati anche i dati statistici all'anno 2019 riguardante la differenziazione della produzione di olive per il consumo a tavola e per il consumo sotto forma di olio, lavorato a pressione⁴⁴.

Ancora, si è andati a evidenziare i sottoprodotti della lavorazione dell'oliva e a riportarne i valori numerici, sia a livello regionale sia territoriale.

Questi scarti vengono ottenuti tramite un processo di estrazione in impianti e/o oleifici che prevedono la successione di cinque fasi fondamentali:

- **Operazioni preliminari** con lo scopo di preparare le olive alla lavorazione;
- **Molitura**, ha lo scopo di rompere le pareti delle cellule e far fuoriuscire i succhi. Il prodotto di questa fase è generalmente indicato con il termine di pasta d'olio, composta da olio, acqua e parti solide;
- **Gramolatura**, è un rimescolamento della pasta ottenuta precedentemente ed ha lo scopo di rompere l'emulsione fra olio e acqua e facilitarne la separazione nella fase successiva;

	Italia	Toscana	Grosseto
	Produzione raccolta (quintali)	Produzione raccolta (quintali)	Produzione raccolta (quintali)
Olive	21.941.049	748.851	200.000
Olive da tavola	759.748	711	-
Olive per olio	21.181.301	748.140	200.000

Tab. 6
Dati sulla produzione delle olive in Toscana e in provincia di Grosseto

Tab. 7
Quantità espressa in tonnellata degli scarti dell'oliva

Scarti dell'oliva		
	Toscana	Grosseto
Sansa	59.908,08 t	16.000 t
Nocciolino di sansa	32.675,32 t	8.8000 t

⁴³ <http://www.dati.istat.it/>

⁴⁴ *Ibidem*

- **Estrazione del mosto d'olio**, ha lo scopo di separare la fase liquida, l'emulsione acqua-olio, dalla fase solida, la sansa. Essa è composta dai residui solidi delle bucce, della polpa, dei semi e dai frammenti dei noccioli da cui si ottiene un ulteriore sottoprodotto: il nocciolino.
- **Separazione dell'olio d'oliva dall'acqua**, solitamente effettuata tramite centrifuga verticale⁴⁵.

Il metodo classico usato per estrarre l'olio è attraverso l'estrazione per pressione, effettuata tramite una pressa idraulica aperta disponendo dove si posiziona la pasta d'olio sotto forma di strati sottili alternati.

Il dispositivo utilizzato per la costruzione della pila consiste in un piatto circolare in acciaio con sponde leggermente rialzate e sagomate, carrellato per la movimentazione. Al centro del piatto è inserito un cilindro forato (*foratina*) che ha lo scopo di mantenere la pila in verticale e favorire il deflusso del mosto d'olio anche lungo l'asse centrale della pila⁴⁶.

Per effetto della pressione il mosto d'olio si separa dalla frazione solida e dal sistema drenante fluisce lungo l'esterno e lungo la foratina e viene raccolto sul piatto.

Terminata l'estrazione, la pila viene smontata e dai diaframmi viene rimossa la sansa utilizzando apposite macchine.

Questo sistema presenta molteplici svantaggi come: costi rilevanti per l'impiego della manodopera, oneri derivanti dalla difficoltà di pulizia dei diaframmi filtranti, rischio di peggioramento della qualità in caso di cattiva pulizia dei diaframmi⁴⁷. Nonostante questi problemi a livello logistico dell'azienda che si prende carico del lavoro, i **vantaggi** che ne derivano

sono:

- buona qualità delle sansi;
- ridotti consumi di energia e acqua e costi fissi contenuti;
- minori quantitativi d'acqua di vegetazione da smaltire, pericolosi per l'ambiente;
- minore carica inquinante dell'acqua di vegetazione;

Lo smaltimento dei rifiuti industriali dell'olio d'oliva è un problema ambientale abbastanza serio. Questo lo si ritrova soprattutto nel momento in cui tale scarto viene a contatto con i terreni e inoltre, non può essere compostato o bruciato senza insorgere in notevoli costi⁴⁸.

Per questo motivo è importante trovare nuovi modi per riutilizzare tali scarti, andando a rilanciare quella che è una parte dell'economia locale, aiutando i grandi e piccoli imprenditori agroalimentari.

Si riportano, di seguito, diverse soluzioni tecnologiche sperimentate in questi anni all'interno del mondo delle costruzioni.

Utilizzo della sansa nei materiali da costruzione

La risultante pasta di olive o vinaccia umida è consistente e contiene noccioli di oliva e residui di polpa. Ha un pH leggermente acido e un contenuto di materia organica molto elevato (principalmente lignina, emicellulosa, cellulosa, grassi, proteine, carboidrati idrosolubili e una piccola frazione di composti fenolici attivi).

Ha un elevato fabbisogno chimico e biologico di ossigeno e quindi deve essere diluito in un rapporto di 1: 1.500.000 per

⁴⁵ https://it.wikipedia.org/wiki/Estrazione_dell%27olio_di_oliva

⁴⁶ *Ibidem*

⁴⁷ *Ibidem*

⁴⁸ M. Dolores La Rubia-García, Á. Yebra-Rodríguez, D. Eliche-Quesada, F. A. Corpas-Iglesias, A. López-Galindo, *Assessment of olive mill solid residue (pomace) as an additive in lightweight brick production*, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.06.009>

garantire che i rifiuti non siano una fonte di inquinamento⁴⁹. Ad oggi l'utilizzo principale della sansa umida la si ritrova nel mondo industriale dove viene impiegato come fertilizzante nei terreni agricoli, come combustibile per riscaldamento e anche utilizzato nella produzione di alimentari⁵⁰.

Anche il nocciolino, altro scarto alimentare della lavorazione dell'olio, viene utilizzato come un ottimo combustibile, di facile impiego e dotato di un elevato potere calorico, da usare in alternativa al legno in pellet per bruciatori e stufe, poichè possiede un buon potere calorifico⁵¹.

Per queste caratteristiche termiche questi sottoprodotti possono essere sviluppati ancora per creare nuovi materiali da costruzioni, quali aggregati leggeri nelle malte da costruzione, come possibile sostituti di perlite, vermiculite e argilla espansa o anche materiali isolanti⁵².

Utilizzo della sansa nei mattoni di argilla⁵³

Uno degli utilizzi di questo prodotto è come materiale di combinazione nei calcestruzzi e nelle ceramiche o nei mattoni per costruire il tetto delle case.

Tuttavia, nonostante la pasta sia facile e ottima da modellare per la creazione di mattoni, il contenuto solido dell'effluente influenza negativamente le proprietà dei mattoni prodotti con laterizio o con argilla. La sansa ha una granulometria ridotta e un alto contenuto di umidità, che conferisce bassi valori di porosità ed elevata plasticità.

Utilizzo della sansa di olive nei cementi

L'industria del cemento è responsabile del 5% delle emissioni globali di anidride carbonica. Sostituendo una certa percentuale di clinker con elementi di rifiuto di questo tipo si può ridurre il suo impatto ambientale riducendo le emissioni di gas serra.

Questi benefici contribuiscono collettivamente all'accettazione della società, alla fattibilità economica e alla protezione ambientale come i tre pilastri dello "sviluppo sostenibile".⁵⁴

L'uso di questi rifiuti, che rappresenta in media il 70-80% del peso iniziale di prodotto, può essere usato nella produzione di calcestruzzo per migliorarne le proprietà: resistenza a compressione, durabilità e lavorabilità.

Solo il 10% viene riciclato in mangimi per animali ma il resto viene stoccato e rimane all'interno dei frantoi, provocando un rischio reale per l'ambiente.

Quello che si propone di fare è quindi riciclare questi scarti, quali la sansa e il nocciolino, come elementi di riempimento nella produzione di calcestruzzo in particolare utilizzato per scopi strutturali.

Lo studio vuole mirare alla fattibilità del recupero di questi scarti mediante prove di compressione e misurazioni sull'influenza nel fabbisogno idrico del cemento per garantire le giuste prestazioni di un calcestruzzo tradizionale.

⁴⁹ Si veda: M. Dolores La Rubia-García, Á. Yebra-Rodríguez, D. Eliche-Quesada, F. A. Corpas-Iglesias, A. López-Galindo, *Assessment [...]*, op. cit.

⁵⁰ *Ibidem*

⁵¹ M. del Rio Merino, J. Guijarro Rodriguez, F. Fernandez Martinez, J. S. Cruz Astorqui, *Viability of using olive stones as lightweight aggregate in construction mortars*, pp. 431-438, *Revista de la Construcción*, 2017.

⁵² *Ibidem*

⁵³ K.Lila, S.Belaadi, R.Solimando, F. R. Zirour, *Valorisation of organic waste: Use of olive kernels and pomace for cement manufacture*, 2020, (<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123703>)

⁵⁴ *Ibidem*

Fig. 6
Equazione per determinare il contenuto di ossido di calcio CaO nella miscela

Nell'articolo a cui ci si riferisce si è quindi andati ad effettuare uno studio⁵⁵ su delle malte ricondizionate che vengono confrontate con un campione di riferimento, tipo CEM1, derivante da cemento Portland senza additivi.

Preparazione additivi

Per la preparazione degli additivi i semi di olive sono stati, prima, impoveriti tramite uso di sostanze tensioattive⁵⁶ con lo scopo di andare a rimuovere il grasso contenuto e poi sottoposti a lavaggio con acqua distillata per togliere le sostanze usate.

Ancora, i semi sono stati disidratati tramite processo di essiccazione a una temperatura di 105° per 24 ore e poi sottoposti a processo di calcinazione shock, comunemente usato per preparare la cenere rimuovendo tutto il materiale organico. È stata poi effettuato il test di attività pozzolanica; questa consiste nel fissare la portlandite rilasciata dall'idratazione del campione senza additivi che dà origine a nuovi silicati di calcio (legami C-S-H) che incrementano la resistenza e si va a misurare la velocità di reazione tra una pozzolana e Ca²⁺ o idrossido di calcio in presenza di acqua⁵⁷.

Secondo lo studio, l'attività pozzolanica è stata misurata tramite uno specifico protocollo che consiste nel mettere 2 g di ciascun additivo in una soluzione di 100 ml di calce. Dopo 24 ore di conservazione si prelevano 50 ml di soluzione per determinare il contenuto di ossido di calcio CaO.

Al termine di questo periodo, sono stati aggiunti 50 ml della soluzione di calce (1,1 g/l) ripetuto ogni 2 giorni per 30 giorni⁵⁸. In questo studio, la quantità di CaO fissata per 30 giorni per 1 g di pozzolana è stata calcolata utilizzando l'equazione:

$$CaO = \left(16V_0 \left(\sum_{i=1}^{14} V - 2V_{15} \right) \times N_{HCl} \times meq.gCaO \times 100/2 \right)$$

dove:

V₀: volume di HCl per neutralizzare 50 ml di soluzione di calce;

V₁: volume di HCl per neutralizzare 50 ml di additivo;

NHCl: normalità della soluzione di HCl (0,05 N);

meq.g.CaO: massa del grammo equivalente di CaO (0,028).

I campioni

In primo luogo, sono stati preparati cinque campioni di cemento a differenti percentuali di aggiunta:

- N10 e N30 in cui sono stati aggiunti rispettivamente il 10 e il 30% di semi di oliva nel cemento;
- G10 e G30 in cui sono stati aggiunti rispettivamente il 10 e il 30% di sansa di oliva calcinata nel cemento.

Questi sono stati misurati rispetto al tempo di macinazione con l'obiettivo di studiare l'influenza degli additivi sulla macinabilità del cemento⁵⁹.

Un campione di 500 g di ciascuno dei cementi è stato prelevato con diversi rapporti acqua/cemento secondo la norma europea NF EN 196-4: (1990).

⁵⁵ *Ibidem*

⁵⁶ *Tensioattivi*: sono sostanze che hanno la proprietà di abbassare la tensione superficiale di un liquido, agevolando la bagnabilità delle superfici o la miscibilità tra liquidi diversi

⁵⁷ Si veda: K.Lila, S.Belaadi, R.Solimando, F. R.Zirour, *Valorisation of organic waste [...]*, 2020, op. cit.

⁵⁸ *Ibidem*



La consistenza normale è influenzata dai tempi di presa iniziale e finale della prova di stabilità che sono stati testati dall'apparato Vicat⁶⁰ nelle condizioni di stagionatura secondo la norma europea NF EN 196-3: (1990).

Il tempo di presa è stato determinato quando l'ago dello strumento è penetrato di 25 mm. La fine del tempo di presa è stata così determinata quando l'ago ha fatto un'impronta sulla superficie della pasta ma non l'ha penetrata.

Fig. 7
Sansa e nocciolino prima del trattamento

Fig. 8
Sansa e nocciolino dopo il trattamento



Fig. 9
Tabella dei campioni

	OPC	N10	N30	G10	G30
Densità	3.12	2.42	1.66	2.60	1.95
SSB (cm ² / g)	4048	4050	3973	3984	4020
Residuo di 45 µm (%) dall'apparato alpino	20.7	1.8	3.5	1.9	2.1
D (10)	1.22	1.36	1.95	1.23	1.7
D (50)	10.45	9.10	10.77	8.68	10.31
D (90)	47.06	29.67	33.50	29.64	31.51
BAGNO	0.26	0.35	0.45	0.38	0.47
span	4.358	3.111	2.928	3.272	2.878
Tempo di presa iniziale (min)	192	180	155	170	160
Tempo di presa finale (min)	270	360	260	375	285
espansione a caldo (mm)	1	1	0	1	0
espansione a freddo (mm)	1	1	0	1	0

⁵⁹ Si veda: K.Lila, S.Belaadi, R.Solimando, F. R.Zirour, *Valorisation of organic waste [...]*, 2020, op. cit.

⁶⁰ L'ago di Vicat o apparecchio di Vicat è un dispositivo ideato dall'ingegnere francese Louis Vicat, che serve a determinare il tempo di presa di calce idrauliche e di cementi normali o speciali.

Fig. 10
Ago di Vicat



Preparazione malte e prove meccaniche

Campioni di cemento sono stati utilizzati per la produzione di malte standard con rapporto sabbia/cemento = 1/3 e acqua/ cemento = 0,5 in peso, secondo la norma europea NF IN 196 -3: (1996).

Le malte standard sono state sottoposte a prove di compressione meccanica secondo la norma europea NF IN 196-4: (1999) . Il test è stato eseguito per esaminare campioni normali di malta in trazione e compressione. Le malte preparate sono state conservate in atmosfera umida per 24 ore, in cui i valori di umidità relativa e temperatura erano rispettivamente dell'80% e $T = 20^{\circ}\text{C}$.⁶¹

Successivamente, prima di sottoporle alle prove meccaniche di compressione e trazione, queste malte sono state sformate e immerse in acqua a 20°C .

Queste sono state studiate con scadenze di 2, 7, 28, 72, 150 e 365 giorni per osservare la progressiva evoluzione delle prestazioni sviluppate dal cemento. In questa malta l'unica variabile era la natura del legante idraulico, la resistenza della malta è stata quindi considerata indicativa delle prestazioni del cemento⁶².

Nonostante il fatto che il cemento preparato abbia una quantità di clinker inferiore rispetto al cemento di riferimento (OPC), l'analisi chimica ha mostrato che questi cementi hanno contenuti di SiO_2 e MgO vicini al cemento di riferimento e anche per gli altri elementi, il loro contenuto nel cemento N10, N30, G10 e G30 non presenta una grande variazione rispetto al campione OPC⁶³.

Inoltre, tali valori rientrano nei requisiti della norma europea NF EN 197-1: 2000 , ad esempio l'elemento SO_3 è inferiore al 4% in peso per ogni cemento, ed è stato osservato che le composizioni chimiche

delle ceneri di carbone appartengono al gruppo $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$ rientrano nella famiglia dei comuni cementizi additivi utilizzati nei prodotti a base di cemento⁶⁴.

⁶¹ Si veda: K.Lila, S.Belaadi, R.Solimando, F. R.Zirour, *Valorisation of organic waste [...]*, 2020, op. cit.

⁶² *Ibidem*

⁶³ *Ibidem*

⁶⁴ C. Argiz, M.Á. Sanjuán, E. Menéndez, *Coal Bottom Ash for Portland Cement Production*, 2017, Giorgio Pia, ([//doi.org/10.1155/2017/6068286](https://doi.org/10.1155/2017/6068286))

Risultati

Sulla base dei risultati delle analisi XRD⁶⁵, ha mostrato che la presenza di sansa e nocciolo non modifica la composizione mineralogica dei cementi preparati e le quattro fasi principali del clinker sono presenti negli altri cementi preparati da questi due additivi, per cui si può concludere che OPC ha una struttura mineralogica regolare.

Dai valori ottenuti si può confermare che il cemento Portland (OPC) è composto da quattro fasi principali: C₃S (alite), C₂S (belite), C₃A e brownmillerite.

Inoltre, si può osservare, dai grafici riportati, che tutti i cementi hanno fasi mineralogiche identiche e simili a quella del clinker.

L'intensità dei picchi C₂S e C₃S è risultata inferiore per G₃₀ e N₃₀. L'aumento del contenuto di addizione nel cemento porta una maggiore superficie durante l'idratazione e aumenta il consumo di C₃S, C₂S, e alla riduzione dell'intensità del picco di silicato di calcio nei campioni di sansa e nocciolo⁶⁶.

È stato anche osservato che i picchi di Ca(OH)₂ erano più alti nel cemento di riferimento (OPC) rispetto ad altri cementi, mentre la diminuzione del contenuto di Ca(OH)₂ nelle paste cementizie G₁₀, G₃₀, N₁₀ e N₃₀ era molto più alta.

Ciò può essere giustificato dal fatto che la sansa e il nocciolo, in quanto materiali pozzolanici, reagiscono con Ca(OH)₂ dando origine a ulteriori legami C-S-H, che contribuiscono alla resistenza del cemento.

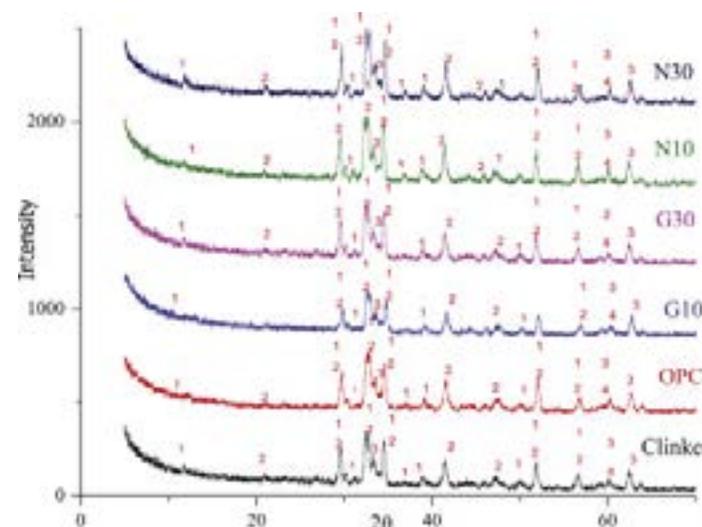


Fig. 11
Analisi XRD

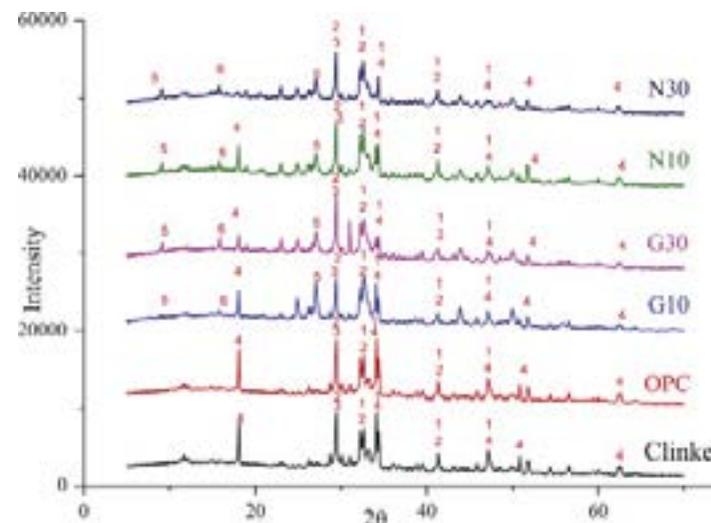


Fig. 12
Analisi XRD a 28 gg di maturazione dei campioni

⁶⁵ Analisi XRD è un'analisi diffrattometrica che utilizza i raggi X per andare a rilevare le caratteristiche chimiche di un campione.

⁶⁶ Si veda: K.Lila, S.Belaadi, R.Solimando, F. R.Zirour, *Valorisation of organic waste [...]*, 2020, op. cit.

Effetto sulla macinazione

Si può notare che la superficie specifica aumenta rapidamente all'inizio della macinazione per raggiungere un valore di 5300 cm²/g, dopo 60 min.

Il test SSB⁶⁷ e residuo nel setaccio da 45 µm ha mostrato che la presenza di nocciolo e sansa ha un effetto **molto positivo** sul processo di macinazione.

Tuttavia, l'utilizzo di un misuratore di taglio (potenza elettrica ed energia spesa) è necessario per stimare l'efficienza energetica del processo di macinazione, che mira alla simulazione industriale dei mulini che dipende solo dalle dimensioni della palla e dall'energia spesa, poiché il funzionamento ottimale corrisponde alla massima efficienza energetica del processo di molatura⁶⁸.

I risultati ottenuti sono stati influenzati dalle proprietà fisiche degli additivi, poiché la distribuzione granulometrica della dispersione della luce mostra che l'incorporazione del nocciolo e della sansa calcinata **contribuisce all'aumento della finezza**.

Inoltre, la microstruttura e il calore di idratazione sono stati esaminati mediante analisi XRD e DSC⁶⁹. L'analisi XRD Questi risultati riconfermano, quindi, che gli additivi si comportano come materiali pozzolanici e contribuiscono alla formazione di legami C-S-H che rafforzano la forza del cemento.

Effetti sulle resistenza meccanica

Il test di resistenza alla compressione è stato eseguito a diverse età: 2, 7, 28, 72, 72, 150 e 365 giorni e ha dimostrato che la malta di riferimento (OPC) ha sviluppato le resistenze a compressione più elevate.

Ma dopo 28 giorni, la differenza di resistenza tra le malte additive e la malta di riferimento ha iniziato a diminuire in modo significativo fino a diventare trascurabile dopo 365 giorni, mentre la malta contenente il 10% di additivi ha mostrato una resistenza a compressione molto vicina al cemento di riferimento. Tuttavia, i cementi con il 10% di additivi hanno valori vicini all'OPC⁷⁰.

Inoltre, l'utilizzo del software Delphi 6 ha permesso di stimare la variazione proporzionale Ppi⁷¹ dei parametri cinetici alla resistenza a compressione. Il valore più alto di Ppi = 91,7% è rappresentato da ΔH, quindi si può affermare che l'entalpia della reazione di idratazione è il parametro chiave che determina le prestazioni del cemento⁷².

⁶⁷ SSB: Superficie specifica Blaine che misura l'area della superficie specifica (in relazione alla massa del campione) mediante confronto con un campione di materiale di riferimento, in questo caso l'OPC in Portlandite senza additivi.

⁶⁸ Si veda: K.Lila, S.Belaadi, R.Solimando, F. R.Zirour, *Valorisation of organic waste [...]*, 2020, op. cit.

⁶⁹ Analisi DSC: nei cementi è particolarmente accurata nella determinazione del tasso di disidratazione del gesso, fungendo da parametro guida per le operazioni di controllo del processo di macinazione.

⁷⁰ Si veda: K.Lila, S.Belaadi, R.Solimando, F. R.Zirour, *Valorisation of organic waste [...]*, 2020, op. cit.

⁷¹ PPI: parametro di proporzionalità

⁷² Si veda: K.Lila, S.Belaadi, R.Solimando, F. R.Zirour, *Valorisation of organic waste [...]*, 2020, op. cit.

Conclusioni

Dal grafico riportato, si può quindi notare come i valori di resistenza a compressione ottenuti per i campioni con additivi aggiunti siano molto simili a quelli del campione di riferimento (OPC)⁷³.

In particolare, si vuole prendere in considerazione un tipo di calcestruzzo che possa avere le adeguate resistenze per uno strutturale. Come indicato da normativa, è necessario che, per esempio un calcestruzzo di classe XC1 abbia una resistenza caratteristica $R_{ck} > 33,5$ MPa per un periodo di maturazione di 28 gg.

Si evidenzia, quindi come, i valori più prestanti da prendere in considerazione siano quelli che si riferiscono ai campioni con il 10 % di aggiunti di semi di oliva o di sansa di oliva calcinata, ovvero quelli nominati N10 e G10 che hanno rispettivamente un valore di $R_c = 35$ MPa e 42 MPa⁷⁴.

Sulla base dei risultati ottenuti, si conclude che la sansa e il nocciolo di oliva (un sottoprodotto del frantoio) possono essere recuperati per produrre un cemento durevole e rigido.

Questo recupero eliminerà questo inquinante e ridurrà le emissioni di gas serra. Inoltre, questo studio fornisce un riferimento sperimentale per la tecnica di recupero dei rifiuti agricoli nell'industria del cemento.

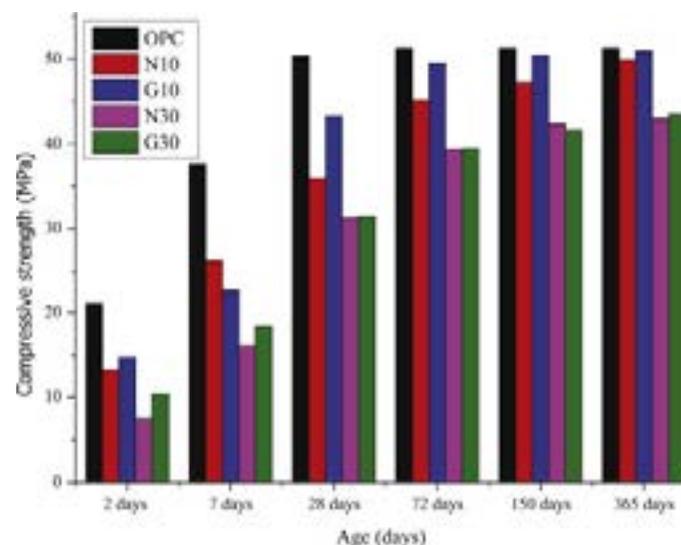


Fig. 13
Risultati delle resistenze a compressione dei campioni

⁷³ Si veda: K.Lila, S.Belaadi, R.Solimando, F. R.Zirour, *Valorisation of organic waste [...]*, 2020, op. cit.

⁷⁴ *Ibidem*

Fig. 14
Rete fantasma abbandonata su un fondale marino che continua il processo di pesca passiva.

RIUSO DELLE RETI DA PESCA

Il Mar Mediterraneo, nonostante rappresenti l'1% della superficie terrestre ricoperta da acqua, ospita il 28% di rifiuti plastici. Uno degli elementi plastici che da decenni insidia i fondali marini è rappresentato dalle reti da pesca, molto pericolose perchè non ci si accorge della loro presenza. La fauna dei fondali risente molto delle reti in nylon (in uso dagli anni '60) in quanto non sono biodegradabili ed essendo molto resistenti, non si rompono, in tal modo queste continuano a essere delle trappole passive, le cosiddette "reti fantasma".

«C'è una parola per descrivere i dati delle reti da pesca, legali e illegali, abbandonate in mare: impressionanti. È difficile fare un calcolo preciso, secondo alcune stime potrebbero avere un peso complessivo di 640mila tonnellate. [...] Nel settembre 2019 nell'area di Marettimo sono stati recuperati 300 chili di reti, nel giugno 2020 alla Secca delle Formiche, tra Procida e Ischia, reti lunghe 70 metri, nello scorso luglio a San Felice Circeo una rete perduta lunga più di 200 metri che continuava a pescare»⁷⁵.

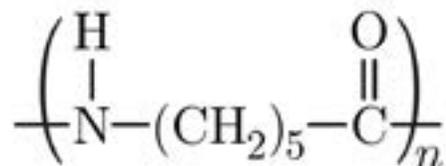


E' chiaro che tutte le città costiere sono coinvolte nel processo di salvaguardia del mare; ma in particolare l'amministrazione di Castiglione ha mosso qualche passo verso una direzione più ecologica per la questione, creando un punto di raccolta per le reti usate.

⁷⁵P. Virtuani, *Le reti fantasma e gli 'spaghi' delle gabbie soffocano i fondali. E nessuno se ne accorge*, in *Corriere della sera*, 2021, https://www.corriere.it/pianeta2020/21_aprile_01/reti-fantasma-spaghi-gabbie-soffocano-fondali-nessuno-se-ne-accorge-d9ae2e8e-9263-11eb-b997-507c-83c4e681.shtml (Ultima consultazione maggio 2021)

Il nuovo utilizzo

Seguendo la filosofia della trasformazione, da rifiuto a risorsa, è necessario individuare le caratteristiche del materiale e le possibili applicazioni nel campo edile; le tipologie più utilizzate sono nylon 6⁷⁶.



Esistono svariati studi riguardo il comportamento delle reti da pesca nel cemento e nelle malte cementizie, questi dimostrano che l'utilizzo di fibra di nylon come materiale additivo nella malta a base di cemento può migliorare le proprietà meccaniche e allo stesso tempo produrre un buon prodotto sostenibile⁷⁷.

Tra i vari studi si è scelto di seguire come riferimento quello dell'università di Salerno⁷⁸, che si occupa del rinforzo di una malta cementizia commerciale il cui processo di lavorazione e le caratteristiche ottenute dalle sperimentazioni sono riportate nei successivi paragrafi e di cui viene allegato l'intero articolo per una intera consultazione.

Prove di resistenza

Dopo il lavaggio, necessario per eliminare i residui organici e il sale provenienti dal mare, il nylon viene classificato e tagliato a mano (in tal modo si omettono lavorazioni che richiedano il emissioni di CO₂) in due forme:

- in fibre di 20 cm che includono 4 nodi;
- in fibre corte senza nodi e di diverse lunghezze.

Successivamente viene effettuata una caratterizzazione meccanica preliminare delle forze di trazione su fibra di nylon non condizionate e fibre condizionate da alcali per determinare la resistenza del materiale agli attacchi chimici.

In seguito vengono effettuate delle prove di compressione e piegetura su campioni di malta rinforzati da fibre di nylon 6 facendo un paragone con campioni di malta non rinforzata.

I risultati ottenuti dallo studio evidenzia un aumento della resistenza a trazione fino al 35% e una rottura duttile del campione di malta rinforzata come viene anche confermato da un ulteriore studio danese⁷⁹.

Fig. 15
Formula di struttura del nylon 6.

⁷⁶ Il nylon 6 viene prodotto a partire da esametildiammina e acido 1,10-decandioico (acido sebacico) (HOOC(CH₂)₈COOH); il numero idrica il numero di atomi di carbonio provenienti dalla diammina.

⁷⁷ I.M. Hanif, M.R. Noor Syuhaili, M.F. Hasmori, S.M. Shahmi, *Effect of nylon fiber on mechanical properties of cement based mortar*, in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 271, 2017, p. 1

⁷⁸ S. Spadea, I. Farina, A. Carrafiello, F. Fraternali, *An experimental study on the cement mortar reinforcement through recycled nylon fibers*, Università di Salerno, Salerno, 2015.

⁷⁹ Si veda: I. M. Gieysztor Bertelsen & L. M. Ottosen, *Engineering properties of fibres from waste fishing nets*, Arctic Technology Centre, Technical University of Denmark, Agosto 2016.

Fig. 16
 Immagini da
 microscopio ZEISS
 Axioskop 40 su
 fibre di nylon
 condizionate.

Fig. 17
 Immagini da
 microscopio ZEISS
 Axioskop 40 su
 fibre di nylon non
 condizionate.

La malta

La tipologia di malta⁸⁰ utilizzata nella ricerca è solitamente impiegata nella riparazione di calcestruzzo danneggiato, caratteristica affine alle ipotesi di applicazione nel caso di Palazzo Centurioni.

Caratteristiche:

- Presenza di fibre nanometriche di rinforzo, volte a migliorare la tiosotropia⁸¹ del materiale e resistenza a ritiro;
- Classe di resistenza R4, secondo la norma EN 1504;
- Legame al calcestruzzo esistente superiore a 2 Mpa (EN 1542);
- Modulo di elasticità di Young superiore a 20 Gpa, come descritto nella normativa EN 13412).

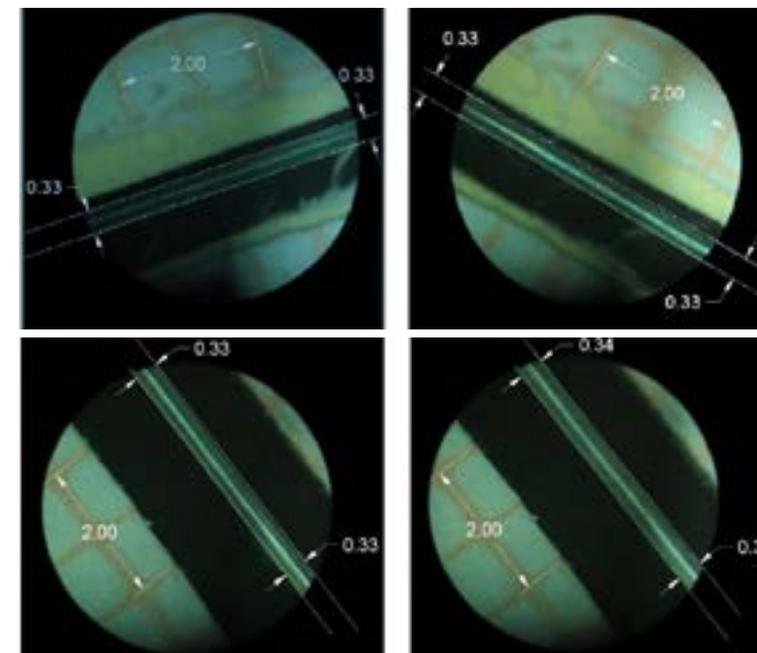
Processo di condizionamento alcalino

Sono stati condizionati monofilamenti Nylon da 20 cm in ambiente alcalino secondo la norma ASTM D543-0, in particolare, questi, sono stati immersi in una soluzione composta da 10,4 g di idrossido di sodio immerso in 999 ml di acqua distillata per 120 ore, a temperatura costante garantita da una camera climatica.

In seguito si sono pesate le fibre utilizzando una bilancia elettronica (risoluzione 1 mg), il nylon è stato poi ispezionato con microscopio ottico utilizzando 5 ingrandimenti sia prima che dopo il trattamento.

Si è osservata una leggera diminuzione di massa (pari a circa l'1,7%), ma nessun segno rilevante di corrosione sulla superficie della fibra come si vede nella Fig.12. Ingrandendo le immagini acquisite con il microscopio, si è misurata la geometria

delle fibre; come mostrato nella Fig. 13, la sezione trasversale appare circolare con un diametro di 0,33 mm, sia per le fibre di nylon condizionate che non condizionate.



⁸⁰ Prodotto commerciale Disbocret Unitech R4 - fornito dall'azienda italiana Caparol GmbH & Co. di Vermezzo (Milano, Italia).

⁸¹ La tiosotropia è la proprietà di alcuni fluidi pseudo-plastici di variare la loro viscosità quando vengono sottoposti a sollecitazioni di taglio oppure nel caso di lunghi periodi di quiete o sottoposti a contrazione.

I campioni

Per la preparazione dei campioni di malta è stata effettuata secondo le seguenti fasi:

- pesatura della malta e delle fibre di nylon;
- miscelazione manuale delle materie secche per distribuire uniformemente le fibre nella premiscela di malta;
- idratazione della miscela aggiungendo 180 g d'acqua per ogni chilogrammo di malta;
- agitazione meccanica della miscela a velocità lenta, per circa due minuti, fino ad ottenere un prodotto omogeneo e lavorabile di consistenza semifluida;
- getto in stampi (di forma prismatica con le dimensioni 40x40x160 mm) e vibrazione accurata dei campioni.

E' stato realizzato un totale di quattordici campioni, due in malta semplice e due esemplari corrispondenti a sei diverse miscele che variano in base al contenuto di fibre di nylon utilizzate come fibrorinforzo⁸², secondo la figura riportata.

I risultati

Secondo la norma ASTM C1557-03 sono state effettuate le prove di trazione uniassiale su nylon non condizionato di 20 cm per determinare la resistenza e il modulo di Young. Le prove sono state effettuate con una velocità di spostamento trasversale costante tramite la macchina di prova illustrata nella Fig.15.

La forza di picco F_{max} e l'allungamento, espresso con il rapporto $\Delta L/F$, mostrati da fibre condizionate e non condizionate, sono riportati rispettivamente nelle due tabelle riportate (Figure 8 e 9.)

La media, la deviazione standard (SD) e la varianza (CV) delle sollecitazioni di trazione sono indicate nelle tabelle per ciascun gruppo di campioni.

I valori medi dei risultati ottenuti per i due gruppi di campioni con medesime caratteristiche geometriche vengono evidenziati nelle tabelle e riportano i valori di resistenza alla trazione, rispettivamente 338 e 348 MPa per i campioni non condizionati e 319 e 342 MPa per quelli condizionati.

Designation	Specimens		Fibers		
	Quantity	Fiber weight fraction %	Length <i>l</i> mm (inches)	Diameter <i>d</i> mm	Aspect ratio <i>L/D</i>
UR	2	-	-	-	-
PA-0.5-1.0%	2	1.0	12.7 (0.5)	0.33	385
PA-0.5-1.5%	2	1.5	12.7 (0.5)	0.33	385
PA-1.0-1.0%	2	1.0	25.4 (1.0)	0.33	770
PA-1.0-1.5%	2	1.5	25.4 (1.0)	0.33	770
PA-1.5-1.0%	2	1.0	38.1 (1.5)	0.33	1155
PA-1.5-1.5%	2	1.5	38.1 (1.5)	0.33	1155

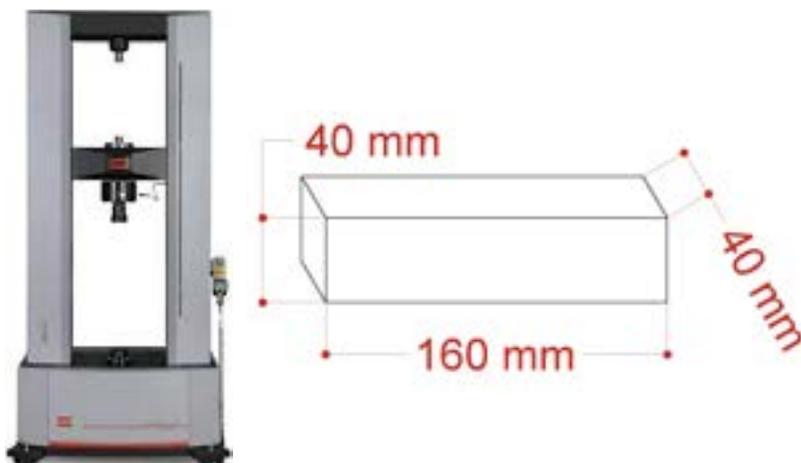


Fig. 18
Dimensioni dei campioni di malta.

Fig. 19
Macchina di prova MTS SANS dotata di cella di carico da 1 kN e manopole pneumatiche.

Fig. 20
Tabella delle caratteristiche dei campioni di malta; "UR" indica i campioni di malta semplice, i campioni "PA - lunghezza fibra in pollici - frazione di peso" sono i campioni di malta rinforzata.

⁸² Si veda: S. Spadea, I. Farina, A. Carrafiello, F. Fraternali, *An experimental study [...]*, 2015, op cit.

Fig. 21
Tabella dei risultati su fibre condizionate

Fig. 22
Tabella dei risultati su fibre non condizionate

Fig. 23
Grafico $\Delta L/F$ e L_0/A per fibre non condizionate.

Fig. 24
Grafico $\Delta L/F$ e L_0/A per fibre condizionate.

Infine è stato determinato il modulo Young “E” attraverso la procedura suggerita dalla norma ASTM C1557-03⁸². Il metodo adottato consiste nel tracciare i valori sperimentali di $\Delta L/F$, che forniscono l’inverso della pendenza della curva di forza rispetto alla curva di spostamento della testa trasversale, rispetto al corrispondente parametro geometrico o L_0/A con A che indica l’area della sezione trasversale della fibra.

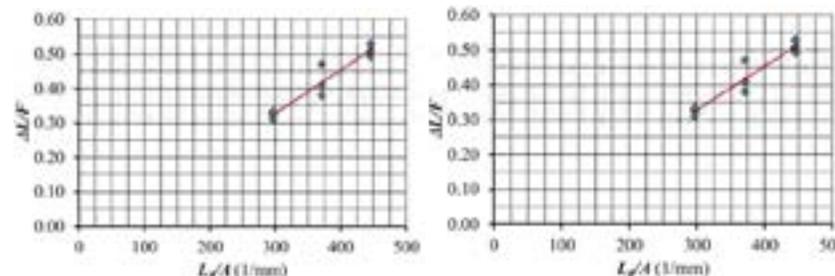
Assumendo una legge costitutiva elastica lineare e condizioni di carico uniaassiale, si applica la seguente espressione analitica:

$$\frac{\Delta L}{F} = \frac{1}{E} \frac{L_0}{A} + C_s.$$

Gage length		1		2		3		Tensile strength		
inches	mm	F_{max} kN	$\Delta L/F$ mm/kN	F_{max} kN	$\Delta L/F$ mm/kN	F_{max} kN	$\Delta L/F$ mm/kN	Mean MPa	SD MPa	CV %
1	25.4	27.0	0.32	30.6	0.33	29.2	0.31	338	21	6.3%
1¼	31.8	30.5	0.38	31.6	0.41	27.2	0.47	348	27	7.7%
1½	38.1	25.4	0.51	27.2	0.49	24.8	0.53	302	15	4.8%

Gage length		1		2		3		Tensile strength		
inches	mm	F_{max} kN	$\Delta L/F$ mm/kN	F_{max} kN	$\Delta L/F$ mm/kN	F_{max} kN	$\Delta L/F$ mm/kN	Mean MPa	SD MPa	CV %
1	25.4	24.8	0.30	28.5	0.31	28.6	0.32	319	25	7.5%
1¼	31.8	24.8	0.37	30.1	0.39	32.8	0.40	342	48	13.9%
1½	38.1	21.7	0.50	26.7	0.53	25.8	0.49	289	31	10.8%

Secondo tale equazione, (Fig. 19 - 20) si riesce ad ottenere una linea retta con una pendenza costante $1/E$ (l’inverso del modulo Young) che permette di determinare i valori medi sperimentali dei moduli Young, che sono risultati pari a 728 MPa per le fibre non condizionate e 724 MPa per le fibre condizionate.



Le minori diminuzioni osservate delle resistenze alla trazione e i moduli Young dovute al condizionamento alcalino portano alla conclusione che le fibre nylon esaminate mostrano un’eccellente resistenza alcalina.

Anche in altri studi si è avuta la conferma che l’acqua assorbita può influenzare il comportamento meccanico del nylon 6, provocando cali di rigidità accompagnati da un miglioramento della tenacità^{83,84}.

In seguito sono state eseguite prove di flessione del carico a tre punti e prove di compressione su campioni prismatici di malta secondo la norma EN 1015-11:2007.

⁸² ASTM C1557-03. *Standard Test Method for Tensile Strength and Young’s Modulus of Fibers*. ASTM International, West Conshohocken, Pennsylvania, USA, 2013.

⁸³ Boukal, I., *Effect of water on the mechanism of deformation of nylon 6*. Journal of Applied Polymer Science, John Wiley & Sons 1967.

⁸⁴ Miri, V., Persyn, O., Lefebvre, J.-M., Seguela, R. *Effect of water absorption on the plastic deformation behavior of nylon 6*, European Polymer Journal, Volume 45, Elsevier, 2009, Pp: 757-762.

Le prove di flessione⁸⁵ sono state effettuate sotto il controllo dello spostamento ad una velocità di 0,01 mm al secondo su una campata libera di 100 mm.

Le prove di compressione⁸⁶, invece, sono state effettuate sulle due porzioni risultanti dall'insuccesso dei provini sottoposti a prove di flessione, utilizzando un dispositivo di prova munito di cerniera sferica e di due lamiere di dimensioni di 40x40 mm azionate dalla macchina di prova, come rappresentato in Fig. 22.



Infine sono state effettuate prove di compressione su cubi ideali con dimensioni di 40x40x40 mm, applicando una velocità di carico pari a 100 N al secondo.

Come previsto, l'esemplare di malta non armato mostrava un comportamento fragile in flessione a causa di una rottura improvvisa al raggiungimento del carico di picco⁸⁷.

D'altra parte, campioni di malta rinforzata con fibre mostravano notevoli risorse post-picco.

Più specificamente, si osserva quanto segue:

- una percentuale più elevata di fibre (1,5 anziché 1,0%) provoca un calo di carico meno rilevante dopo il valore di picco (vedi Fig. 25-26-27);
- fibre di lunghezza superiore (1,0 e 1,5 % rispetto a 0,5 %) conferiscono alla malta un comportamento di indurimento post-picco.

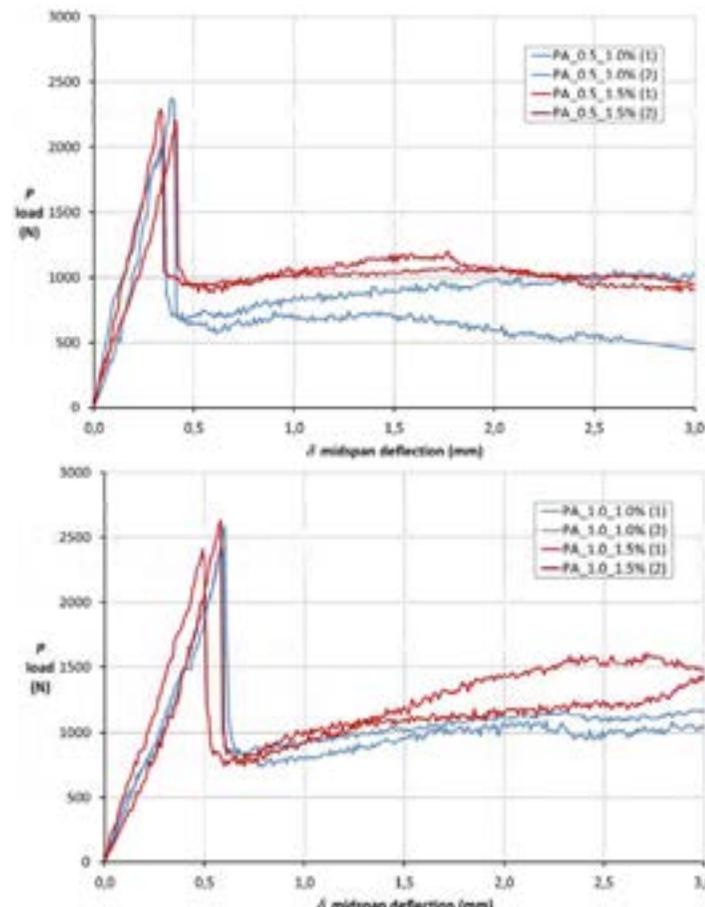


Fig. 25

Macchina di prova utilizzata per effettuare prove di flessione a funzionamento elettrico MATEST con una capacità di 200 kN.

Fig. 26

Macchina di prova utilizzata per effettuare prove di compressione.

Fig. 27 -28

Curve di deformazione del carico (P - δ) ottenute durante la prova di flessione, riferite al campione rinforzato dallo 0,5% - 1% di fibre (in peso).

⁸⁵ Si veda: S. Spadea, I. Farina, A. Carrafiello, F. Fraternali, *An experimental study [...]*, 2015, op cit.

⁸⁶ *Ibidem*

⁸⁷ *Ibidem*

Fig. 29

Curve di deformazione del carico (P - δ) ottenute durante la prova di flessione, riferite al campione rinforzato dallo 1,5 % di fibre (in peso).

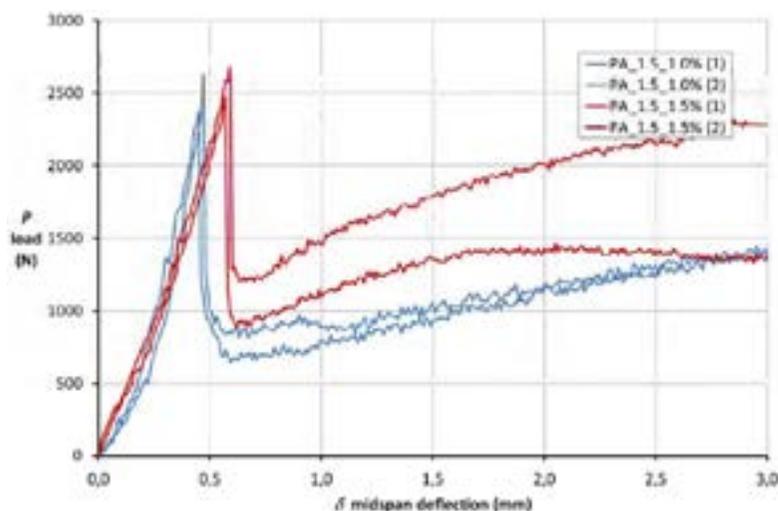


Fig. 30

Tabella che mostra il carico di picco P_{cr} mostrato da ciascun campione, e i valori della prima resistenza alle cricche, f_{cr}

Specimen	P_{cr} N	δ_{cr} mm	f_{cr} MPa	mean MPa	SD MPa	CV %	M_{cr} %
UR (1)	2001	0.32	3.61	4.46	0.33	7%	-
UR (2)	1804	0.39	4.23	4.46	0.33	7%	-
PA-0.5-1.0% (1)	2377	0.39	5.57	5.18	0.55	11%	+16%
PA-0.5-1.0% (2)	2044	0.35	4.79	5.18	0.55	11%	+16%
PA-0.5-1.5% (1)	2292	0.33	5.37	5.27	0.15	3%	+18%
PA-0.5-1.5% (2)	2204	0.41	5.17	5.27	0.15	3%	+18%
PA-1.0-1.0% (1)	2426	0.58	5.69	5.87	0.27	5%	+32%
PA-1.0-1.0% (2)	2586	0.60	6.06	5.87	0.27	5%	+32%
PA-1.0-1.5% (1)	2400	0.49	5.63	5.86	0.38	6%	+32%
PA-1.0-1.5% (2)	2629	0.58	6.16	5.86	0.41	7%	+32%
PA-1.0-1.5% (1)	2378	0.49	5.57	5.86	0.41	7%	+32%
PA-1.0-1.5% (2)	2626	0.47	6.15	5.86	0.41	7%	+32%
PA-1.0-1.5% (1)	2685	0.59	6.29	6.03	0.37	6%	+35%
PA-1.0-1.5% (2)	2463	0.56	5.77	6.03	0.37	6%	+35%

Per ogni miscela esaminata è riportata la media, la deviazione standard SD e il coefficiente di varianza CV della prima resistenza alla rottura. Nell'ultima colonna della tabella in Fig. 30, è indicata la variazione percentuale della **prima resistenza alle cricche** nelle malte rinforzate rispetto a quelle non rinforzate. È evidente che le fibre più lunghe sono più efficaci, in quanto l'aumento della forza varia dal 16-18% al 32-35% quando si utilizzano fibre di 1,0 e 1,5 in anziché 0,5 in⁸⁸.

Per ogni tipo di miscela considerata, sono riportate, la deviazione standard e la varianza della forza di compressione. Nell'ultima colonna della tabella nella Fig. 32 viene indicata la variazione percentuale della **resistenza alla compressione** nelle malte rinforzate rispetto a quelle non rinforzate.

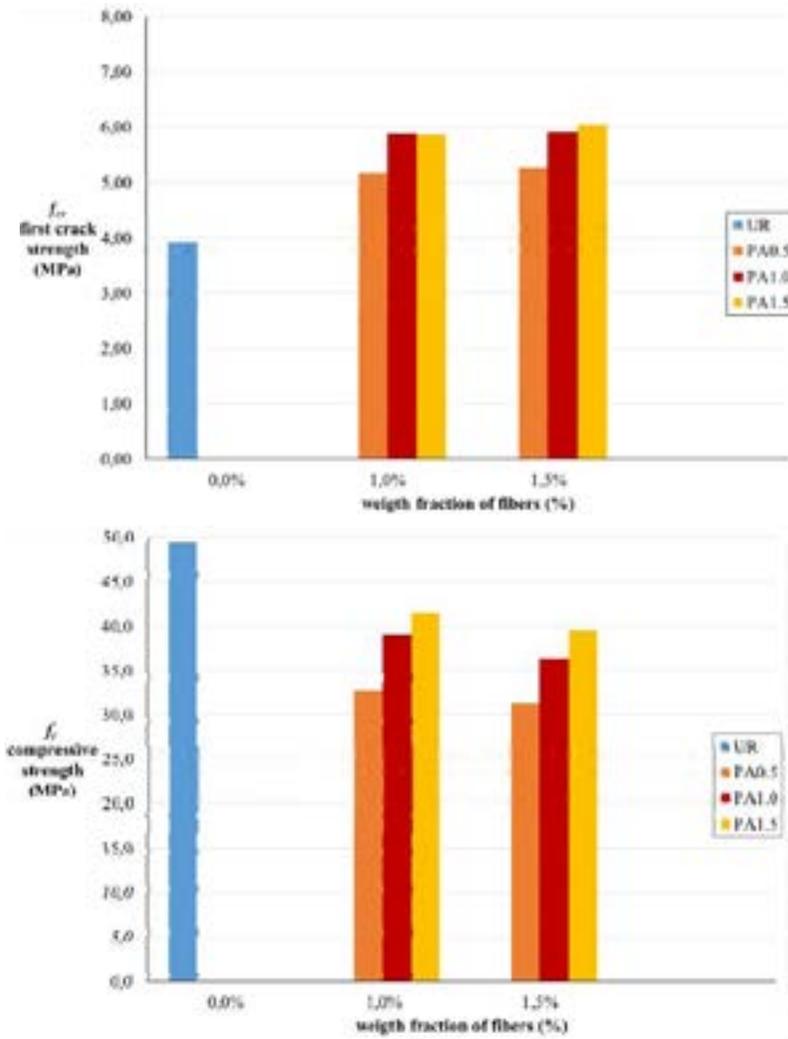
I risultati della tabella e della Fig. 33 mostrano che l'aggiunta di fibre di nylon provoca una diminuzione della resistenza alla compressione della malta esaminata (fino a -37%), specialmente quando si utilizzano fibre molto corte.

La diminuzione delle proprietà di compressione è stata spiegata dal fatto che le fibre di plastica potrebbero assumere il ruolo di vuoti nella matrice cementizia quando si applicano forze di compressione. D'altro canto, è stato dimostrato che fibre sufficientemente rigide possono aumentare la resistenza alla trazione laterale del materiale composito, con conseguente cedimento ritardato della compressione. Come si è osservato precedentemente, le attuali fibre di nylon hanno subito una notevole caduta di rigidità dovuta all'assorbimento dell'acqua, e infatti si osservano diminuzioni delle forze di compressione delle malte rinforzate con fibre, rispetto al materiale non rinforzato⁸⁹.

Tali cali di resistenza sono comunque meno rilevanti nel caso di fibre più lunghe, a causa di una maggiore lunghezza dell'ancoraggio.

⁸⁸ Si veda: S. Spadea, I. Farina, A. Carrafiello, F. Fraternali, *An experimental study [...]*, 2015, op cit.

⁸⁹ *Ibidem*



Specimen	F N	f_c MPa	Mean N	SD N	CV %	Δf_c %
UR (1)	70.3	43.9				
UR (2)	80.7 82.6 82.5	50.4 51.6 51.6	49.4	3.7	7%	
PA-0.5-1.0% (1)	55.3	34.6				
PA-0.5-1.0% (2)	47.9 54.1 52.0	29.9 33.8 32.5	32.7	2.0	6%	-34%
PA-0.5-1.5% (1)	52.3	32.7				
PA-0.5-1.5% (2)	50.0 49.8 48.3	31.3 31.1 30.2	31.3	1.0	3%	-37%
PA-1.0-1.0% (1)	65.5	40.9				
PA-1.0-1.0% (2)	59.8 64.3 59.2	37.4 40.2 37.0	38.9	2.0	5%	-21%
PA-1.0-1.5% (1)	61.3	38.3				
PA-1.0-1.5% (2)	52.4 58.8 59.7	32.8 36.8 37.3	36.3	2.4	7%	-27%
PA-1.0-1.5% (1)	63.8	39.9				
PA-1.0-1.5% (2)	69.8 71.7 60.6	43.6 44.8 37.9	41.5	3.2	8%	-16%
PA-1.0-1.5% (1)	61.7	38.6				
PA-1.0-1.5% (2)	67.8 62.8 60.9	42.4 39.3 38.1	39.6	1.9	5%	-20%

Fig. 31

Punti di forza medi delle prime crepe delle malte analizzate.

Fig. 32

Punti di forza medi delle resistenze a compressione delle malte analizzate.

Fig. 33

Tabella che mostra il carico della forza F applicato sui campioni, e i valori di variazione percentuale delle resistenze tra campioni condizionati e non condizionati

Fig. 34

Tabella che mostra la resistenza a flessione di ciascun campione a tre diversi valori di deformazione (δ_{cr} , $3 \delta_{cr}$, $5,5 \delta_{cr}$).

Ancora, lo studio affronta anche il tema della tenacità sottoponendo i campioni a ulteriori prove di resistenza a flessione per vedere la quantità di energia di frattura scatenata.

Queste vengono effettuate tramite la procedura ASTM C 1018-97⁹⁰ per analizzare la curva di deformazione del carico dei campioni di malta poichè la più adatta a campioni di piccole dimensioni.

Viene introdotto il fattore di resistenza residua $R_{a,b}$, in relazione alla capacità di carico del materiale dopo fenomeno di fessurazione. Assumendo una risposta lineare forza-deflessione fino al punto critico si può facilmente notare un comportamento post-rottura perfettamente plastica corrisponde a $R_{a,b}=100$ ⁹¹.

Purtroppo tali indici di tenacità e i fattori di resistenza residua non sono potuti essere calcolati sul campione di controllo in malta a causa del comportamento fragile di tale materiale.

Come indicato nella tabella 6, la malta riciclata rinforzata con nylon presenta valori rilevanti dei fattori di resistenza residua $R_{10,5}$. Più specificamente, si osservano notevoli incrementi del fattore di resistenza residua sia sull'aumento della percentuale di fibre (a 1,5 piuttosto che 1,0%) sia sull'aumento della lunghezza della fibra (a 1,0 e 1,5 in piuttosto che a 0,5).

Questa circostanza è coerente con quanto osservato in precedenza nelle curve carico-spostamento. Gli indici di tenacità I_5 e I_{10} aumentano con la lunghezza della fibra.

Specimen	T_{δ_c} N mm	$T_{3\delta_c}$ N mm	$T_{5,5\delta_c}$ N mm	I_5	I_{10}	R_{10}
UR (1)	342					
UR (2)	336					
PA-0.5-1.0% (1)	492	542	646	2.4	4.2	36.9
PA-0.5-1.0% (2)	331	537	787			
PA-0.5-1.5% (1)	362	665	860	2.9	5.4	50.7
PA-0.5-1.5% (2)	418	824	1126			
PA-1.0-1.0% (1)	637	1135	1639	2.7	5.1	47.9
PA-1.0-1.0% (2)	693	1079	1535			
PA-1.0-1.5% (1)	576	944	1433	2.7	5.7	59.4
PA-1.0-1.5% (2)	637	1165	2203			
PA-1.0-1.5% (1)	418	711	1211	2.9	6.1	63.0
PA-1.0-1.5% (2)	399	869	1362			
PA-1.0-1.5% (1)	712	1875	3168	3.4	7.3	77.2
PA-1.0-1.5% (2)	595	1333	1941			

⁹⁰ ASTM Standard C1018. *Standard Test Method for Flexural Toughness and First-Crack Strength of Reinforced Concrete (Using Beam with Third-Point Loading)*. ASTM International, West Conshohocken, Pennsylvania USA, 1997.

⁹¹ Si veda: S. Spadea, I. Farina, A. Carrafiello, F. Fraternali, *An experimental study [...]*, 2015, op cit.

Conclusioni

I risultati della campagna sperimentale hanno indicato che le fibre nylon 6 esaminate migliorano significativamente le proprietà di trazione e frattura delle malte cementizie.

Grazie alle fibre di rinforzo, si osservano aumenti della resistenza alla trazione (fino al 35%) e la trasformazione di un guasto fragile in una modalità di guasto più duttile. E' da evidenziare che una percentuale più elevata di fibre (1,5% piuttosto che 1,0%) provoca un calo meno rilevante del carico dopo il valore di picco e rapporti di aspetto della fibra più elevati danno alla malta rinforzata un comportamento post-picco di tipo indurente.

D'altra parte, una diminuzione della resistenza alla compressione è stata dimostrata dal campione di malta rinforzata. La perdita di forza è stata particolarmente rilevante (fino a -37%) se si considerano le fibre con un rapporto di aspetto molto basso.

Inoltre, le prove di trazione effettuate su campioni condizionati e non condizionati hanno dimostrato che la resistenza alcalina delle fibre di nylon riciclate utilizzate in questo lavoro dovrebbe essere considerata adeguata secondo gli standard attualmente riconosciuti.

Studiando l'articolo "*An experimental study on the cement mortar reinforcement through recycled nylon fibers*" e confrontandoli con altri studi come "*Engineering properties of fibres from waste fishing nets*"⁹² o "*Effect of nylon fiber on mechanical properties of cement based mortar*"⁹³, si può concludere che la tenacità e le proprietà di duttilità delle malte e dei calcestruzzi beneficiano in modo signi-

ficativo dell'aggiunta di fibre di rinforzo al mix-design. Inoltre, i risultati attuali evidenziano che le fibre di nylon sono benefiche anche in termini di resistenza alla prima crepa.

Vale la pena di notare i benefici ambientali legati al riciclaggio delle reti da pesca di scarto, soprattutto considerando che la tecnica di rinforzo esaminata nel presente lavoro non richiede processi di consumo di energia, come la repolimerizzazione dei materiali e l'estrusione. Le reti hanno solo bisogno di essere raccolte, lavate e opportunamente tagliate per ottenere fibre di rinforzo, con sostanziale riduzione dei costi e dei consumi energetici nonché un notevole aiuto nei confronti dell'ambiente.

I risultati ottenuti dalle varie sperimentazioni riportate hanno quindi spinto a definire un nuovo uso della rete da pesca in fibre di nylon come elemento strutturale di rinforzo per il consolidamento delle murature.

⁹² Si veda: I. M. Gieysztor Bertelsen & L. M. Ottosen, *Engineering properties of fibres from waste fishing nets*, Arctic Technology Centre, op. cit

⁹³ Si veda: I. M. Hanif, M.R. Noor Syuhaili, M.F. Hasmori, S.M. Shahmi, *Effect of nylon fiber [...]*, op. cit

Tab. 8

Tabella delle caratteristiche meccaniche della malta

Tab. 9

Tabella delle caratteristiche di resistenza delle fibre di vetro

Tab. 10

Tabella delle caratteristiche tecniche della malta rinforzata

7.3. Analisi delle verifiche e delle prestazioni

Quello che si è proceduto a fare è stato quindi confrontare i valori della resistenza a trazione, a compressione e altre caratteristiche meccaniche delle malte compatibili con il costruito storico, con i valori ottenuti dalle sperimentazioni.

Questo lo si è fatto per testimoniare la fattibilità di tale intervento con un uso nuovo di un materiale di riciclo all'interno di un pacchetto che vede l'uso di un intonaco armato con malta di calce e rete in fibra di nylon invece della fibra di vetro.

In particolare è possibile affermare, che in ordine con le normative italiane, i valori e le prestazioni raggiunte dalle sperimentazioni sono accettabili, sia per quanto riguarda la fibra, sia per il tipo di classe della malta.

Si riportano, quindi, di seguito delle tabelle riassuntive delle caratteristiche meccaniche di questi due elementi strutturali in modo tale da poterli paragonare ai materiali sperimentali di nuova applicazione.

Si sceglie una malta di calce compatibile con il tipo di muratura storica e in accordo con le norme italiane, di tipo NHL 5, ovvero di classe M15⁹⁴:

Resistenza a compressione	> 15 MPa
Resistenza a flessione	> 2 MPa
Resistenza a taglio con elementi in muratura	0,15

Come si può notare, la resistenza a trazione delle due malte sono molto simili e quindi ci si aspetta che la risposta alle sollecitazioni derivanti dalla muratura sia simile.

In assenza di un software che permetta di andare a cambiare le caratteristiche meccaniche e tecniche del materiale, si provvede a verificare il pacchetto di consolidamento tramite il calcolo del modulo di elasticità tangenziale G⁹⁵ e confrontandolo con il modulo che si ottiene per una muratura consolidata con intonaco armato tradizionale.

Tramite il software, messo a disposizione da FibreNet, è stato possibile vedere la risposta della muratura con l'utilizzo dei loro materiali.

È stata scelta una tipologia di rete in fibra di vetro di cui si riportano le caratteristiche tecniche riportate dal software, per una maglia di 33x33 mm e diametro 3 mm e sezione della fibra pari a 19-24 μm⁹⁶:

Resistenza a trazione	4,5 kN
Rigidezza assiale EA	275 kN

Si riportano anche le caratteristiche tecniche riguardanti la tipologia di malta di rinforzo usata per consolidamenti di murature storiche e quindi compatibili con i materiali di cui è costituita la muratura.

Resistenza a compressione	5 MPa
Resistenza a trazione	0,5 MPa
Modulo elastico E	7000 MPa

⁹⁴ Si veda: Norma UNI EN 998-1:2016: *Specifiche per malte per opere murarie - Parte 1: Malte per intonaci interni ed esterni*

⁹⁵ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C8A.2: *Tipologie e relativi parametri meccanici delle murature, Circolare Minist. 617/2009, App. del Cap. 8*

⁹⁶ Secondo ISO 1889:1986: *Textile glass - Continuous filament yarns, staple fibre yarns, textured yarns and rovings (packages) - Determination of linear density, Marzo 1987*

Utilizzando dei connettori in acciaio per confinare la muratura, come nella descrizione fatta nel Cap. 4 si ottengono dei valori riguardanti le nuove resistenze della muratura, con un incremento del contributo di resistenza dell'intonaco di 1,16:

Resistenza a compressione	1,422 MPa
Resistenza a taglio	0,048 MPa
Modulo elastico normale E	1533 MPa
Modulo elastico tangenziale G	613 MPa

Al fine di confrontare l'intervento tramite i materiali di riciclo si è andati a calcolare il modulo di elasticità tangenziali tramite la formula:

$$G = \zeta * G_m + 2 * (G_{int} + t_{int}/t_m)$$

dove:

- ζ è il coefficiente di confinamento dovuto al materiale di rinforzo⁹⁷ pari a 1,3;
- G_m è il modulo tangenziale della muratura esistente in questo pari a 1200 MPa;
- G_{int} è il modulo tangenziale della malta usata per l'intonaco armato;

Dato che dalle sperimentazioni si conoscono le caratteristiche del pacchetto completo malta+rete, in questo caso particolare si andrà ad inserire un valore di G_{pacch} dato dalla formula:

$$G_{pacch} = E_{pacch} / [2 * (1 + \nu)]$$

con $\nu = 0,36-0,38$ e $E_{pacch} = 724$ MPa

Si ottiene un $G_{pacch} = 262,32$ MPa

- t_{int} è lo spessore dell'intonaco applicato (2 - 2,5 cm);
- t_m è lo spessore della muratura escluso lo spessore del rinforzo, pari circa a 75 cm.

$$G = 1,3 * 1200 + 2 * (262,32 * 0,0187) = 1,3 * 1200 \text{ MPa} + 9,8107 \text{ MPa} = 1569,81 \text{ MPa}$$

Bisogna tenere a mente che in questo caso la sperimentazione viene effettuata con una sezione delle fibre pari a $330 \mu\text{m}$ ⁹⁸ e un diametro pari a 0,33 mm.

Resistenza a compressione	5,77 MPa
Resistenza a taglio	0,05 MPa
Modulo elastico normale E	724 MPa
Modulo elastico tangenziale G	1569,81 MPa

Inoltre, dato la scelta dei materiali inseriti nel pacchetto tecnologico si è voluto riportare un'ulteriore verifica sulla sola malta additivata con nocciolino e sansa di oliva. Come descritto nelle conclusioni nel paragrafo precedente la malta in questione possiede una R_{c28gg} pari a 42 MPa, che è molto vicino al valore di resistenza della malta usata nella combinazione con la rete da pesca in nylon6, poichè di classe R4, ovvero con una resistenza maggiore e/o uguale a 45 MPa.

Tab. 11

Tabella delle resistenze totali della muratura ottenute dal software usato con metodo tradizionale

Tab. 12

Tabella delle resistenze totali della muratura ottenute dal software usato con metodo sperimentale

⁹⁷Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C8A.2: Tipologie [...], Tab C8A.2.2: Coefficienti correttivi dei parametri meccanici per tipologia muratura [...], op. cit

⁹⁸Si veda: I. M. Gieysztor Bertelsen & L. M. Ottosen, Engineering properties [...], Tab. 4, op. cit

Tab. 13

Tabella delle resistenze della nuova malta rinforzata su supporto murario

Tramite lo stesso software, si riporta di seguito la verifica effettuata sulla capacità di rinforzo strutturale da parte della malta.

Si ottiene che il tipo di malta usata è adeguata al miglioramento della muratura evidenziando che vi è un incremento nel contributo alla resistenza dell'intonaco di 5,357 con i dati riportati di seguito:

Resistenza a compressione	1,422 MPa
Resistenza a taglio	0,087 MPa
Modulo elastico normale E	1067 MPa
Modulo elastico tangenziale G	427 MPa

Questo suggerisce e dimostra che la combinazione di una malta in calce aerea con del materiale di scarto biologico riesce a garantire la resistenza necessaria per effettuare l'intervento di consolidamento, in questo caso applicato nelle volte e nelle murature.

Altra verifica che viene fatta riguarda il calcestruzzo strutturale additivato con il 30% di nocciolino e sansa di olive usato per il pacchetto di solaio controterra dell'edificio.

In questo caso ci si è rivolti alle indicazioni riportate da norma tecnica tenendo conto quindi della presenza dei carichi esistenti e dei nuovi carichi di affollamento posti pari a 2 kN.

Si procede a verificare gli altri due interventi previsti in copertura:

- Consolidamento del cordolo in c.a.;
- Miglioramento del comportamento a flessione travi.

Miglioramento a flessione delle travi

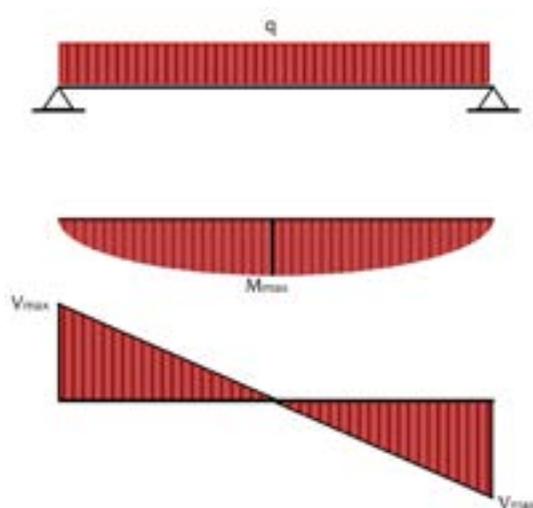
Innanzitutto si è proceduto a verificare che non ci fossero problemi strutturali in questi elementi e in particolare si è voluto verificare lo sforzo massimo della trave con la luce maggiore, sia in SLE sia in SLU.

Verifica in SLE

Si è proceduto ad effettuare il calcolo del carico agente tramite combinazione rara⁹⁹:

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \psi_{02} * Q_{k2} + \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$$

Seguendo il seguente schema statico si è andati a calcolare dapprima la δ_{\max}^{100} e M_{\max} :



I carichi coinvolti nella combinazione rara di carico sono:

- $G_1 = 0,43$ kN/m (peso strutturale del profilo HEA200);
- $G_2 = 5,72$ kN/m² * $0,048$ m² = $0,275$ kN/m (peso del pacchetto di copertura);
- Q considerando vento, neve e affollamento per manutenzione.

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \psi_{02} * Q_{k2} + \psi_{03} * Q_{k3}$$

$$0,43 + 0,275 + 0,024 + (0,2 * 0,48 * 0,048) - (0,2 * 0,62 * \text{sup}) = 0,43 + 0,275 + 0,024 + 0,0047 + 0,061 = 0,7399 \text{ kN/m}$$

Si calcola il momento massimo in mezzeria della trave, secondo lo schema statico, proprio nel punto in cui è presente questa saldatura di unione dei due profili in acciaio.

$$M_{\max} = (q * L^2) / 8 = 0,74 * (6,66)^2 / 8 = 4,10 \text{ kNm}$$

dove L è la luce maggiore presente tra gli ambienti che sono di competenza del comune e vale $6,66$ m.

Ottenuto questo valore è possibile calcolare lo sforzo massimo della trave in corrispondenza dello stesso punto tramite la formula:

$$\sigma_{\max} = M_{\max} / W_x$$

Da profilario si ottiene che $W_{pl,x} = 388,60$ cm³

$$\sigma_{\max} = 4,10 \text{ kNm} / 0,0003886 \text{ m} = 10557,45 \text{ kN/m}^2 = 10,557 \text{ N/m}^2$$

La verifica è soddisfatta quando $\sigma_{\max} < \sigma_{\text{acc}}$ che è dato da tabella ed è espresso in MPa. Nel caso specifico il profilo della trave di copertura è caratterizzato da un acciaio tipo S355, quindi con un valore di $f_{yk} = 355$ MPa e $f_{tk} = 510$ MPa.

$$\sigma_{\max} < \sigma_{\text{acc}}$$

Fig. 35

Diagramma trave appoggio - appoggio

⁹⁹ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C2.5.2: Caratterizzazione delle azioni elementari, op. cit.

¹⁰⁰ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie, Tab. 4.2.XII

IL PROGETTO DEL NUOVO

8.1. Analisi dei carichi

Una volta occupatoci del consolidamento della struttura esistente si realizzerà la struttura del nuovo ampliamento di Palazzo Centurioni, ovvero la scala antincendio collocata sul lato Est dell'edificio.

In base alle idee e le aspirazioni che il progetto vuole portare avanti di *reversibilità, compatibilità e di economia circolare* si è deciso di utilizzare l'acciaio come materiale strutturale della scala.

Questo consente di avere una struttura nuova che cerca di adattarsi, da più punti di vista, alle esigenze e agli obiettivi che la rifunzionalizzazione del Palazzo vuole apportare alla comunità castiglione.

L'acciaio è un materiale che può essere riciclato all'infinito senza perdere le sue proprietà originali, portando una notevole riduzione del consumo di petrolio e quindi riducendo al minimo le emissioni di CO₂.

Si riportano di seguito le proprietà meccaniche del tipo di acciaio scelto, in conformità con la normativa di sicurezza per le costruzioni antincendio:

ACCIAIO S275JR	
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}	275 N/mm ²
Tensione di snervamento di progetto f_{yd}	293 N/mm ²
Modulo elastico E	210.000 N/mm ²

Analisi dei parametri di progetto

L'edificio è situato in zona sismica 4 ed è quindi caratterizzata da una bassissima pericolosità sismica con un valore massimo di accelerazione a_g pari a 0,05 g, ovvero è l'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido e pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in un intervallo di tempo di 50 anni¹.

Per una completa analisi semplificativa del sisma si riporta anche lo studio sulla pericolosità locale ipotizzando la categoria di sottosuolo C, secondo indicazioni riportate da normativa.

Riguardo la categoria topografica, si ipotizza la classe 3², la più elevata, in riferimento alle prescrizioni presenti nella relazione geologica indicati dalla Piano Strutturale del comune di Castiglione della Pescaia.

Le azioni sismiche sulle costruzioni vanno valutate anche in relazione al periodo di vita utile dell'edificio, espresso in anni (V_N) è ricavato dal prodotto di altri due parametri: vita nominale V_N e coefficiente d'uso C_u .

- V_N è inteso come il numero di anni nel quale la struttura, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata, in questo di sicurezza. Come per le altre strutture ordinarie viene quindi ipotizzata pari a 50 anni.³

- C_u fa invece riferimento alla classe d'uso della costruzione. Stando a quanto definito dalle NTC18, il caso di cui ci occupiamo appartiene alla classe III in quanto la costruzione prevede affollamenti significativi.⁴

Tab. 1

Tabella caratteristiche dell'acciaio strutturale

¹ Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519, *Criteri generali per l'identificazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*, 2006

² Relazione geologica, Piano strutturale del comune di Castiglione della Pescaia, 2014

³ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, *C2.4.1: Vita nominale di progetto*, op. cit.

⁴ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, *C2.4.2: Classi d'uso e C2.4.3: Periodo di riferimento per l'azione sismica*, op. cit.

Tab. 2
Tabella dei parametri di vita utile del progetto

Categoria sottosuolo	Categoria topografica	V_N	Classe d'uso	C_u	V_R
C	Classe 3	50 anni	III	1,5	75 anni

Fig. 1
Esempio del grigliato scelto
Tratto da: <https://www.nuovadefim.com/it/sistema-anti-vertigine>

AZIONI SULLE COSTRUZIONI

Analisi dei carichi permanenti

I carichi permanenti G rappresentano delle azioni che agiscono durante tutta la vita nominale della costruzione, perciò vengono considerate costanti nel tempo. A loro volta vengono differenziate in peso proprio di tutti gli elementi strutturali (G_1) e peso proprio di tutti gli elementi non strutturali (G_2).

Al fine del calcolo e definizione delle dimensioni geometriche degli elementi strutturali, si vanno a calcolare quelli che sono i carichi strutturali non permanenti G_2 derivanti dalla scelta del pacchetto scelto per l'involucro della struttura.

Nel caso in oggetto la struttura presenta esclusivamente un solaio in grigliato al secondo piano di calpestio, in continuità con quello esistente e un elemento di copertura rivestito in lamiera stirata e microfarata, tipo. Si riportano di seguito alcune informazioni riguardo la scelta del materiale ipotizzato.

GRIGLIATO⁵

Per la composizione dei pianerottoli il sistema prevede l'utilizzo di un pannello iniziale dotato di rompivisuale e di un numero variabile di pannelli ad incastro fino al raggiungimento della lunghezza desiderata. Il sistema di giunzione fra i vari pannelli è ottenuto mediante incastro a "coda di rondine" delle cornici.

Questa soluzione permette di mantenere un effetto di continuità visiva fra i pannelli accostati nascondendo di fatto i punti di giunzione.

Il pannello in acciaio trattato con zincatura ha dimensioni: 1200x320mm e un peso pari a 17,8 kg/cad.



GRADINI ANTISCIVOLO E ANTIVERITIGINE⁶

I gradini ipotizzati per il dimensionamento della scala in acciaio sono caratterizzati da un pannello in grigliato speciale corredato nella parte anteriore da un profilato speciale detto "rompivisuale", con piastre forate alle estremità atte ad essere imbullonate ai cosciali della scala in ferro.

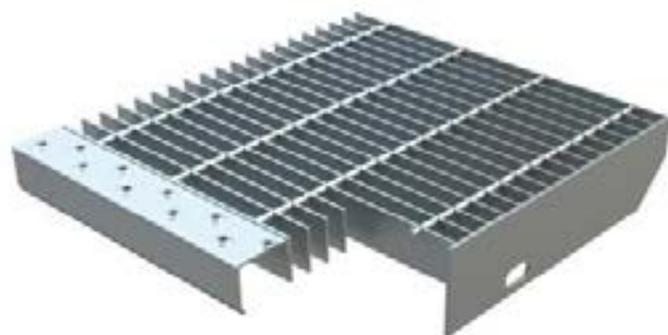
Le dimensioni di tale pannello corrispondono a 1200x315 mm con un peso uguale a quello del grigliato di calpestio poiché caratterizzato dallo stesso tipo di materiale: 17,8 kg/cad.

Inoltre, da scheda tecnica vengono riportate ulteriori caratteristiche quali:

- Maglia della griglia 15 mm;
- Barra portante con profilo speciale a V;
- Barra trasversale \varnothing 6 mm

⁵ <https://www.nuovadefim.com/sites/default/files/download/grigliati-edo1-2018-it.pdf>

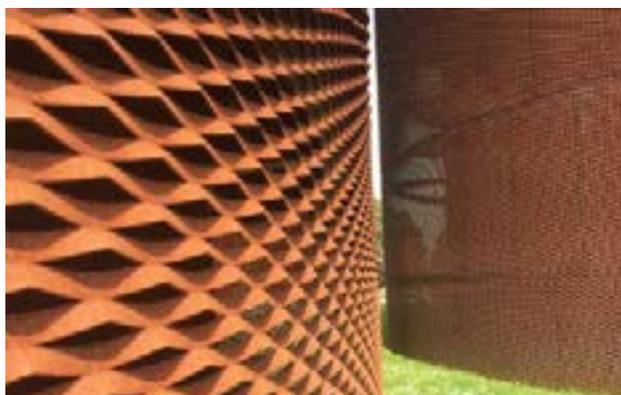
⁶ <https://www.nuovadefim.com/it/system/files/download/grigliati-gradini-std-ed2021.pdf>



LAMIERA STIRATA E FORATA⁷

Le lamiere hanno uno spessore minimo di 0,4 mm fino a 20 mm e vengono prodotte sia in formati commerciali sia con particolari misure a disegno. In particolare, in questo tipo di pannello di rivestimento la dimensione corrisponde a 1500x3000 mm con una foratura di diametro pari a ϕ 6 mm.

Le lamiere perforate grazie alle loro particolari proprietà di trasparenza ed elevata resistenza meccanica sono impiegate ogniqualvolta sia necessario filtrare, separare, ridurre il rumore, regolare il passaggio di gas o liquidi.



Analisi dei carichi variabili

I carichi variabili (Q) sono delle azioni agenti sulla struttura o sul singolo elemento strutturale caratterizzate da valori istantanei che possono cambiare più o meno sensibilmente nel corso della vita nominale della struttura. Anche esse vengono differenziate sia per tipologia di evento considerato, sia rispetto alla durata di tale evento. Si avranno quindi quelli di lunga durata (Q_1), agenti con un'intensità significativa per un periodo di tempo non trascurabile e quelle di breve durata (Q_2 e Q_3), agenti per un periodo di tempo limitato.

Carichi d'esercizio⁸

Fra i carichi variabili si intendono anche quelli di esercizio, ossia legati alla destinazione d'uso dell'opera e vengono suddivisi in:

- carichi verticali uniformemente distribuiti q_k ;
- carichi verticali concentrati Q_k ;
- carichi orizzontali lineari H_k .

Categoria	Ambienti	q_k (kN/m ²)	Q_k (kN)	H_k (kN/m)
A	Scale comuni, ballatoi, balconi	4,00	4,00	2,00
H	Coperture accessibili per sola manutenzione	0,50	1,20	1,00

Fig. 2

Esempio del tipo di lamiera scelta
Tratto da: <https://www.archiskin.it/rivestimenti/rivestimenti-corten/>

Fig. 3

Esempio del tipo di pannello di rivestimento scelto
Tratto da: <https://www.nuovadefim.com/it/gradini-standard>

Tab. 3

Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni
Tratto da Norme Tecniche per le Costruzioni 2018

⁷ <https://www.actisfurio.com/wp-content/uploads/2020/06/01.-Lamiere-perforate-da-pag-18-a-57.pdf>

⁸ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C3.1.4: Sovraccarichi, Tab. 3.1.II, op. cit.

Carichi da vento

Il vento, la cui direzione si considera generalmente in senso orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio, provocando in generale effetti dinamici.

La **velocità di base di riferimento** è il valore v_b calcolato come valore medio su 10 minuti, a 0 m di altezza sul suolo su un terreno pianeggiante e di esposizione Il riferito ad un tempo di ritorno di 50 anni⁹.

In mancanza di adeguate specifiche e indagini statistiche, si calcola la velocità come indicato da norma tecnica¹⁰:

$$v_b = v_{b,0} \cdot c_a = 27 \cdot 1 = 27 \text{ m/s}$$

dove:

- $v_{b,0}$ è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnato da *Tab 3.3.1*¹¹ in funzione della zona in cui sorge la costruzione.

In particolare il caso studio appartiene alla Zona 3 in cui $v_{b,0} = 27 \text{ m/s}$;

- c_a è il coefficiente di altitudine ricavato dalla relazione e che in questo caso viene posto uguale a 1.

Successivamente si va a calcolare la **velocità di riferimento** v_r che indica il valore caratteristico della velocità del vento a 10 m dal suolo su un terreno di categoria II mediata su 10 minuti e riferita a un tempo di ritorno di 50 anni¹².

Questa è data dalla formula:

$$v_r = v_b \cdot c_r = 27 \cdot 1 = 27 \text{ m/s}$$

dove:

- c_r viene posto pari a 1 assumendo un tempo di ritorno pari a 50 anni e seguendo la formula descritta da normativa¹³.

Dopo aver definito le velocità si va a calcolare la **pressione cinetica di riferimento**¹⁴, data dalla formula:

$$q_r = (v_r^2) / 2 \cdot \rho = 455,625 \text{ N/m}^2$$

dove:

- v_r è la velocità di riferimento calcolata precedentemente;
- ρ è la densità dell'aria assunta convenzionalmente pari a $1,25 \text{ kg/m}^3$

Infine, si va a calcolare la pressione¹⁵ esercitata dal vento e data dalla formula:

$$p = q_r \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

dove:

- q_r è la pressione cinetica di riferimento;
- c_e è il coefficiente di esposizione;
- c_p è il coefficiente di forma;
- c_d è il coefficiente dinamico.

Il coefficiente di esposizione c_e ¹⁶ dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costru-

⁹ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C.3.3.1: *Velocità base di riferimento*, op. cit.

¹⁰ *Ibidem*

¹¹ *Ibidem*

¹² Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C.3.3.2: *Velocità di riferimento*, op. cit.

¹³ *Ibidem*

¹⁴ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C.3.3.6: *Pressione cinetica di riferimento*, op. cit.

¹⁵ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C.3.3.4: *Pressione del vento*, op. cit.

¹⁶ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C.3.3.7: *Coefficiente di esposizione*, op. cit.

zione.

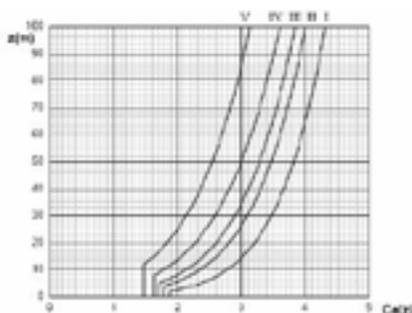
In assenza di analisi specifiche che tengano conto della direzione di provenienza del vento e l'effettiva scabrezza e topografia del terreno che circonda la costruzione, per altezze sul suolo non maggiori di $z = 200$ m, esso è calcolabile attraverso le formule fornite dalle Norme Tecniche.

I valori dei parametri k_r, z_o, z_{min} , necessari per il calcolo del coefficiente, sono anch'essi assegnati dalle prescrizioni delle Norme Tecniche¹⁷ in funzione della categoria di esposizione del sito. Il caso analizzato appartiene alla zona 3 e alla classe di rugosità di terreno B, corrispondente a aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive; è situato ad un'altitudine pari a 54 m s.l.m. e a più di 400 m dal mare.

Sulla base di queste informazioni si può definire la classe di esposizione dell'area che risulta essere la III, a cui corrispondono

- valore di k_r pari a 0,20;
- un valore di Z_o pari a 0,10 m;
- un valore di Z_{min} pari a 5 m.

Posto generalmente il coefficiente topografico $c_t=1$, l'andamento del coefficiente di esposizione $c_e=3,7$ secondo il grafico seguente:



Il coefficiente dinamico c_d ¹⁸ tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alla risposta dinamica della struttura.

Il coefficiente di forma c_p ¹⁹ dipende dalle caratteristiche geometriche del fabbricato e, in particolare, della copertura.

Questo è positivo se associato a pressioni, negativo se associato a depressioni. Dalle stesse indicazioni è possibile distinguere un coefficiente c_{pe} esterno e un coefficiente c_{pi} interno, secondo le seguenti modalità:

- $c_{pe} = +0,80$ per elementi sopravento, ovvero direttamente investiti dal vento, con inclinazione sull'orizzontale $\alpha \geq 60^\circ$ (pareti verticali);
- $c_{pe} = -0,40$ per elementi sopravento, con inclinazione sull'orizzontale $0^\circ < \alpha < 20^\circ$, e per elementi sottovento, ovvero quelli non direttamente investiti dal vento o investiti da vento radente

Calcolo pressioni

Pressione esterne chiusura verticale sopravento:

$$p(z) = 418,86 \text{ N/m}^2$$

$$p(z_{min}) = 402,54 \text{ N/m}^2$$

Pressione esterna chiusura verticale sotto vento:

$$p(z) = -471,21 \text{ N/m}^2$$

$$p(z_{min}) = -452,86 \text{ N/m}^2$$

Pressione copertura a doppia falda:

$$\text{- Sopravento: } p(z) = 438,615 \text{ N/m}^2$$

$$p(z_{min}) = 127,471 \text{ N/m}^2$$

$$\text{- Sottovento: } p(z) = -1061,91 \text{ N/m}^2$$

Fig. 4

Grafico dell'andamento coefficiente d'esposizione
Tratto da: Norme Tecniche per le Costruzioni 2018

¹⁷ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C.3.3.II: Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione, op. cit.

¹⁸ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C.3.3.8: Coefficiente dinamico, op. cit.

¹⁹ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C.3.3.8.1.4: Edifici a pianta rettangolare con copertura a falda doppia, in Circolare Ministeriale n 617, 2 febbraio 2009

$$p(z_{\min}) = -308,15 \text{ N/m}^2$$

Si ottengono quindi dei valori totali sulle facce e sulle falde del tetto pari a:

$$\text{Facce: } p(z) = -52,36 \text{ N/m}^2$$

$$p(z_{\min}) = -50,32 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Tetto: } p(z) = -623,3 \text{ N/m}^2$$

$$p(z_{\min}) = -181,44 \text{ N/m}^2$$

Carichi da neve

Il carico provocato dalla neve sulla copertura piana è valutato mediante la seguente espressione derivante sempre da NTC²⁰:

$$q_s = \mu_i * q_{sk} * C_E * C_t$$

dove:

- μ_i è il coefficiente di forma della copertura;
- q_{sk} è il valore caratteristico di riferimento del carico da neve al suolo per un periodo di ritorno di 50 anni;
- C_E è il coefficiente di esposizione;
- C_t è il coefficiente termico, che viene posto pari a 1 in modo di lavorare in favore di sicurezza.

Si ipotizza che il carico da neve agisca in direzione verticale e lo si riferisce alla proiezione orizzontale della superficie di copertura.

Il carico della neve al suolo²¹ dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione, considerata la variabilità delle precipitazioni nevose da zona a zona, riportate da norma.

In questo caso studio, l'area di costruzione rientra nella ZONA III e tenendo conto dell'altitudine di riferimento del sito in cui ci troviamo corrisponde a 54 m s.l.m., utilizziamo il valore dato da normativa per altitudini minori di 200 m:

$$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/m}^2$$

Si va poi a definire il coefficiente di forma μ_i che dipende dalla forma stessa della copertura, dall'inclinazione sull'orizzontale delle sue parti componenti e dalle condizioni climatiche locali del sito ove sorge la costruzione.

Si fa riferimento ai valori nominali forniti dalle Norme Tecniche²², dipendenti dall'angolo formato dalla falda con l'orizzontale.

Nel caso di coperture a doppia falda con un'inclinazione pari a 19°, come il caso studio in oggetto, esso risulta pari a 0,8.

Il coefficiente di esposizione C_E tiene conto delle caratteristiche specifiche, in termini di classe topografica e d'esposizione, dell'area in cui sorge l'opera²³.

Nel caso in esame, essendo un'area riparata dall'orografia circostante, il coefficiente è assunto pari a 1.

Infine il coefficiente termico C_t , che tiene conto della riduzione del carico della neve, a causa dello scioglimento della stessa, e dipende dalle proprietà del materiale isolante utilizzato in copertura

In ogni caso viene assunto pari a 1²⁴, per una progettazione in favore di sicurezza.

²⁰ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C3.4: Azioni della neve, op. cit.

²¹ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C3.4.2: Valore di riferimento del carico della neve al suolo, op. cit.

²² Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C3.4.3: Coefficiente di forma delle coperture, Tab.3.4.II, op. cit.

²³ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C3.4.4: Coefficiente di esposizione, Tab.3.4.I, op. cit.

²⁴ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C3.4.5: Coefficiente di esposizione, op. cit.

Valutati tutti i parametri ed eseguendo i calcoli si ottiene un valore del carico da neve pari a:

$$q_s = 0,60 * 0,8 * 1 * 1 = 0,48 \text{ kN/m}^2$$

Combinazione dei carichi

Al fine di calcolare i carichi verticali totali, si ritiene opportuno studiare le diverse combinazioni definite da Norma Tecnica²⁵. Verranno utilizzate, in particolare, le azioni risultanti dall'affollamento, dal vento e dal carico di neve precedentemente calcolati. Una volta identificata la combinazione più sfavorevole si procederà a dimensionare gli elementi strutturali per gli stati limite di esercizio (SLE) e stato limite ultimo (SLU).

Stato Limite di Esercizio

Adottando la combinazione rara impiegata per gli stati limite di esercizio, si applicherà la formula:

$$G_2 + Q_{k1} + \psi_{02} * Q_{k2} + \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$$

dove i coefficienti di contemporaneità ψ verranno scelti da NTC²⁶, espressi in tabella, che dipendono dalla categoria d'uso della costruzione.

Categoria	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (< 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0

Solaio piano calpestio

Per il solaio del piano di calpestio vengono considerati esclusivamente i contributi di affollamento e di carichi permanenti non strutturali:

$$G_2 + Q_{k1} = 0,3135 + 4 = 4,3135 \text{ kN/m}^2$$

Solaio piano copertura

In questo caso si effettuano due tipi di combinazioni considerando i contributi di vento e neve, applicando i coefficienti di combinazione riassunti nella tabella precedente al fine di identificare quella più sfavorevole.

1. Carico prevalente neve:

$$G_2 + \psi_{01} * Q_{k1} + Q_{k2} + \psi_{03} * Q_{k3}$$

$$0,0815 + 0,5 * 0,7 + 0,48 + 0 = 0,5615 \text{ kN/m}^2$$

2. Carico prevalente vento:

$$G_2 + \psi_{01} * Q_{k1} + \psi_{02} * Q_{k2} + Q_{k3}$$

$$0,0815 + 0,5 * 0,7 + 0,2 * 0,48 - 0,23 = 0,2975 \text{ kN/m}^2$$

3. Carico prevalente affollamento da manutenzione:

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \psi_{02} * Q_{k2} + \psi_{03} * Q_{k3}$$

$$1,92 + 0,053 + 0,5 + 0,2 * 0,48 - 0,2 * 0,62 = 3,31 \text{ kN/m}^2$$

Si sceglie la combinazione più sfavorevole tra le tre calcolate, quindi per il dimensionamento dei profili strutturali verrà usato il carico distribuito 3,31 kN/m².

Tab. 4

Tabella dei valori dei coefficienti di contemporaneità
Tratto da: Norme Tecniche per le Costruzioni 2018

²⁵ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C2.5.3: *Combinazioni delle azioni*, op. cit.

²⁶ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C2.5.2: *Caratterizzazione delle azioni elementari*, op. cit.

Stato Limite Ultimo

La combinazione fondamentale per le verifiche allo stato limite ultimo risulta essere:

$$\gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_{Q2} * \psi_{02} * Q_{k2} + \dots$$

dove:

- γ_{G1} è il coefficiente parziale di sicurezza per carichi permanenti pari a 1,3 in favore di sicurezza;
- γ_{G2} è il coefficiente parziale di sicurezza per i carichi permanenti non strutturali pari a 1,5 in favore di sicurezza;
- γ_{Qki} sono i coefficienti parziali di sicurezza delle azioni variabili e sono pari a 1,5 in favore di sicurezza;
- ψ_{ij} sono i coefficienti di combinazione, gli stessi utilizzati per la combinazione in SLE.

Solaio piano calpestio

Anche in questo caso vengono presi in considerazione solo i carichi strutturali e di affollamento:

$$\gamma_{G2} * G_2 + \gamma_{Q1} * Q_{k1} = 1,3 * 0,3135 + 1,5 * 4 = 6,41 \text{ kN/m}^2$$

Solaio piano copertura

In questo caso si effettuano due tipi di combinazioni considerando i contributi di vento e neve, applicando i coefficienti di combinazione riassunti nella tabella precedente al fine di identificare quella più sfavorevole.

1. Carico prevalente neve:

$$\gamma_{G2} * G_2 + \gamma_{Q1} * \psi_{01} * Q_{k1} + \gamma_{Q2} * Q_{k2} + \psi_{03} * \gamma_{Q3} * Q_{k3}$$

$$1,5 * 0,05312 + 0,50 * 0 * 1,5 + 0,48 * 1,5 + 0 = 0,80 \text{ kN/m}^2$$

2. Carico prevalente vento:

$$\gamma_{G2} * G_2 + \gamma_{Q1} * \psi_{01} * Q_{k1} + \gamma_{Q2} * Q_{k2} * \psi_{02} + \gamma_{Q3} * Q_{k3}$$

$$1,5 * 0,05312 + 0,5 * 1,5 * 0 + 0,2 * 1,5 * 0,48 - 0,23 * 0,6 = 0,09 \text{ kN/m}^2$$

3. Carico prevalente affollamento da manutenzione:

$$\gamma_{G2} * G_2 + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_{Q2} * Q_{k2} * \psi_{02} + \gamma_{Q3} * Q_{k3} * \psi_{03}$$

$$1,5 * 0,05312 + 0,5 * 1,5 + 0,48 * 1,5 * 0,5 - 0 = 1,19 \text{ kN/m}^2$$

Si sceglie la combinazione più sfavorevole tra le tre calcolate, quindi per il dimensionamento dei profili strutturali verrà usato il carico distribuito 1,19 kN/m²

8.2. Dimensionamenti degli elementi strutturali

Dimensionamento della scala

Essendo la scala l'elemento strutturale principale che viene portato dall'intera struttura in acciaio, si decide di andarla dimensionare, verificare e a calcolarne il peso globale da poi applicare, come carico permanente, alla struttura totale.

Si rende, quindi, necessario dimensionare i carichi che dovrà sorreggere la scala, caratterizzata da:

- cosciali caratterizzati da piatti in acciaio;
- gradini antiscivolo imbullonati ai cosciali;

Il carico distribuito che andrà a gravare sui cosciali della scala viene calcolata come perpendicolare all'elemento stesso:

$$q_{\text{tot}} = \gamma_G * G * i + \gamma_Q * Q * i$$

$$q_{\text{tot}} = [1,5 * (0,50 + 0,14)] * 0,62 + [(1,5 * 4) * 0,62] = 10,2 \text{ kN/m}$$

Per trovare il carico distribuito reale che grava sul cosciale si calcola la proiezione sulla perpendicolare, sapendo che l'inclinazione della scala è di circa 30°:

$$q = q_{\text{tot}} * \cos 30^\circ = 8,83 \text{ kN/m}$$

Adesso sarà possibile calcolare le azioni di taglio e momento agente di progetto, tramite le formule:

$$M_{\text{sd}} = q * L^2 / 8 = 10,95 \text{ kNm} = 11 \text{ kNm}$$

$$V_{\text{sd}} = q * L / 2 = 13,90 \text{ kN}$$

dove L è la luce del cosciale ed è pari a 3,15 m.

Si procede, quindi, a calcolare le azioni di momento e taglio resistenti per cui si andrà a ricavare la geometria del profilo da usare, verificando quindi che:

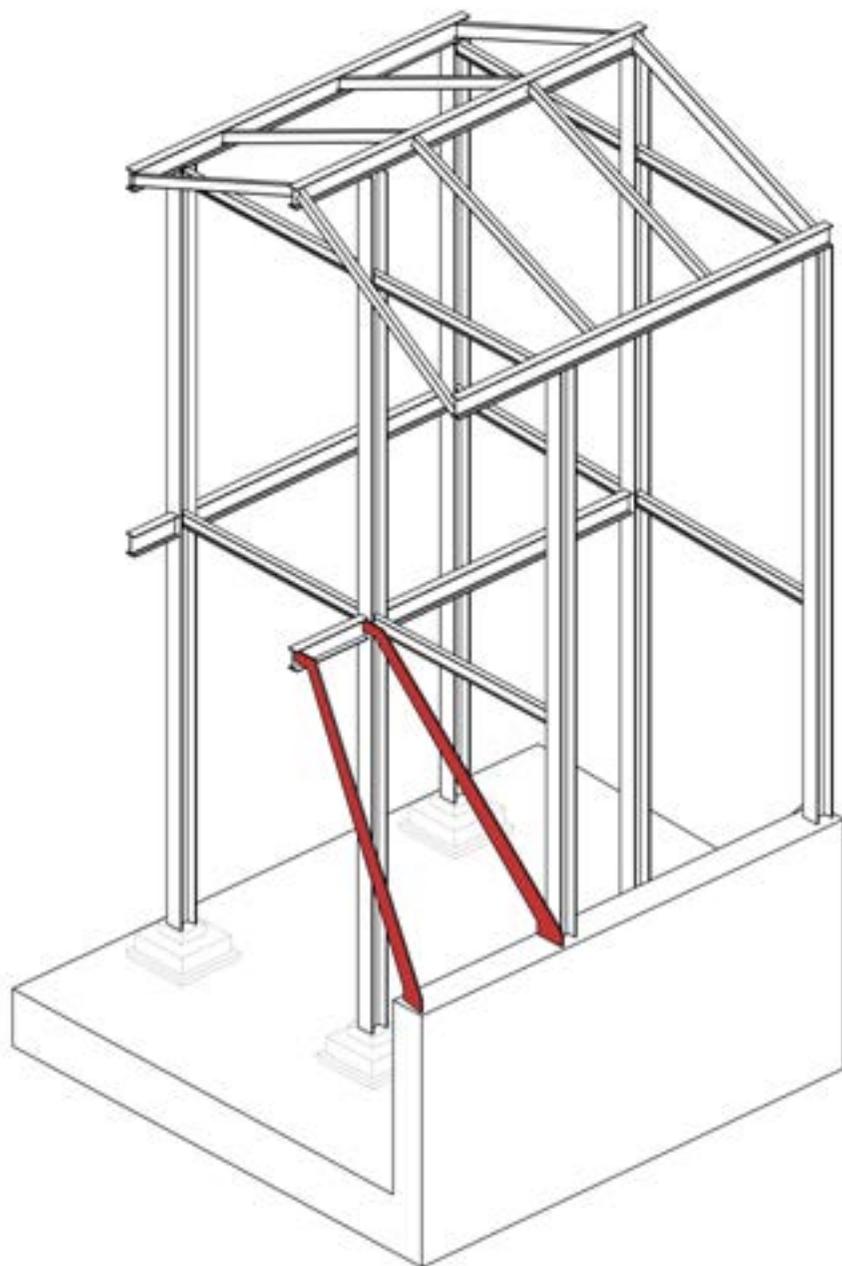


Fig. 5
Vista 3D dell'elemento da dimensionare - cosciali

Fig. 6

Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie
Tratto da Norme Tecniche per le Costruzioni 2018

$$\begin{aligned} M_{Rd} &> M_{sd} \\ V_{Rd} &> V_{sd} \end{aligned}$$

Verifica a flessione

Per dimensionare a favore di sicurezza, si pone:

$$M_{Rd} = M_{sd} = 11 \text{ kNm}$$

da cui si ricava il modulo di resistenza plastico $W_{pl,Rd}$ utile per la scelta del profilo, tramite la formula²⁷:

$$W_{pl,Rd} = M_{Rd} * \gamma_{M0} / f_{yk}$$

con γ_{M0} pari a 1,05²⁸

da cui si ottiene un valore di $W_{pl,Rd} = 42 \text{ cm}^3$.

Volendo andare ad utilizzare un piatto d'acciaio per realizzare il cosciale della scala, ipotizziamo di prendere un piatto di dimensioni: 120x20x3150 mm e andiamo a calcolarne il modulo di resistenza plastico.

Nel caso di profili rettangolari si andrà ad usare la formula:

$$W_{pl,Rd} = (b * h^2) / 4$$

dove:

- b è la lunghezza del profilo rettangolare;
- h è l'altezza del profilo rettangolare.

Si trova che il cosciale avrà un modulo di resistenza plastico pari a $W_{pl,Rd} = 11340 \text{ cm}^3$ ovvero molto più grande rispetto a quello resistente calcolato precedentemente.

Sicuramente la verifica a flessione sarà ampiamente soddisfatta, infatti, con la scelta di questo profilo si otterrà un momento

resistente M_{Rd} pari a 2970 kNm.

Verifica a taglio

Conoscendo la geometria del piatto d'acciaio possiamo già conoscere il valore dell'area resistente $A_v = 3780 \text{ cm}^2$ con cui si va a calcolare l'azione di taglio resistente secondo la formula²⁹:

$$V_{Rd} = A_v * f_{yk} / 1,73 * \gamma_{M0}$$

Si avrà quindi una $V_{Rd} = 57159,3 \text{ kN}$

Si procede adesso ad effettuare le verifiche in SLE.

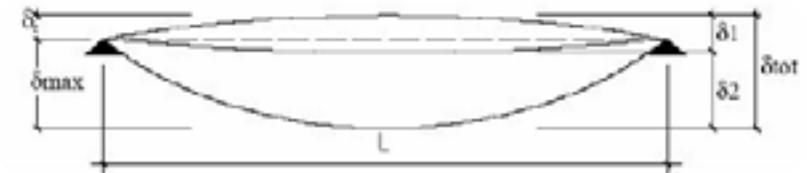
Deformabilità a taglio

Per andare ad analizzare gli spostamenti verticali della trave dovuti ai carichi agenti su di essa, viene utilizzato lo schema presente nella Normativa Tecnica³⁰ in cui il valore totale dello spostamento ortogonale dell'asse dell'elemento è definito come:

$$\delta_{tot} = \delta_1 + \delta_2$$

dove:

- δ_1 è lo spostamento elastico dovuto ai carichi permanenti;
- δ_2 è lo spostamento elastico dovuto ai carichi variabili;
- δ_{max} è lo spostamento nello stato finale, depurato dalla montatura iniziale individuato da δ_c .



²⁷ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C4.2.4.1.2.3: Verifiche agli stati limite ultimi - Flessione monoassiale retta, op. cit.

²⁸ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C4.2.4.: Verifiche agli stati limite ultimi, Tab. 4.2.VII, op cit.

²⁹ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C4.2.4.1.2.4: Verifiche agli stati limite ultimi - Taglio, op. cit.

³⁰ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie, Spostamenti verticali, Fig. 4.2.3, op. cit.

Successivamente vengono quindi scelti dei valori limite a seconda dell'elemento strutturale che si va ad analizzare, seguendo i limiti tabulati nella norma tecnica³¹.

Verifica deformabilità SLE δ_{\max}

Dai calcoli fatti precedentemente si riprende il carico ottenuto per il dimensionamento del cosciale d'acciaio, nel caso studio in oggetto:

$$q_{\text{tot}} = 8,83 \text{ kN/m}$$

Si assume quindi che la freccia massima che potrà assumere il profilo segue la formula:

$$\delta_{\max} = 5/384 * (q * L^4) / (E * I)$$

Da cui si ottiene:

$$\delta_{\max} = 0,0000012 \text{ m}$$

Per soddisfare la verifica è necessario che questo valore di freccia sia minore del limite imposto da normativa che è pari a:

$$L/250 \text{ dove } L = 3,15 \text{ m} \\ \delta_{\text{lim}} = 0,01256 \text{ m}$$

La verifica è quindi soddisfatta.

Verifica deformabilità SLE δ_2

Per verificare questo ulteriore spostamento del profilo di cosciale si utilizza lo stesso schema di riferimento dei calcoli precedenti,

ma viene considerato solo il carico variabile Q di affollamento. Si ha quindi che:

$$q_{\text{tot}} = 4 * 0,625 = 2,5 \text{ kN/m}$$

Si assume quindi che la freccia massima che potrà assumere il profilo segue la formula:

$$\delta_2 = 5/384 * (q * L^4) / (E * I)$$

Da cui si ottiene:

$$\delta_2 = 0,000001 \text{ m}$$

Per soddisfare la verifica è necessario che questo valore di freccia sia minore del limite imposto da normativa:

$$L/300 \text{ dove } L = 3,15 \text{ m} \\ \delta_{\text{lim}} = 0,00415 \text{ m}$$

La verifica è quindi soddisfatta.

³¹ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, *Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie*, Tab. 4.2.XII, op. cit.

Fig. 7
Vista 3D dell'elemento da dimensionare - travi secondarie interpiano

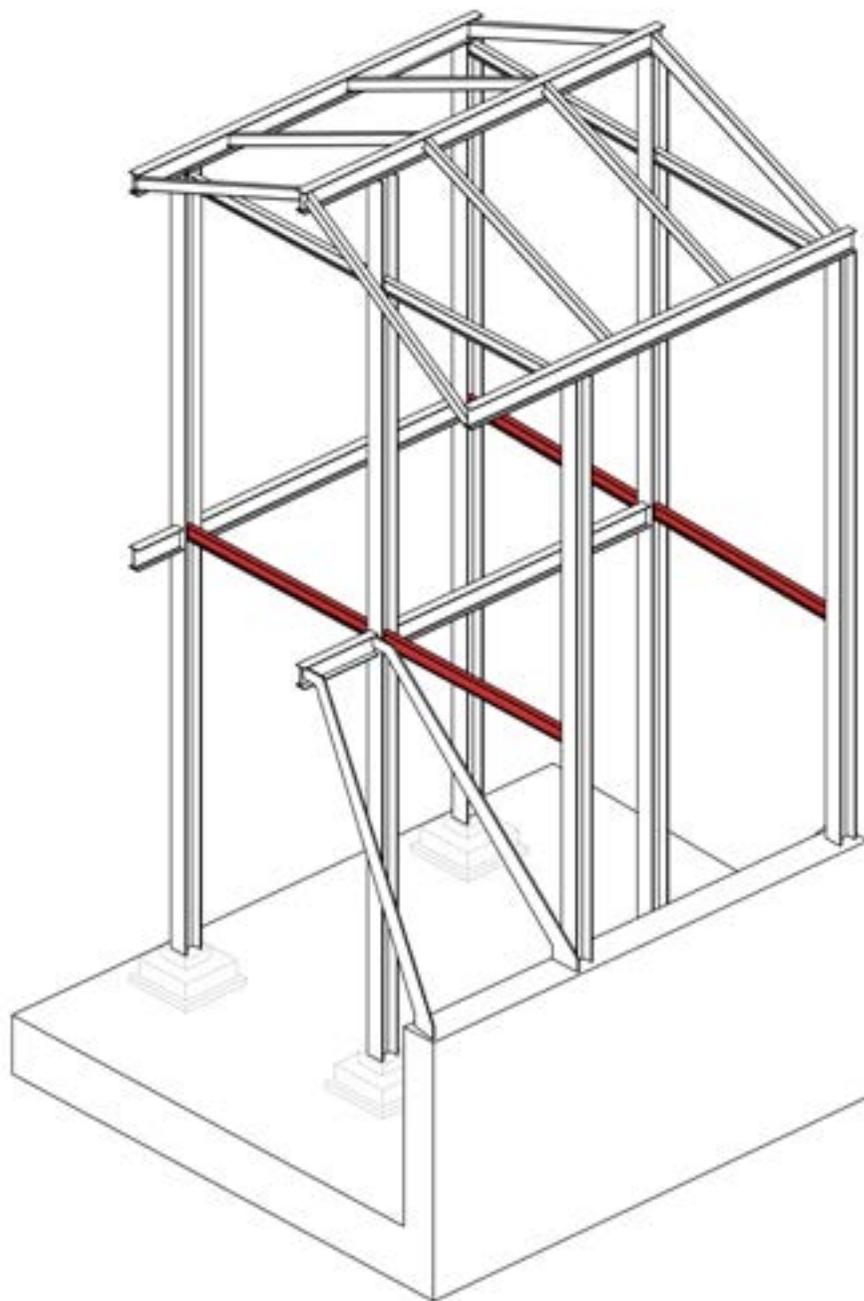
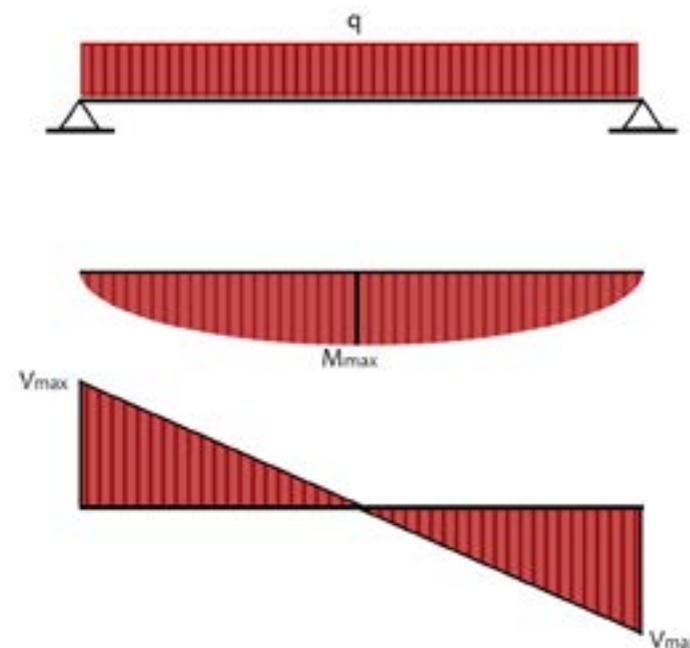


Fig. 8
Schema statico di riferimento per il dimensionamento delle travi

DIMENSIONAMENTO DELLA TRAVE SECONDARIA

Per il dimensionamento e verifica della trave secondaria all'interpiano si procede, prima di tutto a linearizzare i carichi che agiscono su di essa. In particolare su queste travi agir  esclusivamente il carico di affollamento e il carico di solaio dato solo dal grigliato che ne costituisce il calpestio.

Inoltre, si andr  ad utilizzare lo schema riportato di seguito che evidenzia la disposizione dei carichi agenti sulla suddetta trave e le distribuzioni corrispondenti di momento e taglio.



Verifica a SLE - Deformabilità a taglio

Si ipotizza inizialmente di usare una IPE140, in acciaio laminato a caldo S275JR appartenente alla classe 1 per le sue caratteristiche geometriche e meccaniche.

Prendendo come riferimento i calcoli fatti precedentemente per la verifica dei cosciali, si procede a calcolare gli spostamenti massimi della trave in seguito all'applicazione del carico:

$$p = 4,314 \text{ kN/m}^2$$

Viene quindi linearizzato il valore ricavato, moltiplicandolo per l'interasse della trave e aggiungendo il peso proprio della sezione ipotizzata che in questo caso vale:

$$G_{\text{IPE140}} = 0,1265 \text{ kN/m}$$

Si ottiene quindi un carico linearizzato totale pari a:

$$P = (4,314 \text{ kN/m}^2 * 2,31) + 0,1265 \text{ kN/m} = 10,10 \text{ kN/m}$$

Come fatto nei calcoli precedenti si assume che la freccia massima che potrà assumere il profilo segue la formula:

$$\delta_{\text{max}} = 5/384 * (q_{\text{tot}} * L^4) / (E * I)$$

con $I = 541,20 \text{ cm}^4$ dato da prontuario.

Si ottiene:

$$\delta_{\text{max}} = 0,0048 \text{ m}$$

Per soddisfare la verifica è necessario che questo valore di freccia sia minore del limite imposto da normativa che è pari a:

$$L/250 \text{ dove } L = 2,54 \text{ m}$$

$$\delta_{\text{lim}} = 0,013 \text{ m}$$

La verifica è quindi soddisfatta.

Si esegue anche l'altra verifica di spostamento questa volta considerando solo Q di affollamento. Si ha quindi che:

$$q_{\text{tot}} = 4 * 2,31 = 9,24 \text{ kN/m}$$

Si assume quindi che la freccia massima segue la formula:

$$\delta_2 = 5/384 * (q_{\text{tot}} * L^4) / (E * I)$$

con $I = 541,20 \text{ cm}^4$

Si ottiene:

$$\delta_2 = 0,0044 \text{ m}$$

Per soddisfare la verifica è necessario che questo valore di freccia sia minore del limite imposto da normativa:

$$L/300 \text{ dove } L = 2,54 \text{ m}$$

$$\delta_{\text{lim}} = 0,0085 \text{ m}$$

La verifica è quindi soddisfatta ed è possibile usare un profilo IPE 140 per le travi secondarie della struttura.

Verifica a SLU

Anche per questo elemento strutturale, la normativa impone che venga eseguita una verifica per lo Stato Limite Ultimo sia a taglio, sia a flessione.

Queste sono associate ai valori estremi dei carichi agenti sulla struttura e analizzano gli effetti delle sollecitazioni sulla struttura in campo elastico.

Al fine delle verifiche, si utilizzerà la combinazione più sfavorevole calcolata nel precedente paragrafo con l'aggiunta del carico strutturale permanente, ovvero il peso del profilo IPE140 moltiplicato

Tab. 5
Tabella delle caratteristiche geometriche del profilo in acciaio

per il coefficiente di sicurezza, posto uguale 1,3.
Si riporta di seguito la combinazione più sfavorevole ottenuta:

$$q = 1,3 * 0,4314 + 1,5 * 4 = 6,41 \text{ kN/m}^2$$

Anche per questa verifica si procede a linearizzare il carico, moltiplicandolo per la larghezza di influenza pari a 2,31 m come:

$$p = (6,41 * 2,31) + (0,1265 * 1,3) = 14,97 \text{ kN/m}$$

Verifica a flessione monoassiale

Dal diagramma si può notare che il momento massimo si trova nel punto medio della trave vale:

$$M_{Ed} = M_{max} = p * L^2 / 8$$

La verifica si può ritenere soddisfatta quando:

$$M_{Ed} / M_{c,Rd} \leq 1$$

Si va quindi a calcolare il momento agente che risulta essere pari a:

$$M_{Ed} = [14,97 * (2,54)^2] / 8 = 12,08 \text{ kNm}$$

Si va a calcolare anche il momento resistente andando a prendere il valore di modulo di resistenza plastico corrispondente al profilo ipotizzato dal prontuario in questo caso pari a 77,32 cm³.

$$M_{c,Rd} = (W_{pl} * f_{yk}) / \gamma_{M0}$$

$$M_{c,Rd} = (77320 \text{ mm}^3 * 275 \text{ N/mm}^2) / 1,05 = 20250476 \text{ Nmm}$$

$$M_{c,Rd} = 20,25 \text{ kNm}$$

Dato che: $0,60 \leq 1$ la verifica è soddisfatta.

Verifica a taglio

L'azione tagliante, secondo normativa, deve rispettare la condizione per cui:

$$V_{Ed} / V_{c,Rd} \leq 1$$

Si va quindi a calcolare il taglio agente che risulta essere pari a:

$$V_{Ed} = p * L / 2 = 14,97 * 2,54 / 2 = 19,012 \text{ kN}$$

Si va a calcolare il taglio resistente secondo la formula:

$$V_{c,Rd} = A_v * f_{yk} / \sqrt{3} * \gamma_{M0}$$

dove:

- A_v è la cosiddetta area resistente per i profili I e H caricati nel piano dell'anima e si assume:

$$A_v = A - 2 * b * t_f + (t_w + 2 * r) * t_f^{32}$$

Con: A (area lorda della sezione del profilo), b (larghezza delle ali per i profilati e la larghezza per le sezioni cave), r (raggio di raccordo tra anima e ala), t_f (spessore ali), t_w (spessore dell'anima)

	t_h (mm)	b (mm)	t_w (mm)	t_f (mm)	r (mm)	A (cm ²)
IPE 140	140	73	4,7	6,9	7	16,43

Nel caso specifico si ottiene che, per un profilo IPE 140:

³² Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C4.2.4.1.2.4:[...] - Taglio, Fig. 4.2.18, op.cit.

$$A_v = 16,43 - (2 * 7,3 * 0,69) + (0,47 + 2 * 0,7) * 0,69$$

$$A_v = 5,0657 \text{ cm}^2$$

$$V_{c,Rd} = 5,0657 * 275 / \sqrt{3} * 1,05 = 76,68 \text{ kN}$$

Dato che: $0,24 \leq 1$ la verifica è soddisfatta.

Verifica della classificazione della sezione dimensionata

Al fine di classificare la trave dimensionata, verranno svolte due verifiche separate per le ali e l'anima della sezione, andando a valutare il rapporto larghezza - spessore, secondo la formula generale:

$$c/t \leq n * \epsilon \quad \text{con } \epsilon = \sqrt{(235/f_{yk})}$$

Verifica dell'anima³³

Nella parte sottoposta a flessione per il profilo definito vale la relazione:

$$c/t \leq 72 * \epsilon$$

con $f_{yk} = 275 \text{ kN/mm}^2$

Si ottiene un $\epsilon = 0,9244$ da cui $72 * \epsilon = 66,56$

Si va a calcolare il rapporto c/t della sezione secondo la formula seguente:

$$c/t = [h - (2 * t_f + 2 * r)] / t \quad \text{con } t = t_w$$

Si ottiene un valore di $c/t = 23,87$.

Dato che $23,87 \leq 66,56$ la verifica è soddisfatta.

Verifica delle ali³⁴

Per la verifica delle ali vale la seguente relazione:

$$c/t \leq 9 * \epsilon$$

Si ottiene un $\epsilon = 0,9244$ da cui $9 * \epsilon = 8,319$

Si va a calcolare il rapporto c/t della sezione secondo la formula seguente:

$$c/t = (b/2 - r) / t \quad \text{con } t = t_w$$

Tenendo conto delle dimensioni della sezione dal profilario, riportate nella tabella precedente, si ottiene:

$$c/t = 4,275$$

Dato che $4,27 \leq 8,32$ la verifica è soddisfatta.

³³ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C4.2.3: *Analisi strutturale*, Tab. 4.2.III, op. cit

³⁴ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C4.2.3: *Analisi strutturale*, Tab. 4.2.IV, op. cit

Fig. 9
Vista 3D dell'elemento da dimensionare - travi primarie interpiano

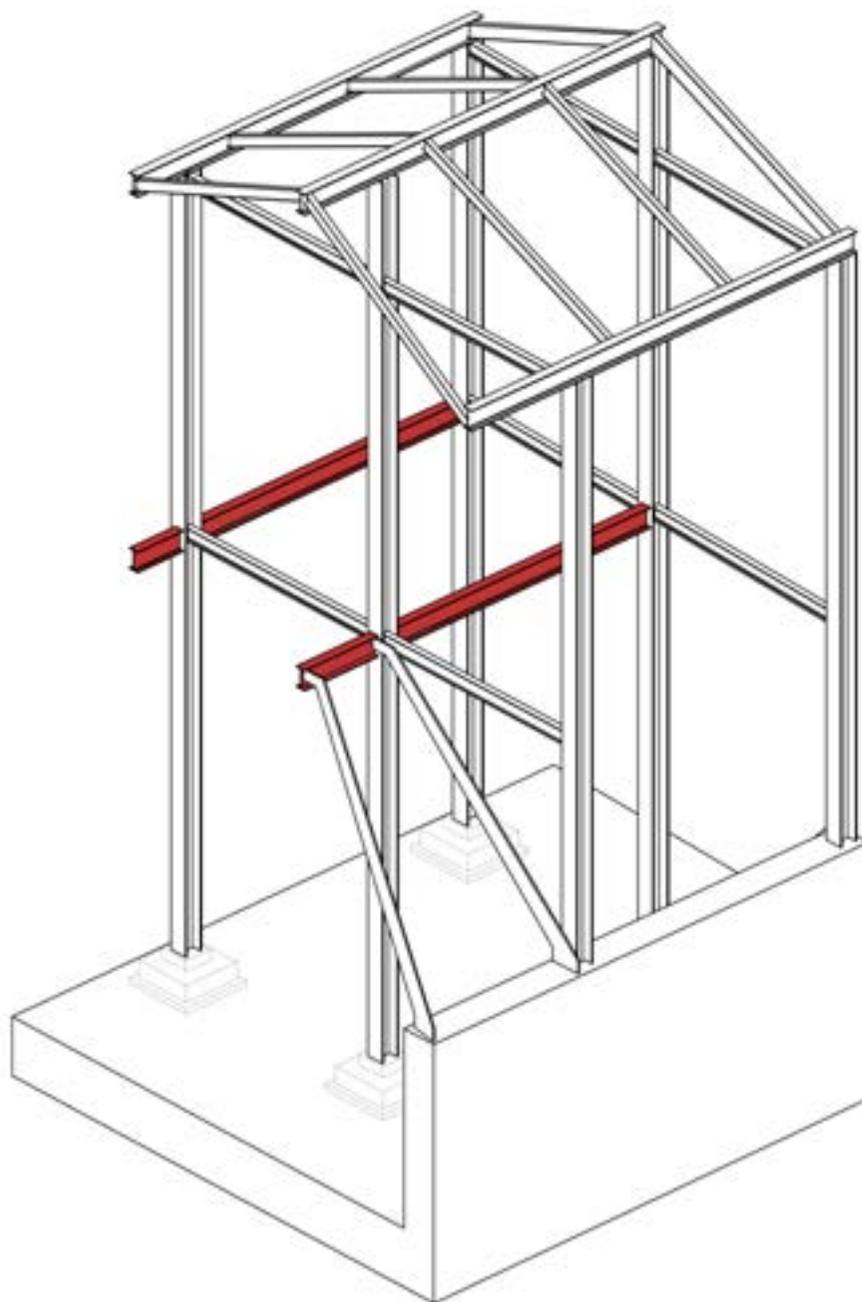


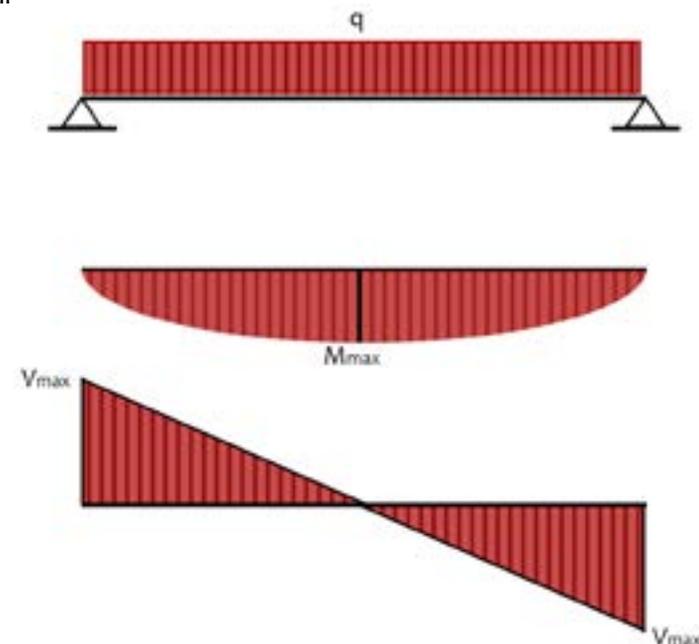
Fig. 10
Schema statico di riferimento per il dimensionamento delle travi

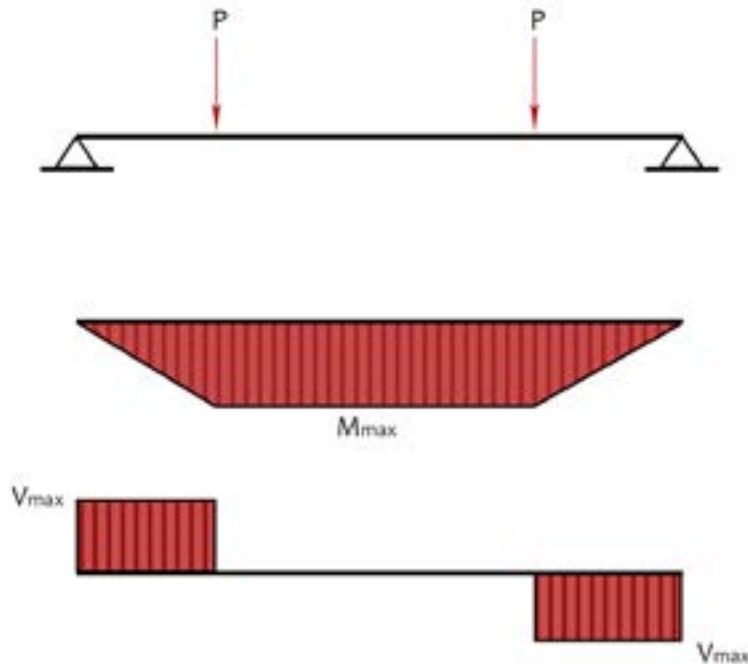
DIMENSIONAMENTO DELLA TRAVE PRIMARIA

Per il dimensionamento delle travi primarie si ipotizza un profilo IPE 200, in acciaio laminato a caldo S275JR, appartenente alla classe 1 per le sue caratteristiche geometriche e meccaniche.

A differenza della trave secondaria i carichi saranno considerati come carichi uniformemente distribuiti e carichi puntuali derivanti dalle reazioni vincolari degli elementi di cosciale in acciaio e delle travi secondarie che scaricano il loro peso.

Si ha che il nuovo diagramma statico per l'applicazione dei carichi





Verifica a SLE - Deformabilità a taglio

I carichi agenti sulla trave primaria sono calcolati secondo la combinazione lineare rara in SLE, compresa dei carichi permanenti strutturali e dei carichi puntuali generati dalle travi secondarie.

Il carico distribuito p è quindi dato da:

$$p = G_1 + Q = 0,3135 + 0,14 + 4 = 4,45 \text{ kN/m}^2$$

Per il calcolo dei carichi concentrati si prende la reazione vincolare di una singola trave secondaria, linearizzato e sommato al peso proprio della trave secondaria dimensionata, nel caso in oggetto una IPE140.

Il tutto viene moltiplicato per l'interasse della trave.

I carichi puntuali sulla trave primaria saranno riportati in corrispondenza dei punti di appoggio.

Si ha quindi:

$$P = P_1 + P_2$$

dove:

$$P_1 = [(p \cdot a) + G_1] \cdot L_1/2$$

con a di interasse pari a 2,70 m.

$$P_1 = [(4,453 \cdot 2,7) + 0,1265] \cdot 2,54/2 = 15,43 \text{ kN}$$

Lo stesso calcolo vale per il carico P_2 :

$$P_2 = [(p \cdot a) + G_1] \cdot L_2/2$$

$$P_2 = [(4,453 \cdot 2,7) + 0,1265] \cdot 2,64/2 = 16,04 \text{ kN}$$

$$P = P_1 + P_2 = 31,50 \text{ kN}$$

Il dimensionamento avviene in base alla deformabilità dell'elemento partendo dal valore limite tabulato della freccia. Questo ha lo scopo di individuare l'inerzia minima che deve avere la sezione.

Dato che $L = 3,26$ m si calcola che $\delta = 3,26/250 = 0,013$ m da cui si ottiene una I minima pari a:

$$I_{\min} = [(5 \cdot q \cdot L^4)/(384 \cdot E \cdot \delta)] + [P \cdot a_1/(24 \cdot E \cdot \delta)] \cdot [3 \cdot L^2 - 4 \cdot a_2^2]$$

$$I_{\min} = 591 \text{ cm}^4$$

Analizzando il profilario si può dimensionare una profilo IPE 200 come quello ipotizzato, poichè ha una $I = 1943 \text{ cm}^4$ e di cui si riportano di seguito le caratteristiche geometriche.

	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r (mm)	A (cm ²)
IPE 200	200	100	5,6	8,5	12	28,48

Fig. 11

Schema statico di riferimento per il dimensionamento delle travi

Tab. 6

Tabella delle caratteristiche geometriche del profilo in acciaio

Si procede quindi a verificare la deformabilità a taglio della sezione in SLE.

Verifica a SLE - Deformabilità a taglio

Prendendo come riferimento i calcoli fatti precedentemente, si procede a calcolare gli spostamenti massimi della trave in seguito all'applicazione del carico:

$$q = 4,45 \text{ kN/m}^2 \text{ e un } P = 31,47 \text{ kN}$$

Come fatto nei calcoli precedenti si assume che la freccia massima che potrà assumere il profilo segue la formula:

$$\delta_{\max} = [(5 \cdot q \cdot L^4)/(384 \cdot E \cdot I)] + [P \cdot a_1 / (24 \cdot E \cdot I)] \cdot [3 \cdot L^2 - 4 \cdot a_2^2]$$

con $I = 1943 \text{ cm}^4$

Da cui si ottiene:

$$\delta_{\max} = 0,002 \text{ m}$$

Per soddisfare la verifica è necessario che questo valore di freccia sia minore del limite imposto da normativa che è pari a:

$$L/250 \text{ dove } L = 3,26 \text{ m}$$

$$\delta_{\lim} = 0,013 \text{ m}$$

La verifica è quindi soddisfatta.

Si esegue anche l'altra verifica di spostamento questa volta considerando solo Q di affollamento.

Si ha quindi che:

$$\delta_2 = (5/384) \cdot (P_{\text{var}} \cdot L^4 / E \cdot I) + ((P_{\text{var}} \cdot a / 24 \cdot E \cdot I) \cdot (3 \cdot L^2 - 4 \cdot a^2))$$

$$\text{con } P_{\text{variabili}} = (Q \cdot a) \times (L_1/2 + L_2/2) = 28,15 \text{ kN}$$

Si ottiene:

$$\delta_2 = 0,003 \text{ m}$$

Per soddisfare la verifica è necessario che questo valore di freccia sia minore del limite imposto da normativa:

$$L/300 \text{ dove } L = 3,26 \text{ m}$$

$$\delta_{\lim} = 0,011 \text{ m}$$

La verifica è quindi soddisfatta.

Verifica a SLU

Anche per questo elemento strutturale, la normativa impone che venga eseguita una verifica per lo Stato Limite Ultimo sia a taglio, sia a flessione. Queste sono associate ai valori estremi dei carichi agenti sulla struttura e analizzano gli effetti delle sollecitazioni sulla struttura in campo elastico.

Al fine delle verifiche, si utilizzerà la combinazione più sfavorevole calcolata nel precedente paragrafo con l'aggiunta del carico strutturale permanente, ovvero il peso del profilo IPE180 moltiplicato per il coefficiente di sicurezza.

Si riporta di seguito la combinazione più sfavorevole ottenuta:

$$q = 1,5 \cdot 0,3135 + 1,5 \cdot 4 = 6,47 \text{ kN/m}^2$$

Anche per questa verifica si procede a linearizzare il carico moltiplicandolo per la larghezza di influenza pari a 2,70 m come:

$$p = (6,47 \cdot 2,70) + (0,188 \cdot 1,3) = 17,71 \text{ kN/m}$$

Da questo calcoliamo i carichi puntuali provenienti dalle secondarie:

$$P_1 = [(p * a) + \gamma_{G1} * G_1] * L_1 / 2$$

$$P_1 = ((6,47 * 2,70) + 1,3 * 0,188) * 2,54 / 2 = 5,422 \text{ kN}$$

$$P_2 = [(p * a) + \gamma_{G1} * G_1] * L_2 / 2$$

$$P_2 = (6,47 * 2,70) + 1,3 * 0,188) * 2,64 / 2 = 9,05 \text{ kN}$$

$$P = P_1 + P_2 = 14,50 \text{ kN}$$

Verifica a flessione monoassiale

Dal diagramma si può notare che il momento massimo si trova nel punto medio della trave vale:

$$M_{Ed} = M_{max} = p * L^2 / 8$$

$$M_{Ed} = 14,50 * (3,26)^2 / 8 = 19,26 \text{ kNm}$$

Si va a calcolare anche il momento resistente andando a prendere il valore di modulo di resistenza plastico corrispondente al profilo ipotizzato dal prontuario in questo caso pari a $194,3 \text{ cm}^3$.

$$M_{c,Rd} = (W_{pl} * f_{yk}) / \gamma_{Mo}$$

$$M_{c,Rd} = (194300 \text{ mm}^3 * 275 \text{ N/mm}^2) / 1,05 = 50888092 \text{ Nmm}$$

$$M_{c,Rd} = 50,88 \text{ kNm}$$

Dato che: $0,37 \leq 1$ la verifica è soddisfatta.

Verifica a taglio

L'azione tagliante, secondo normativa, deve rispettare la condizione per cui:

$$V_{Ed} / V_{c,Rd} \leq 1$$

Si va quindi a calcolare il taglio agente che risulta essere pari a:

$$V_{Ed} = P + (G_1 * \gamma_{G1}) * L / 2 = 14,50 * 3,26 / 2 = 14,88 \text{ kN}$$

Si va a calcolare il taglio resistente secondo la formula:

$$V_{c,Rd} = A_v * f_{yk} / \sqrt{3} * \gamma_{Mo}$$

dove:

- A_v è la cosiddetta area resistente per i profili I e H caricati nel piano dell'anima e si assume:

$$A_v = A - 2 * b * t_f + (t_w + 2 * r) * t_f$$

Con: A (area lorda della sezione del profilo), b (larghezza delle ali per i profilati e la larghezza per le sezioni cave), r (raggio di raccordo tra anima e ala), t_f (spessore ali), t_w (spessore dell'anima)

Si ottiene quindi, nel caso in oggetto:

$$A_v = 28,48 - (2 * 10 * 0,85) + (0,56 + 2 * 1,2) * 0,85$$

$$A_v = 13,99 \text{ cm}^2$$

$$V_{c,Rd} = 13,99 * 275 / \sqrt{3} * 1,05 = 211,63 \text{ kN}$$

Dato che: $0,07 \leq 1$ la verifica è soddisfatta.

Si va dunque a verificare la sezione della trave primaria per un secondo schema di carico interessato, ovvero quello che tiene conto di

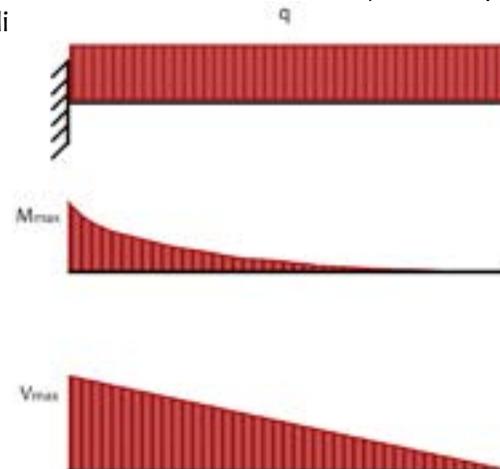
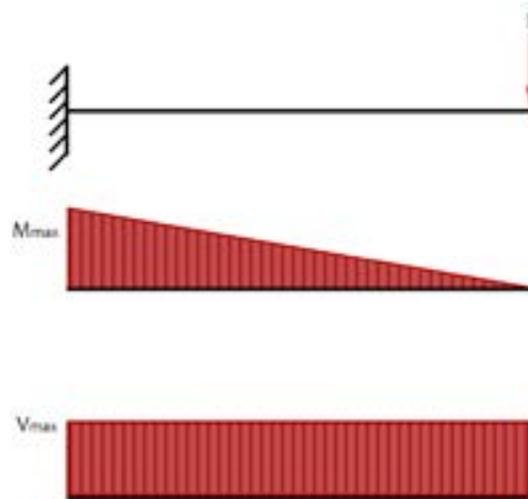


Fig. 12

Schema statico di riferimento per il dimensionamento delle travi a sbalzo

Fig.13

Schema statico di riferimento per il dimensionamento delle travi a sbalzo



In questo caso quindi avremo che:

$$M_{Ed} = M_{max} = P * L + q * L^2 / 2$$

$$V_{Ed} = V_{max} = P + q * L$$

Il valore di inerzia sarà dato dalla formula:

$$I = (P * L^3 / 3 * E * \delta) + q * L^4 / 8 * E * \delta$$

con $\delta = 1,34 / 250 = 0,00536$ m

$q = 11,64$ kN/m

$P = 0,19$ kN/m * $3,15$ m = $0,6$ kN del cosciale della scala

Si ottiene: $I = 541,66$ cm⁴

Dato che la sezione scelta ha una $I = 1943$ cm⁴ sicuramente la verifica di deformabilità in SLE verrà soddisfatta.

Si passa quindi a verificare la sezione in SLU secondo le verifiche precedentemente effettuate.

Verifica a flessione monoassiale

$$M_{Ed} = M_{max} = P * L + q * L^2 / 2$$

$$M_{Ed} = 0,6 * 1,34 + 11,64 * (1,34)^2 / 2 = 11,25$$
 kNm

Si va a calcolare anche il momento resistente andando a prendere il valore di modulo di resistenza plastico corrispondente al profilo ipotizzato dal prontuario in questo caso pari a $194,3$ cm³.

$$M_{c,Rd} = (W_{pl} * f_{yk}) / \gamma_{M0}$$

$$M_{c,Rd} = (194300 \text{ mm}^3 * 275 \text{ N/mm}^2) / 1,05 = 50888092 \text{ Nmm}$$

$$M_{c,Rd} = 50,88 \text{ kNm}$$

Dato che: $0,22 \leq 1$ la verifica è soddisfatta.

Verifica a taglio

L'azione tagliante, secondo normativa, deve rispettare la condizione per cui:

$$V_{Ed} / V_{c,Rd} \leq 1$$

Si va quindi a calcolare il taglio agente che risulta essere pari a:

$$V_{Ed} = P + q * L = 0,6 + 11,64 * 1,34 = 16,20$$
 kN

Si va a calcolare il taglio resistente secondo la formula:

$$V_{c,Rd} = A_v * f_{yk} / \sqrt{3} * \gamma_{M0}$$

dove:

- A_v è la cosiddetta area resistente per i profili I e H caricati nel piano dell'anima e si assume:

$$A_v = A - 2 * b * t_f + (t_w + 2 * r) * t_f$$

Con: A (area lorda della sezione del profilo), b (larghezza delle ali per i profilati e la larghezza

per le sezioni cave), r (raggio di raccordo tra anima e ala), t_f (spessore ali), t_w (spessore dell'anima)

Si ottiene quindi, nel caso in oggetto:

$$A_v = 28,48 - (2 * 10 * 0,85) + (0,56 + 2 * 1,2) * 0,85$$

$$A_v = 13,99 \text{ cm}^2$$

$$V_{c,Rd} = 13,99 * 275 / \sqrt{3} * 1,05 = 211,63 \text{ kN}$$

Dato che: $0,076 \leq 1$ la verifica è soddisfatta.

Verifica della classificazione della sezione dimensionata

Al fine di classificare la trave dimensionata, verranno svolte due verifiche separate per le ali e l'anima della sezione, andando a valutare il rapporto larghezza - spessore, secondo:

$$c/t \leq n * \epsilon \quad \text{con } \epsilon = \sqrt{(235/f_{yk})}$$

Verifica dell'anima

Nella parte sottoposta a flessione per il profilo definito vale la relazione:

$$c/t \leq 72\epsilon$$

con $f_{yk} = 275 \text{ kN/mm}^2$

Si ottiene un $\epsilon = 0,9244$ da cui $72 \epsilon = 66,56$

Si va a calcolare il rapporto c/t della sezione secondo la formula seguente:

$$c/t = [h - (2 * t_f + 2 * r)] / t \quad \text{con } t = t_w$$

Si ottiene un valore di $c/t = 28,39$.

Dato che $28,39 \leq 66,56$ la verifica è soddisfatta.

Verifica delle ali

Per la verifica delle ali vale la seguente relazione:

$$c/t \leq 9\epsilon$$

Si ottiene un $\epsilon = 0,9244$ da cui $9\epsilon = 8,319$

Si va a calcolare il rapporto c/t della sezione secondo la formula seguente:

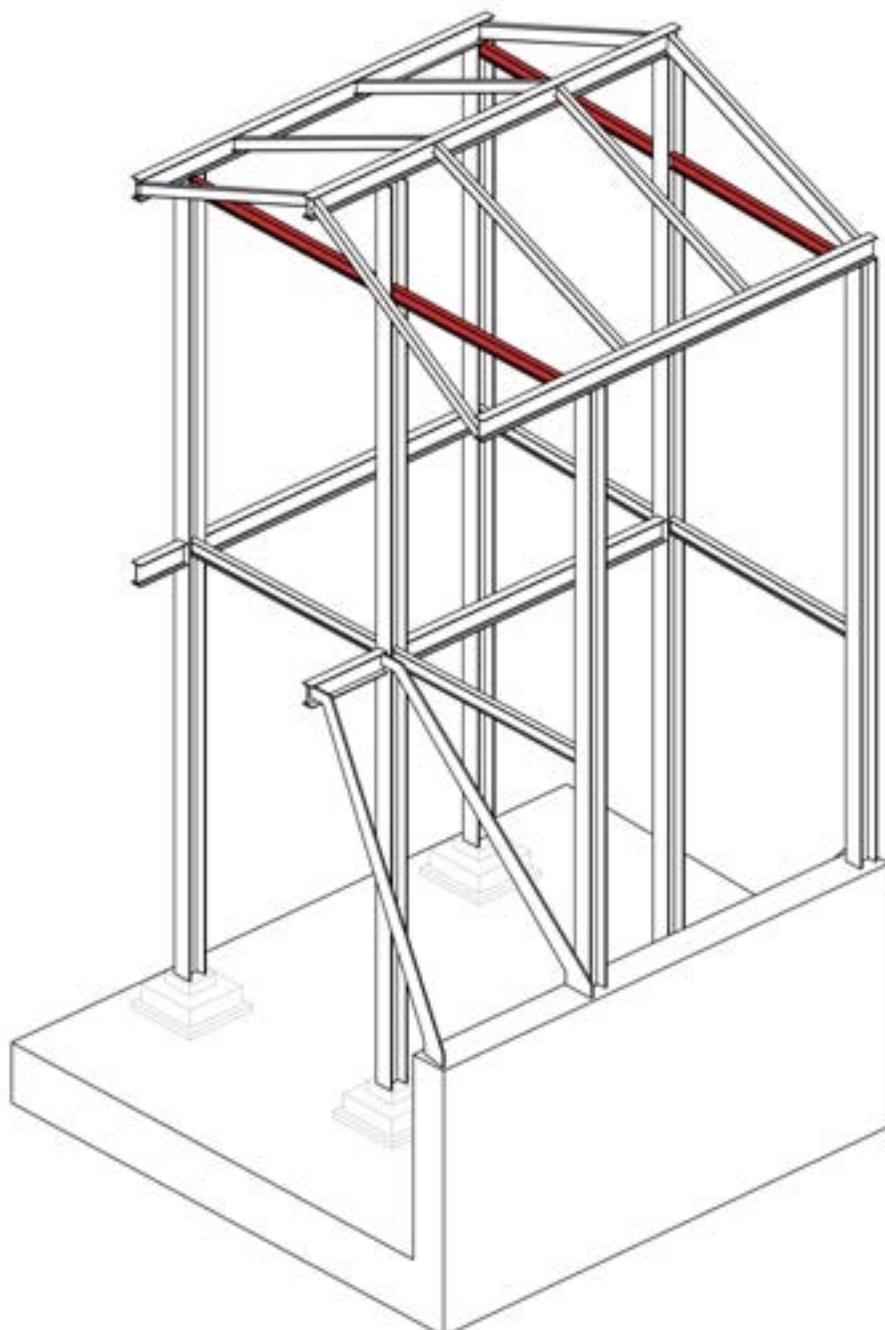
$$c/t = (b/2 - r) / t \quad \text{con } t = t_w$$

Tenendo conto delle dimensioni della sezione dal profilario, riportate nella tabella precedente, si ottiene:

$$c/t = 4,47$$

Dato che $4,47 < 8,32$ anche questa verifica è soddisfatta.

Fig. 14
Vista 3D dell'elemento da dimensionare - travi secondarie di copertura



DIMENSIONAMENTO TRAVI SECONDARIE COPERTURA

Si procede a dimensionare l'elemento di copertura partendo dagli elementi di travetto che sostengono il rivestimento in lamiera in acciaio stirato poi collegati alle travi primarie.

Si ipotizza di usare un profilo rettangolare in acciaio con dimensioni 120x25mm.

Come effettuato per gli altri profili si procede, prima di tutto a linearizzare i carichi che agiscono su di essi. In particolare su questi elementi agirà il carico di affollamento per la manutenzione e i carichi variabili corrispondenti all'azione della neve e del vento.

Verifica a SLE - Deformabilità a taglio

Prendendo come riferimento i calcoli fatti precedentemente, si procede a calcolare gli spostamenti massimi della trave in seguito all'applicazione dei seguenti carichi:

Carico permanente strutturale: 1,92 kN/m²

Carico permanente non strutturale: 0,05312 kN/m²

Carico vento: 0,23 kN/m²

Carico neve: 0,48 kN/m²

Carico affollamento: 0,50 kN/m²

Si ottiene quindi un carico distribuito linearizzato pari a:

$$P = 3,31 \text{ kN/m}$$

Come fatto nei calcoli precedenti si assume che la freccia massima che potrà assumere il profilo segue la formula:

$$\delta_{\max} = 5/384 * (P * L^4) / E * I$$

con $I = 360 \text{ cm}^4$

Da cui si ottiene:

$$\delta_{\max} = 0,00062 \text{ m}$$

Per soddisfare la verifica è necessario che questo valore di freccia sia minore del limite imposto da normativa che è pari a:

$$L/200 \text{ dove } L = 1,80 \text{ m}$$

$$\delta_{\lim} = 0,089 \text{ m}$$

La verifica è quindi soddisfatta.

Si esegue anche l'altra verifica di spostamento questa volta considerando solo Q di affollamento. Si ha quindi che:

$$q_{\text{tot}} = 1,92 \text{ kN/m}$$

Si assume quindi che la freccia massima segue la formula:

$$\delta_2 = 5/384 * (P * L^4) / E * I$$

$$\delta_2 = 0,00038 \text{ m}$$

Per soddisfare la verifica è necessario che questo valore di freccia sia minore del limite imposto da normativa che è pari a:

$$L/250 \text{ dove } L = 1,80 \text{ m}$$

$$\delta_{\lim} = 0,0715 \text{ m}$$

La verifica è quindi soddisfatta.

VERIFICA A SLU

Verifica a flessione monoassiale

Dal diagramma si può notare che il momento massimo si trova nel punto medio della trave vale:

$$M_{\text{Ed}} = M_{\text{max}} = q * L^2 / 8$$

Essendo il carico q ottenuto dalla combinazione più sfavorevole e pari a 7,03 kN/m.

$$M_{\text{Ed}} = 7,03 * (1,80)^2 / 8 = 2,81 \text{ kNm}$$

Si va a calcolare anche il momento resistente andando a prendere il valore di modulo di resistenza plastico corrispondente al profilo ipotizzato dal prontuario in questo caso pari a 600 cm³.

$$M_{\text{c,Rd}} = (W_{\text{pl}} * f_{\text{yk}}) / \gamma_{\text{Mo}}$$

$$M_{\text{c,Rd}} = (60000 \text{ mm}^3 * 275 \text{ N/mm}^2) / 1,05 = 126761,90 \text{ Nmm}$$

$$M_{\text{c,Rd}} = 126,76 \text{ kNm}$$

Dato che: **0,022 < 1** la verifica è soddisfatta.

Verifica a taglio

L'azione tagliante, secondo normativa, deve rispettare la condizione per cui:

$$V_{\text{Ed}} / V_{\text{c,Rd}} \leq 1$$

Si va quindi a calcolare il taglio agente che risulta essere pari a:

$$V_{\text{Ed}} = q * L/2 = 7,03 * 1,80/2 = 6,30 \text{ kN}$$

Si va a calcolare il taglio resistente secondo la formula:

$$V_{\text{c,Rd}} = A_{\text{v}} * f_{\text{yk}} / \sqrt{3} * \gamma_{\text{Mo}}$$

dove:

- A_{v} è la cosiddetta area resistente e si assume, in questo caso, uguale all'area nominale della sezione.

Si ottiene quindi, nel caso in oggetto:

$$A_{\text{v}} = A = 0,3 \text{ m}^2$$

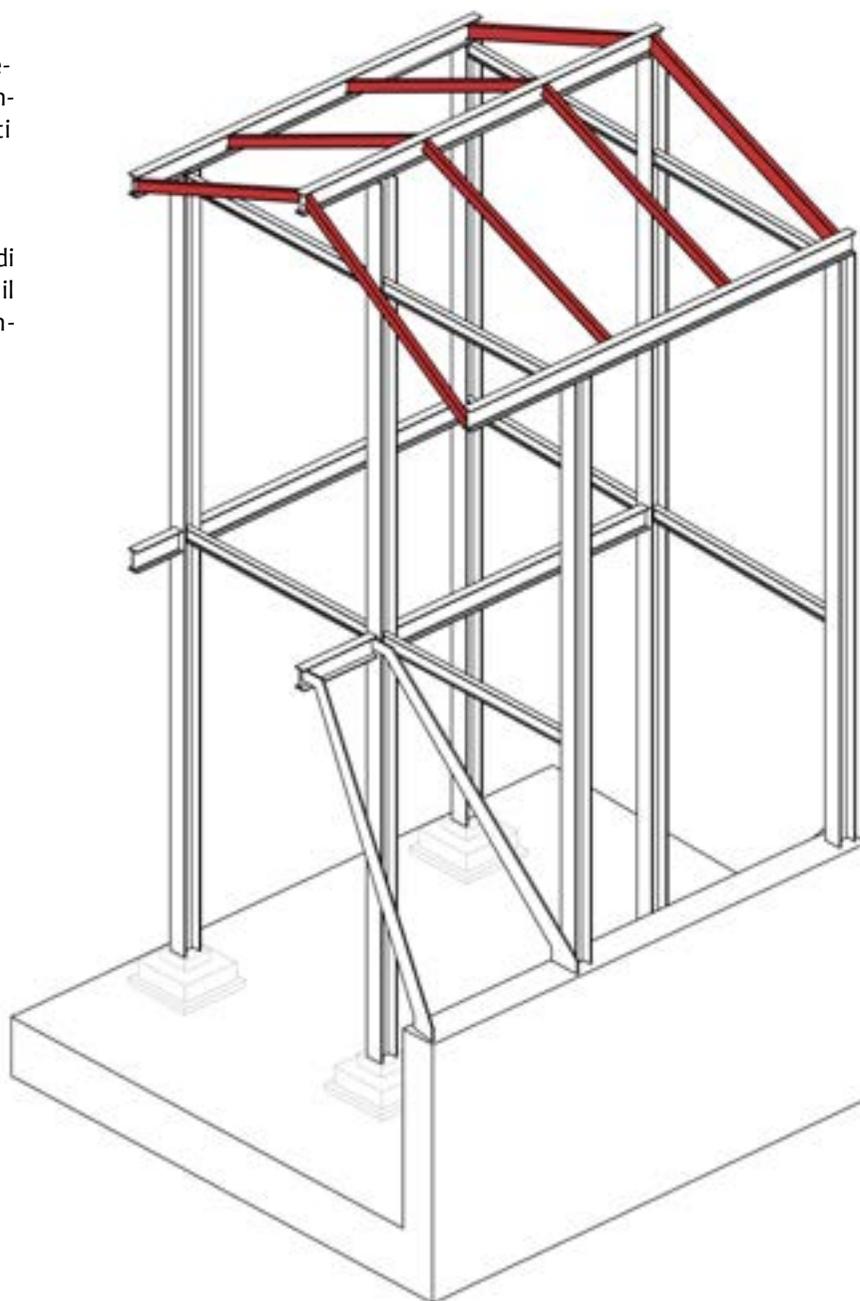
$$V_{\text{c,Rd}} = 0,3 * 275 / \sqrt{3} * 1,05 = 453,63 \text{ kN}$$

Fig. 14

Vista 3D dell'elemento da dimensionare - travetti di copertura

Fig. 15

Schema statico di riferimento per il dimensionamento delle travi



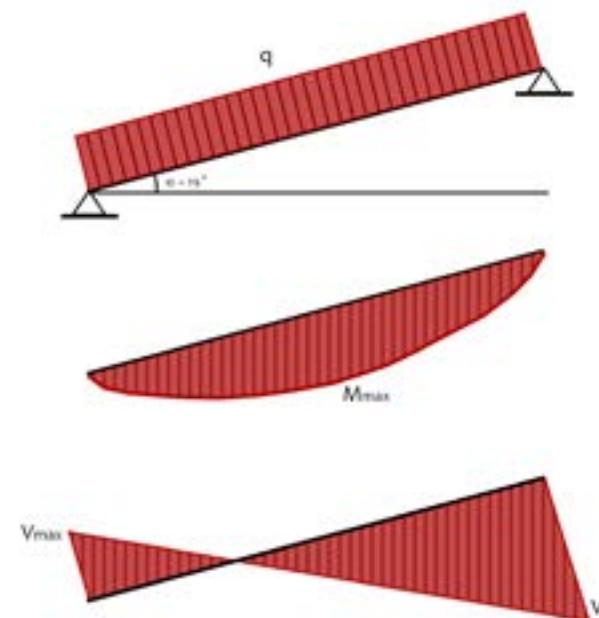
Dato che: $0,014 \leq 1$ la verifica è soddisfatta.

DIMENSIONAMENTO TRAVETTI

Per il dimensionamento e verifica dei travetti di sostegno al rivestimento si procede, prima di tutto a linearizzare i carichi che agiscono su di essa.

In particolare su queste travi agirà il carico di affollamento, il carico del rivestimento in lamiera stirata e forata e i carichi variabili da neve e vento.

Si riporta, inoltre lo schema di carico utilizzato nel calcolo:



Verifica a SLE - Deformabilità a taglio

Si ipotizza inizialmente di usare dei profili IPE120, in acciaio laminato a caldo S275JR appartenente alla classe 1 per le sue caratteri-

stiche geometriche e meccaniche.

Prendendo come riferimento i calcoli fatti precedentemente si prende la combinazione più sfavorevole in SLE corrispondente al carico prevalente per manutenzione e si procede a calcolare gli spostamenti massimi della trave in seguito all'applicazione del carico:

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \psi_{02} * Q_{k2} + \psi_{03} * Q_{k3}$$

$$1,92 + 0,053 + 0,5 + 0,2 * 0,48 - 0,2 * 0,23 = 3,31 \text{ kN/m}^2$$

Viene quindi linearizzato il valore ricavato, moltiplicandolo per la larghezza di influenza della trave pari a 1,20 m e aggiungendo il peso proprio della sezione ipotizzata che in questo caso vale:

$$G_{\text{IPE120}} = 0,11 \text{ kN/m}$$

Si ottiene quindi un carico linearizzato totale pari a:

$$P = (3,31 \text{ kN/m}^2 * 1,20 \text{ m}) + 0,11 \text{ kN/m} = 4,08 \text{ kN/m}$$

Come fatto nei calcoli precedenti si assume che la freccia massima che potrà assumere il profilo segue la formula:

$$\delta_{\text{max}} = 5/384 * (P * L^4) / E * I$$

con $I = 317,8 \text{ cm}^4$

Da cui si ottiene:

$$\delta_{\text{max}} = 0,00377 \text{ m}$$

Per soddisfare la verifica è necessario che questo valore di freccia sia minore del limite imposto da normativa che è pari a:

$$L/200 \text{ dove } L = 2,50 \text{ m}$$

$$\delta_{\text{lim}} = 0,0125 \text{ m}$$

La verifica è quindi soddisfatta.

Si esegue anche l'altra verifica di spostamento questa volta considerando solo Q di affollamento dato da manutenzione. Si ha quindi che:

$$q_{\text{tot}} = 0,50 * 1,20 = 0,6 \text{ kN/m}$$

Si assume quindi che la freccia massima segue la formula:

$$\delta_2 = 5/384 * (q * L^4) / E * I$$

con $I = 317,8 \text{ cm}^4$

Da cui si ottiene:

$$\delta_2 = 0,00046 \text{ m}$$

Per soddisfare la verifica è necessario che questo valore di freccia sia minore del limite imposto da normativa:

$$L/250 \text{ dove } L = 2,50 \text{ m}$$

$$\delta_{\text{lim}} = 0,01 \text{ m}$$

La verifica è quindi soddisfatta.

Verifica a SLU

Anche per questo elemento strutturale, la normativa impone che venga eseguita una verifica per lo Stato Limite Ultimo sia a taglio, sia a flessione.

Queste sono associate ai valori estremi dei carichi agenti sulla struttura e analizzano gli effetti delle sollecitazioni sulla struttura in campo elastico.

Al fine delle verifiche, si utilizzerà la combinazione più sfavorevole calcolata nel precedente paragrafo con l'aggiunta del carico strutturale permanente, ovvero il peso del profilo IPE120 moltiplicato per il coefficiente di sicurezza.

Tab. 7

Tabella delle caratteristiche geometriche del profilo in acciaio

Si riporta di seguito la combinazione più sfavorevole ottenuta:

$$\gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \psi_{02} * \gamma_{Q2} * Q_{k2}$$

$$q = 1,92 * 1,3 + 0,053 * 1,5 + 0,5 * 1,5 + 0,6 * 0,48 * 1,3$$

$$q = 4,98 \text{ kN/m}^2$$

Anche per questa verifica si procede a linearizzare il carico come:

$$p = (4,98 * 1,20) + (0,114 * 1,3) = 6,1242 \text{ kN/m}$$

Verifica a flessione monoassiale

In questo caso la verifica viene effettuato seguendo il seguente schema di carico, andando a considerare l'inclinazione del travetto che tiene su la sottostruttura di rivestimento.

Dal diagramma si può notare che la risposta del momento agente è diversa a seconda dal tipo di carico applicato.

Il calcolo del momento massimo verrà, quindi calcolato seguendo le seguenti formule:

$$M_{Ed}^1 = M_{max} = G_1 * L^2 / (8 * \cos\alpha) \quad \text{con } \alpha = 19^\circ$$

$$M_{max}^2 = q_{var} * L^2 / 8 \quad \text{con } q_{varSLU} = 4,97 * 1,20 = 5,97 \text{ kN/m}$$

La verifica si può ritenere comunque soddisfatta quando:

$$M_{Ed} / M_{c,Rd} \leq 1$$

Si va quindi a calcolare il momento agente che risulta essere pari a:

$$M_{Ed}^1 = 0,114 * (2,50)^2 / (8 * 0,945) = 0,094 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed}^2 = [5,97 * (2,50)^2] / 8 = 4,66 \text{ kNm}$$

Si va a calcolare anche il momento resistente andando a pren-

dere il valore di modulo di resistenza plastico corrispondente al profilo ipotizzato dal prontuario in questo caso pari a 52,96 cm³.

$$M_{c,Rd} = (W_{pl} * f_{yk}) / \gamma_{M0}$$

$$M_{c,Rd} = (52960 \text{ mm}^3 * 275 \text{ N/mm}^2) / 1,05 = 13870476,2 \text{ Nmm}$$

$$M_{c,Rd} = 13,87 \text{ kNm}$$

Dato che: **0,0006 < 1 e 0,33 < 1** la verifica è soddisfatta.

Verifica a taglio

L'azione tagliante, secondo normativa, deve rispettare la condizione per cui:

$$V_{Ed} / V_{c,Rd} \leq 1$$

Anche in questo caso però bisogna considerare la natura dello schema statico tenendo conto dell'inclinazione del travetto in acciaio.

	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r (mm)	A (cm ²)
IPE 120	120	64	4,4	6,3	7	13,21

Si va quindi a calcolare il taglio agente, conoscendo le caratteristiche geometriche del profilo, che risulta essere pari a:

$$V_{Ed}^1 = G_1 * L / 2 = 0,114 * 2,50 / 2 = 0,142 \text{ kN}$$

$$V_{Ed}^2 = q_{VAR} * L / (2 * \cos\alpha) \quad \text{con } \alpha = 19^\circ$$

$$V_{Ed}^2 = 5,97 * 2,50 / (2 * 0,954) = 7,81 \text{ kN}$$

Si va a calcolare il taglio resistente secondo la formula:

$$V_{c,Rd} = A_v * f_{yk} / \sqrt{3} * \gamma_{M0}$$

dove:

- A_v è la cosiddetta area resistente per i profili I e H caricati nel piano dell'anima e si assume:

$$A_v = A - 2 * b * t_f + (t_w + 2 * r) * t_f$$

Con: A (area lorda della sezione del profilo), b (larghezza delle ali per i profilati e la larghezza

per le sezioni cave), r (raggio di raccordo tra anima e ala),

t_f (spessore ali), t_w (spessore dell'anima)

Nel caso specifico si ottiene che, per un profilo IPE 120:

$$A_v = 13,21 - (2 * 6,4 * 0,63) + (0,44 + 2 * 0,7) * 0,63$$

$$A_v = 6,3052 \text{ cm}^2$$

$$V_{c,Rd} = 630,52 * 275 / \sqrt{3} * 1,05 = 95454,44 \text{ N}$$

$$V_{c,Rd} = 95,45 \text{ kN}$$

Dato che: $0,001 \leq 1$ e $0,081 \leq 1$ la verifica è soddisfatta.

Verifica della classificazione della sezione dimensionata

Al fine di classificare la trave dimensionata, verranno svolte due verifiche separate per le ali e l'anima della sezione, andando a valutare il rapporto larghezza- spessore, secondo:

$$c/t \leq n * \epsilon \quad \text{con } \epsilon = \sqrt{(235/f_{yk})}$$

Verifica dell'anima

Nella parte sottoposta a flessione per il profilo definito vale la relazione:

$$c/t \leq 72\epsilon$$

con $f_{yk} = 275 \text{ kN/mm}^2$

Si ottiene un $\epsilon = 0,9244$ da cui $72 \epsilon = 66,56$

Si va a calcolare il rapporto c/t della sezione secondo la formula seguente:

$$c/t = [h - (2 * t_f + 2 * r)] / t \quad \text{con } t = t_w$$

Si ottiene un valore di $c/t = 21,227$.

Dato che $21,227 \leq 66,56$ la verifica è soddisfatta.

Verifica delle ali

Per la verifica delle ali vale la seguente relazione:

$$c/t \leq 9\epsilon$$

Si ottiene un $\epsilon = 0,9244$ da cui $9 \epsilon = 8,319$

Si va a calcolare il rapporto c/t della sezione secondo la formula seguente:

$$c/t = (b/2 - r) / t \quad \text{con } t = t_w$$

Tenendo conto delle dimensioni della sezione dal profilario, riportate nella tabella precedente, si ottiene:

$$c/t = 4,09$$

Dato che $4,09 \leq 8,32$ la verifica è soddisfatta.

Fig. 16
Vista 3D dell'elemento da dimensionare - travi primarie di copertura

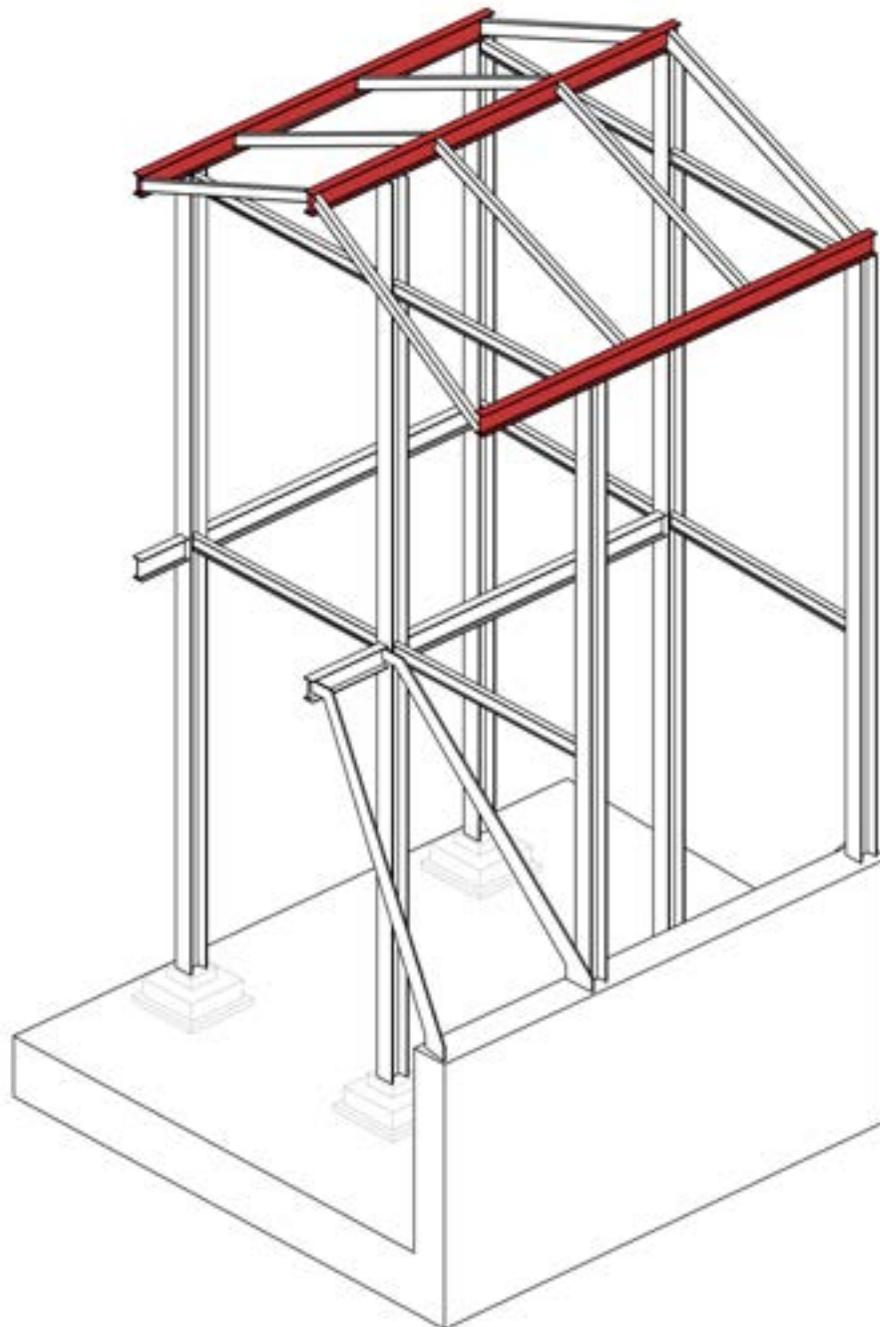


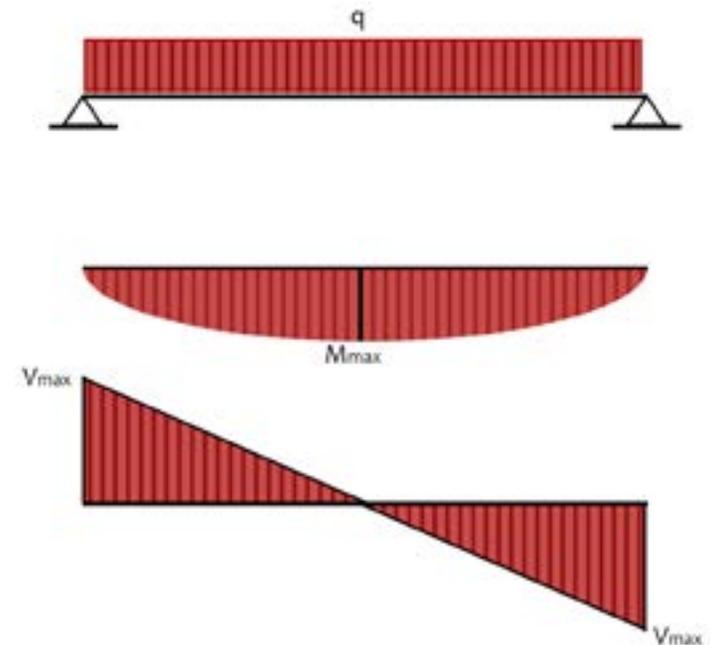
Fig. 17
Schema statico di riferimento per il dimensionamento delle travi

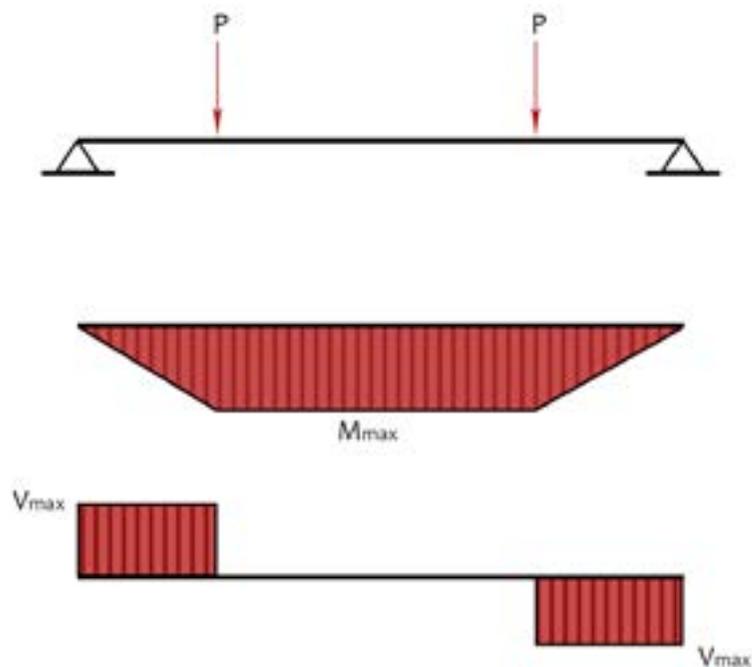
DIMENSIONAMENTO TRAVE PRIMARIA COPERTURA

Per il dimensionamento delle travi primarie in copertura si ipotizza un profilo IPE 240, in acciaio laminato a caldo S275JR, appartenente alla classe 1 per le sue caratteristiche geometriche e meccaniche.

A differenza della trave secondaria i carichi saranno considerati come carichi uniformemente distribuiti e carichi puntuali derivanti dalle reazioni vincolari dei travetti che scaricano il loro peso.

Si ha che il nuovo diagramma statico per l'applicazione dei carichi diventa la somma di due contributi:





Verifica a SLE - Deformabilità a taglio

I carichi agenti sulla trave primaria sono calcolati secondo la combinazione lineare rara in SLE, compresa dei carichi permanenti strutturali, variabili e dei carichi puntuali generati dai travetti che sostengono la sottostruttura per la posa del rivestimento.

Queste forse concentrate sono dunque considerate pari al doppio del valore di taglio agente derivante dal dimensionamento fatto per i travetti.

Il carico distribuito q è quindi dato da:

$$q = 1,92 + 0,053 + 0,5 + 0,2 * 0,48 - 0,2 * 0,23 = 3,31 \text{ kN/m}^2$$

Per il calcolo dei carichi concentrati si prende la reazione vincolare

di un singolo travetto, linearizzato e sommato al peso proprio del profilo, in questo caso pari a $0,114 \text{ kN/m}$; il tutto viene moltiplicato per l'interasse della trave.

Inoltre, in questo caso il calcolo del momento di inerzia minimo della trave ideale è dato dalla seguente formula:

$$I' = (5,10 * P * L^3) / (76,8 * E * f_{\max})$$

dove:

- P è il carico concentrato dato dai travetti, pari a $V_{\text{Ed}} = 7,56 \text{ kN}$.

Dato che solo due travetti insistono sulla trave primaria, si andrà a considerare un carico $P = 7,56 * 4 = 30,6 \text{ kN}$ considerando anche i due travetti presenti dall'altro lato del tetto;

- f_{\max} è lo spostamento massimo verticale consentito, pari a $L/300 = 0,0108 \text{ m}$

Si ottiene quindi una inerzia minima pari a:

$$I' = [5,10 * 30,6 * (3,26)^3] / [76,8 * E * 0,0108] = 3332 \text{ cm}^4$$

Da profilario possiamo prendere un profilo IPE 240 che possiede una $I = 3892 \text{ cm}^4$.

Di seguito si riportano le caratteristiche geometriche del profilo scelto.

	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r (mm)	A (cm ²)
IPE 240	240	120	6,2	9,8	15	39,12

Si procede quindi a verificare la deformabilità a taglio della sezione in SLE, calcolando gli spostamenti massimi della trave.

$$q = 3,31 \text{ kN/m}^2 \text{ e un } P = 30,6 \text{ kN}$$

Fig. 18

Schema statico di riferimento per il dimensionamento delle travi

Tab. 8

Tabella delle caratteristiche geometriche del profilo in acciaio

Come fatto nei calcoli precedenti si assume che la freccia massima che potrà assumere il profilo segue la formula:

$$\delta_{\max} = [(5 \cdot q \cdot L^4) / (384 \cdot E \cdot I)] + [P \cdot a_1 / (24 \cdot E \cdot I)] \cdot [3 \cdot L^2 - 4 \cdot a_2^2]$$

con $I = 3892 \text{ cm}^4$

Da cui si ottiene:

$$\delta_{\max} = 0,005 \text{ m}$$

Per soddisfare la verifica è necessario che questo valore di freccia sia minore del limite imposto da normativa che è pari a:

$$L/250 \text{ dove } L = 3,26 \text{ m}$$

$$\delta_{\lim} = 0,013 \text{ m}$$

La verifica è quindi soddisfatta.

Si esegue anche l'altra verifica di spostamento questa volta considerando solo Q di affollamento per la manutenzione.

Si ha quindi che:

$$\delta_2 = [P_{\text{variabili}} \cdot L / (24 \cdot E \cdot I)] \cdot [3 \cdot L^2 - 4 \cdot a_2^2]$$

$$\text{con } P_{\text{variabili}} = (Q \cdot a) \cdot (L_1/2 + L_2/2) = \text{kN}$$

Si assume quindi che la freccia massima segue la formula:

$$\delta_2 = 0,005 \text{ m}$$

Per soddisfare la verifica è necessario che questo valore di freccia sia minore del limite imposto da normativa:

$$L/300 \text{ dove } L = 3,26 \text{ m}$$

$$\delta_{\lim} = 0,0108 \text{ m}$$

La verifica è quindi soddisfatta.

Verifica a SLU

Anche per questo elemento strutturale, la normativa impone che venga eseguita una verifica per lo Stato Limite Ultimo sia a taglio, sia a flessione.

Queste sono associate ai valori estremi dei carichi agenti sulla struttura e analizzano gli effetti delle sollecitazioni sulla struttura in campo elastico.

Al fine delle verifiche, si utilizzerà la combinazione più sfavorevole calcolata nel precedente paragrafo con l'aggiunta del carico strutturale permanente, ovvero il peso del profilo IPE240 moltiplicato per il coefficiente di sicurezza.

Si riporta di seguito la combinazione più sfavorevole ottenuta e lo schema di carico:

$$q = \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3}$$

$$q = 1,92 \cdot 1,3 + 0,053 \cdot 1,5 + 0,5 \cdot 1,5 + 0,6 \cdot 0,48 \cdot 1,3$$

$$q = 4,98 \text{ kN/m}^2$$

$$P = 30,6 \text{ kN}$$

Verifica a flessione monoassiale

Dal diagramma si può notare che il momento massimo si trova nel punto medio della trave vale:

$$M_{Ed} = M_{\max} = P \cdot a + (\gamma_{G1} \cdot G_1) \cdot L^2 / 8$$

La verifica si può ritenere soddisfatta quando:

$$M_{Ed} / M_{c,Rd} \leq 1$$

Si va quindi a calcolare il momento agente che risulta essere pari a:

$$M_{Ed} = 30,6 * 1,50 + [0,399 * (3,26)^2] / 8 = 46,43 \text{ kNm}$$

Si va a calcolare anche il momento resistente andando a prendere il valore di modulo di resistenza plastico corrispondente al profilo ipotizzato dal prontuario in questo caso pari a 324,3 cm³.

$$M_{c,Rd} = (W_{pl} * f_{yk}) / \gamma_{Mo}$$

$$M_{c,Rd} = (324300 \text{ mm}^3 * 275 \text{ N/mm}^2) / 1,05 = 84935714,3 \text{ Nmm}$$

$$M_{c,Rd} = 84,93 \text{ kNm}$$

Dato che: $0,54 \leq 1$ la verifica è soddisfatta.

Verifica a taglio

L'azione tagliante, secondo normativa, deve rispettare la condizione per cui:

$$V_{Ed} / V_{c,Rd} \leq 1$$

Si va quindi a calcolare il taglio agente che risulta essere pari a:

$$V_{Ed} = P + (\gamma_{G1} * G_1 * L / 2) = 30,60 + (0,399 * 3,26) / 2 = 31,25 \text{ kN}$$

Si va a calcolare il taglio resistente secondo la formula:

$$V_{c,Rd} = A_v * f_{yk} / \sqrt{3} * \gamma_{Mo}$$

dove:

- A_v è la cosiddetta area resistente per i profili I e H caricati nel piano dell'anima e si assume:

$$A_v = A - 2 * b * t_f + (t_w + 2 * r) * t_f$$

Con: A (area lorda della sezione del profilo), b (larghezza delle ali per i profilati e la larghezza per le sezioni cave), r (raggio di raccordo tra anima e ala), t_f (spessore ali), t_w (spessore dell'anima)

Nel caso specifico si ottiene che, per un profilo IPE 240:

$$A_v = 39,12 - (2 * 12 * 0,98) + (0,62 + 2 * 1,5) * 0,98$$

$$A_v = 12,0524 \text{ cm}^2 = 1205,24 \text{ mm}^2$$

$$V_{c,Rd} = 1205,24 * 275 / \sqrt{3} * 1,05 = 315658,09 \text{ N} = 315,66 \text{ kN}$$

Dato che: $0,09 \leq 1$ la verifica è soddisfatta.

Verifica della classificazione della sezione dimensionata

Al fine di classificare la trave dimensionata, verranno svolte due verifiche separate per le ali e l'anima della sezione, andando a valutare il rapporto larghezza - spessore, secondo:

$$c/t \leq n * \epsilon \quad \text{con } \epsilon = \sqrt{(235/f_{yk})}$$

Verifica dell'anima

Nella parte sottoposta a flessione per il profilo definito vale la relazione:

$$c/t \leq 72\epsilon$$

con $f_{yk} = 275 \text{ kN/mm}^2$

Si ottiene un $\epsilon = 0,9244$ da cui $72\epsilon = 66,56$

Si va a calcolare il rapporto c/t della sezione secondo la formula seguente:

$$c/t = [h - (2 * t_f + 2 * r)] / t \quad \text{con } t = t_w$$

Tab. 9

Tabella delle caratteristiche geometriche del profilo in acciaio

Si ottiene un valore di $c/t = 30,70$.

Dato che $30,70 \leq 66,56$ la verifica è soddisfatta.

Verifica delle ali

Per la verifica delle ali vale la seguente relazione:

$$c/t \leq 9\varepsilon$$

Si ottiene un $\varepsilon = 0,9244$ da cui $9\varepsilon = 8,319$

Si va a calcolare il rapporto c/t della sezione secondo la formula seguente:

$$c/t = (b/2 - r)/t \quad \text{con } t = t_w$$

Tenendo conto delle dimensioni della sezione dal profilario, riportate nella tabella precedente, si ottiene:

$$c/t = 7,25$$

Dato che $7,25 \leq 8,32$ la verifica è soddisfatta.

Per questioni di montaggio della sottostruttura del rivestimento si decide di scegliere per gli elementi delle travi di gronda del tetto un diverso profilo, ovvero un profilo UPN240.

Anche in questo si provvede a verificarne il dimensionamento con le verifiche in SLU viste fino ad ora e di cui si riportano le caratteristiche geometriche.

	b (mm)	t_f (mm)	t_w (mm)	r (mm)	A (cm ²)
UPN 240	240	85	9,5	13	42,3

Verifica a flessione monoassiale

Dal diagramma si può notare che il momento massimo si trova

nel punto medio della trave e vale:

$$M_{Ed} = M_{max} = P * a + (\gamma_{G_1} * G_1) * L^2 / 8$$

con $G_{UPN240} = 0,332 \text{ kN/m}$

La verifica si può ritenere soddisfatta quando:

$$M_{Ed} / M_{c,Rd} \leq 1$$

Si va quindi a calcolare il momento agente che risulta essere pari a:

$$M_{Ed} = 30,6 * 1,50 + [0,431 * (3,26)^2] / 8 = 46,47 \text{ kNm}$$

Si va a calcolare anche il momento resistente andando a prendere il valore di modulo di resistenza plastico corrispondente al profilo ipotizzato dal prontuario in questo caso pari a 300 cm^3 .

$$M_{c,Rd} = (W_{pl} * f_{yk}) / \gamma_{M0}$$

$$M_{c,Rd} = (300000 \text{ mm}^3 * 275 \text{ N/mm}^2) / 1,05 = 78571428,6 \text{ Nmm}$$

$$M_{c,Rd} = 78,57 \text{ kNm}$$

Dato che: $0,59 \leq 1$ la verifica è soddisfatta.

Verifica a taglio

L'azione tagliante, secondo normativa, deve rispettare la condizione per cui:

$$V_{Ed} / V_{c,Rd} \leq 1$$

Si va quindi a calcolare il taglio agente che risulta essere pari a:

$$V_{Ed} = P + (\gamma_{G_1} * G_1 * L / 2) = 30,60 + (0,431 * 3,26) / 2 = 31,30 \text{ kN}$$

Si va a calcolare il taglio resistente secondo la formula:

$$V_{c,Rd} = A_v \times f_{yk} / \sqrt{3} \times \gamma_{Mo}$$

dove:

- A_v è la cosiddetta area resistente per i profili I e H caricati nel piano dell'anima e si assume:

$$A_v = A - 2 * b * t_f + (t_w + 2 * r) * t_f$$

Con: A (area lorda della sezione del profilo), b (larghezza delle ali per i profilati e la larghezza

per le sezioni cave), r (raggio di raccordo tra anima e ala),

t_f (spessore ali), t_w (spessore dell'anima)

Nel caso specifico si ottiene che, per un profilo IPE 240:

$$A_v = 42,3 - (2 * 8,5 * 1,3) + (0,95 + 2 * 1,3) * 1,3$$

$$A_v = 24,815 \text{ cm}^2 = 2481,5 \text{ mm}^2$$

$$V_{c,Rd} = 2481,5 * 275 / \sqrt{3} * 1,05 = 890296,80 \text{ N} = 890,27 \text{ kN}$$

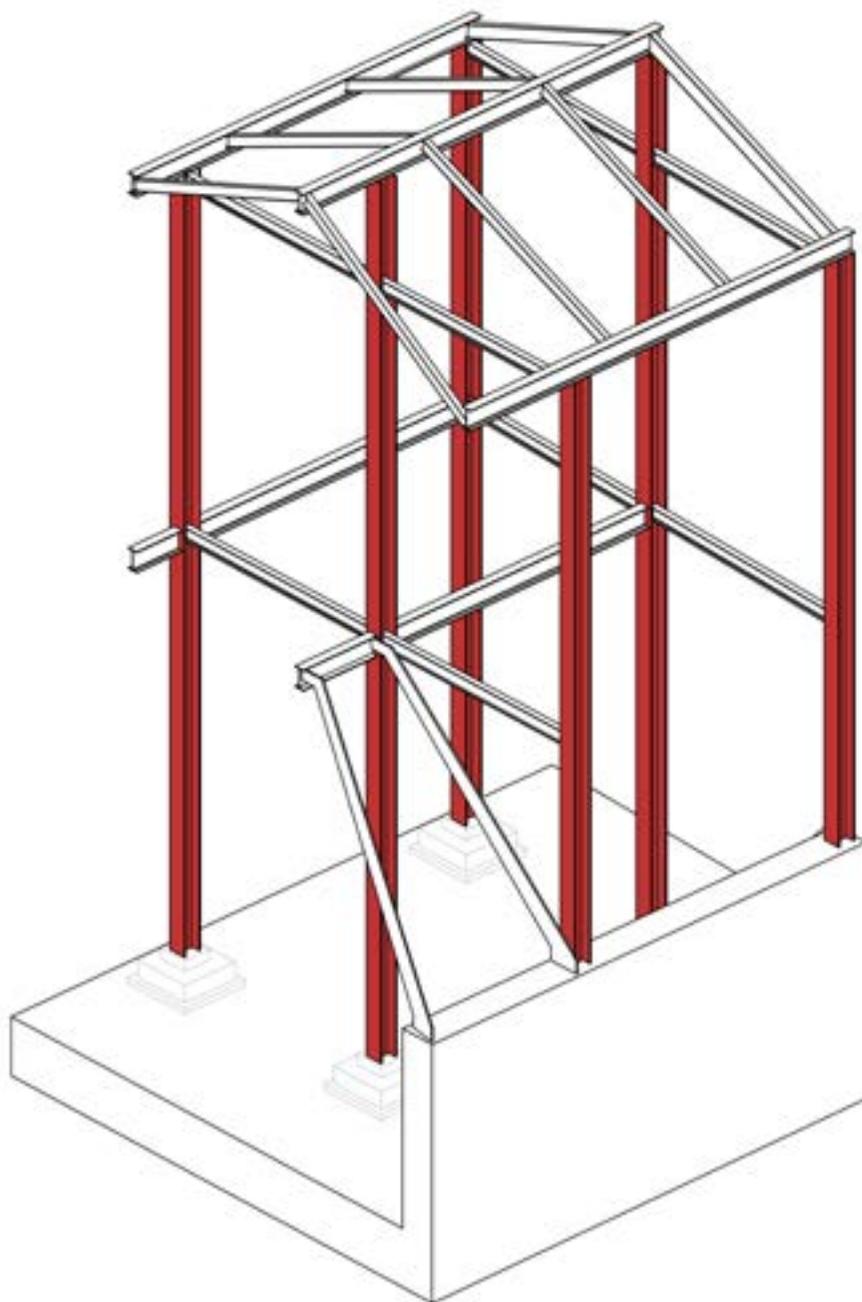
Dato che: $0,035 \leq 1$ la verifica è soddisfatta.

Fig. 18

Vista 3D dell'elemento da dimensionare - pilastri

Tab. 10

Tabella azioni di taglio agenti sull'elemento



DIMENSIONAMENTO PILASTRO CENTRATO

Per andare a dimensionare il pilastro della struttura si è proceduto a calcolare l'azione assiale agente N_{Ed} calcolata come la somma delle azioni derivanti dalle travi e dagli altri elementi in acciaio ad esso connesse. Queste azioni generate dagli altri elementi strutturali corrispondono alle azioni di taglio agenti già calcolate e quindi note.

Si riportano, quindi, di seguito le V_{Ed} calcolate per ogni elemento strutturale che si va ad appoggiare all'elemento del pilastro e considerano quindi già i vari carichi derivanti dalla combinazione più sfavorevole in SLU.

Dalla loro somma deriva quindi $N_{Ed} = 128,57$ kN utile per dimensionare l'area minima della sezione del pilastro.

Si va a porre il valore N_{Ed} uguale all'azione assiale N_{Rd} di progetto.

	V_{Ed}
Trave primaria interpiano	14,88 kN
Trave primaria a sbalzo	16,20 kN
Trave secondaria interpiano	38,02 kN
Travetti in copertura	15,62 kN
Trave primaria in copertura	31,25 kN
Trave secondaria in copertura	12,60 kN

Per dimensionare l'elemento strutturale ne determiniamo l'area utilizzando la formula inversa della definizione di N_{Rd} dato dalla norma³⁵:

$$N_{Ed} = N_{pl,Rd} = A_{min} * f_{yk} / \gamma_{Mo}$$

$$A_{min} = N_{Ed} * \gamma_{Mo} / f_{yk}$$

dove:

- f_{yk} è caratteristica del materiale scelto.

- γ_{Mo} è un valore preso dalla norma e vale sempre 1,05.

Si ottiene un valore di area della sezione pari a:

$$A_{min} = 3,70 \text{ cm}^2$$

Da profilario si nota che è possibile prendere qualsiasi dimensione della sezione dato che sono tutte più grandi del valore minimo.

Si va a scegliere un valore della sezione pari a 78,08 cm² corrispondente ad un profilo quadrato HEB200 di cui riportiamo le caratteristiche geometriche, di seguito.

	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r (mm)	A (cm ²)
HEB200	200	200	9	15	18	78,08

Viene scelto questo profilo per una questione di operabilità della messa in opera degli altri profili che si devono connettere.

Successivamente si va a calcolare il valore critico dell'azione as-

siale per andare a valutare il valore di snellezza del pilastro.

Per calcolarla si andrà ad usare la formula data dalle Norme Tecniche:

$$N_{cr} = \pi^2 * E * I / L^2$$

dove:

- E è il modulo elastico dell'acciaio;

- I è il momento di inerzia più sfavorito per la stabilità del pilastro (z-z) pari a 2043,1614 cm⁴;

- L è la lunghezza del pilastro pari a 6,32 m.

$$N_{cr} = \pi^2 * 210000 * 2043,1614,1 / (6230)^2 = 1089946,5 \text{ N} = 1089,95 \text{ kN}$$

Calcoliamo la snellezza della trave λ nel seguente modo³⁶:

$$\lambda = \sqrt{(A * f_{yk} / N_{cr})} = \sqrt{(7808 * 275) / 1089946,5}$$

$$\lambda = \sqrt{1,97} = 1,403$$

Da questo andiamo poi a ricavare il valore ϕ ³⁷:

$$\phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda - 0,2) + \lambda^2]$$

dove:

- α è il fattore di imperfezione³⁸ per i profilati H,I e viene determinato a secondo delle caratteristiche geometriche della sezione. In questo caso il suo valore è 0,34.

- λ è il fattore di snellezza calcolato prima.

$$\phi = 0,5 * [1 + 0,34 * (1,403 - 0,2) + 1,97] = 1,689$$

Sempre secondo la normativa è necessario ricavare il valore di χ dalla formula seguente³⁹:

Tab. 11

Tabella delle caratteristiche geometriche del profilo in acciaio

³⁵ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C4.2.4.1.2.1: Resistenza delle membrature - Trazione, op. cit

³⁶ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C4.2.4.1.3.1: Stabilità delle membrature - Aste compresse, formula 4.2.45, op. cit

³⁷ *Ibidem*

³⁸ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C4.2.4.1.3.1: Stabilità delle membrature - Aste compresse, Tab. 4.2.VIII, op. cit

³⁹ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C4.2.4.1.3.1: Stabilità delle membrature - Aste compresse, formula 4.2.44, op. cit

Tab. 12

Tabella azioni di taglio agenti sull'elemento

$$\chi = 1 / [\phi + \sqrt{(\phi^2 - \lambda^2)}] = 0,2573$$

Infine è possibile calcolare il valore di N_{Rd} dato dalla formula che segue⁴⁰, da confrontare poi con la N_{Ed} :

$$N_{Rd} = \chi * A * f_{yk} / \gamma_{M1} \text{ con } \gamma_{M1} = 1,05$$

$$N_{Rd} = 526166,25 \text{ N} = 526,16 \text{ kN}$$

La verifica è soddisfatta in quanto **526,16 kN > 128,57 kN**

DIMENSIONAMENTO PILASTRO DI BORDO

Si procede anche alla verifica del pilastro di bordo della struttura in acciaio in cui in questo caso insisterà una forza $V_{Ed} = N_{Ed}$ diversa da quella calcolata per il pilastro centrato.

Secondo quanto riportato in tabella si avrà una V_{Ed} totale pari a 112,47 kN.

	V_{Ed}
Trave primaria interpiano	14,88 kN
Trave secondaria interpiano	38,02 kN
Travetti in copertura	15,62 kN
Trave primaria in copertura	31,25 kN
Trave secondaria in copertura	12,60 kN

Per effettuare la verifica si andrà a porre questa $V_{Ed} = N_{Rd}$ per cui calcolare l'area minima resistente del pilastro secondo la formula:

$$N_{Ed} = N_{pl,Rd} = A_{min} * f_{yk} / \gamma_{M0}$$

$$A_{min} = N_{Ed} * \gamma_{M0} / f_{yk}$$

dove:

- f_{yk} è caratteristica del materiale scelto

- γ_{M0} è un valore preso dalla norma e vale sempre 1,05

Si ottiene un valore di area della sezione pari a:

⁴⁰ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C4.2.4.1.3.1: *Stabilità delle membrature - Aste compresse, formula 4.2.42, op. cit*

$$A_{\min} = 4,29 \text{ cm}^2$$

Si va a scegliere un valore della sezione pari a 78,08 cm² corrispondente ad un profilo quadrato HEB200, come quello scelto per il pilastro centrato.

Successivamente si va a calcolare il valore critico dell'azione assiale per andare a valutare il valore di snellezza del pilastro.

$$N_{cr} = \pi^2 * E * I / L^2$$

dove:

- E è il modulo elastico dell'acciaio;
- I è il momento di inerzia più sfavorito per la stabilità del pilastro (z-z) pari a 2043,1614 cm⁴
- L è la lunghezza del pilastro.

$$N_{cr} = \pi^2 * 210000 * 20431614,1 / (6230)^2 = 1089946,5 \text{ N} = 1089,95 \text{ kN}$$

Calcoliamo la snellezza della trave λ nel seguente modo:

$$\lambda = A * f_{yk} / N_{cr} = (7808 * 275) / 1089946,5$$

$$\lambda = \sqrt{1,97} = 1,403$$

Da questo andiamo poi a ricavare il valore ϕ :

$$\phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda - 0,2) + \lambda^2]$$

dove:

- α è il fattore di imperfezione per i profilati H,I e viene determinato a secondo delle caratteristiche geometriche della sezione. Anche in questo caso il suo valore è 0,34;
- λ è il fattore di snellezza calcolato prima.

$$\phi = 0,5 * [1 + 0,34 * (1,403 - 0,2) + 1,97] = 1,689$$

Sempre secondo la normativa è necessario ricavare il valore di χ dalla formula seguente:

$$\chi = 1 / [\phi + \sqrt{\phi^2 + \lambda^2}] = 0,2573$$

Infine è possibile calcolare il valore di N_{Rd} dato dalla formula che segue, da confrontare poi con la N_{Ed} :

$$N_{Rd} = \chi * A * f_{yk} / \gamma_{M1} \text{ con } \gamma_{M1} = 1,05$$

$$N_{Rd} = 526166,25 \text{ N} = 526,16 \text{ kN}$$

La verifica è soddisfatta in quanto **526,16 kN > 112,37 kN**

Verifica della classificazione della sezione dimensionata

Al fine di classificare la trave dimensionata, verranno svolte due verifiche separate per le ali e l'anima della sezione, andando a valutare il rapporto lunghezza - spessore, secondo:

$$c/t \leq n * \epsilon \quad \text{con } \epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$$

Verifica dell'anima

Nella parte sottoposta a flessione per il profilo definito vale la relazione:

$$c/t \leq 72\epsilon$$

con $f_{yk} = 275 \text{ kN/mm}^2$

Si ottiene un $\epsilon = 0,9244$ da cui $72 \epsilon = 66,56$.

Si va a calcolare il rapporto c/t della sezione secondo la formula seguente:

$$c/t = [h - (2*t_f + 2*r)] / t \text{ con } t = t_w$$

Si ottiene un valore di $c/t = 14,88$.

Dato che **14,88 ≤ 66,56** la verifica è soddisfatta.

Verifica delle ali

Per la verifica delle ali vale la seguente relazione:

$$c/t \leq 9\epsilon$$

Si ottiene un $\varepsilon = 0,9244$ da cui $9\varepsilon = 8,319$
Si va a calcolare il rapporto c/t della sezione secondo la formula seguente:

$$c/t = (b/2 - r) / t \text{ con } t = t_w$$

Tenendo conto delle dimensioni della sezione dal profilario, riportate nella tabella precedente, si ottiene:

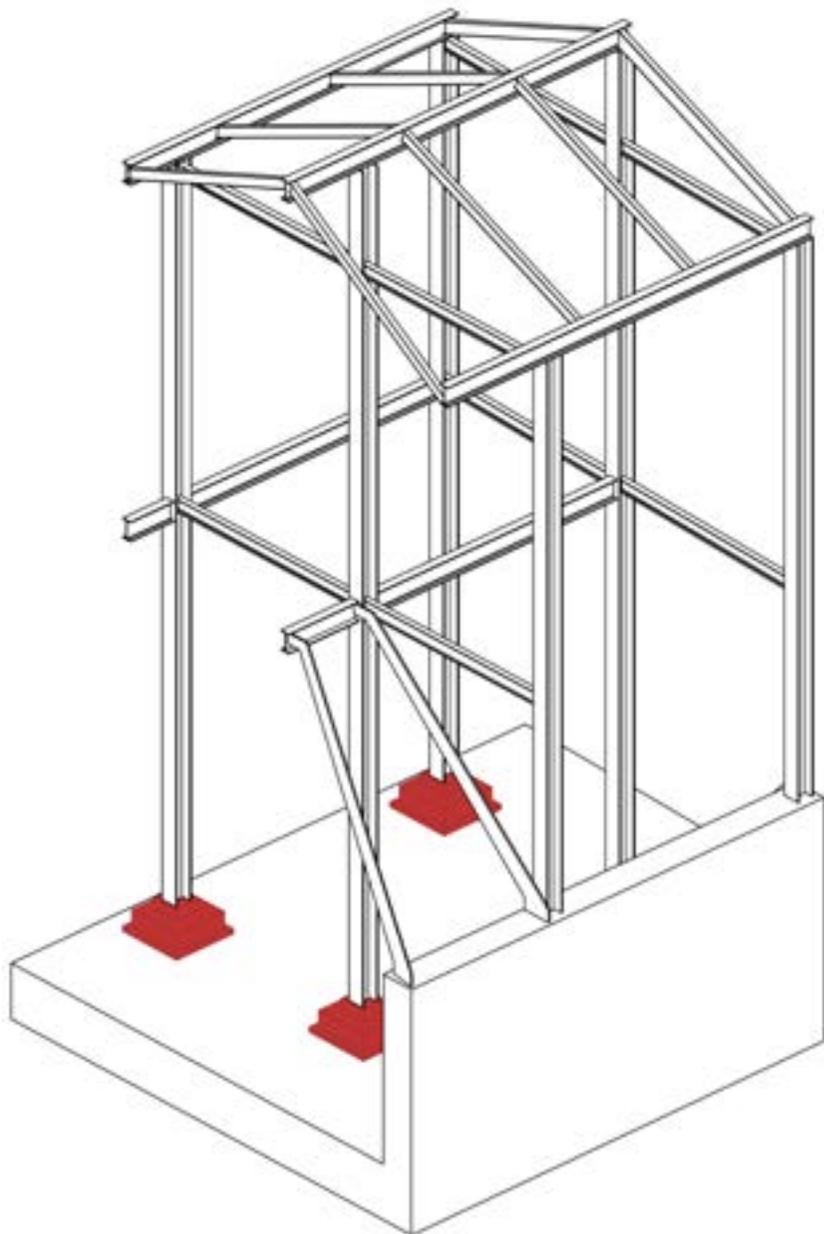
$$c/t = 9,11$$

Dato che $9,11 > 8,32$ la verifica **NON** è soddisfatta.

Con questo valore, dalla tabella della NTC, verifichiamo la classe della sezione, sapendo che $\varepsilon=0,92$, $10\varepsilon = 9,2$.

$$c/t \leq 10\varepsilon = 9,2$$

Dato che $9,11 \leq 9,2$ la verifica è soddisfatta e in **CLASSE 2**.



DIMENSIONAMENTO FONDAZIONI

Una volta dimensionati i pilastri si procede al dimensionamento della fondazione ipotizzata con elementi in calcestruzzo armato e plinti di fondazione.

Lo scopo di tali elementi è quello di andare a distribuire a terra il carico ad esso trasmesso dalla struttura sovrastante. Le dimensioni che può assumere dipendono dal carico gravante su di esso e dalla posizione rispetto alla planimetria dell'edificio, nonché dal tipo di terreno sottostante.

Nel caso trattato in seguito si è scelto di procedere dimensionando uno dei plinti di fondazione posto alla base di un pilastro centrato. Si è inoltre scelto di utilizzare, per il predimensionamento, un elemento a base quadrata (dim. 60x60 cm).

Si è quindi considerato che sul plinto agisca un'azione flettente trascurabile e che le azioni assiali idealmente centrate sul pilastro non posseggano alcuna eccentricità rispetto al baricentro geometrico dello stesso. Il plinto può essere inteso come una doppia mensola rovescia inflessa verso l'alto nelle due direzioni ortogonali dalla reazione del terreno e può considerarsi tozzo se il rapporto $a/d > 2$.

Si possono dunque assumere due schemi resistenti ortogonali che, funzionando in modo combinato, sono in grado di riportare la reazione diffusa su tutta la base d'appoggio entro la sagoma del pilastro.

L'analisi viene effettuata seguendo le formule riportate di seguito:

$$P = N_{Ed} = 128,57 \text{ kN}$$

Fig. 19

Vista 3D dell'elemento da dimensionare - plinti di fondazione

$$P_{\text{plinto}} = \gamma_{\text{cls}} * a * b * h$$

dove:

- a=b sono le dimensioni del plinto = 0,60 m;
- h è l'altezza ipotizzata, pari a 50 cm.

Per ottimizzare la dimensione del plinto è stato considerato il valore di azione assiale proveniente dal pilastro, compreso il peso proprio, ed è stato confrontato con il valore di resistenza del terreno calcolata con la formula di Brinch-Hansen definita in funzione delle dimensioni del plinto⁴¹:

$$R = \gamma * d * N_o * s_q + \gamma * b * N_\gamma * (s_\gamma/2)$$

dove:

- γ è il peso specifico del terreno, posto pari a 18 kN/m³;
- d è l'altezza del plinto di fondazione;
- $N_q = (e^{\pi \text{tg}\Phi}) * \text{tg}^2 * (\pi/2 + \Phi/2)$ coefficiente di portanza;
- $N_\gamma = 2 * (N_q + 1) * \text{tg}\Phi$ coefficiente di portata del terreno;
- $s_q = 1 + a'/b' * \text{tg}\Phi$ coefficiente di forma del plinto;
- $s_\gamma = 1 - 0,4 a'/b'$ coefficiente di forma del terreno, con a' e b' pari alla dimensione del pilastro, in questo caso a' = b' = 200mm.

Si ottengono quindi i valori di:

- $N_q = 42$
- $N_\gamma = 44$
- $s_q = 1,222$
- $s_\gamma = 0,6$

$$R = (18 * 0,5 * 42 * 1,22) + (18 * 0,60 * 44 * 0,6/2) = 603,72 \text{ kN/m}^2$$

Poiché il valore dell'azione assiale trasferita dal pilastro è pari a

$N_{\text{Ed}} = 128,57 \text{ kN}$ e il peso proprio del plinto è pari a $P_p = 3,125 \text{ kN}$, si ottiene un predimensionamento del plinto attraverso la relazione:

$$R_d (1/\gamma_r) \geq E_d \text{ con } \gamma_r \text{ pari a } 2,3 \text{ da normativa}^{42}$$

$$R'_v * (a*b) \geq N_{\text{Ed}} + P_{\text{pl}} \text{ con } R'_v = R_v/2,3$$

$$262,487 \geq 128,57 + 3,125$$

$$\mathbf{262,487 \text{ kN} \geq 131,70 \text{ kN}}$$

La verifica è soddisfatta.

Verifica a SLU

Dato che il rapporto $a/d < 2$ possiamo affermare che il plinto ha una sezione snella, perciò secondo le direttive della NTC18⁴³ si può evitare di verificare la sezione secondo il sistema tirante-puntone.

Si passa quindi al dimensionamento strutturale dei plinti snelli, per i quali vale l'ipotesi di conservazione delle sezioni piani di Bernoulli e Navier, è possibile effettuare la verifica a punzonamento come illustrato dalle Norme tecniche⁴⁴.

Verifica a punzonamento

Il problema del punzonamento si verifica quando il plinto è sottoposto ad un'azione puntuale, esercitata dal pilastro su una porzione limitata del plinto. Si tratta di un problema che può portare alla rottura per perforazione del plinto dovuta alle ridotte dimensioni su cui il carico del pilastro è distribuito.

Bisogna verificare che $P_r > N_{\text{Ed}} - P_o$ prendendo come valore:

$$P_r = \min(P_r', P_r'')$$

⁴¹ Si veda: Eurocodice 7 (EC7) o EN 1997, *Progettazione geotecnica*

⁴² Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C6.4.2.1: *Verifiche agli stati limite ultimi (SLU)*, Tab.6.4.1, op. cit

⁴³ Si veda: UNI EN 1992-1-1, Eurocodice 2

⁴⁴ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C4.1.2.3.5.4: *Verifica a punzonamento*, op. cit

I due contributi di cui è necessario tenere conto sono lato calcestruzzo e lato acciaio dell'armatura, in particolare corrispondono:

- P'_r , in corrispondenza del perimetro critico, quello che delimita la superficie di rottura, per determinare la resistenza massima che il plinto può esercitare senza armatura trasversale;
- P''_r , in corrispondenza del perimetro del pilastro.

I due contributi seguono le seguenti formule:

$$P'_r = 0,25 * u * d * f_{ct,d} * k * (1 + 50 * \rho_s)$$

dove:

- u è il perimetro della sezione:

$$u = 2 * a + 2 * b + 3 * \pi * d = \\ = (2 * 0,60) + (2 * 0,60) + (3 * \pi * 0,5) = 8,312 \text{ m}$$

- d altezza utile del plinto pari a 0,50 m;

- k è il coefficiente di maggiorazione che tiene conto dell'effetto e vale: $k = 1,60 - d = 1,1$;

- ρ_s è il rapporto geometrico di armatura che tiene conto dell'effetto dell'armatura dalla parte tesa, ipotizzando un diametro $\phi 20$, vale:

$$A_{s,eff} / (b * d) = 0,003770 / 0,65 * 0,5 = 0,0116$$

- $f_{ct,d}$ è la resistenza a trazione del calcestruzzo di classe C25/30, pari a 1200 kN/m²

$$P'_r = 0,25 * 8,31 * 0,5 * 1200 * 1,1 * (1 + 50 * 0,0116) = 2166,94 \text{ kN}$$

Calcolando il secondo contributo si ha che:

$$P''_r = 0,4 * u_o * d * f_{cd} / (1 + \lambda_2 * a)$$

dove:

- u_o è il perimetro della sezione interessato all'azione di compressione ed è pari a:

$$u_o = 2 * a + 2 * b = \\ = 2 * 0,60 + 2 * 0,60 = 2,40 \text{ m}$$

- f_{cd} è la resistenza a compressione del calcestruzzo di classe C25/30, pari a 14200 kN/m²;

- λ_2 è l'inclinazione delle compressioni trasversali d'anima, che con $\alpha = 45^\circ$, risulta uguale a 1;

$$P''_r = 0,4 * 2,40 * 0,5 * 14200 / (1 + 1) = 3408 \text{ kN}$$

Come descritto dalla relazione di cui sopra si va a scegliere il valore più piccolo tra i due valori di P_r ottenuti ovvero quello corrispondente a $P'_r = 2166 \text{ kN}$.

Si va quindi a confrontare questo valore con quello di N_{Ed} agente sul plinto e derivante dal carico concentrato del pilastro che vale 128,57 kN.

La verifica si riterrà soddisfatta quando:

$$P_r > N_{Ed} - P_o$$

dove:

$$P_o = [(a' * b') / (a * b)] * N_{Ed} = 0,333 * 128,57 = 42,85 \text{ kN}$$

$$2166,94 \text{ kN} > 128,57 - 42,85$$

La verifica è soddisfatta.

DIMENSIONAMENTO PLINTO DI FONDAZIONE DI BORDO

Analogamente al calcolo effettuato per il dimensionamento e la verifica del plinto centrato, si procede con il dimensionamento del plinto sottostante un pilastro di bordo, di dimensioni 80x60 cm.

$$\begin{aligned} a &= 80 \text{ cm} \\ b &= 60 \text{ cm} \\ h &= 50 \text{ cm} \\ d &= 500 \text{ mm} - 30 \text{ mm} = 470 \text{ mm} \end{aligned}$$

Si ricalcola il peso del plinto secondo le dimensioni ipotizzate tramite la formula:

$$P_{\text{plinto}} = \gamma_{\text{cls}} * a * b * h$$

$$P_{\text{plinto}} = 25 * 0,6 * 0,8 * 0,5 = 6 \text{ kN}$$

Come fatto anche per il plinto del pilastro centrato si confronta l'azione agente con il valore di resistenza del terreno calcolata con la formula di Brinch-Hansen definita in funzione delle dimensioni del plinto:

$$R = \gamma * d * N_o * s_q + \gamma * b * N_\gamma * (s_\gamma/2)$$

dove:

- γ è il peso specifico del terreno, posto pari a 18 kN/m³;
- d è l'altezza utile del plinto di fondazione, pari a 470 mm;
- $N_o = (e^{\pi \text{tg}\Phi}) * \text{tg}^2 * (\pi/2 + \Phi/2)$ coefficiente di portanza;
- $N_\gamma = 2 * (N_o + 1) * \text{tg}\Phi$ coefficiente di portata del terreno;
- $s_q = 1 + a'/b' * \text{tg}\Phi$ coefficiente di forma del plinto;
- $s_\gamma = 1 - 0,4 a'/b'$ coefficiente di forma del terreno, con a' e b' pari alla dimensione del pilastro, in questo caso $a' = b' = 200\text{mm}$.

Si ottengono quindi i valori di:

$$- N_q = 42$$

$$\begin{aligned} - N_\gamma &= 44 \\ - s_q &= 1,222 \\ - s_\gamma &= 0,6 \end{aligned}$$

$$R = (18 * 0,47 * 42 * 1,22) + (18 * 0,60 * 44 * 0,6/2) = 576,06 \text{ kN/m}^2$$

Poiché il valore dell'azione assiale trasferita dal pilastro è pari a $N_{\text{Ed}} = 112,37 \text{ kN}$ e il peso proprio del plinto è pari a $P_p = 6 \text{ kN}$, si ottiene un predimensionamento del plinto attraverso la relazione:

$$\begin{aligned} R_d (1/\gamma_r) &\geq E_d \text{ con } \gamma_r \text{ pari a } 2,3 \text{ da normativa} \\ R'_v * (a*b) &\geq N_{\text{Ed}} + P_{\text{pl}} \text{ con } R'_v = R_v/2,3 \end{aligned}$$

$$576,06 / 2,3 * (0,6 * 0,8) \geq 118,37 \text{ kN}$$

Dato che **130,24 \geq 118,37 kN** la sezione del plinto è verificata.

Si procede quindi con il dimensionamento e la verifica dell'armatura allo SLU, facendo le stesse considerazioni sulla snellezza fatte per il dimensionamento del plinto centrato, dato che il rapporto $a/d < 2$, poiché uguale a 1,70.

Verifica a punzonamento

Bisogna verificare che:

$$P_r > N_{\text{Ed}} + P_p - P_o$$

dove:

- $P_r = \min(P_r'; P_r'')$ considera i due contributi lato calcestruzzo e lato acciaio, come visto per la verifica del plinto di fondazione per il pilastro centrato.

Anche in questo caso quindi si vanno a calcolare i due carichi P secondo le formule:

$$P_r' = 0,25 * u * d * f_{\text{ctd}} * k * (1 + 50 * \rho_s)$$

$$P_r' = (0,4 * u_o * d * f_{cd}) / (1 + \lambda^2)$$

Dato che abbiamo delle dimensioni del plinto diverse si va a ricalcolare il valore u e u_o .

$$u = 2*a + 2*b + 3*\pi*d = (2*0,80) + (2 * 0,60) + (3* \pi * 0,47) \\ = 7,22 \text{ m}$$

$$u_o = 2*a + 2* b = 2,8 \text{ m}$$

Andando ad utilizzarle stesse barre di armatura di diametro $\phi 20$, si ha un coefficiente $\rho_s = 0,0116$.

$$P_r' = 0,25 * 7,22 * 0,47 * 1200 * 1,1 * (1 + 50 * 0,0116) = 1769,32 \text{ kN}$$

Anche in questo caso tenendo conto di un'inclinazione delle armature di 45° si avrà un λ_2 uguale a 1 per cui si avrà

$$P_r'' = 0,4 * 2,8 * 0,5 * 14200 / (1 + 1) = 3976 \text{ kN}$$

Come descritto dalla relazione di cui sopra si va a scegliere il valore più piccolo tra i due valori di P_r ottenuti ovvero quello corrispondente a $P_r'' = 1796,32 \text{ kN}$.

Si va quindi a confrontare questo valore con quello di N_{Ed} agente sul plinto e derivante dal carico del pilastro che vale $112,37 \text{ kN}$.

La verifica si riterrà soddisfatta quando:

$$P_r > N_{Ed} - P_o + P_p$$

dove:

$$P_o = [(a' * b') / (a * b)] * N_{Ed} = 0,769 * 112,37 = 86,44 \text{ kN}$$

$$1769,32 \text{ kN} > (112,37 + 6) - 86,44$$

La verifica è soddisfatta.

VERIFICHE DEI COLLEGAMENTI

Viene studiato il collegamento tramite gli elementi strutturali dimensionati attraverso bullonatura. La connessione viene realizzata mediante due profili angolari con lati uguali e bulloni appartenenti alla classe di resistenza 8.8, per cui si hanno le seguenti caratteristiche meccaniche:

- tensione di snervamento del bullone $f_{xb} = 300 \text{ N/mm}^2$;
- tensione a rottura del bullone $f_{tb} = 800 \text{ N/mm}^2$.

Collegamento tra trave principale e pilastro per solaio

Si analizza il tipo di connessione prendendo l'azione V_{Ed} agente sulla trave principale, calcolata allo SLU. Inoltre, viene effettuata la verifica a taglio sui bulloni di connessione tra la trave principale e la squadretta e la verifica a rifollamento della piastra corrispondente.

Ancora, viene condotta la verifica a taglio-trazione sui bulloni di collegamento tra la squadretta e l'ala del pilastro e la verifica a rifollamento della piastra corrispondente.

$V_{Ed} = 14,88 \text{ kN}$ per il solaio

$V_{Ed} = 31,25 \text{ kN}$ per la copertura

Vengono ipotizzate delle piastre di collegamento con 2 bulloni su ognuna delle 2 facce.

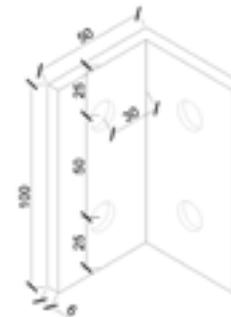


Fig. 20

Vista 3D della piastra di collegamento

Tab. 13

Tabella dei valori minimi dati da normativa

Tab. 14

Tabella dei valori scelti per il dimensionamento della piastra di collegamento

Fig. 21

Vista 3D della piastra di collegamento

La sollecitazione agente su ogni sezione è pari a:

$$T_1 = V_{Ed} / (n_b * n_p) = 14,88 / 4 = 3,72 \text{ kN}$$

Da normativa tecnica⁴⁵, si usa la formula prevista per il calcolo dei bulloni $F_{v,Rd}$ per ogni piano di taglio che interessa il gambo dell'elemento di connessione:

$$F_{v,Rd} = (0,6 * f_{tb} * A_{res}) / \gamma_{M2}$$

dove:

- f_{tb} è la tensione a rottura del bullone;
- A_{res} è l'area resistente del bullone⁴⁶;
- γ_{M2} è il coefficiente di sicurezza e vale 1,25⁴⁷.

Applicando la formula inversa è possibile ricavare l'area minima necessaria resistente per la scelta del bullone:

$$A_{res} = (F_{v,Rd} * \gamma_{M2}) / (0,6 * f_{tb}) = (3720 * 1,25) / (0,6 * 800)$$

$$A_{res} = 9,68 \text{ mm}^2$$

Si è scelto come bullone di partenza quello di tipo **M12**, con diametro nominale $d = 12 \text{ mm}$, $d_o = 13 \text{ mm}$ e $A_{res} = 84 \text{ mm}^2$.

A partire dai valori minimi, riportati da norma⁴⁸ vengono successivamente scelte delle misure e_1 , e_2 e p_1 da cui si ricavano i limiti in altezza e in larghezza della piastra:

e_1	$1,2 * d_o \text{ (mm)}$	15,6
e_2	$1,2 * d_o \text{ (mm)}$	15,6
p_1	$2,2 * d_o \text{ (mm)}$	28,56
h	$2 * (e_1 + p_1) \text{ (mm)}$	88,4
b	$2 * e_2 \text{ (mm)}$	31,2

⁴⁵ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C4.2.8: Unioni, formula 4.2.63, op.cit

⁴⁶ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C4.2.8: Unioni, Tab.4.2.XVI, op. cit

⁴⁷ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C4.2.8: Unioni, Tab.4.2.XIV, op. cit

⁴⁸ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C4.2.8: Unioni, Tab.4.2.XVIII, op. cit

Da queste misure è stata dimensionata una piastra con i seguenti valori:

e_1	30 mm
e_2	25 mm
p_1	50 mm
h	140 mm
b	50 mm
t	6 mm

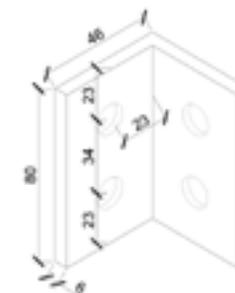
Verifica a taglio sul bullone sull'anima trave principale - piastra

La resistenza di progetto a taglio dei bulloni è pari a:

$$F_{v,Rd} = (0,6 * f_{tb} * A_{res}) / \gamma_{M2}$$

$$F_{v,Rd} = (0,6 * 800 \text{ N/mm}^2 * 84 \text{ mm}^2) / 1,25 = 32,25 \text{ kN}$$

La verifica è soddisfatta poichè $F_{v,Rd} > F_{v,Ed}$



Verifica a rifollamento sulla piastra – anima della trave principale⁴⁹

La resistenza di progetto a rifollamento $F_{b,Rd}$ è pari a :

$$F_{b,Rd} = (k * \alpha * f_{tk} * d_n * t) / \gamma_{M2}$$

dove:

- k è il valore minimo per bulloni di bordo nella direzione perpendicolare al carico applicato e vale: $\min [2,8 * e_2 / (d_o - 1,7) ; 2,5]$;
- α è il valore minimo per bulloni di bordo nella direzione del carico applicato e vale: $\min [e_1 / 3 * d_o ; f_{tbk} / f_{tk} ; 1]$;
- f_{tk} è il valore di tensione caratteristica a rottura del materiale della piastra e vale 430 N/mm²;
- d_n è il diametro nominale del gambo del bullone, pari a 12 mm;
- t è lo spessore della piastra.

In particolare si vanno ad usare i valori: $k = 2,5$ e $\alpha = 1$

$$F_{b,Rd} = (2,5 * 1 * 430 \text{ N/mm}^2 * 12 \text{ mm} * 6 \text{ mm}) / 1,25$$

$$F_{b,Rd} = 61,92 \text{ kN}$$

La verifica è soddisfatta poichè $F_{b,Rd} > F_{v,Ed}$

Verifica a rifollamento sull'anima della trave principale

Si va a ricalcolare la forza V_{Ed} agente sulla piastra collegata alla trave principale andando a dividere la metà agente sull'intero collegamento, dato che le piastre sono 2:

$$F_{v,Ed} = V_{Ed} / 2 = 7,4 \text{ kN}$$

La resistenza di progetto a rifollamento $F_{b,Rd}$ è pari a :

$$F_{b,Rd} = (k * \alpha * f_{tk} * d_n * t) / \gamma_{M2}$$

dove:

- k, α , f_{tk} e d_n rimangono uguali ai valori utilizzati precedentemente;
- t è lo spessore dell'anima della trave primaria, essendo un IPE 200 $t = 5,6 \text{ mm}$.

$$F_{b,Rd} = (2,5 * 1 * 430 \text{ N/mm}^2 * 12 \text{ mm} * 5,6 \text{ mm}) / 1,25$$

$$F_{b,Rd} = 57,8 \text{ kN}$$

La verifica è soddisfatta poichè $F_{b,Rd} > F_{v,Ed}$

Verifica a taglio - trazione sul bullone dell'anima della trave principale - piastra⁵⁰

La resistenza di progetto a trazione degli elementi di connessione $F_{t,Rd}$ è pari a:

$$F_{t,Rd} = (0,9 * f_{tb} * A_{res}) / \gamma_{M2} =$$

$$F_{t,Rd} = (0,9 * 800 \text{ N/mm}^2 * 84 \text{ mm}^2) / 1,25 = 48,38 \text{ kN}$$

Questo valore resistente dovrà essere confrontata con i valori $F_{t,Ed}$ calcolati considerando il momento flettente M_f e il momento torcente M_t dovuti alle eccentricità g_1 e g_2 sulla piastra.

Si riportano quindi i valori di g_1 e g_2 e i valori di $M_{f,t}$ conseguenti:

g_1	$e_2 + t + t_w / 2$	33,8 mm
g_2	$e_2 + t$	31 mm
M_f	$(F_{v,Ed} / 4) * g_2 * 2$	230,64 kNm
M_t	$(F_{v,Ed} / 4) * g_1 * 2$	251,47 kNm

Tab. 15

Tabella dei valori dimensionati delle azioni di momento sulla piastra e dei corrispondenti bracci

⁴⁹ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C4.2.8: Unioni, formula 4.2.67, op. cit

⁵⁰ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C4.2.8: Unioni, formula 4.2.68, op.cit

Fig. 22
Vista 3D delle azioni di momento applicate alla piastra di collegamento

Tab. 16
Tabella dei valori minimi dati da normativa

Tab. 17
Tabella dei valori scelti per il dimensionamento della piastra di collegamento

Con il momento torcente si valuta la forza di taglio $F_{v,Ed}$ generata dalle componenti orizzontali e dalle componenti verticali.

$$F_{v,Ed} = \sqrt{((M_t / (2 * p_1))^2 + (V_{Ed} / (n_b * n_p))^2)^{51}}$$

$$F_{v,Ed} = \sqrt{((251,47 / (2 * 50))^2 + (14,88 / (2 * 2))^2)} = 4,49 \text{ kN}$$

La verifica è soddisfatta poichè $F_{v,Rd} > F_{v,Ed}$

Ulteriore verifica che si effettua è quella a taglio - trazione⁵² che deve rispettare la seguente interazione lineare:

$$(F_{v,Ed} / F_{v,Rd}) + ((F_{t,Ed} / 1,4) * F_{t,Rd}) < 1$$

Si va quindi a calcolare $F_{t,Ed} = M_t / 2 * p_1 = 2,3 \text{ kN}$

La verifica è soddisfatta poichè $F_{t,Rd} > F_{t,Ed}$ e $0,2 < 1$



Collegamento tra trave principale e pilastro in copertura

Si seguono gli stessi calcoli effettuati per la trave principale IPE200 di solaio andando a considerare la relativa azione di taglio che insiste sulla trave principale di copertura, caratterizzata da una IPE240.

$$T_1 = V_{Ed} / (n_b * n_p) = 31,25 / 4 = 7,8 \text{ kN}$$

Si riporta quindi una tabella riassuntiva con i valori usati per effettuare le stesse verifiche effettuate per il precedente collegamento strutturale:

e_1	$1,2 * d_0$ (mm)	15,6
e_2	$1,2 * d_0$ (mm)	15,6
p_1	$2,2 * d_0$ (mm)	28,56
h	$2 * (e_1 + p_1)$ (mm)	88,4
b	$2 * e_2$ (mm)	31,2

Da queste misure è stata dimensionata una piastra con i seguenti valori:

e_1	23 mm
e_2	23 mm
p_1	34 mm
h	80 mm
b	46 mm
t	6 mm

⁵¹ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C4.2.8: *Unioni*, formula 4.2.68, op.cit

⁵² Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C4.2.8: *Unioni*, formula 4.2.71, op.cit

Verifica a taglio sul bullone sull'anima trave principale - piastra

$$F_{v,Rd} = 32,25 \text{ kN}$$

La verifica è soddisfatta poichè $F_{v,Rd} > F_{v,Ed}$

Verifica a rifollamento sulla piastra – anima della trave principale

$$F_{b,Rd} = (2,5 * 1 * 430 \text{ N/mm}^2 * 12 \text{ mm} * 6 \text{ mm}) / 1,25$$

$$F_{b,Rd} = 61,92 \text{ kN}$$

La verifica è soddisfatta poichè $F_{b,Rd} > F_{b,Ed}$

Verifica a rifollamento sull'anima della trave principale

$$F_{v,Ed} = V_{Ed} / 2 = 15,6 \text{ kN}$$

La resistenza di progetto a rifollamento $F_{b,Rd}$ è pari a :

$$F_{b,Rd} = (k * \alpha * f_{tk} * d_n * t) / \gamma_{M2}$$

dove:

- k , α , f_{tk} e d_n rimangono uguali ai valori utilizzati precedentemente;

- t è lo spessore dell'anima della trave primaria, essendo un IPE 240 $t = 6,2 \text{ mm}$.

$$F_{b,Rd} = (2,5 * 1 * 430 \text{ N/mm}^2 * 12 \text{ mm} * 6,2 \text{ mm}) / 1,25$$

$$F_{b,Rd} = 64 \text{ kN}$$

La verifica è soddisfatta poichè $F_{b,Rd} > F_{v,Ed}$

Verifica a taglio - trazione sul bullone dell'anima della trave principale - piastra in copertura

La resistenza di progetto a trazione degli elementi di connessione $F_{t,Rd}$ è pari a:

$$F_{t,Rd} = 48,38 \text{ kN}$$

Questo valore resistente dovrà essere confrontata con i valori $F_{t,Ed}$ calcolati considerando il momento flettente M_f e il momento torcente M_t dovuti alle eccentricità g_1 e g_2 sulla piastra.

g_1	$e_2 + t + t_w / 2$	31,35 mm
g_2	$e_2 + t$	29 mm
M_f	$(F_{v,Ed} / 4) * g_2 * 2$	275,64 kNm
M_t	$(F_{v,Ed} / 4) * g_1 * 2$	297,98 kNm

Con il momento torcente si valuta la forza di taglio $F_{v,Ed}$ generata dalle componenti orizzontali e dalle componenti verticali.

$$F_{v,Ed} = 9,45 \text{ kN}$$

La verifica è soddisfatta poichè $F_{v,Rd} > F_{v,Ed}$



Tab. 18

Tabella dei valori dimensionati delle azioni di momento sulla piastra e dei corrispondenti bracci

Fig. 23

Vista 3D delle azioni di momento applicate alla piastra di collegamento

Collegamento tra trave secondaria e pilastro per solaio

Si analizza il tipo di connessione prendendo l'azione V_{Ed} agente sulla trave principale, calcolata allo SLU. Inoltre, viene effettuata la verifica a taglio sui bulloni di connessione tra la trave principale e la squadretta e la verifica a rifollamento della piastra corrispondente.

Ancora, viene condotta la verifica a taglio-trazione sui bulloni di collegamento tra la squadretta e l'ala del pilastro e la verifica a rifollamento della piastra corrispondente.

$V_{Ed} = 19,01$ kN per il solaio

Vengono ipotizzate delle piastre di collegamento con 2 bulloni su ognuna delle 2 facce.

La sollecitazione agente su ogni sezione è pari a:

$$T_1 = V_{Ed} / (n_b * n_p) = 19,01 / 4 = 4,8 \text{ kN}$$

Come precedentemente, si usa la formula prevista per il calcolo dei bulloni $F_{v,Rd}$ per ogni piano di taglio che interessa il gambo dell'elemento di connessione:

$$F_{v,Rd} = (0,6 * f_{tb} * A_{res}) / \gamma_{M2}$$

dove:

- f_{tb} è la tensione a rottura del bullone;
- A_{res} è l'area resistente del bullone;
- γ_{M2} è il coefficiente di sicurezza e vale 1,25.

Si ricava l'area minima necessaria resistente per la scelta del bullone:

$$A_{res} = (F_{v,Rd} * \gamma_{M2}) / (0,6 * f_{tb}) = (4800 * 1,25) / (0,6 * 800)$$

$$A_{res} = 12,37 \text{ mm}^2$$

Anche in questo caso si è andati scegliere un bullone **M12**, con diametro nominale $d = 12$ mm, $d_o = 13$ mm e $A_{res} = 84$ mm².

A partire dai valori minimi, riportati da norma vengono successivamente scelte delle misure e_1 , e_2 e p_1 da cui si ricavano i limiti in altezza e in larghezza della piastra:

Da queste misure è stata dimensionata una piastra con i seguenti valori:

Verifica a taglio sul bullone

La resistenza di progetto a taglio dei bulloni è pari a:

$$F_{v,Rd} = (0,6 * f_{tb} * A_{res}) / \gamma_{M2}$$

$$F_{v,Rd} = (0,6 * 800 \text{ N/mm}^2 * 84 \text{ mm}^2) / 1,25 = 32,25 \text{ kN}$$

La verifica è soddisfatta poichè $F_{v,Rd} > F_{v,Ed}$

Verifica a rifollamento sulla piastra

La resistenza di progetto a rifollamento $F_{b,Rd}$ è pari a :

$$F_{b,Rd} = (k * \alpha * f_{tk} * d_n * t) / \gamma_{M2}$$

dove:

- k è il valore minimo per bulloni di bordo, $k = 2,5$;
- α è il valore minimo per bulloni di bordo nella direzione del carico applicato e vale 0,9;
- f_{tk} è il valore di tensione caratteristica a rottura del materiale della piastra e vale 430 N/mm²;
- d_n è il diametro nominale del gambo del bullone, pari a 12 mm;

- t è lo spessore della piastra.

In particolare si vanno ad usare i valori: $k = 2,5$ e $\alpha = 0,9$

$$F_{b,Rd} = (2,5 * 0,9 * 430 \text{ N/mm}^2 * 12 \text{ mm} * 6 \text{ mm}) / 1,25$$

$$F_{b,Rd} = 53,98 \text{ kN}$$

La verifica è soddisfatta poichè $F_{b,Rd} > F_{v,Ed}$

Verifica a rifollamento sull'anima della trave secondaria

Si va a ricalcolare la forza V_{Ed} agente sulla piastra collegata alla trave principale andando a dividere la metà agente sull'intero collegamento, dato che le piastre sono 2:

$$F_{v,Ed} = V_{Ed}/2 = 9,5 \text{ kN}$$

La resistenza di progetto a rifollamento $F_{b,Rd}$ è pari a :

$$F_{b,Rd} = (k * \alpha * f_{tk} * d_n * t) / \gamma_{M2}$$

dove:

- k , α , f_{tk} e d_n rimangono uguali ai valori utilizzati precedentemente;

- t è lo spessore dell'anima della trave primaria, essendo un IPE 140 $t = 4,7 \text{ mm}$.

$$F_{b,Rd} = (2,5 * 0,9 * 430 \text{ N/mm}^2 * 12 \text{ mm} * 4,7 \text{ mm}) / 1,25$$

$$F_{b,Rd} = 48,5 \text{ kN}$$

La verifica è soddisfatta poichè $F_{b,Rd} > F_{v,Ed}$

Verifica a taglio - trazione sul bullone dell'anima della trave principale - piastra

La resistenza di progetto a trazione degli elementi di connessione $F_{t,Rd}$ è pari a:

$$F_{t,Rd} = (0,9 * f_{tb} * A_{res}) / \gamma_{M2} =$$

$$F_{t,Rd} = (0,9 * 800 \text{ N/mm}^2 * 84 \text{ mm}^2) / 1,25 = 48,38 \text{ kN}$$

Questo valore resistente dovrà essere confrontata con i valori $F_{t,Ed}$ calcolati considerando il momento flettente M_f e il momento torcente M_t dovuti alle eccentricità g_1 e g_2 sulla piastra.

Si riportano quindi i valori di g_1 e g_2 e i valori di $M_{f,t}$ conseguenti:

g_1	$e_2 + t + tw/2$	34,1 mm
g_2	$e_2 + t$	31 mm
M_f	$(F_{v,Ed}/4) * g_2 * 2$	484,37 kNm
M_t	$(F_{v,Ed}/4) * g_1 * 2$	532,81 kNm

Con il momento torcente si valuta la forza di taglio $F_{v,Ed}$ generata dalle componenti orizzontali e dalle componenti verticali.

$$F_{v,Ed} = \sqrt{((M_t / (2 * p_1))^2 + (V_{Ed} / (n_b * n_p))^2)}$$

$$F_{v,Ed} = \sqrt{((251,47 / (2 * 50))^2 + (14,88 / (2 * 2))^2)} = 6,46 \text{ kN}$$

La verifica è soddisfatta poichè $F_{v,Rd} > F_{v,Ed}$

Tab. 19

Tabella dei valori dimensionati delle azioni di momento sulla piastra e dei corrispondenti bracci

Fig. 23
Vista 3D delle azioni di momento applicate alla piastra di collegamento

Fig. 24
Formula per la verifica di resistenza dei cordoni di saldatura
Tratta da: Norme Tecniche per le Costruzioni 2018

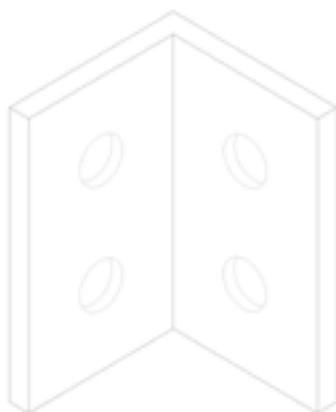
Tab. 20
Tabella dei valori geometrici ottenuti

Ulteriore verifica che si effettua è quella a taglio - trazione che deve rispettare la seguente interazione lineare:

$$(F_{v,Ed}/F_{v,Rd}) + ((F_{t,Ed}/1,4)*F_{t,Rd}) < 1$$

Si va quindi a calcolare $F_{t,Ed} = M_f / 2 * p_1 = 4,10 \text{ kN}$

La verifica è soddisfatta poichè $F_{t,Rd} > F_{t,Ed}$ e $0,3 < 1$



Collegamento tra travetti e trave principale in copertura⁵³

In particolare vengono usate due formule per la verifica di resistenza dei cordoni di saldatura:

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq f_{tk} / (\beta \gamma_{M2})$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0,9 f_{tk} / \gamma_{M2}$$

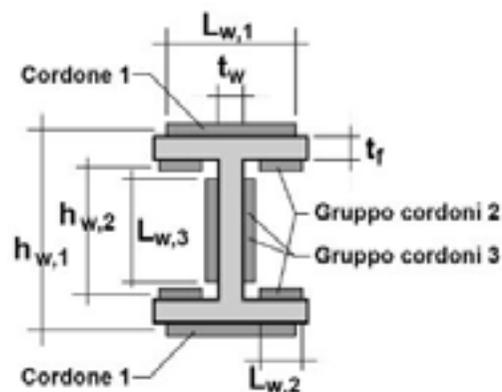
Dal punto di vista costruttivo si è deciso di progettare il collegamento con una doppia saldatura sia sul travetto di copertura di sostegno al rivestimento, sia sulla trave primaria di copertura UPN240.

L'azione di taglio che viene quindi utilizzata per il dimensionamento e verifica del collegamento sarà $V_{Ed} = 14,88 \text{ kN}$ calcolata precedentemente in SLU.

Si definiscono, quindi le misure geometriche utili al calcolo strutturale, riassunti nella seguente tabella e seguendo le indicazioni riportate nel disegno esplicitivo della posizione dei collegamenti con i cordoni di saldatura:

Gruppo cordone 1		Gruppo cordone 2
a_w (sezione di gola)	10 mm	10 mm
L_w (lunghezza cordone)	73 mm	32 mm
Gruppo cordone 3		
a_w (sezione di gola)	10 mm	
L_w (lunghezza cordone)	96 mm	

⁵³ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C4.2.8.2.3: *Unioni con saldature a cordoni d'angolo*, op.cit
N.B. β viene preso da: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C4.2.8.2.3: *Unioni con saldature a cordoni d'angolo*, Tab. 4.2.XIX, op.cit



Gli sforzi di taglio V_{Ed} generano una $\tau_{//}$ pari a:

$$\tau_{//} = V/A$$

dove A è l'area del cordolo analizzato, in questo caso si riportano di tutti e tre i gruppi analizzati:

- A1 = 1460 mm²
- A2 = 640 mm²
- A3 = 1920 mm²

Utilizzando il taglio massimo, tenendo conto che la distribuzione dello sforzo non è costante, si ottiene un valore dell'azione tangenziale incrementato secondo la regola di Jourawskij:

$$\tau_{//max} = 1,5 * \tau_{//}$$

Inoltre, viene calcolato anche il valore di sforzo perpendicolare al cordolo provocato dallo sforzo di momento agente dato dalla formula:

$$M_{Ed} = V_{Ed} * a * 3 =$$

$$\sigma_{\perp max} = M/W_w$$

dove W_w è il modulo resistente della saldatura e vale 152,23 cm³. Come riportato nelle formule precedenti, si va a verificare la sezione di gola utilizzando un valore di $\gamma_{M2} = 1,25$ e di $\beta = 0,85$

Nel caso in esame, si ottiene che la verifica è soddisfatta poichè:

$$\sigma_{ID, max} = 232,36 < 404,71$$

$$\sigma_{\perp max} = 116,13 < 309,60$$

Collegamento trave primaria IPE220 e coscia scala

Anche in questo caso valgono le stesse prescrizioni e le stesse verifiche da soddisfare.

In questo caso vengono prese in considerazione le azioni V_{Ed} e M_{Ed} calcolate nel paragrafo del dimensionamento della scala, pari rispettivamente a 13,90 kN e 10,90 kNm.

Gli sforzi di taglio V_{Ed} generano una $\tau_{//}$ pari a:

$$\tau_{//} = V/A = 5,79 \text{ MPa}$$

dove A è l'area del cordolo analizzato, in questo caso A = 2400 mm².

Utilizzando il taglio massimo, tenendo conto che la distribuzione dello sforzo non è costante, si ottiene un valore dell'azione tangenziale incrementato secondo la regola di Jourawskij:

$$\tau_{//max} = 1,5 * \tau_{//} = 8,685 \text{ MPa}$$

Inoltre, viene calcolato anche il valore di sforzo perpendicolare al cordolo provocato dallo sforzo di momento agente dato dalla formula:

$$\sigma_{\perp max} = M/W_w$$

dove W_w è il modulo resistente della saldatura e vale 48 cm³.

Si ottiene quindi $\sigma_{\perp max} = \tau_{\perp max} = 162,63 \text{ MPa}$.

Come riportato nelle formule precedenti, si va a verificare la sezione di gola utilizzando un valore di $\gamma_{M2} = 1,25$ e di $\beta = 0,85$

Fig. 25

Esempio grafico dei punti di saldatura dimensionati

Nel caso in esame, si ottiene che la verifica è soddisfatta poichè:

$$\sigma_{ID, \max} = 325,42 < 404,71$$

$$\sigma_{\perp \max} = 162,63 < 309,60$$

8.3. Progettazione e dimensionamento giunto strutturale

Al fine di verificare il dimensionamento per il giunto strutturale tra la nuova costruzione d'acciaio e la muratura esistente è necessario prima valutare l'azione sismica che è in grado di fornire gli spettri di risposta degli spostamenti orizzontali e verticale delle azioni sismiche nel sito di progetto.

ANALISI SISMICA

La definizione degli spettri viene effettuata tramite il foglio Excel fornito dalla normativa tecnica e si divide in 3 fasi principali:

- FASE 1: Individuazione della pericolosità sismica del sito;
- FASE 2: Progettazione
- FASE 3: Definizione dell'azione sismica di progetto.

FASE 1

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale ovvero a_g in campo libero su sito di riferimento caratterizzato da superficie topografica.

Si ricava che il sito in questione si trova in un'area con una pericolosità sismica molto bassa.

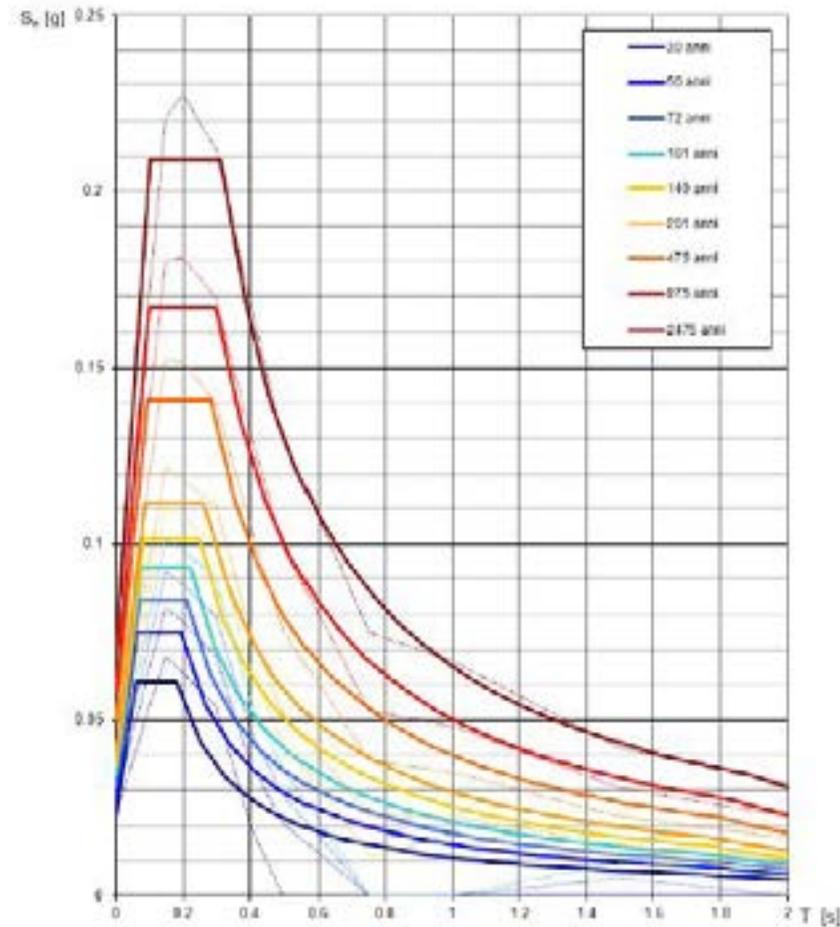


Fig. 27
Definizione dello spettro di risposta

Tab. 21

Tabella dei valori di classe d'uso dell'edificio

Tab. 22

Valori di probabilità di rovina per ciascuno degli stati limite

Tab. 23

Tabella dei tempi di ritorno per ciascun stato limite

Tab. 24

Valori dei parametri di a_g , F_o , T_c^* derivanti dallo spettro di risposta

FASE 2

In questa fase si procede alla valutazione dello stato limite per cui progettare la costruzione e i dettagli strutturali. Per farlo si riportano i valori di vita nominale e della classe d'uso a cui appartiene la nuova costruzione precedentemente calcolati.

Categoria sottosuolo	Categoria topografica	V_N	Classe d'uso	C_u	V_R
C	Classe 3	50 anni	III	1,5	75 anni

Da qui si procede a scegliere il tipo di combinazione da usare nel calcolo dell'azione sismica facendo riferimento ai vari tipi di stati limite:

- SLO: a seguito di un evento sismico la costruzione nel suo complesso non deve subire danni significativi;
- SLD: a seguito di evento sismico l'edificio nel suo complesso può subire danni tali da non mettere a rischio la sicurezza degli utenti e tali da non compromettere la stabilità della struttura stessa;
- SLV: a seguito di un evento sismico la costruzione può subire crolli e rotture di alcuni dei componenti per cui si associa una perdita di rigidezza e resistenza nei confronti delle sollecitazioni orizzontali. La costruzione conserva, comunque, una parte di resistenza riguardo le azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso a causa delle azioni orizzontali;
- SLC: a seguito di un evento sismico, in questo caso, la costruzione subisce gravi danni e crolli delle componenti strutturali non conservando più un coefficiente di sicurezza riguardo le azioni orizzontali.

Di seguito vengono riportati i dati che esprimono la probabilità massima di un evento⁵⁶:

	P_{VR}
SLO	81 %
SLD	63 %
SLV	10 %
SLC	5 %

Per ogni stato limite, sia di esercizio sia di collasso, si deve valutare il T_R (anni) per cui individuare il massimo spostamento.

Secondo normativa⁵⁷ si segue la formula:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR})$$

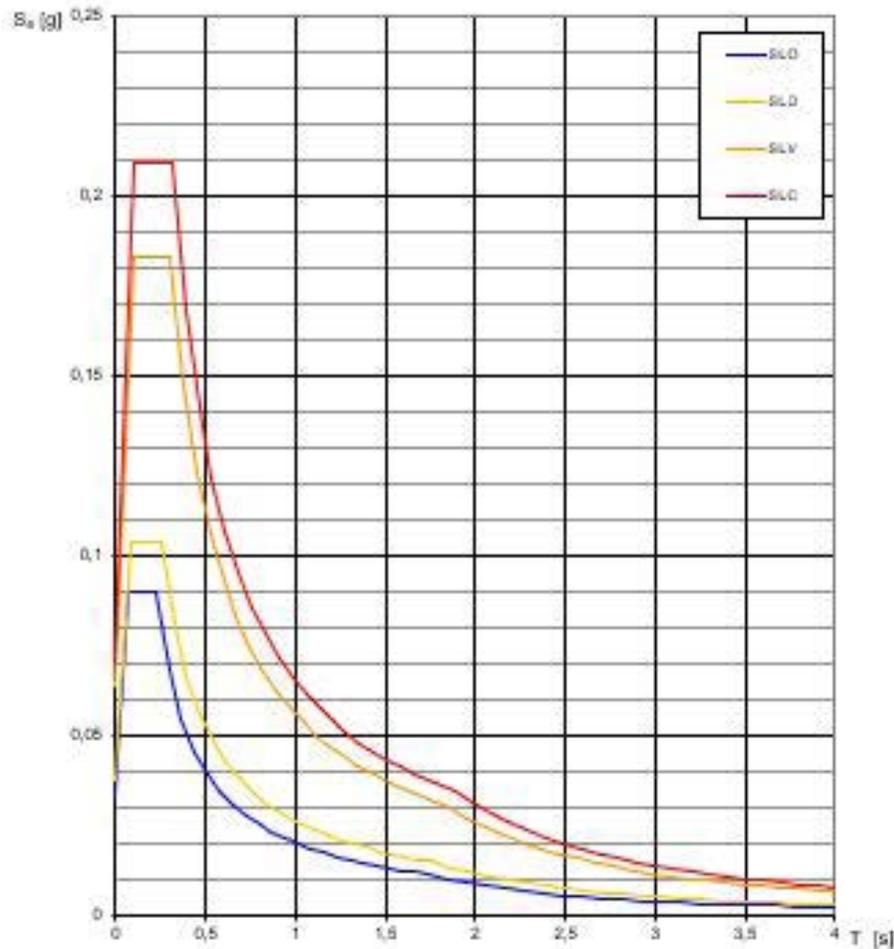
	T_R
SLO	45 anni
SLD	75 anni
SLV	712 anni
SLC	1462 anni

Avendo definito il tempo di ritorno per ciascun stato limite, è possibile ricavare i valori corrispondenti dei parametri di a_g , F_o , T_c^* derivanti dallo spettro di risposta:

	T_R	a_g	F_o	T_c^*
SLO	45 anni	0,027	2,689	0,192
SLD	75 anni	0,031	2,718	0,214
SLV	712 anni	0,055	2,826	0,293
SLC	1462 anni	0,064	2,89	0,305

⁵⁶ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C3.2.1:Stati limite e relative probabilità di superamento, Tab. 3.2.1, op.cit

⁵⁷ Ibidem



FASE 3

Al fine del calcolo del giunto strutturale, come richiesto da normativa, si va a studiare esclusivamente il caso dello Stato Limite di salvaguardia della vita (SLV).

Per ricavare la risposta sismica locale è necessario effettuare alcune analisi specifiche. In assenza di queste si fa riferimento ad un approccio semplificato, dato da normativa, per l'individuazione della categoria di sottosuolo di riferimento. Ai fini dell'identificazione della categoria di sottosuolo si va a calcolare il lavoro di velocità equivalente $V_{5,30}$ di propagazione delle onde entro i primi 30 metri di profondità.

Dalla carta geologica fornita sul sito del Geoscopio della Regione Toscana è stato possibile affermare che la categoria di sottosuolo è la C⁵⁴.

Per tale categoria i coefficienti stratigrafico S_s e di categoria del suolo C_c possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_o e T_c ⁵⁵.

Nel caso in oggetto, grazie al foglio di calcolo, quest due coefficienti valgono rispettivamente:

$$S_s = 1,50; C_c = 1,575$$

Riguardo il coefficiente topografico S_T ⁵⁶ la normativa rilascia dei valori a seconda della categoria topografica e dell'ubicazione dell'intervento. In questo caso per la categoria T3, il coefficiente di amplificazione vale 1,20.

Ancora, è necessario definire lo spettro di risposta allo SLU in modo tale da valutare il valore massimo del fattore di struttura

Fig. 28
Definizione dello spettro di risposta di progetto

⁵⁴ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C3.2.2: *Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche*, Tab. 3.2.II, op. cit.

⁵⁵ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C3.2.3.2.1: *Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali*, Tab. 3.2.IV, op. cit.

⁵⁶ *Ibidem*

q_0 che dipende dal livello di duttilità attesa, dalla tipologia strutturale e dal rapporto α_u / α_1 .

Questo fattore rappresenta il rapporto tra il valore dell'azione sismica per il quale si verifica la formazione di un numero di cerniere plastiche tali da rendere la struttura labile e quello per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la plasticizzazione a flessione.

Livello di duttilità

- **Comportamento non dissipativo (SLE):** gli effetti combinati delle azioni sismiche e delle altre azioni sono calcolati, indipendentemente dalla tipologia strutturale adottata, tenendo conto della linearità di comportamento;

- **Comportamento dissipativo (SLU):** gli effetti combinati delle azioni sismiche e delle altre azioni sono calcolati, in funzione della tipologia strutturale adottata, tenendo conto delle non linearità di comportamento.

Nell'ambito del comportamento dissipativo, le strutture si dividono in base alla loro capacità di dissipazione ed all'entità delle plasticizzazioni cui si riconduce in fase di progettazione:

Tipo A: classe di duttilità alta;

Tipo B: classe di duttilità bassa;

Riconduciamo la struttura in esame alla classe B⁵⁷.

Infine, si va a definire la tipologia strutturale a cui appartiene il tipo di struttura sempre secondo normativa⁵⁸.

Nel caso in oggetto, vista la tipologia di struttura si sceglie la

tipologia delle "Strutture intelaiate" da cui è possibile definire il valore del fattore di struttura secondo l'espressione riportata da normativa:

$$q = q_0 * K_r$$

dove:

- q_0 è il valore massimo del fattore di struttura e dipende dal livello di duttilità e dal rapporto α_u / α_1 .

- K_r è il coefficiente riduttivo che dipende dalle caratteristiche della costruzione.

Si ottiene un valore di $q = 1$ come descritto nel foglio Excel dello spettro di risposta.

Definendo questo valore è possibile ricavare lo spettro di progetto allo SLU utile alla progettazione.

Di seguito si riportano anche i parametri ottenuti dal foglio di calcolo, utili per ottenere i massimi spostamenti $S(T)$, secondo le formule riportate dallo stesso foglio:

Si procede quindi a calcolare il periodo di vibrazione dell'edificio dato dalla formula⁵⁹:

$$T_0 = C_1 * H^{3/4}$$

dove:

- C_1 è il coefficiente che dipende dal tipo di struttura scelta, in questo caso pari a 0,085;

- H è l'altezza dell'edificio, pari a 8,33 m considerando l'altezza di colmo.

⁵⁷ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C7.22: *Criteri generali di progettazione dei sistemi strutturali - Classi di duttilità*, op.cit

⁵⁸ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C7.5.2.1: *Tipologie strutturali e fattori di comportamento - Tipologie strutturali*, op.cit.

⁵⁹ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C3.2.3.2.1: *Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali*, op.cit

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.063 g
F_{vg}	2.887
T_{vg}	0.305 s
S_{vg}	1.500
C_{vg}	1.554
S_v	1.200
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.44
η	1.000
T_b	0.158 s
T_c	0.474 s
T_d	1.853 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_v \cdot S_T$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)
 $\eta = \sqrt{10 \cdot (S + \zeta)} \geq 0,35; \eta = 1/q$ (NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5)
 $T_b = T_{vg} / 3$ (NTC-07 Eq. 3.2.6)
 $T_c = C_{vg} \cdot T_{vg}$ (NTC-07 Eq. 3.2.7)
 $T_d = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6$ (NTC-07 Eq. 3.2.8)

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$0 \leq T < T_b \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot E_s \cdot \left[\frac{T}{T_b} + \frac{1}{\eta \cdot E_s} \left(1 - \frac{T}{T_b} \right) \right]$
 $T_b \leq T < T_c \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot E_s$
 $T_c \leq T < T_d \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot E_s \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$
 $T_d \leq T \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot E_s \cdot \left(\frac{T_c \cdot T_d}{T^2} \right)$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

T [s]	S _d [g]
0,000	0,114
0,158	0,329
0,474	0,329
0,529	0,289
0,605	0,258
0,671	0,232
0,736	0,212
0,802	0,194
0,868	0,180
0,934	0,167
0,999	0,156
1,065	0,146
1,131	0,138
1,196	0,130
1,262	0,124
1,328	0,117
1,393	0,112
1,459	0,107
1,525	0,102
1,591	0,098
1,656	0,094
1,722	0,091
1,788	0,087
1,853	0,084
1,919	0,080
2,058	0,068
2,160	0,062
2,262	0,056
2,364	0,052
2,467	0,047
2,569	0,044
2,671	0,040
2,773	0,038
2,876	0,035
2,978	0,033
3,080	0,030
3,182	0,029
3,284	0,027
3,387	0,025
3,489	0,024
3,591	0,022
3,693	0,021
3,796	0,020
3,898	0,019
4,000	0,018

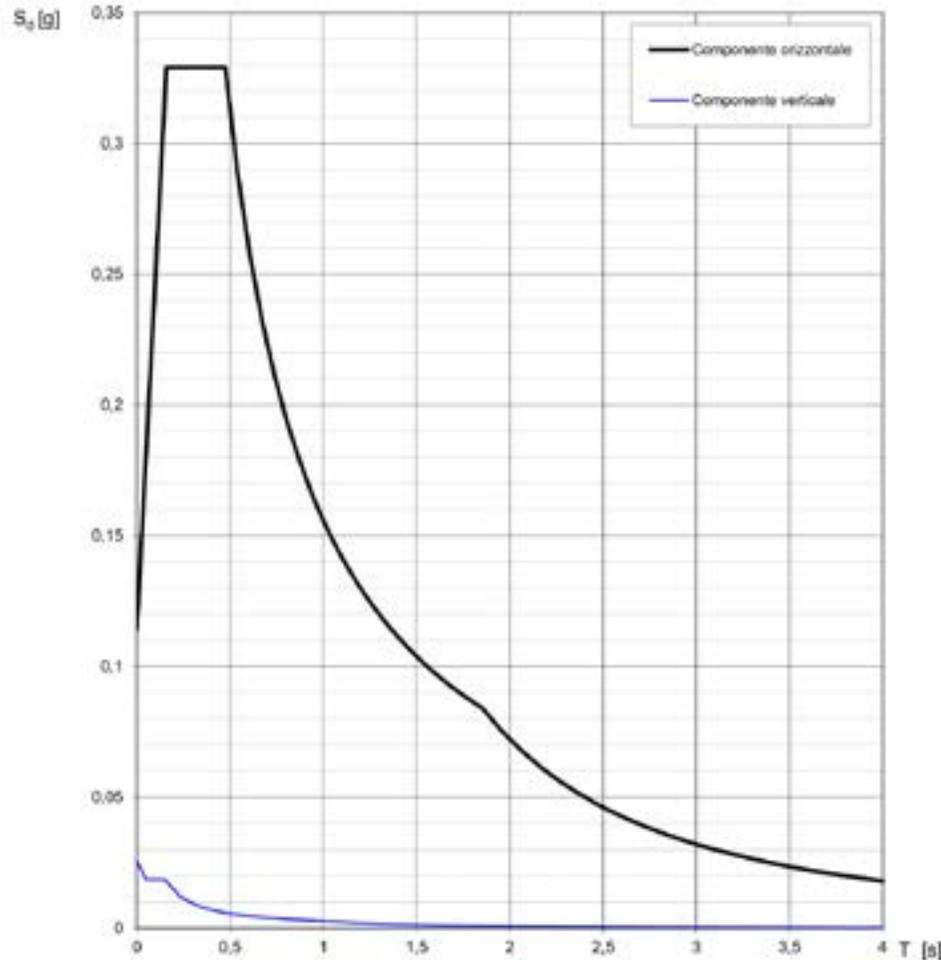


Fig. 29
Tabelle dei parametri ottenuti dal documento excel per il calcolo dello spettro di risposta

Fig. 30
Spettri di risposta a seconda dei periodi di ritorno T_R di riferimento

Tab. 25

Tabella dei valori di peso per ogni categoria, utili al calcolo del peso totale della struttura

Fig. 31

Schema

Tab. 26

Tabella delle caratteristiche delle strutture interessate

Si ottiene un $T_0 = 0,41677$ s

Questo valore è compreso tra T_B e T_C espressi nella tabella. Si considera allora l'equazione corrispondente all'intervallo considerato ovvero si utilizza la formula⁶⁰:

$$S(T) = a_g * S * F_0 * \eta$$

dove:

- S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e vale: $S = S_s * S_T = 1,44$
- η è il fattore che altera lo spettro elastico e vale $1/q = 1$
- $a_g = 0,063$ g
- $F_0 = 2,887$

Si ottiene un $S(T) = 1,44 * 0,063g * 1 * 2,887 = 0,2619$ m/s²

Si calcola, quindi, il valore di tagliante sismico dato dalla formula:

$$F_h = S_d * (W * \lambda) / g$$

dove:

- S_d è il valore di progetto dello spettro e vale:
 $S(T) / q = 0,2619$ m/s²;
- W è il peso della struttura dato dalla combinazione sismica:
 $G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj}$;
- λ è un coefficient pari a 1 poichè vi è un solo piano fuori terra;
- g vale 9,81 m/s².

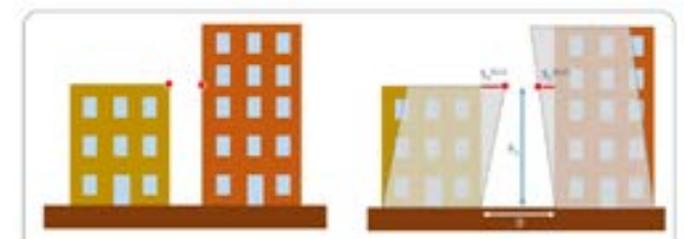
	G ₁	G ₂	Q	W
	31,98 kN	10,27 kN	96,26 kN	138,507

Si ottiene quindi che:

$$F_h = 0,262 * [(138,57 * 1) / 9,81] = 3,699 \text{ kN} = 3,70 \text{ kN}$$

Dimensionamento giunto strutturale

Il giunto strutturale tra i due edifici viene calcolato seguendo le linee guide dettate dalla norma tecnica, in particolare la norma impone di calcolare gli spostamenti massimi delle due costruzioni in base alla propria altezza.



In particolare:

$$S_{max} = (H/100) * (a_g/g) * S(T)$$

dove:

- H è l'altezza dell'edificio di cui calcolare lo spostamento massimo;
- $a_g = 0,063$ g;
- $g = 9,81$ m/s²;
- S_d è il valore di progetto dello spettro già calcolato nelle fasi precedenti e vale 0,2619 m/s²;

Si vanno quindi a calcolare i due spostamenti massimi relativi alle due costruzioni, riportati nella tabella riassuntiva.

	H	S _{max}
Edificio esistente	12,85 m	0,00188 m
Scala	8,33 m	0,007557 m

⁶⁰ Si veda: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, C3.2.3.5: Spettri di risposta di progetto per gli stati limite di danno [...], op.cit il §7.3.3 NTC 2018 (analisi lineare) o il §7.3.4 NTC 2018 (analisi non lineare)

Successivamente viene effettuata la verifica per evitare che tra i due edifici ci siano dei fenomeni di martellamento. Questa consiste nel verificare che la distanza tra i due edifici sia maggiore della somma tra gli spostamenti massimi calcolati, ovvero:

$$D > S_{\max, \text{esist}} + S_{\max, \text{nuovo}}$$

Si ottiene che la verifica viene soddisfatta per una $D > 0,87$ cm. Nel caso in oggetto si prevedeva di allontanare adeguatamente la costruzione nuova da quella esistente dimensionando un giunto strutturale di 4 cm e di posizionarli a livello dei solai esistenti, in corrispondenza delle porte d'uscita di emergenza.

Questo, non solo, fa in modo da mantenere il piano di calpestio della nuova scala antincendio alla stessa quota dell'esistente per permettere una completa accessibilità da parte degli utenti ma anche per non compromettere la costruzione storica con eventuali fenomeni di sollecitazioni orizzontali.

Si riporta di seguito un esempio della tipologia di giunto di dilatazione che si vuole usare e un esempio dell'attacco al solaio esistente.

CLIMATIZZAZIONE

9.1 Caratteristiche

L'obiettivo del seguente capitolo è la corretta progettazione dell'impianto di climatizzazione dell'edificio oggetto di studio al fine di bilanciarne i carichi sensibili e i carichi latenti, nonché quello di garantire il corretto ricircolo dell'aria garantendo così il comfort interno ottimale per gli utenti. Pertanto, la metodologia adottata in questa fase è stata quella di definire le specifiche di progetto tenendo conto della posizione geografica del sito e di analizzare preventivamente le dispersioni relative al periodo invernale e gli apporti di calore relativi alla stagione estiva.

Partendo dai principi di minmo intervento e di reversibilità ed essendo un edificio suddiviso in molteplici stanze si è scelto di climatizzare gli ambienti tramite ventilconvettori, alimentati da alcune pompe di calore di tipo "aria-acqua", fatta eccezione per i bagni, riscaldati tramite radiatori, per la cantina e per il sottotetto, il quale è stato scelto come locale impiantistico e di utilizzare tubature a vista e facilmente removibili.

Specifiche di progetto

Il comune di Castiglione della Pescaia si trova nella "zona climatica D"¹. Nel periodo estivo si assume una temperatura media di 29°C e una temperatura di picco di 36 °C, un valore di umidità relativa del 52% ; mentre per la stagione invernale si assume una temperatura media di 7°C, una temperatura di picco di -3 °C e umidità relativa del 80%. All'interno dell'edificio, invece, si vuole garantire in estate una temperatura di 26°C e un'umidità relativa del 50% . Durante l'inverno invece si vuole garantire una temperatura di 19°C, con umidità relativa del 50% ovvero in linea con le attuali indicazioni del governo su risparmio energetico².



Fig. 1 cartina dell'Italia suddivisa in province e zone climatiche. <https://www.studiomadera.it/news/387-zone-climatiche>

	Esterne		Interne	
	T [°C]	U.R. [%]	T [°C]	U.R. [%]
Estate	29	52	26	50
Inverno	4	0	19	50

Tab. 1 Tabella delle specifiche di progetto.

¹ D.P.R. n. 412 del 26 agosto 1993, norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della legge 9 gennaio 1991, n. 10.

² Decreto-legge 1° marzo 2022, n. 17, coordinato con la legge di conversione 27 aprile 2022, n. 34, Misure urgenti per il contenimento dei costi dell'energia elettrica e del gas naturale, per lo sviluppo delle energie rinnovabili e per il rilancio delle politiche industriali.

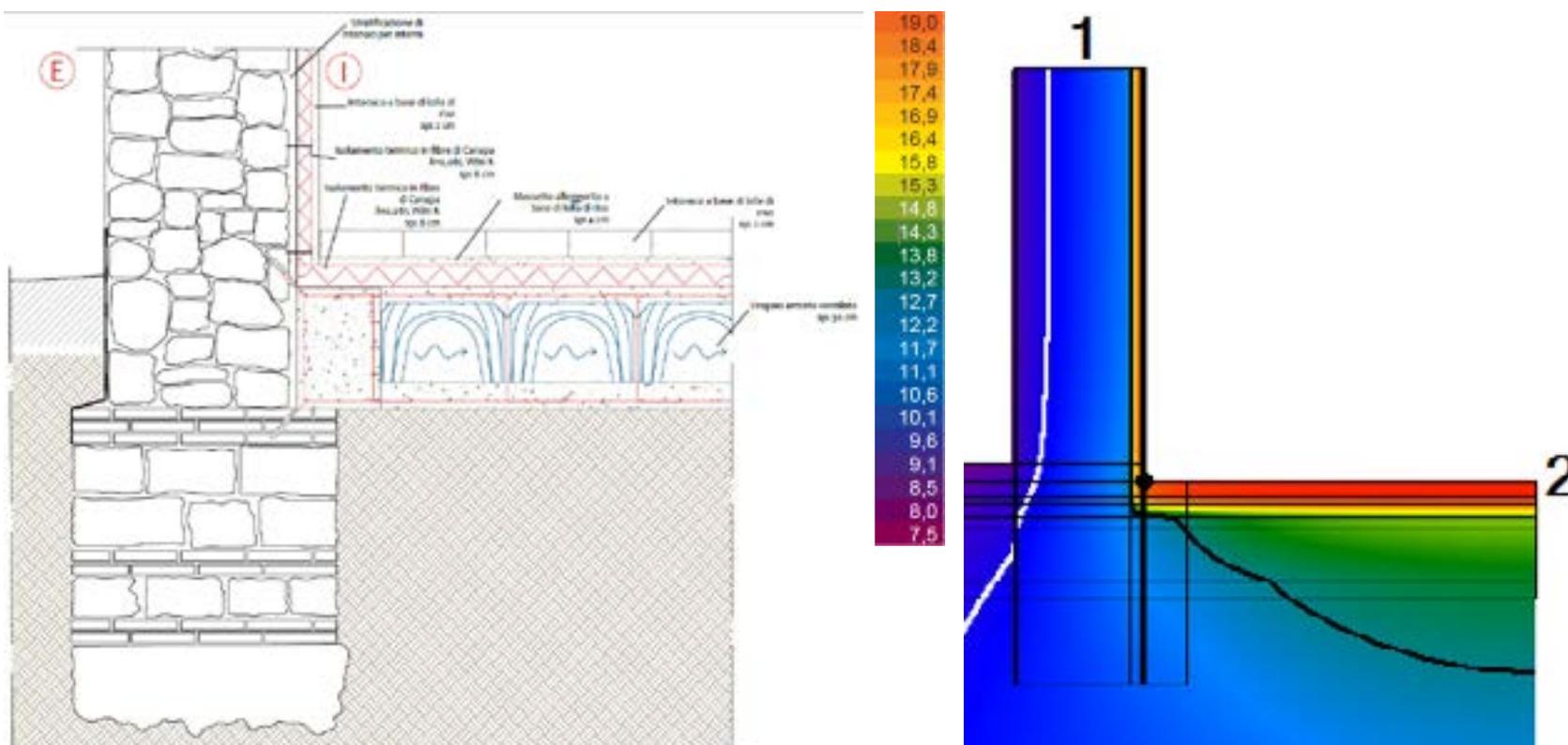
Fig. 2
Nodo della fondazione

Fig. 3
Grafico delle temperature estratto da IRIS 5.1. La linea Bianca indica la presenza di condensa interstiziale, mentre quella nera indica la formazione di muffe.

9.2 Analisi dei pacchetti tecnologici

Uno step preliminare alla definizione del fabbisogno termico è stato la progettazione e analisi dei pacchetti tecnologici per poterne definire la trasmittanza.

Per rispettare i criteri di sostenibilità delle tecnologie utilizzate si era deciso di adoperare un isolante naturale la cui produzione fosse ecosostenibile; si è dunque scelto un isolante rigido in fibra di canapa posizionato internamente per non agire sulla facciata del palazzo che presenta cornici e fasce marcapiano in "Pietra Serena".



Considerando lo spessore medio delle murature a sacco e degli intonaci stratificati, si è condotta un'analisi termica dei pacchetti tramite i software "Therm 7.4" e "IRIS 5.1"³, in particolare sul nodo della fondazione che comprende sia la stratigrafia del muro, sia la stratigrafia del pavimento controterra. Le simulazioni hanno evidenziato problematiche di muffa e condensa interstiziale tra muratura e isolante. È necessario sottolineare che il muro, con la sopra descritta tecnologia, supera il valore di trasmittanza massima per la zona climatica D ($0.75 \text{ W/m}^2\text{K} > 0.36 \text{ W/m}^2\text{K}$).

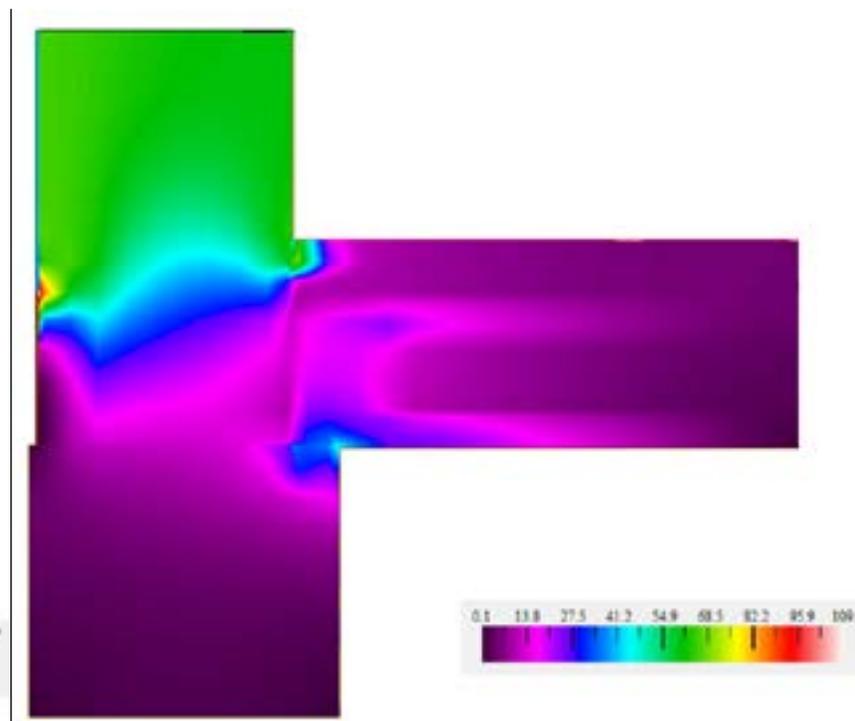
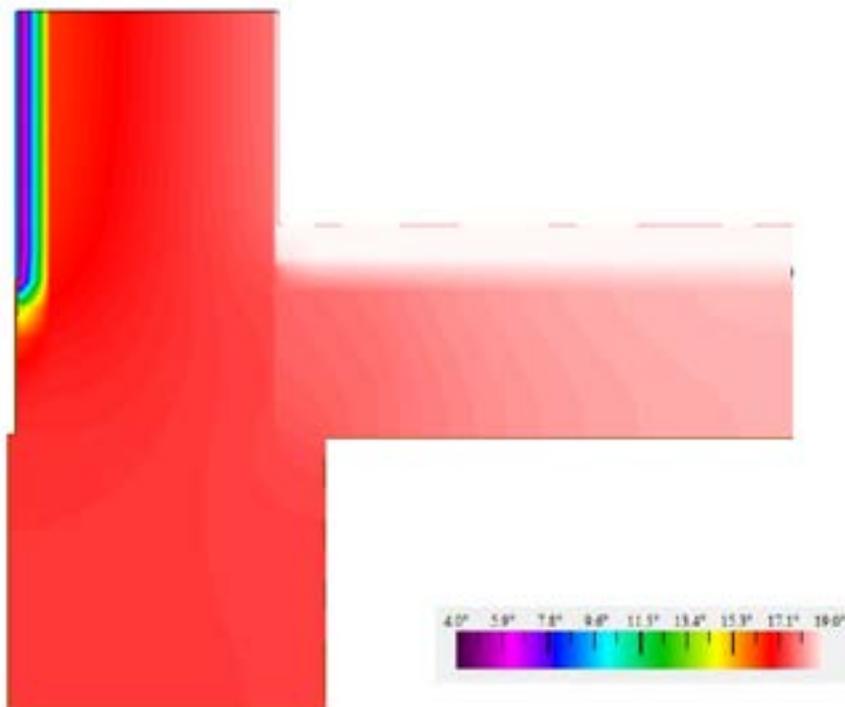
Utilizzando altre soluzioni (quali: spostare l'isolante all'esterno,

³ IRIS 5.1: Software ANIT per il calcolo dei ponti termici agli elementi finiti in accordo con la norma UNI EN ISO 10211.

mettere un doppio isolante, interno ed esterno, e aumentando lo spessore del cappotto), nonostante i risultati delle simulazioni fossero più convincenti, la trasmittanza dell'intero pacchetto non è mai risultata adeguata. L'unica soluzione è stata quella di sostituire l'isolante passando da fibre naturali (con un valore di conducibilità termica di 0.065 W/mK) a materiali sintetici, si è fatto ricorso al polistirene estruso (valore di conducibilità termica dell'XPS 0.0348 W/mK) di spessore 8 cm posizionato ester-

namente per raggiungere la soglia di $0.36 \text{ W/m}^2\text{K}$ ⁴. Lo stesso criterio è stato utilizzato per il solaio controterra, dunque è necessario utilizzare l' XPS con spessore maggiore per ottenere la medesima trasmittanza, ovvero uno spessore di 10 cm al posto di 8 cm .

É evidente che, in casi di restauro, non sia ancora possibile l'utilizzo di tecnologie ecosostenibili per quanto riguarda l'isolamento termico e che ci si debba affidare a materiali sintetici.



Tab. 2
Tabella del calcolo delle dispersioni per ventilazione meccanica.

9.3 Dispersioni e rientri

Nel periodo invernale i carichi termici si riducono ai carichi dispersi per trasmissione attraverso le chiusure opache e trasparenti e ai carichi per ventilazione dovuti all'immissione dell'aria di rinnovo tramite ventilazione meccanica. Nel calcolo non ven-

Locale	Superficie	Altezza	Volume	Indice di affollamento	n° persone	Ricambi d'aria per persona	Ricambi d'aria V/h	Ricambi d'aria al m ²	Ric. d'aria [m ³ /h]	Δ T	Dispersione per ventil.
Sala mastra PT	55,82			0,3	17	0,006			367,2	22	944,36
Botteghe	51,27			0,3	15	0,007			378	22	972,14
Reception PT	26,63			0,08	2	0,01			72	22	185,17
Lab. Di Cucina	26,35							0,01	616,6	22	1585,75
Cucina e degust.	32,95							0,01	771	22	1982,93
Sala degust.	55,93			0,6	34	0,01			1224	22	3147,88
Corrid. Bagni P1	16,37			0,08	1	0,01			36	22	92,58
Corrid. Antinc. P1	17,50			0,08	1	0,01			36	22	92,58
Reception P1	34,87			0,08	3	0,01			108	22	277,75
Bagno P1	17,9	3	53,70				4		214,8	22	552,42
Bagno dis. P1	7,06	3	21,18				0,3		6,354	22	16,34
Ricevimenti 1	57			0,6	34	0,01			1224	22	3147,88
Ricevimenti 2	31,37			0,6	19	0,01			684	22	1759,11
Ricevimenti 3	29,59			0,6	18	0,01			648	22	1666,53
Sala multimed.	24,21			0,3	7	0,006			151,2	22	388,86
Corrid. Bagni P2	13,25			0,08	1	0,01			36	22	92,58
Corrid. Antinc. P2	7,18			0,08	1	0,01			36	22	92,58
Reception P2	30,2			0,08	2	0,01			72	22	185,17
Bagno P2	17,97	3	53,91				4		215,6	22	554,58
Bagno dis. P2	8,3	3	24,90				0,3		7,47	22	19,21

gono considerati gli apporti gratuiti dati dai carichi interni e da quelli per irraggiamento, poiché questi non rientrano nel calcolo della potenza di picco, ma solo nel calcolo del fabbisogno energetico dell'edificio.

Dispersioni

Dispersione per ventilazione Q_{ar}
Per il calcolo delle dispersioni per ventilazioni è stata impiegata la seguente formula:

$$Q_{ar} = 0,334 Q \Delta T (1 - \eta)$$

Dove:

- Q è la portata di ricambio d'aria [m³/h].
- ΔT è la differenza di temperatura tra la zona considerata e la temperatura di picco dell'aria esterna [°C].
- η è l'efficienza del recuperatore di calore qualora venisse impiegata la ventilazione meccanica [-].

Tale formula è stata impiegata per calcolare la dispersione per ventilazione negli ambienti di tutto l'edificio, fatta eccezione per sottotetto e cantina. Partendo dalla norma UNI10339⁵ sono stati ricavati i ricambi d'aria per superficie (per le cucine), per volume (per i bagni, i quali hanno un ricambio d'aria diverso tra loro per normativa ovvero 0,3 V/h per i bagni per disabili in quanto entrambi hanno un affaccio sull'esterno e 4 V/h per le restanti toilette che sono cieche) e per persona (per le restanti sale), in base alla destinazione d'uso della stanza; successivamente si è ricavato il ricambio d'aria totale. Considerando il ΔT pari a 22 K [19 °C - (-3) °C = 22 °C = 22 K] e un'efficienza del recuperatore di calore η=0.65, è possibile ricavare le dispersioni.

5 UNI 10399, Impianti aeraulici al fini di benessere - Generalità, classificazione e requisiti - Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura, pag. 13, Prospetto III - Portata di aria esterna in edifici adibiti a uso civile.

Dispersione per trasmissione Q_{tr}

A seguito della definizione dei valori di trasmittanza dei singoli pacchetti tecnologici è possibile procedere al calcolo delle dispersioni per trasmissione utilizzando la seguente formula:

$$Q_{tr} = \sum_{i=1}^n (S_i \cdot U_i \cdot \Delta T)$$

Dove:

- S è la superficie del componente disperdente [m²];
- U è il valore di trasmittanza termica del singolo componente [W/m²K];
- ΔT è la differenza di temperatura interna tra la zona considerata e la temperatura dell'ambiente confinate [°K].

Come precedentemente anticipato, si assume una temperatura interna di 19°C, una temperatura esterna di picco di -3 °C e una temperatura del terreno di 10°C, dunque per gli elementi controterra il ΔT=9 K, mentre per gli altri elementi il ΔT=22 K.

A queste dispersioni si aggiungono quelle causate dai ponti termici, i quali sono stati calcolati apportando al totale dovuto per dispersione un aumento del 20%.

A seguire le tabelle esplicative dei calcoli effettuati.

Trasmittanza muri	0,34	W/m ² K
Trasmittanza copertura	0,26	W/m ² K
Trasmittanza solaio controterra	0,304	W/m ² K
Trasmittanza Finestre	2,4	W/m ² K

Tab. 3

Tab.3 Tabella delle trasmittanza degli elementi di chiusura.

Tab. 4 Tabella delle superfici di tutte le chiusure opache.

Tab. 5 Tabella riassuntiva di tutte le dispersioni termiche invernali.

Tab. 4

	Superfici			
	Pareti	Pavimenti	Tetto	Muri CT
Sala mostra PT	54,16	55,82	0	15,54
Botteghe	35,97	51,27	0	43,64
Reception PT	21,74	26,63	0	21,04
Lab. Di Cucina	35,73	0	0	0
Cucina e degust.	14,34	0	0	0
Sala degust.	23,24	0	0	0
Corrid. Bagni P1	17,41	0	0	0
Corrid. Antinc. P1	35,60	0	0	0
Reception P1	53,67	0	0	0
Bagno P1	11,69	0	0	0
Bagno dis. P1	16,22	0	0	0
Ricevimenti 1	20,27	0	57,00	0
Ricevimenti 2	34,79	0	31,37	0
Ricevimenti 3	13,08	0	29,59	0
Sala multimed.	13,72	0	24,21	0
Corrid. Bagni P2	16,82	0	13,25	0
Corrid. Antinc. P2	18,63	0	7,18	0
Reception P2	30,23	0	30,20	0
Bagno P2	13,73	0	17,97	0
Bagno dis. P2	16,64	0	8,30	0

Disperisoni termiche invernali

Per trasmissione	Ponti termici	TOT
627,68	125,54	753,21
573,30	114,66	687,97
315,14	63,03	378,17
267,22	53,44	320,67
107,29	21,46	128,75
173,81	34,76	208,58
130,23	26,05	156,28
266,27	53,25	319,52
401,47	80,29	481,76
87,41	17,48	104,90
121,35	24,27	145,62
477,64	95,53	573,17
439,64	87,93	527,57
267,09	53,42	320,51
241,10	48,22	289,32
201,58	40,32	241,90
180,43	36,09	216,52
398,89	79,78	478,67
205,50	41,10	246,60
171,97	34,39	206,37
	TOT	6786,04

Tab. 5

Tab. 6

Tabella delle irradiazioni solari massime estive incidenti su superfici verticali, per una latitudine di 42°.

Tab. 7

Tabella riassuntiva dei rientri per irraggiamento agli orari considerati e i massimi valori di rientro per irraggiamento..

Rientri

Rientri di calore attraverso le superfici trasparenti

Per quanto riguarda le superfici trasparenti bisogna considerare sia i rientri di calore per trasmissione calcolati come per il caso invernale:

$$Q_v = \sum_{i=1}^n (S_i \cdot U_i \cdot \Delta T)$$

(dove il ΔT è la differenza di temperatura tra l'aria esterna e quella della zona considerata), sia il calore dato dall'irraggiamento, per il cui calcolo si utilizza la seguente formula:

$$Q_{v,i} = \sum_{i=1}^n (g \cdot S_i \cdot I_i)$$

Dove:

- g è il solar factor del vetro [-]. Per il nostro edificio si è assunto un valore di 0,75 per tutte le chiusure trasparenti, considerando una tecnologia del tipo: vetro chiaro 4 mm - aria 15 mm - vetro chiaro basso emissivo 5 mm.
- S è la superficie vetrata che si sta considerando [m²]; nella **Tab. 7** sono suddivise per esposizione.
- I è la radiazione solare attraverso il vetro semplice [W/m²]. Anche questo valore, come per le temperature equivalenti, varia a seconda dell'esposizione ed è ricavabile da specifiche tabelle contenute nella normativa UNI 10349.

Di fianco è riporta una tabella (**Tab. 6**) dei valori, da norma⁶, utilizzati per i calcoli, in tabella non sono riportati i valori per le esposizioni nord, sud, est e ovest, essendo l'edificio "ruotato" rispetto al nord.

Tab. 6

	ore 09:00	ore 12:00	ore 16:00
N-E	438	N-E 147	N-E 103
S-E	651	S-E 369	S-E 103
N-O	122	N-O 147	N-O 562
S-O	122	S-O 369	S-O 608

	Superfici trasparenti				Per irraggiamento superfici trasparenti			
	N-E	N-O	S-E	S-O	ore 9:00	ore 12:00	ore 16:00	Irr. Max
Sala mostra PT	0,68				222,60	74,71	52,35	222,60
Botteghe	8,06				2647,71	888,62	622,64	2647,71
Reception PT	0,68				223,00	74,84	52,44	223,00
Lab. Di Cucina	1,35				445,07	149,37	104,66	445,07
Cucina e degust.		0,96			87,84	105,84	404,64	404,64
Sala degust.	2,71				890,15	298,75	209,33	890,15
Corrid. Bagni P1				1,53	140,00	423,43	697,68	697,68
Corrid. Antinc. P1	1,92				630,72	211,68	148,32	630,72
Reception P1			0,96		468,72	265,68	74,16	468,72
Bagno P1					0,00	0,00	0,00	0,00
Bagno dis. P1				0,77	70,00	211,71	348,84	348,84
Ricevimenti 1	2,71				890,15	298,75	209,33	890,15
Ricevimenti 2	1,35				445,07	149,37	104,66	445,07
Ricevimenti 3		0,61			55,49	66,86	255,61	255,61
Sala multimed.	0,96				315,36	105,84	74,16	315,36
Corrid. Bagni P2				0,96	87,50	264,64	436,05	436,05
Corrid. Antinc. P2	5,37				1764,05	592,04	414,83	1764,05
Reception P2			3,66	0,63	1843,76	1186,76	569,88	1843,76
Bagno P2					0,00	0,00	0,00	0,00
Bagno dis. P2				0,96	87,50	264,64	436,05	436,05

Tab. 7

6 UNI10349/1994, Riscaldamento e raffrescamento degli edifici, pag. 29, Prospetto XVII.

Rientri di calore dovuto agli utenti

Per il calcolo di tali carichi sensibili si sono considerate: le varie destinazioni d'uso e i valori di affollamento al m², successivamente, tenendo conto del calore sensibile a persona⁷ in base al tipo di attività, ci si è ricavato il calore sensibile totale per ogni sala. Di seguito una tabella riassuntiva dei valori considerati.

Tab. 8

	n° persone	Calore	
		Sensib. a persona	Sensibile totale
Sala mostra PT	17	90	1530
Botteghe	15	90	1350
Reception PT	2	90	180
Lab. Di Cucina	3	100	300
Cucina e degust.	5	100	500
Sala degust.	34	75	2550
Corrid. Bagni P1	1	90	90
Corrid. Antinc. P1	1	90	90
Reception P1	3	90	270
Bagno P1	4	90	360
Bagno dis. P1	1	90	90
Ricevimenti 1	34	75	2550
Ricevimenti 2	19	75	1425
Ricevimenti 3	18	75	1350
Sala multimed.	7	65	455
Corrid. Bagni P2	1	90	90
Corrid. Antinc. P2	1	90	90
Reception P2	2	90	180
Bagno P2	4	90	360
Bagno dis. P2	1	90	90

Rientri di calore attraverso le superfici opache

Per il calcolo degli apporti di calore attraverso le chiusure opache è stata impiegata la seguente formula:

$$Q_v = \sum_{i=1}^n (S_i \cdot U_i \cdot \Delta T_{equivalente})$$

Dove:

- S è la superficie del componente opaco [m²].
- U è il valore di trasmittanza termica del singolo componente opaco [W/m²K].
- ΔT_{equivalente} tiene conto dell'esposizione del componente opaco, i cui valori di riferimento sono ricavati da apposite tabelle⁸ che indicano i valori in base all'esposizione, della latitudine del sito di progetto, dell'ora giornaliera (si è preso il massimo valore di rientro tra i risultati dei calcoli effettuati negli orari 9:00, 12:00, 16:00), del peso per unità di superficie del componente considerato.

Per i nostri fini si è considerato un peso del componente verticale di 700 kg/m² (ovvero), mentre per quello orizzontale di 300 kg/m² e si sono considerati i casi di copertura esposta al sole e in ombra. Di seguito si riporta una tabella riassuntiva delle temperature equivalenti considerate.

Nella pagina successiva la tabella riassuntiva dei calcoli effettuati (**Tab. 11**); tra tutti gli orari sono stati presi i rientri massimi.

Tab. 9

ΔT _{equiv.}	09:00	12:00	16:00
N-E	3	3	7,4
N-O	3	3	3
S-E	4,2	3	8,5
S-O	4,2	3	4,2

Tab. 10

ΔT _{equiv.}	09:00	12:00	16:00
Esp. al sole	5,8	8,5	17,5
In ombra	-1,4	-0,3	4,2

Tab. 8

Tabella riassuntiva del numero di utenti, del calore sensibile a persona e del calore sensibile totale, per ogni sala.

Tab. 9

Tabella dei ΔT equivalenti delle chiusure verticali opache per le ore 09:00, 12:00, 16:00.

Tab. 10

Tabella dei ΔT equivalenti delle coperture per le ore 09:00, 12:00, 16:00.

⁷ E. S. Mazzucchelli, Ventilazione e qualità dell'aria Impianti di climatizzazione, appunti del Laboratorio di Progetto di Servizi Tecnologici, Politecnico di Milano, A.A. 2020-21
⁸ Ibidem.

Tab. 11

Tabella riassuntiva dei valori considerati; le superfici sono divise per esposizione.

	Superfici - Esposizione				Tetti		Per superfici opache			
	N-E	N-O	S-E	S-O	Sole	ombra	ore 09:00	ore 12:00	ore 16:00	Rientro max
<i>Sala mostra PT</i>	54,16						55,25	55,25	136,28	136,28
<i>Botteghe</i>	35,97						36,69	36,69	90,51	90,51
<i>Reception PT</i>	21,74						22,18	22,18	54,71	54,71
<i>Lab. Di Cucina</i>	15,06		20,66				44,87	36,44	97,61	97,61
<i>Cucina e degust.</i>		14,34					14,63	14,63	14,63	14,63
<i>Sala degust.</i>	23,24						23,70	23,70	58,46	58,46
<i>Corrid. Bagni P1</i>				17,41			24,86	17,76	24,86	24,86
<i>Corrid. Antinc. P1</i>	32,95	2,65					36,31	36,31	85,60	85,60
<i>Reception P1</i>			20,75	17,26			54,27	38,77	84,61	84,61
<i>Bagno P1</i>		11,69					11,92	11,92	11,92	11,92
<i>Bagno dis. P1</i>		6,36		9,88			20,59	16,56	20,59	20,59
<i>Ricevimenti 1</i>	20,27					57,00	-0,07	16,23	113,24	113,24
<i>Ricevimenti 2</i>	12,59		22,23			31,37	33,17	33,07	130,17	130,17
<i>Ricevimenti 3</i>		13,08			29,59		57,96	78,73	147,98	147,98
<i>Sala multimed.</i>	13,72					24,21	5,18	12,10	60,95	60,95
<i>Corrid. Bagni P2</i>				16,82	13,25		44,00	46,44	84,30	84,30
<i>Corrid. Antinc. P2</i>	17,32	1,31				7,18	16,39	18,44	52,76	52,76
<i>Reception P2</i>			14,07	16,17	30,20		88,72	97,58	201,15	201,15
<i>Bagno P2</i>		13,73			17,97		41,11	53,72	95,77	95,77
<i>Bagno dis. P2</i>		6,47		10,17	8,30		33,64	35,32	58,89	58,89

Rientri di calore dovuto alle sorgenti interne

Per il calcolo degli apporti gratuiti si è suddiviso l'edificio per piani, considerando: il piano terra e il secondo piano come luoghi di " mostre, musei, biblioteche, luoghi di culto" con un valore di 8 W/m² e il primo piano al pari di "bar, ristoranti, sale da ballo" con un valore di apporti di 10 W/m²⁹.

Di seguito una tabella riassuntiva degli apporti dovuti alle sorgenti interne.

Tab. 12

	Apporti gratuiti
Sala mostra PT	446,56
Botteghe	410,16
Reception PT	213,04
Lab. Di Cucina	263,5
Cucina e degust.	329,5
Sala degust.	559,3
Corrid. Bagni P1	163,7
Corrid. Antinc. P1	175
Reception P1	348,7
Bagno P1	179
Bagno dis. P1	70,6
Ricevimenti 1	456
Ricevimenti 2	250,96
Ricevimenti 3	236,72
Sala multimed.	193,68
Corrid. Bagni P2	106
Corrid. Antinc. P2	57,44
Reception P2	241,6
Bagno P2	143,76
Bagno dis. P2	66,4

Rientri totali

I vari rientri calcolati precedentemente si sommano tutti per ricavare per ogni singola stanza i rientri estivi per poi dimensionare il sistema di raffrescamento. Si sommano dunque: la trasmissione delle superfici opache, trasmissione e irraggiamento attraverso le superfici trasparenti e gli apporti dovuti a utenza e a sorgenti interne. Di seguito una tabella con tutti i rientri totali.

Tab. 13

Sup. opache	Superfici trasp.	Irragg. sup. trasp.	Calore sensibile	Apporti gratuiti	TOT [W]
136,28	16,26	222,60	1530,00	446,56	2351,70
90,51	193,44	2647,71	1350,00	410,16	4691,82
54,71	16,29	223,00	180,00	213,04	687,04
97,61	32,52	445,07	300,00	263,50	1138,70
14,63	23,04	404,64	500,00	329,50	1271,81
58,46	65,03	890,15	2550,00	559,30	4122,95
24,86	36,72	697,68	90,00	163,70	1012,96
85,60	46,08	630,72	90,00	175,00	1027,40
84,61	23,04	468,72	270,00	348,70	1195,07
11,92	0,00	0,00	360,00	179,00	550,92
20,59	18,36	348,84	90,00	70,60	548,39
113,24	65,03	890,15	2550,00	456,00	4074,42
130,17	32,52	445,07	1425,00	250,96	2283,72
147,98	14,55	255,61	1350,00	236,72	2004,86
60,95	23,04	315,36	455,00	193,68	1048,03
84,30	22,95	436,05	90,00	106,00	739,30
52,76	128,88	1764,05	90,00	57,44	2093,12
201,15	102,92	1843,76	180,00	241,60	2569,43
95,77	0,00	0,00	360,00	143,76	599,53
58,89	22,95	436,05	90,00	66,40	674,29

Tab. 12

Tabella dei rientri di calore causati da sorgenti interne.

Tab. 13

Tabella riassuntiva di tutti i rientri precedentemente calcolati e dei rientri totali.

9 UNI/TS 11300-1, Prestazioni energetiche degli edifici, prospetto 14, pag. 23.

Fig. 4
Ventilconvettore
"Sabiana - Carisma
CFR".

Tab. 14
Dati estratti da scheda tecnici dei ventilconvettori Sabiana - Carisma CFR3 e Sabiana - Carisma CFR4.

9.4 Dimensionamento dell'impianto di climatizzazione

Una volta ricavate le dispersioni e i rientri di calore è stato possibile il dimensionamento degli impianti di climatizzazione per ogni singola sala.

Ventilconvettori

Si è scelto di climatizzare la maggior parte dell'edificio tramite ventilconvettori, i quali consentono sia il riscaldamento che il raffrescamento; grazie a questa caratteristica è stato possibile ridurre il numero di dispositivi e minimizzare l'intervento. Per i ventilconvettori si è fatto riferimento all'azienda Sabiana¹⁰ di cui sono stati utilizzati i dati tecnici dei ventilconvettori tangenziali con motore elettrico asincrono "Carisma CFR"



Partendo dalle dispersioni invernali e dai rientri estivi di ogni stanza è stato possibile scegliere i modelli più adeguati e il numero di dispositivi per stanza.

Si è scelto dunque di utilizzare due modelli diversi per le sale: il modello CFR3 è stato usato nella reception del piano terra, nelle cucine, nei corridoi del secondo piano, nella sala multimediale e nella sala sensoriale, mentre il modello CFR4 è stato usato nella

sala espositiva del piano terra, nelle botteghe, nella sala degustazione, nei corridoi del primo piano, nelle reception del primo e secondo piano e nelle due sale espositive del secondo piano. Di seguito sono riportate le tabelle delle caratteristiche dei due ventilconvettori¹¹.

Sabiana - Carisma CFR 4	Min	Med	Max
Raffreddamento resa sensibile [kW]	1,55	2,1	2,56
Riscaldamento [kW]	2,21	3,1	4,1

Sabiana - Carisma CFR 3	Min	Med	Max
Raffreddamento resa sensibile [kW]	1,11	1,57	1,96
Riscaldamento [kW]	1,75	2,56	3,12

Per il dimensionamento si è fatto riferimento ai valori minimi di potenza di raffreddamento e di riscaldamento.

Si è dunque definito il numero di ventilconvettori per stanza dividendo i rientri di calore per il valore di raffreddamento resa sensibile e le dispersioni Q'_t (ovvero le dispersioni Q_t maggiorate del 20%) per il valore di riscaldamento, arrotondando per eccesso. Nella pagina successiva la tabella riassuntiva delle dispersioni invernali e rientri estivi e la tabella che indica la quantità di ventilconvettori utilizzati per stanza.

¹⁰: Sabiana Spa, è un'azienda italiana che fabbrica prodotti per il riscaldamento ed il condizionamento.

¹¹: https://www.sabiana.it/storage/download/products/209/5d9714032887c_18-carismacfr-it0919-99a4758ofrpdf.pdf

Come anticipato precedentemente, i bagni non sono climatizzati tramite ventilconvettori e dunque non rientrano nel calcolo di dimensionamento dei ventilconvettori.

Saranno dunque presenti 30 ventilconvettori, 17 modello CFR4 e 13 modello CFR3.

	Apporti di calore	Q_r invernale	Q_t	Raffrescamento	Riscaldamento	Definitivo	
Sala mostra PT	2,35	1,70	2,04	2	1	2	CFR 4
Botteghe	4,69	1,66	1,99	4	1	4	
Reception PT	0,69	0,56	0,68	1	1	1	CFR 3
Lab. Di Cucina	1,14	1,91	2,29	2	2	2	
Cucina e degust.	1,27	2,11	2,53	2	2	2	CFR 4
Sala degust.	4,12	3,36	4,03	3	2	3	
Corrid. Bagni P1	1,01	0,25	0,30	1	1	1	CFR 4
Corrid. Antinc. P1	1,03	0,41	0,49	1	1	1	
Reception P1	1,20	0,76	0,91	1	1	1	CFR 3
Ricevimenti 1	4,07	3,72	4,47	3	3	3	
Ricevimenti 2	2,28	2,29	2,74	2	2	2	
Ricevimenti 3	2,00	1,99	2,38	2	2	2	CFR 3
Sala multimed.	1,05	0,68	0,81	1	1	1	
Corrid. Bagni P2	0,74	0,33	0,40	1	1	1	CFR 4
Corrid. Antinc. P2	2,09	0,31	0,37	2	1	2	
Reception P2	2,57	0,66	0,80	2	1	2	

Radiatori

Per i bagni si è scelto di utilizzare radiatori, più adeguati per i bagni e si è fatto riferimento alla ditta "Radiatori-2000"¹² scegliendo il modello "Classic-al bath 80/40"¹³. I radiatori lavoreranno in un intervallo di temperatura di 45-40°C, per cui la potenza di ogni singola colonna del radiatore non sarà quella data nelle condizioni standard di $\Delta T=50^\circ\text{C}$, sarà quella data dalla seguente formula:

$$Q_c = \varnothing_s (\Delta T/50)^n$$

Dove:

- \varnothing_s è il flusso termico messo in circolo da ogni singola colonna in condizioni di esercizio standard, ovvero $\Delta T=50^\circ\text{C}$;
- ΔT è la differenza tra la temperatura media di mandata e quella di ritorno e la temperatura ambiente di 19°C ;
- n è un coefficiente che dipende dal modello scelto.

Nel nostro caso specifico si ha che $\varnothing_s=319,0\text{ W}$, $n=1,267$, $\Delta T=30\text{ K}$. Il numero di colonne necessarie sarà pari a Q_t/Q_c considerando un minimo di 5 colonne.

LOCALE	Q_t [W]	Q singola col. [W]	n. colonne [-]	n. effettivo	Potenze nominali
PIANO Primo					
Bagno P1	788,78	167,00	5	5	0,83
Bagno dis. P1	194,36	167,00	1	5	0,83
PIANO secondo					
Bagno P2	961,42	167,00	6	6	0,96
Bagno dis. P2	270,69	167,00	2	5	0,83
Qr [kW]		3,47			

Tab. 15

Tabella riassuntiva del numero di ventilconvettori necessari per ogni sala.

Tab. 16

Tabella riassuntiva del numero di colonne dei radiatori necessari per ogni bagno.

¹² Radiatori 2000 è un'azienda dinamica e innovativa nel settore dei radiatori in alluminio estruso e pressofuso.

¹³ <https://www.radiatori2000.it/wp-content/uploads/2017/02/CLASSIC-AL-BATH.pdf>

Tab. 17

Tabella riassuntiva di tutte le potenze sviluppate in estate e in inverno, per ogni stanza e il totale su cui dimensionare la pompa di calore.

Tab. 18

Tabella riassuntiva delle caratteristiche delle pompe di calore e il numero di dispositivi richiesti per i ventilconvettori.

Pompe di calore

Per questo progetto si è scelto di dividere le pompe di calore relative ai ventilconvettori, che devono essere reversibili per garantire il raffrescamento, e la pompa di calore relativa ai radiatori; quest'ultima dovrà fornire anche calore al bollitore per l'acqua calda sanitaria, dunque è sovradimensionata per i radiatori. Come valori di riferimento per il dimensionamento delle pompe di calore ci si è affidati alla ditta "Erretiesse"¹³ scegliendo la pompa di calore serie "Airtransys".

I radiatori richiedono un'utenza totale di 3,47 kW, per coprire l'utenza di acqua calda sanitaria si è scelta una pompa di calore Airtransys EASR-DC 18T (Potenza termica di riscaldamento pari a 13,0 kW).

Di fianco si possono osservare le utenze richieste per il riscaldamento e il raffrescamento tramite ventilconvettori.

Per i ventilconvettori

	Potenze richieste [kW]	
	Estivo	Invernale
Sala mastra PT	3,1	4,42
Botteghe	6,2	8,84
Reception PT	1,11	1,75
Lab. Di Cucina	2,22	3,5
Cucina e degust.	2,22	3,5
Sala degust.	4,65	6,63
Corrid. Bagni P1	1,55	2,21
Corrid. Antinc. P1	1,55	2,21
Reception P1	1,55	2,21
Ricevimenti 1	4,65	6,63
Ricevimenti 2	2,22	3,5
Ricevimenti 3	2,22	3,5
Sala multimed.	1,11	1,75
Corrid. Bagni P2	1,11	1,75
Corrid. Antinc. P2	2,22	3,5
Reception P2	3,1	4,42
TOT	40,78	60,32

	Potenza termica	
	Raffresc.	Riscald.
EASR-DC 29T	32,2	51,6
Numero PdC	2	2

¹⁴: Erretiesse produce e commercializza impianti per riscaldamento, bollitori, solare termico, pompe di calore, sistemi di ventilazione meccanica.

¹⁵: <https://www.la-certificazione-energetica.net/schede%20tecniche%20oper%20certificazioni%20energetiche/ERRETIESTE-pompe-di-calore-AIRTRANSYS-EASH-DC.pdf>

CONCLUSIONI

Con il seguente studio di tesi si è voluti andare, per quanto è stato possibile fare in questo periodo difficile, a sperimentare nuove idee, aspirazioni e linee guida per il consolidamento strutturale degli edifici storici trovando un caso applicativo proprio a Castiglione della Pescaia.

Grazie quindi all' amministrazione comunale e alle tante potenzialità funzionali del Palazzo, si è voluto andare a realizzare un progetto innovativo su nuove tecniche di utilizzo dei materiali di scarto all'interno di una struttura esistente.

Il principale obiettivo di questo lavoro di tesi è quello di aprire nuovi orizzonti sull'utilizzo di materiali di scarto all'interno di questi interventi conservativi che tali rimangono ma che vogliono inglobare e includere concetti fondamentali e utili per una progettazione ecosostenibile ed ecompatibile.

La maggior parte dei progetti di bioarchitettura interessano il nuovo costruito e per paura di stravolgere l'identità culturale di un bene storico non si vuole pensare ad un nuovo tipo di intervento mirato agli edifici esistenti.

L'applicazione dei concetti di economia circolare, di riutilizzo e di riciclo, vogliono, in tale lavoro, diventare concretamente parte del patrimonio culturale italiano, con il fine di creare, anche in questo campo, edifici a basso consumo ed ecosostenibili senza tralasciare i concetti di rispetto, minimo intervento e non danneggiamento dell'esistente.

Sulla linea di queste idee e aspirazioni si è voluto quindi allargare la progettazione rivolgendosi ad attività che comportino una "trasformazione" del turismo all'interno del Comune di Castiglione della Pescaia, incentivando un comportamento sostenibile grazie all'estensione delle vie ciclabili e della predisposizione di nuove pensiline e navette elettriche in grado di rendere più accessibile a tutti gli utenti lo storico borgo murato del comune.

INDICE DEI RIFERIMENTI

INDICE DEI RIFERIMENTI

Bibliografia

LIBRI

E. Collura, M. Innocenti, S. Innocenti, *Comune di Castiglione della Pescaia. Briciole di storia*, Edizione Innocenti, Grosseto 2002

M. Celuzza, *Guida alla Maremma antica: da Vulci a Populonia, dal Monte Argentario al Monte Amiata*, Nuova Immagine, Siena 1993

Comune di Castiglione della Pescaia, *Il Palazzo Centurioni, ricerche e contributi per il progetto di restauro*, Settembre 1999

D. Barsanti, *Castiglione della Pescaia. Storia di una comunità dal XVI al XIX secolo*

E. Sole, *Castellione de Piscaria: immagini storiche, turistiche, archeologiche e folcloristiche di Castiglione della Pescaia*, Firenze 1981

Serafina Buetti (a cura di), *La Bonifica <<idraulica>> di Leonardo Ximenes ed i primi interventi dell'Ufficio dei Fossi*, Grosseto 1991

G. L. Orlandi, *Abitazioni nel centro storico*, in *Architetture Grosseto*, vol. *Castiglione della Pescaia*, n. 7/09, Edizioni ETS, Pisa 2009

C. Campanella, *Capitolato speciale di appalto per opere di conservazione e restauro*, Pirola, Sole 24 ore, Milano 1999

ARTICOLI

J. Guinée, R. Heijungs, G. Huppés, A. Zamagni, P. Masoni, R. Buonamici, T. Ekvall, T. Rydberg, *Life Cycle Assessment: Past, Present and Future*, *Environmental Science Technology*, 2010

Bernard A. Goodman, *Utilization of waste straw and husks from rice production: A review*, 2020; doi.org/10.1016/j.jo-

bab.2020.07.001

F. Bilo, S. Pandini, L. Sartore, L. E. Depero, G. Gargiulo, A. Bonassi, S. Federici, E. Bontempi, *A sustainable bioplastic obtained from rice straw*, 2018; doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.252

R. Arjmandi, A. Hassan, K. Majeed, Z. Zakaria, *Compositi polimerici riempiti con buccia di riso*, *Int. J. Polym. Sci.*, 2015

S.A. Zareei, F. Ameri, F. Dorostkar, M. Ahmadi, *Rice husk ash as a partial replacement of cement in high strength concrete containing micro silica: evaluating durability and mechanical properties*, *Case Stud. Constr. Mater.*, 7 (2017), https://doi.org/10.1016/j.cscm.2017.05.001

P. Jeetah, NS Golaup, K. Buddynauth, *Production of cardboard from waste rice husk*, 3, 2015, https://doi.org/10.1016/j.jece.2014.11.013

M. Dolores La Rubia-García, Á. Yebra-Rodríguez, D. Eliche-Quesada, F. A. Corpas-Iglesias, A. López-Galindo, *Assessment of olive mill solid residue (pomace) as an additive in lightweight brick production*

M. del Rio Merino, J. Guijarro Rodriguez, F. Fernandez Martinez, J. S. Cruz Astorqui, *Viability of using olive stones as lightweight aggregate in construction mortars*, pp. 431-438, *Revista de la Construcción*, 2017.

K.Lila, S.Belaadi, R.Solimando, F. R. Zirour, *Valorisation of organic waste: Use of olive kernels and pomace for cement manufacture*, 2020, (https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123703)

C. Argiz, M.Á. Sanjuán, E. Menéndez, *Coal Bottom Ash for Portland Cement Production*, 2017, *Giorgio Pia*, (//doi.org/10.1155/2017/6068286)

I.M. Hanif, M.R. Noor Syuhaili, M.F. Hasmori, S.M. Shahmi, *Effect of nylon fiber on mechanical properties of cement based mortar*,

in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 271, 2017

S. Spadea, I. Farina, A. Carrafiello, F. Fraternali, *An experimental study on the cement mortar reinforcement through recycled nylon fibers*, Università di Salerno, Salerno, 2015

I. M. Gieysztor Bertelsen & L. M. Ottosen, *Engineering properties of fibres from waste fishing nets*, Arctic Technology Centre, Technical University of Denmark, Agosto 2016

Boukal, I., *Effect of water on the mechanism of deformation of nylon 6*. *Journal of Applied Polymer Science*, John Wiley & Sons 1967

Miri, V., Persyn, O., Lefebvre, J.-M., Seguela, R. *Effect of water absorption on the plastic deformation behavior of nylon 6*, *European Polymer Journal*, Volume 45, Elsevier, 2009, <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2008.12.008>

TESI

Valentina Mogicato, *Il consolidamento delle fondazioni nel progetto di conservazione: stato dell'arte e nuove tecnologie*, Rel.: Lorenzo Jurina, 2008/09

C. Colombo, O. Ruggieri, *Edilizia a basso impatto ambientale: Analisi del ciclo di vita di materiali naturali a base di calce-canapulo*, Politecnico di Milano, a.a. 2011-2012

DOCUMENTI

Comune di Castiglione della Pescaia, *Relazione geologica e di fattibilità*

Comune di Castiglione della Pescaia, *Regolamento acustico, art. 3 - Classificazione acustica del territorio comunale*

Comune di Castiglione della Pescaia, *Piano di classificazione ac-*

stica comunale, par. 4.2.4 - Ricettori sensibili, aree di interesse paesaggistico e archeologico e loro perimetrazione

Comune di Castiglione della Pescaia, *Norme tecniche di Attuazione 2019, Tit. V, art. 12 - Interventi di riqualificazione insediativa*

Comune di Castiglione della Pescaia, *Relazione variante*

Capitolato speciale d'appalto, *Progetto di consolidamento strutturale - Conservazione e riuso del Palazzo Centurioni in Castiglione della Pescaia - 1° stralcio funzionale*

arch. R. Benincasa Amato, arch. L. Confalonieri, arch. V. Liuzzo, arch. P. Maranò, arch. L. Novelli, arch. S. Rossi, arch. G. Sabbatini, arch. J. Serago, Commissione DAS dell'OAPPC di Firenze, *Agritettura - Nutrire il cantiere*, 2014-2015

Carta di Cracovia, *Principi per la conservazione ed il restauro per il patrimonio costruito*, 2000

E. S. Mazzucchelli, *Ventilazione e qualità dell'aria Impianti di climatizzazione*, appunti del Laboratorio di Progetto di Servizi Tecnologici, Politecnico di Milano, A.A. 2020-21

NORMATIVE

Legge 1 Giugno 1939, n.1089 - *Capo II: Disposizioni per la conservazione, Integrità e sicurezza delle cose*, art. 11-22

Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, *"Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137"*

Piano di Assetto Idrogeologico del Bacino Ombrone e della Regione Toscana, *Norme di Piano*

ASTM C 1196-1197, *Standard Test Method for In Situ Compressive Stress Within Solid Unit Masonry Estimated Using Flatjack Measurements*, 1991

UNI EN 13187:2000, *Prestazione termica degli edifici - Rivelazione qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri edilizi - Metodo all'infrarosso*

UNI 1119:2004, *Beni culturali - Manufatti lignei - Strutture portanti degli edifici - Ispezione in situ per la diagnosi degli elementi in opera*

UNI 11035-1:2010, *Legno strutturale - Classificazione a vista dei legnami secondo la resistenza meccanica - Parte 1: Terminologia e misurazione delle caratteristiche*

Istruzioni per l'applicazione delle «Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche» di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, in *Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni*, 2018

D.P.R. 236, 14/06/1989, (accessibilità, adattabilità, visitabilità, superamento delle barriere architettoniche)

D.P.R. 503, 24/07/1996, *Norme per eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici*

D.M. 3/08/2015 - *Vigili del fuoco, Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'articolo 15 del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139*

ISO 14040:2006 *Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework*

Eurocodice 7 (EC7) o EN 1997, *Progettazione geotecnica*

ISO 1889:1986: *Textile glass - Continuous filament yarns, staple fibre yarns, textured yarns and rovings (packages) - Determination of linear density*, Marzo 1987

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519, *Criteri generali per l'identificazione delle zone sismiche e per la forma-*

zione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone, 2006
DPCM 17/05/2020, Circolare n. 27, *Linee guida per la riapertura dei musei e dei luoghi della cultura*

Linea guida applicativa del regolamento CE n. 852/2004/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio sull'igiene dei prodotti alimentari, ALL. A

D.P.R. n. 412 del 26 agosto 1993, *norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della legge 9 gennaio 1991, n. 10.*

Decreto-legge 1° marzo 2022, n. 17, coordinato con la legge di conversione 27 aprile 2022, n. 34, *Misure urgenti per il contenimento dei costi dell'energia elettrica e del gas naturale, per lo sviluppo delle energie rinnovabili e per il rilancio delle politiche industriali.*

UNI 10399, *Impianti aeraulici al fini di benessere - Generalità, classificazione e requisiti - Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura.*

UNI 10349/1994, *Riscaldamento e raffrescamento degli edifici.*

UNI/TS 11300-1, *Prestazioni energetiche degli edifici.*

Sitografia

https://products.kerakoll.com/yep-repository/kerakoll/media/09_Volte_2020.pdf

<https://webapi.ingenio-web.it/immagini/file/byname?name=hp05HU1di2.pdf>

<https://news.interstudio.net/2017/01/19/valutazione-delle-caratteristiche-dellintonaco-armato/>

- <http://www.restauroearte.com/en/node/60>
- <https://www.impresedilnews.it/chiesa-di-san-siro-a-genova-consolidamento-degli-intonaci-e-restauro-pittorico/>
- http://www.dalpiazalberto.it/index.php?fl=2&op=mcs&id_cont=857&idm=857&moi=857
- http://www.storiedirestauro.it/wp-content/uploads/2020/03/Ebook_integrazione-pittorica-in-5-min.pdf
- <https://pietrobarnabe.it/materiali-lapidei-pietre-stucchi/>
- <https://www.montagnadiviaggi.it/2018/10/festival-turismo-medievale-trento.html>
- <https://www.montagnadiviaggi.it/2018/10/festival-turismo-medievale-trento.html>
- <https://www.aiptoc.it/per-una-corretta-definizione-di-turismo-esperienziale/>
- <https://www.progettoartes.it/futuro-del-turismo-esperienziale/>
- <https://www.progettoartes.it/futuro-del-turismo-esperienziale/>
- <https://www.borghiaautenticiditalia.it/progetti>
- <https://www.stile.it/2016/10/09/cefalu-si-viaggia-ad-emissioni-zero-id-126665/>
- https://www.idroponica.it/coltivazione-idroponica_28-161.html
- https://www.ansa.it/lifestyle/notizie/incartellone/arte/2016/06/20/musei-odorosi-la-rivincita-dellofatto-nei-luoghi-dellarte_19052e59-d6c9-4ce8-b5d1-0d5b3bfa19d9.html
- <http://www.mrsntorino.it/cms/il-museo/esperimenta/item/518-viaggiare-con-il-naso-mostra.html>
- <https://www.europarl.europa.eu/news/it/headlines/economy/20151201STO05603/economia-circolare-definizione-importanza-e-vantaggi>
- <https://www.infobuildenergia.it/appfondimenti/le-costruzioni-e-leconomia-circolare>
- <https://unic.org/it/agenda-2030>
- <http://www.dati.istat.it/>
- <https://www.ricehouse.it/>
- https://it.wikipedia.org/wiki/Estrazione_dell%27olio_di_oliva
- https://www.corriere.it/pianeta2020/21_aprile_01/reti-fantasma-spaghi-gabbie-soffocano-fondali-nessuno-se-ne-accorge-d9ae-2e8e-9263-11eb-b997-507c83c4e681.shtml
- <https://blog.casanoi.it/intonaco-armato-sue-applicazioni/>
- <https://www.nuovadefim.com/sites/default/files/download/grigliati-ed01-2018-it.pdf>
- <https://www.nuovadefim.com/it/system/files/download/grigliati-gradini-std-ed2021.pdf>
- <https://www.actisfurio.com/wp-content/uploads/2020/06/01.-Lamiere-perforate-da-pag-18-a-57.pdf>
- <https://www.studiomadera.it/news/387-zone-climatiche>
- https://www.sabiana.it/storage/download/products/209/5d9714032887c_18-carismacr-it0919-99a4758ofrpdf.pdf
- <https://www.radiatori2000.it/wp-content/uploads/2017/02/CLAS-SIC-AL-BATH.pdf>
- <https://www.la-certificazione-energetica.net/schede%20tecniche%20oper%20certificazioni%20energetiche/ERRETIESSE-pompe-di-calore-AIRTRANSYS-EASH-DC.pdf>

Indice delle figure

IL TERRITORIO

- Fig. 1**
Inquadramento territoriale del comune
- Fig. 2-3**
Logo della bandiera blu e verde
- Fig. 4**
Vista della spiaggia di levante
- Fig. 5**
Vista della spiaggia di ponente
- Fig. 6**
Vista della Riserva della Diaccia Botrona
- Fig. 7**
Rete della mobilità pubblica su gomma
- Fig. 8**
Sistema della rete ciclabile
- Fig. 9-10**
Percorsi in mountain bike ed enduro
- Fig. 11**
Presenza zone di soste e parcheggi
- Fig. 12**
Inquadramento zona APU del centro di Castiglione della Pescaia
- Fig. 13**
Stralcio Tavola 3B, Carta della pericolosità geologica (scala 1:5.000)
- Fig. 14**
Stralcio Tavola 3A, Carta della pericolosità idraulica (scala 1:5.000)
- Fig. 15**
Stralcio Tavola , Carta della pericolosità acustica (scala 1:5.000)
- Fig. 16**
Inquadramento servizi a livello sovracomunale
- Fig. 17**
Stralcio Tavola 1A, Quadro progettuale - località Castiglione Centro, (scala 1:2000)
- Fig. 18**
Inquadramento monumenti e bellezze architettoniche

- Fig. 19**
Inquadramento bellezze paesaggistiche
- Fig. 20**
Rete sentieristica comunale, con i livelli di difficoltà
- Fig.21**
Pianta di Castiglione della Pescaia con il padule e il Fosso Navigante per Grosseto
- Fig.22**
Prospetto di Forte delle Rocchette
- Fig. 23**
Vista di Palazzo Camaiori o Vecchio Ospedale
- Fig.24**
Palazzo Centurioni, prospetto su via dell'Ospedale
- Fig. 25**
Bocca della Fiumara di Castiglione della Pescaia. Pianta e Relazione
- Fig. 26**
Pianta di Castiglione della Pescaia, parte del suo territorio, Fiumara e parte della Pineta Paludina, 1759
- Fig. 27 - 28**
Casa Rossa, 1769
- Fig. 29**
Veduta su Castiglione della Pescaia con Ponte Giorgini
- Fig. 30**
Pagina successiva: Mappa di Castiglione della Pescaia, 1822
- Fig. 31**
Spiaggia balneare di Castiglione della Pescaia, anni 50.
- Fig. 32**
Pagina successiva: Castiglione della Pescaia, Impianto del Nuovo Catasto, 1939

IL RILIEVO

- Fig. 1**
Rilievo geometrico prosp. SO
- Fig. 2**
Rilievo materico prosp. SO
- Fig. 3**
Abaco del degrado rilevato

Fig. 4
Rilievo del degrado prosp. SO

Fig. 5
Sezione Trasversale solaio del piano di calpestio

Fig. 6
Sezione Longitudinale solaio del piano di calpestio

Fig. 7
Vista frontale attacco del solaio alla muratura con particolare (stato di fatto - 2020)

Fig. 8
Vista dal basso dell'intervento di consolidamento delle travi lignee (stato di fatto - 2020)

Fig. 9-10
Vista delle pareti dell'ambiente voltato della cantina (stanza C01, stato di fatto - 2020)

Fig. 11-12
Particolari di degrado di efflorescenze saline, rigonfiamenti e distacchi intonaco (stato di fatto - 2020)

Fig. 13-14
Vista del degrado delle volte a crociera della scala centrale (stato di fatto - 2020)

Fig. 15
Vista del degrado in corrispondenza delle reni della volte a botte della scala centrale (stato di fatto - 2020)

Fig. 16-17
Particolari delle lesioni e fessure presenti negli architravi delle aperture (stato di fatto - 2020)

Fig. 18
Sezione Trasversale solaio di copertura

Fig. 19
Sezione Longitudinale di un solaio di copertura

Fig. 20
Particolare del cordolo di sommità (stato 2007)

Fig. 21
Smantellamento della copertura originaria (fine 2007)

Fig. 22
Smantellamento della copertura originaria (fine 2007)

Fig. 23
Smantellamento della copertura originaria (fine 2007)

Fig. 24
Posa del nuovo elemento di copertura

Fig. 25
Posa del nuovo elemento di copertura

Fig. 26
Posa del nuovo elemento di copertura - Dettaglio dell'attacco delle travi

Fig. 27
Posa del nuovo elemento di copertura - Dettaglio dell'attacco delle travi

Fig. 28
Posa del nuovo elemento di copertura - Dettaglio saldatura travi

IL PROGETTO DI CONSERVAZIONE

Fig. 1
Predisposizione fori su supporto murario

Fig. 2
Bagnatura del supporto murario

Fig. 3
Prima stesura di malta

Fig. 4
Applicazione del tessuto in fibra

Fig. 5
Realizzazione del sistema di ancoraggio

Fig. 6
Seconda stesura di malta

Fig. 7
Vista in pianta - scala 1:10

Fig. 8
Dettagli costruttivi intervento del Sistema Reticulatus

Fig. 9
Dettagli costruttivi intervento intonaco armato

Fig. 10
Dettagli costruttivi delle barre di ancoraggio

Fig. 14
Rimozione delle superfetazioni superficiali con bisturi

Fig. 15
Iniezioni consolidanti su intonaco

- Fig. 16**
Pulitura della superficie
- Fig. 17**
Integrazione pittorica su un affresco
- Fig. 18**
Dettagli delle pitture murali, stanza C.1.4 (sopralluogo 2020)
- Fig. 19**
Dettagli delle pitture murali, stanza C.1.4 (sopralluogo 2020)
- Fig. 20**
Dettagli delle pitture murali, stanza C.1.4 (sopralluogo 2020)
- Fig. 21**
Dettagli delle pitture murali, stanza C.1.4 (sopralluogo 2020)
- Fig. 22**
Dettagli delle pitture murali, stanza C.2.3 (sopralluogo 2020)
- Fig. 23**
Dettagli delle pitture murali, stanza C.2.4 (sopralluogo 2020)
- Fig. 24**
Calce aerea
- Fig. 25**
Sagomatura con supporto lineare di ausilio

IL PROGETTO TERRITORIALE

- Fig. 1**
Castello di Thun
- Fig. 2**
Esempio turismo esperenziale, laboratorio di cucina
- Fig. 3**
Esempio turismo esperenziale, laboratorio teatrale
- Fig. 4**
Logo dell'Associazione Borghi Autentici d'Italia
- Fig. 5**
Escursioni ed esperienza in barca a vela
- Fig. 6**
Area archeologica della Domus dei Dolii, Vetulonia
- Fig. 7**
Museo archeologica di Vetulonia
- Fig. 8**
Analisi SWOT

- Fig. 9**
Rappresentazione della matrice OSA
- Fig. 10**
Rappresentazione della Vision di progetto
- Fig. 11**
Navetta per residenti
- Fig. 12**
Concept Plan

IL PROGETTO ARCHITETTONICO

- Fig. 1**
Pianta dei gialli e rossi, Piano Terra
- Fig. 2**
Pianta dei gialli e rossi, Piano Primo
- Fig. 3**
Pianta dei gialli e rossi, Piano Secondo
- Fig. 4**
Prospetto principale su Via dell'Ospedale
- Fig. 5-6**
L'Atelier / AAVP Architecture, Parigi 2013
- Fig. 7**
Studio scansioni linee prospetto NE
- Fig. 8**
Studio scansioni linee prospetto SO
- Fig. 9**
Esempio cucina teppanyaki
- Fig. 10**
Funzionamento del sistema idroponico
- Fig. 11**
Esempio di tavolo sensoriale tipo
- Fig. 12**
Pianta architettonica, Piano Terra
- Fig. 13**
Pianta architettonica, Piano Primo
- Fig. 14**
Pianta architettonica, Piano Secondo
- Fig. 15**
Schema dei flussi in 3D, N.B.: le zone di servizio non sono colorate.

- Fig. 16**
Pianta dei disabili, Piano Terra
- Fig. 17**
Pianta dei disabili, Piano Primo
- Fig. 18**
Pianta dei disabili, Piano Secondo
- Fig. 19**
Pianta Antincendio, Piano Terra
- Fig. 20**
Pianta Antincendio, Piano Primo
- Fig. 21**
Pianta Antincendio, Piano Secondo

TECNOLOGIA SOSTENIBILE

- Fig. 1**
I 5 principi dell'economia circolare
- Fig. 2**
Logo obiettivi per lo sviluppo sostenibile - Agenda 2030
- Fig. 3**
Logo obiettivo 7
- Fig. 4**
Logo obiettivo 12
- Fig. 5**
Logo obiettivo 14
- Fig. 6**
Equazione per determinare il contenuto di ossido di calcio CaO nella miscela
- Fig. 7**
Sansa e nocciolino prima del trattamento
- Fig. 8**
Sansa e nocciolino dopo il trattamento
- Fig. 9**
Tabella dei campioni
- Fig. 10**
Ago di Vicat
- Fig. 11**
Analisi XRD
- Fig. 12**
Analisi XRD a 28 gg di maturazione dei campioni

- Fig. 13**
Risultati delle resistenze a compressione dei campioni
- Fig. 14**
Rete fantasma abbandonata su un fondale marino
- Fig. 15**
Formula di struttura del nylon 6.
- Fig. 16**
Immagini da microscopio ZEISS Axioskop 40 su fibre di nylon condizionate.
- Fig. 17**
Immagini da microscopio ZEISS Axioskop 40 su fibre di nylon non condizionate.
- Fig. 18**
Dimensioni dei campioni di malta.
- Fig. 19**
Macchina di prova MTS SANS dotata di cella di carico da 1 kN e manopole pneumatiche.
- Fig. 20**
Tabella delle caratteristiche dei campioni di malta; "UR" indica i campioni di malta semplice, i campioni "PA - lunghezza fibra in pollici - frazione di peso" sono i campioni di malta rinforzata.
- Fig. 21**
Tabella dei risultati su fibre condizionate
- Fig. 22**
Tabella dei risultati su fibre non condizionate
- Fig. 23**
Grafico $\Delta L / F$ e L_0 / A per fibre non condizionate.
- Fig. 24**
Grafico $\Delta L / F$ e L_0 / A per fibre condizionate.
- Fig. 25**
Macchina di prova utilizzata per effettuare prove di flessione a funzionamento elettrico MATEST con una capacità di 200 kN.
- Fig. 26**
Macchina di prova utilizzata per effettuare prove di compressione.
- Fig. 27 -28**
Curve di deformazione del carico ($P - \delta$) ottenute durante la prova di flessione, riferite al campione rinforzato dallo 0,5% - 1% di fibre (in peso).
- Fig. 29**
Curve di deformazione del carico ($P - \delta$) ottenute durante la prova

di flessione, riferite al campione rinforzato dallo 1,5 % di fibre (in peso).

Fig. 30

Tabella che mostra il carico di picco P_{cr} mostrato da ciascun campione, e i valori della prima resistenza alle cricche, f_{cr}

Fig. 31

Punti di forza medi delle prime crepe delle malte analizzate.

Fig. 32

Punti di forza medi delle resistenze a compressione delle malte analizzate.

Fig. 33

Tabella che mostra il carico della forza F applicato sui campioni, e i valori di variazione percentuale delle resistenze tra campioni condizionati e non condizionati

Fig. 34

Tabella che mostra la resistenza a flessione di ciascun campione a tre diversi valori di deformazione (δ_{cr} , $3 \delta_{cr}$, $5,5 \delta_{cr}$)

Fig. 35

Diagramma trave appoggio - appoggio

IL PROGETTO DEL NUOVO

Fig. 1

Esempio del grigliato scelto

Fig. 2

Esempio del tipo di gradino scelto

Fig. 3

Esempio del tipo di pannello di rivestimento scelto

Tratto da:

Fig. 4

Grafico dell'andamento coefficiente d'esposizione

Tratto da NTC2018

Fig. 5

Vista 3D dell'elemento da dimensionare - cosciali

Fig. 6

Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie

Fig. 7

Vista 3D dell'elemento da dimensionare - travi secondarie interpiano

Fig. 8

Schema statico di riferimento per il dimensionamento delle travi

Fig. 9

Vista 3D dell'elemento da dimensionare - travi primarie interpiano

Fig. 10-11

Schema statico di riferimento per il dimensionamento delle travi

Fig. 12-13

Schema statico di riferimento per il dimensionamento delle travi a sbalzo

Fig. 14

Vista 3D dell'elemento da dimensionare - travi secondarie di copertura

Fig. 14

Vista 3D dell'elemento da dimensionare - travetti di copertura

Fig. 15

Schema statico di riferimento per il dimensionamento delle travi

Fig. 16

Vista 3D dell'elemento da dimensionare - travi primarie di copertura

Fig. 17 - 18

Schema statico di riferimento per il dimensionamento delle travi

Fig. 18

Vista 3D dell'elemento da dimensionare - pilastri

Fig. 25

Definizione dello spettro di risposta

Fig. 26

Definizione dello spettro di risposta di progetto

Fig. 27

Spettri di risposta a seconda dei periodi di ritorno T_R

CLIMATIZZAZIONE

Fig. 1

cartina dell'Italia suddivisa in province e zone climatiche. <https://www.studiomadera.it/news/387-zone-climatiche>.

Fig. 2

Nodo della fondazione

Fig. 3

Grafico delle temperature estratto da IRIS 5.1 . La linea Bianca indica la presenza di condensa interstiziale, mentre quella nera indica la formazione di muffe.

Fig. 5

A sinistra: Grafico delle temperature nel nodo della fondazione; A Destra: Grafico del flusso di calore che attraversa il nodo controterra; Immagini estratte dal software "Therm 7.4"; Soluzioni con l'utilizzo di XPS.

Fig. 4

Ventilconvettore "Sabiana - Carisma CFR".

Indice delle tabelle

IL TERRITORIO

Tab.1

Tabelle dei sentieri e i corrispondenti livelli di difficoltà

TECNOLOGIA SOSTENIBILE

Tab. 1

Dati sulla produzione di cereali in Toscana

Tab. 2

Dati sulla produzione di cereali nella provincia di Grosseto

Tab. 3

Quantità espressa in tonnellata degli scarti del riso in Toscana e nella provincia di Grosseto

Tab. 4

Caratteristiche fisiche dell'intonaco Caratteristiche fisiche dell'intonaco di finitura

Tab. 5

Caratteristiche fisiche dell'intonaco di finitura

Tab. 6

Dati sulla produzione delle olive in Toscana e in provincia di Grosseto

Tab. 7

Quantità espressa in tonnellata degli scarti dell'oliva

Tab. 8

Tabella delle caratteristiche meccaniche della malta

Tab. 9

Tabella delle caratteristiche di resistenza delle fibre di vetro

Tab. 10

Tabella delle caratteristiche tecniche della malta rinforzata

Tab. 11

Tabella delle resistenze totali della muratura ottenute dal software usato con metodo tradizionale

Tab. 12

Tabella delle resistenze totali della muratura ottenute dal software usato con metodo sperimentale

Tab. 13

Tabella delle resistenze della nuova malta rinforzata su supporto murario

IL PROGETTO DEL NUOVO

Tab. 1

Tabella caratteristiche dell'acciaio strutturale

Tab. 2

Tabella dei parametri di vita utile del progetto

Tab. 3

Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni

Tab. 4

Tabella dei valori dei coefficienti di contemporaneità

Tab. 5

Tabella delle caratteristiche geometriche del profilo in acciaio

Tab. 6

Tabella delle caratteristiche geometriche del profilo in acciaio

Tab. 7

Tabella delle caratteristiche geometriche del profilo in acciaio

Tab. 8

Tabella delle caratteristiche geometriche del profilo in acciaio

Tab. 9

Tabella delle caratteristiche geometriche del profilo in acciaio

Tab. 10

Tabella azioni di taglio agenti sull'elemento

Tab. 11

Tabella delle caratteristiche geometriche del profilo in acciaio

Tab. 12

Tabella azioni di taglio agenti sull'elemento

Tab. 13

Tabella dei valori minimi dati da normativa

Tab. 14

Tabella dei valori scelti per il dimensionamento della piastra di collegamento

Tab. 15

Tabella dei valori dimensionati delle azioni di momento sulla piastra e dei corrispondenti bracci

Tab. 16

Tabella dei valori minimi dati da normativa

Tab. 17

Tabella dei valori scelti per il dimensionamento della piastra di collegamento

Tab. 18

Tabella dei valori dimensionati delle azioni di momento sulla piastra e dei corrispondenti bracci

Tab. 19

Tabella dei valori dimensionati delle azioni di momento sulla piastra e dei corrispondenti bracci

Tab. 20

Tabella dei valori geometrici ottenuti

Tab. 21

Tabella dei valori di classe d'uso dell'edificio

Tab. 22

Valori di probabilità di rovina per ciascuno degli stati limite

Tab. 23

Valori dei parametri di a_g , F_o , T_c^* derivanti dallo spettro di risposta

Tab. 24

Tabella dei valori di peso per ogni categoria, utili al calcolo del peso totale della struttura

Tab. 25

Tabella delle caratteristiche delle strutture interessate

CLIMATIZZAZIONE

Tab. 1

Tabella delle specifiche di progetto.

Tab. 2

Tabella del calcolo delle dispersioni per ventilazione meccanica.

Tab.3

Tabella delle trasmittanza degli elementi di chiusura.

Tab. 4

Tabella delle superfici di tutte le chiusure opache.

Tab. 5

Tabella riassuntiva di tutte le dispersioni termiche invernali.

Tab. 6

Tabella delle irradiazioni solari massime estive incidenti su superfici verticali, per una latitudine di 42°.

Tab. 7

Tabella riassuntiva dei rientri per irraggiamento agli orari considerati e i massimi valori di rientro per irraggiamento.

Tab. 8

Tabella riassuntiva del numero di utenti, del calore sensibile a persona e del calore sensibile totale, per ogni sala.

Tab. 9

Tabella dei ΔT equivalenti delle chiusure verticali opache per le ore 09:00, 12:00, 16:00.

Tab. 10

Tabella dei ΔT equivalenti delle coperture per le ore 09:00, 12:00, 16:00.

Tab. 11

Tabella riassuntiva dei valori considerati; le superfici sono divise per esposizione.

Tab. 12

Tabella dei rientri di calore causati da sorgenti interne.

Tab. 13

Tabella riassuntiva di tutti i rientri precedentemente calcolati e dei rientri totali.

Tab. 14

Dati tecnici dei ventilconvettori Sabiana - Carisma CFR3 e Sabiana - Carisma CFR4.

Tab. 15

Tabella riassuntiva del numero di ventilconvettori necessari per ogni sala.

Tab. 16

Tabella riassuntiva del numero di colonne dei radiatori necessari per ogni bagno.

Tab. 17

Tabella riassuntiva di tutte le potenze sviluppate in estate e in inverno, per ogni stanza e il totale su cui dimensionare la pompa di calore.

Tab. 18

Tabella riassuntiva delle caratteristiche delle pompe di calore e il numero di dispositivi richiesti per i ventilconvettori.

ALLEGATI

Schede Iconografiche

SCHEDA ICONOGRAFICA N1



Autore: -

Datazione: 1600-1630

Conservazione: danneggiata ma restaurata

Scala di rappresentazione: Assente

Tecnica: China e acquerello

Descrizione: Pianta prospettica di Castiglione della Pescaia con il porto canale, il padule fino alla Badiola, la Fossa Nuoca emissaria e il Fosso Navigante per Grosseto, con le rotture qui prodotte agli argini dalle piene d'Ombrone per circa 360 canne

Fonte: Archivio di Stato di Firenze, Fondo Miscellanea Medicea, http://www502.regione.toscana.it/searcherlite/cartografia_storica_regionale_scheda_dettaglio.jsp?imgid=16225

SCHEDA ICONOGRAFICA N2



Autore: -

Datazione: -

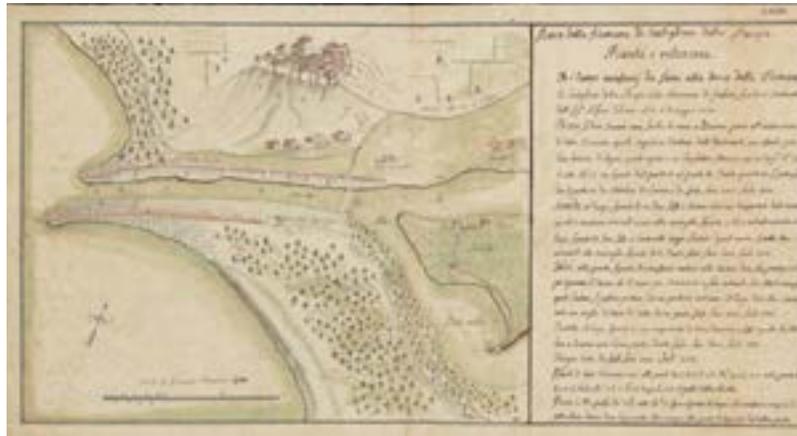
Conservazione: -

Scala di rappresentazione: -

Tecnica: -

Fonte: Principe, *Fortificazioni e città nella Toscana lorenese*, Mapograf, Vibo Valentia 1988

SCHEDA ICONOGRAFICA N3



Autore: -

Datazione: 6 Maggio 1710

Conservazione: buona

Scala di rappresentazione: 1:1176

Tecnica: China e acquerello

Descrizione: Bocca della Fiumara di Castiglione della Pescaia. Pianta e Relazione, La mappa raffigura il centro murato collinare di Castiglione con il suo porto canale con a destra enunciata la relazione dei lavori da realizzare per rendere efficiente l'approdo. Questi consistevano nel dragare il canale e rinforzare i muri laterali di contenimento del terreno a protezione del canale.

Fonte: Archivio di Stato di Firenze, Piante dello Scrittoio delle Fortezze e Fabbriche, http://www502.regione.toscana.it/searcherlite/cartografia_storica_regionale_scheda_dettaglio.jsp?imgid=15557

SCHEDA ICONOGRAFICA N4



Autore: -

Datazione: 1759

Conservazione:

Scala di rappresentazione:

Tecnica: China e acquerello

Descrizione: Pianta di Castiglione della Pescaia, parte del suo territorio, Fiumara e parte della Pineta Paludina

Fonte: Archivio di Stato di Firenze, Miscellanea di Piante



Autore: -
 Datazione: 1769
 Conservazione: -
 Scala di rappresentazione: Assente
 Tecnica: Stampa su carta, bianco e nero

Descrizione: Il fabbricato, è raffigurato in quattro tavole: in pianta, negli spaccati longitudinale e latitudinale e nella facciata rivolta verso Castiglione della Pescaia. Si tratta di un edificio dalle massicce fondamenta, a due piani (l'inferiore per i macchinari per il sollevamento delle cateratte, il superiore per l'abitazione del custode), con tre arcate e altrettante cateratte sottostanti che, opportunamente chiuse o aperte da appositi grossi argani, dovevano servire al controllo delle acque lacustri in rapporto al loro deflusso in mare, e insieme come passaggio obbligato per la pesca delle anguille.

Fonte: ASF, Fondo Miscellanea di Piante, Collocazione: Loenardo Ximenes. Della fisica riduzione della Maremma Senese, Firenze, Moucke, tavv. I-IV) http://www.toscanatirrenica.it/index_P.html#



Autore: -
 Datazione: 1769
 Conservazione: -
 Scala di rappresentazione: Assente
 Tecnica: Stampa su carta, bianco e nero

Descrizione: Il fabbricato, è raffigurato in quattro tavole: in pianta, negli spaccati longitudinale e latitudinale e nella facciata rivolta verso Castiglione della Pescaia. Si tratta di un edificio dalle massicce fondamenta, a due piani (l'inferiore per i macchinari per il sollevamento delle cateratte, il superiore per l'abitazione del custode), con tre arcate e altrettante cateratte sottostanti che, opportunamente chiuse o aperte da appositi grossi argani, dovevano servire al controllo delle acque lacustri in rapporto al loro deflusso in mare, e insieme come passaggio obbligato per la pesca delle anguille.

Fonte: ASF, Fondo Miscellanea di Piante, Collocazione: Loenardo Ximenes. Della fisica riduzione della Maremma Senese, Firenze, Moucke, tavv. I-IV) http://www.toscanatirrenica.it/index_P.html#

SCHEDA ICONOGRAFICA N7



Autore: R. Gentili, S. Gentili, C. Mangani, C. Moni

Datazione: 1967

Conservazione: -

Scala di rappresentazione: -

Tecnica: -

Descrizione: Veduta del borgo storico, delle sue architetture in relazione con la città moderna

Fonte: R. Gentili, S. Gentili, C. Mangani, C. F. Moni, Castiglione della Pescaia: studio di un borgo medioevale, Quaderno n. 14, supplemento al n. 12 - 1967 del Bollettino Stampa, Ufficio Studi - Stampa Provincia di Grosseto, Grosseto 1967

SCHEDA ICONOGRAFICA N8



Autore: Antonio Piccioli

Datazione: 1822

Conservazione: Buono (restaurato)

Scala di rappresentazione: 1:1250

Tecnica: -

Descrizione: Mappa di Castiglione della Pescaia, 1822 Sezione M - Foglio 1

Fonte: ASG - Antico Catasto Toscano - Castiglione della Pescaia

SCHEDA ICONOGRAFICA N9



Autore: -

Datazione: 1769

Conservazione: -

Scala di rappresentazione: Assente

Tecnica: Stampa su carta, bianco e nero

Descrizione: Il fabbricato, è raffigurato in quattro tavole: in pianta, negli spaccati longitudinale e latitudinale e nella facciata rivolta verso Castiglione della Pescaia. Si tratta di un edificio dalle massicce fondamenta, a due piani (l'inferiore per i macchinari per il sollevamento delle cateratte, il superiore per l'abitazione del custode), con tre arcate e altrettante cateratte sottostanti che, opportunamente chiuse o aperte da appositi grossi argani, dovevano servire al controllo delle acque lacustri in rapporto al loro deflusso in mare, e insieme come passaggio obbligato per la pesca delle anguille.

Fonte: ASF, Fondo Miscellanea di Piante, Collocazione: Loenardo Ximenes. Della fisica riduzione della Maremma Senese, Firenze, Moucke, tavv. I-IV) http://www.toscanatirrenica.it/index_P.html#

SCHEDA ICONOGRAFICA N10



Autore: -

Datazione: 1939

Conservazione: -

Scala di rappresentazione:

Tecnica:

Descrizione: Castiglione della Pescaia, Impianto del nuovo catasto

Fonte: ASG, Impianto del Nuovo Catasto, F. CVI

SCHEDA ICONOGRAFICA N11



Autore: -i

Datazione: 1999

Conservazione: -

Scala di rappresentazione: -

Tecnica: Fotografia

Descrizione: Veduta del prospetto principale di Palazzo Centurioni su Via dell'Ospedale

Fonte: Palazzo Centurioni: ricerche e contributi per il progetto di restauro, Tip. La Castiglione, Castiglione della Pescaia 1999, p. 52

*Documentazione
strutturale storica*

Documentazione strutturale storica

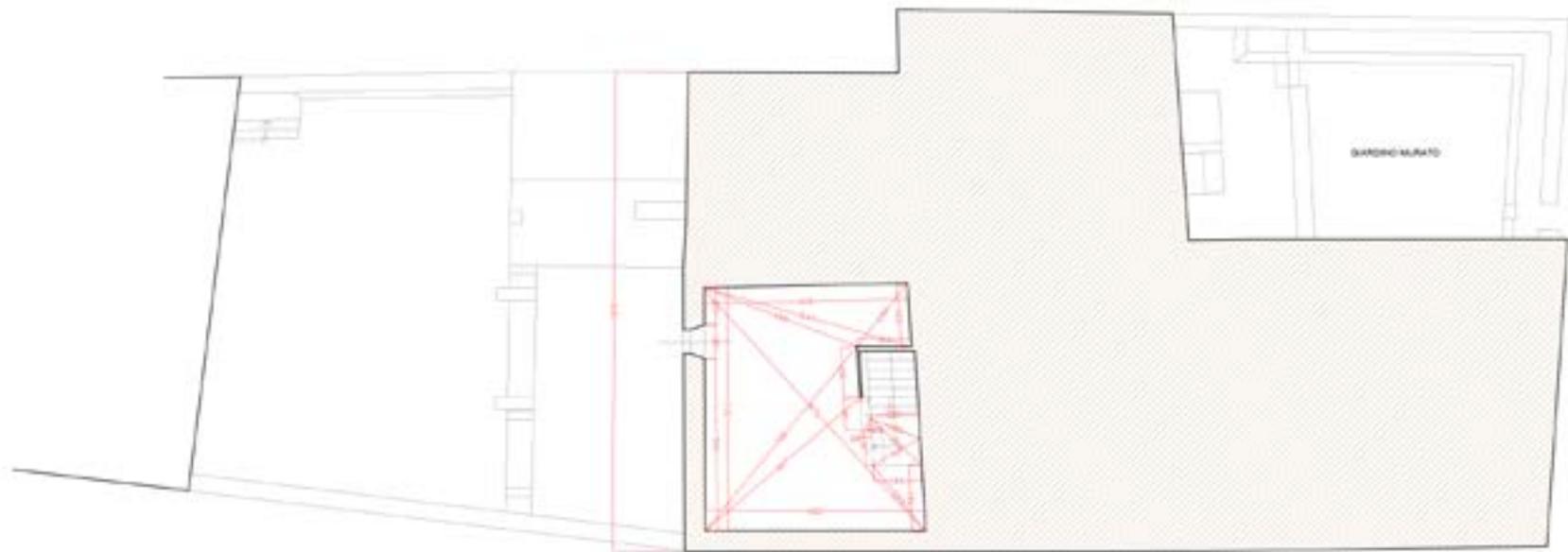
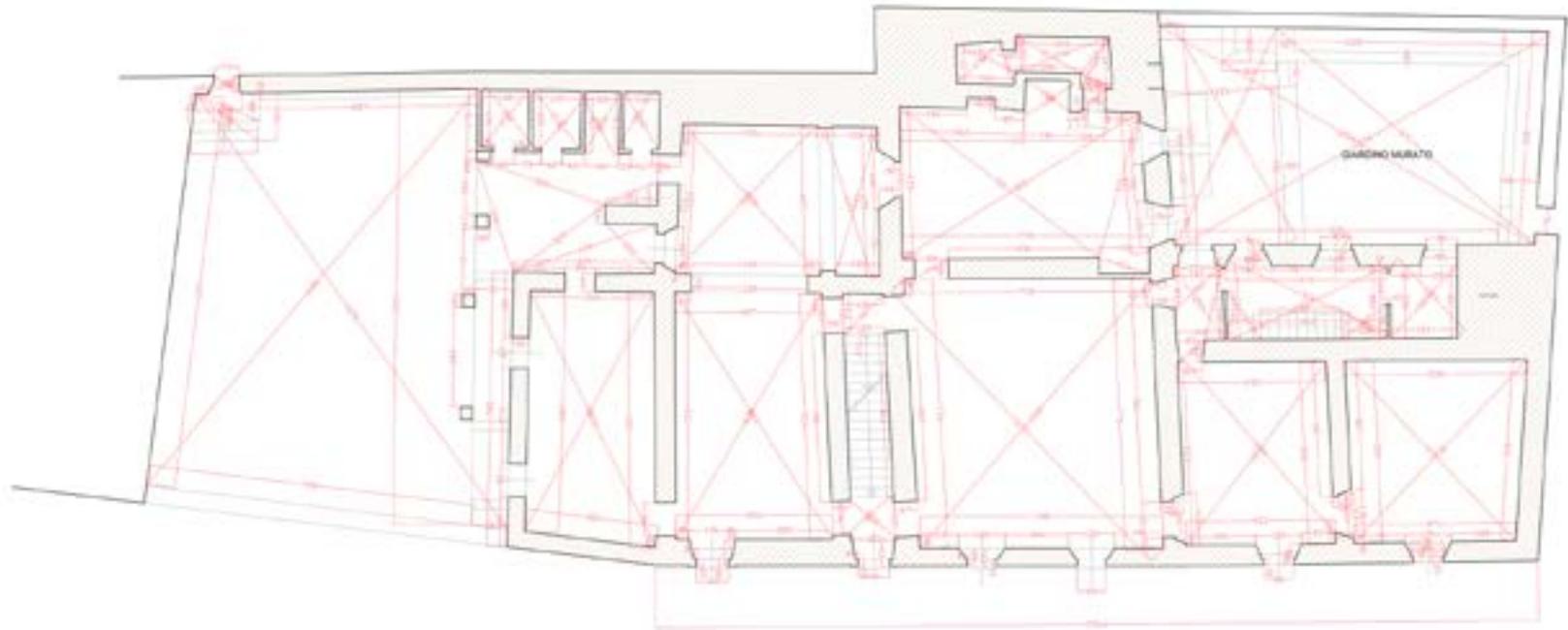
In questa sezione del capitolo degli allegati si inseriscono i documenti e le informazioni riguardanti la struttura di Palazzo Centurioni e gli interventi di consolidamento e restauro conservativo fatti tra il 2007 e il 2009.

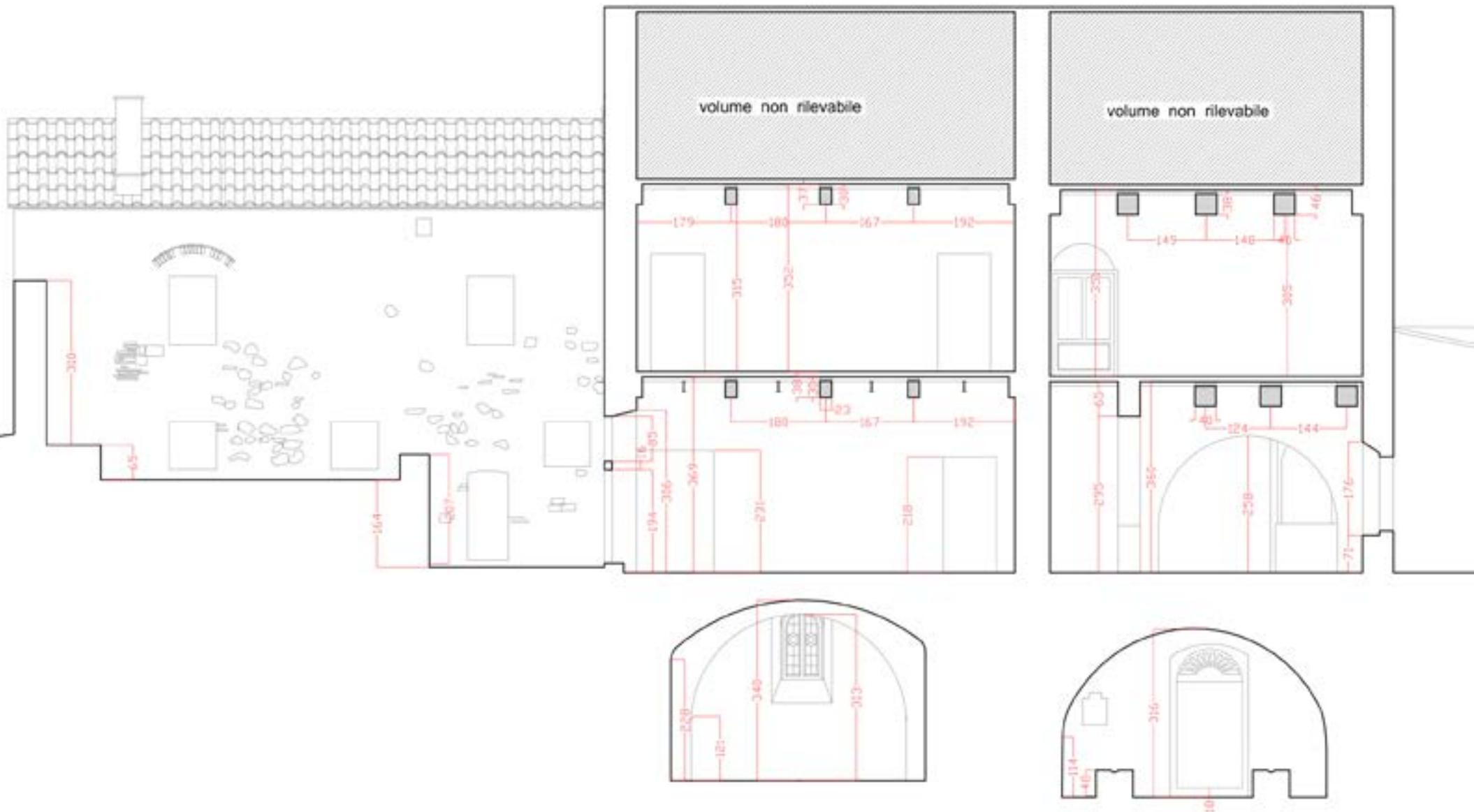
Questi hanno interessato per lo più gli ambienti del piano terra perciò si ritrovano più documenti e stralci di progetto riguardanti la rifunzionalizzazione degli ambienti voltati.

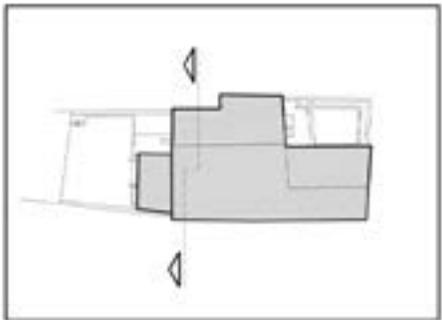
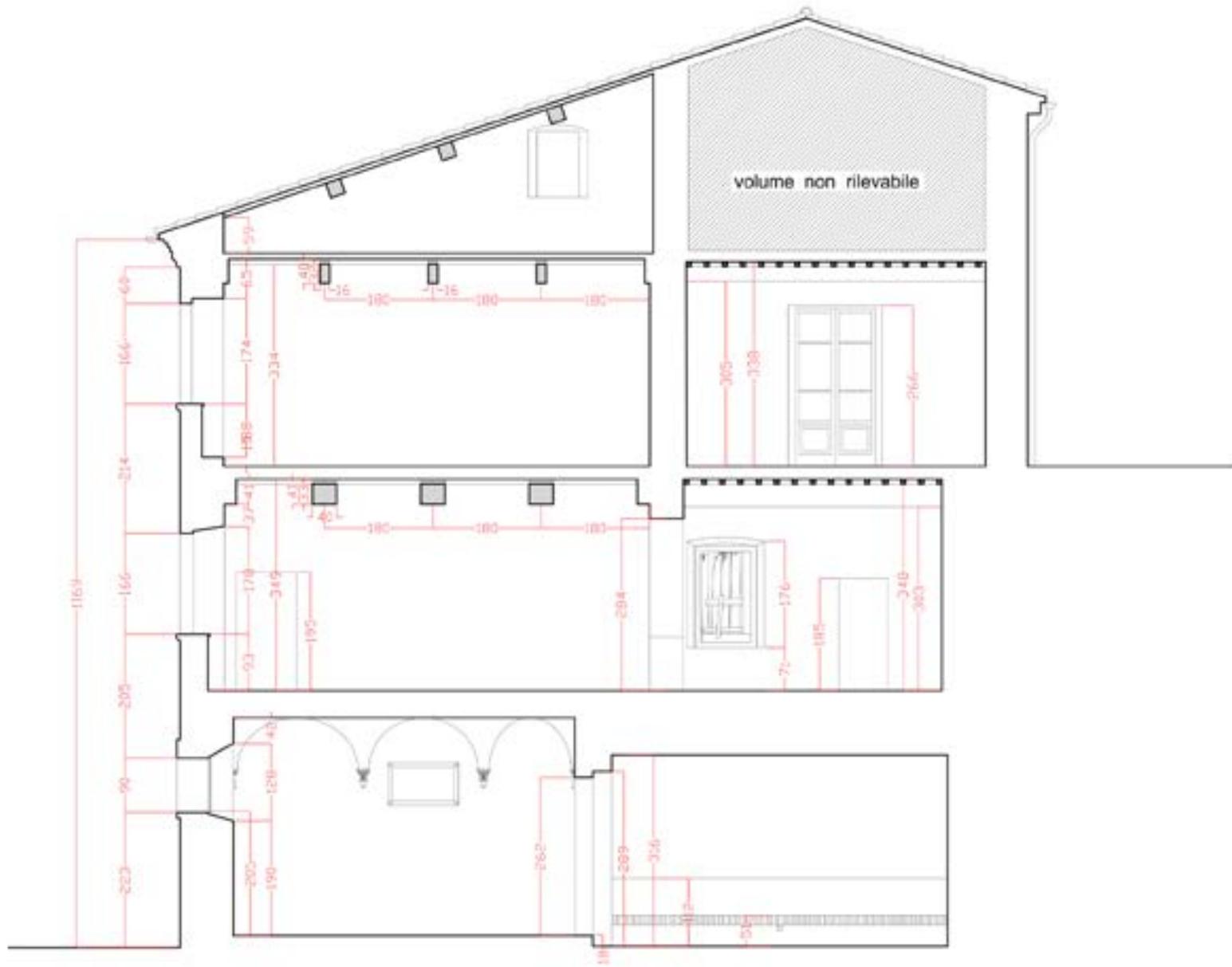
Essi sono stati gentilmente messi a disposizione dall'amministrazione comunale con cui si è collaborato molto, in particolare con l' arch. Nadia Poltronieri.

Oltre ad essere stata nostro intermediario con il resto dell'amministrazione del comune è stata, insieme ad altri professionisti e colleghi, progettista di tale rifunzionalizzazione e restauro.

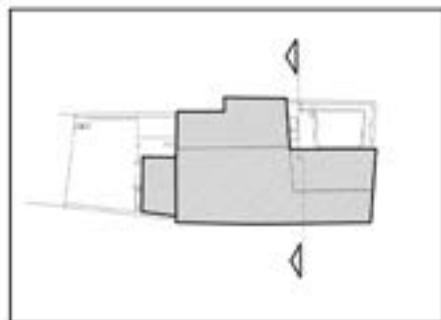
Oltre a questi documenti cartacei utilizzati per la consultazione, sono stati condivisi anche file dwg utili per una completa comprensione del rilievo del bene.







—





COMUNE DI CASTIGLIONE DELLA PESCAIA
ufficio Lavori Pubblici

CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE, CONSERVAZIONE
E RIUSO DEL PALAZZO CENTURIONI IN CASTIGLIONE
DELLA PESCAIA

- STRALCIO FUNZIONALE DEL PIANO TERRA -

PROGETTO DEFINITIVO

STATO MODIFICATO
pavimenti

progetto di:
arch. NADIA POLTRONIERI, arch. ROBERTO ROSSI

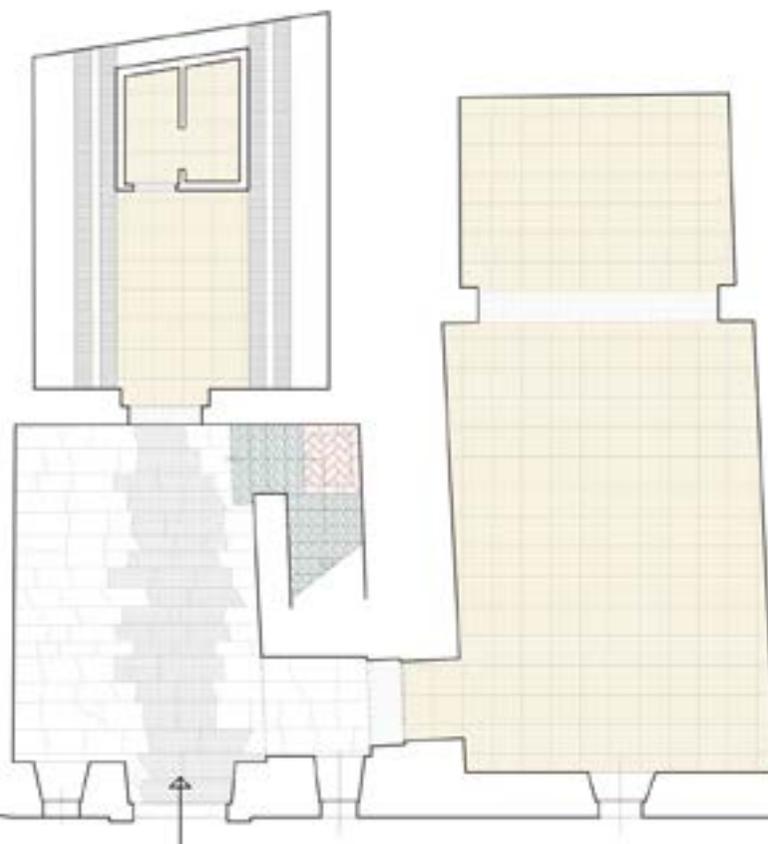
TAV. 5

scala 1:50

DATA _____

LEGENDA

-  PIANELLE IN COTTO
-  RIPRISTINO IN PIETRA
-  GRES PORCELLANATO
-  TRAVERTINO TRANI
-  ARDESIA





COMUNE DI CASTIGLIONE DELLA PESCAIA
ufficio Lavori Pubblici

CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE, CONSERVAZIONE
E RIUSO DEL PALAZZO CENTURIONI IN CASTIGLIONE
DELLA PESCAIA

- STRALCIO FUNZIONALE DEL PIANO TERRA -

PROGETTO DEFINITIVO

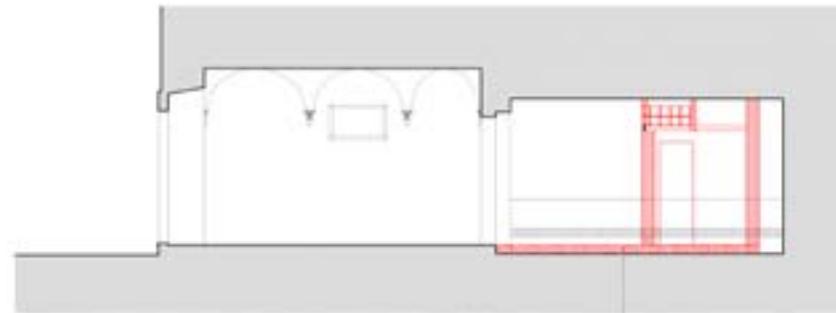
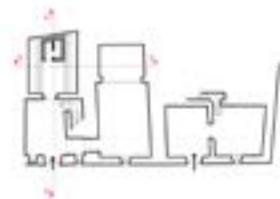
STATO SOVRAPPOSTO

progetto di:
arch. NADIA POLTRONIERI, arch. ROBERTO ROSSI

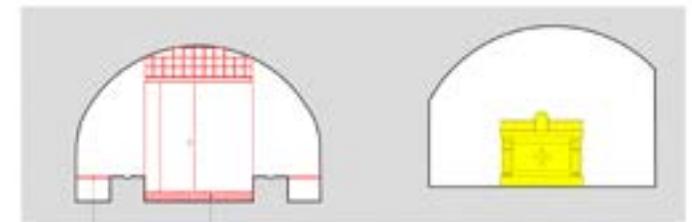
TAV. 3

scala 1:50

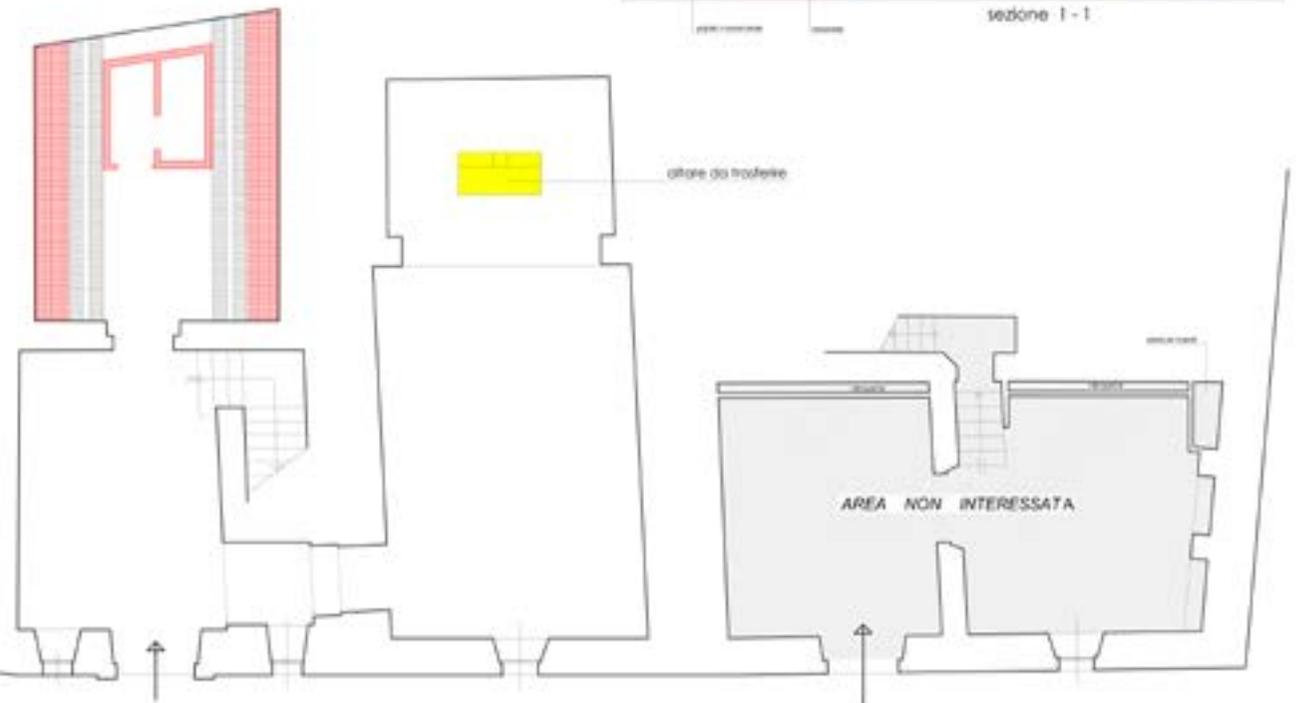
DATA _____



sezione 3-3



sezione 1-1





COMUNE DI CASTIGLIONE DELLA PESCAIA
ufficio Lavori Pubblici

CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE, CONSERVAZIONE
E RIUSO DEL PALAZZO CENTURIONI IN CASTIGLIONE
DELLA PESCAIA

- STRALCIO FUNZIONALE DEL PIANO TERRA -

PROGETTO DEFINITIVO

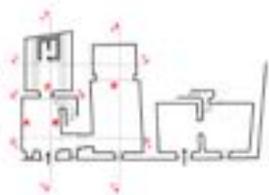
STATO MODIFICATO
sezioni

progetto di:
arch. NADIA POLTRONIERI arch. ROBERTO ROSSI

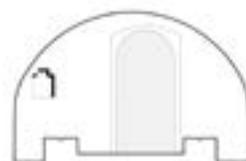
TAV. 7

scale 1:20

data _____



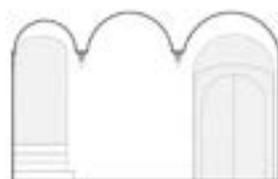
sezione 5-5



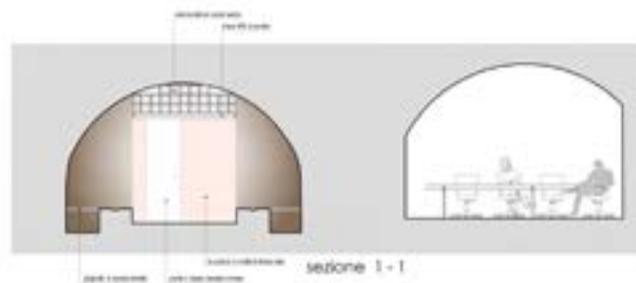
prospetto C



prospetto D



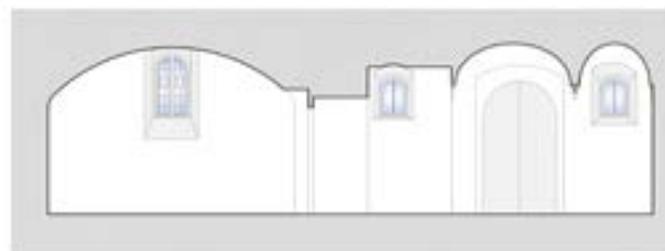
prospetto B



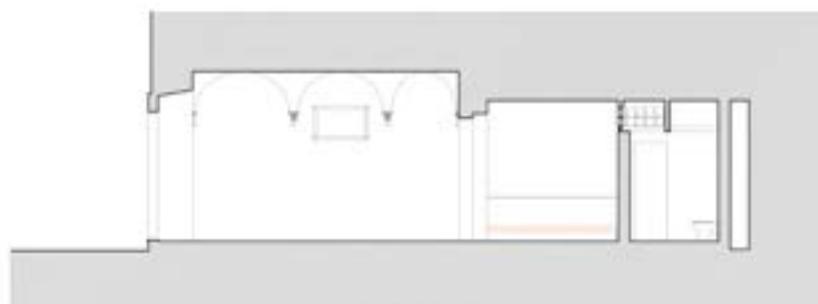
sezione 1-1



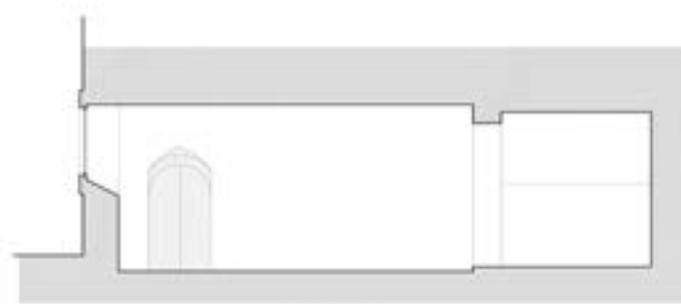
prospetto A



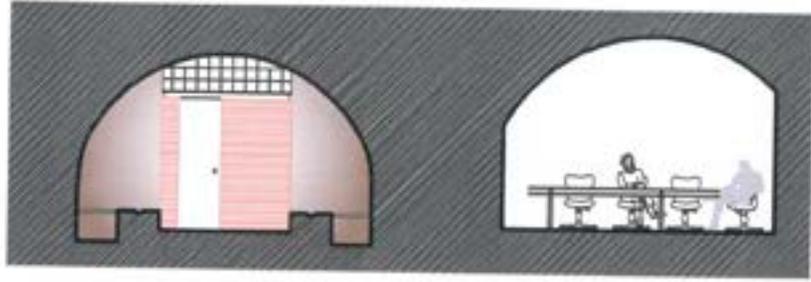
sezione 2-2



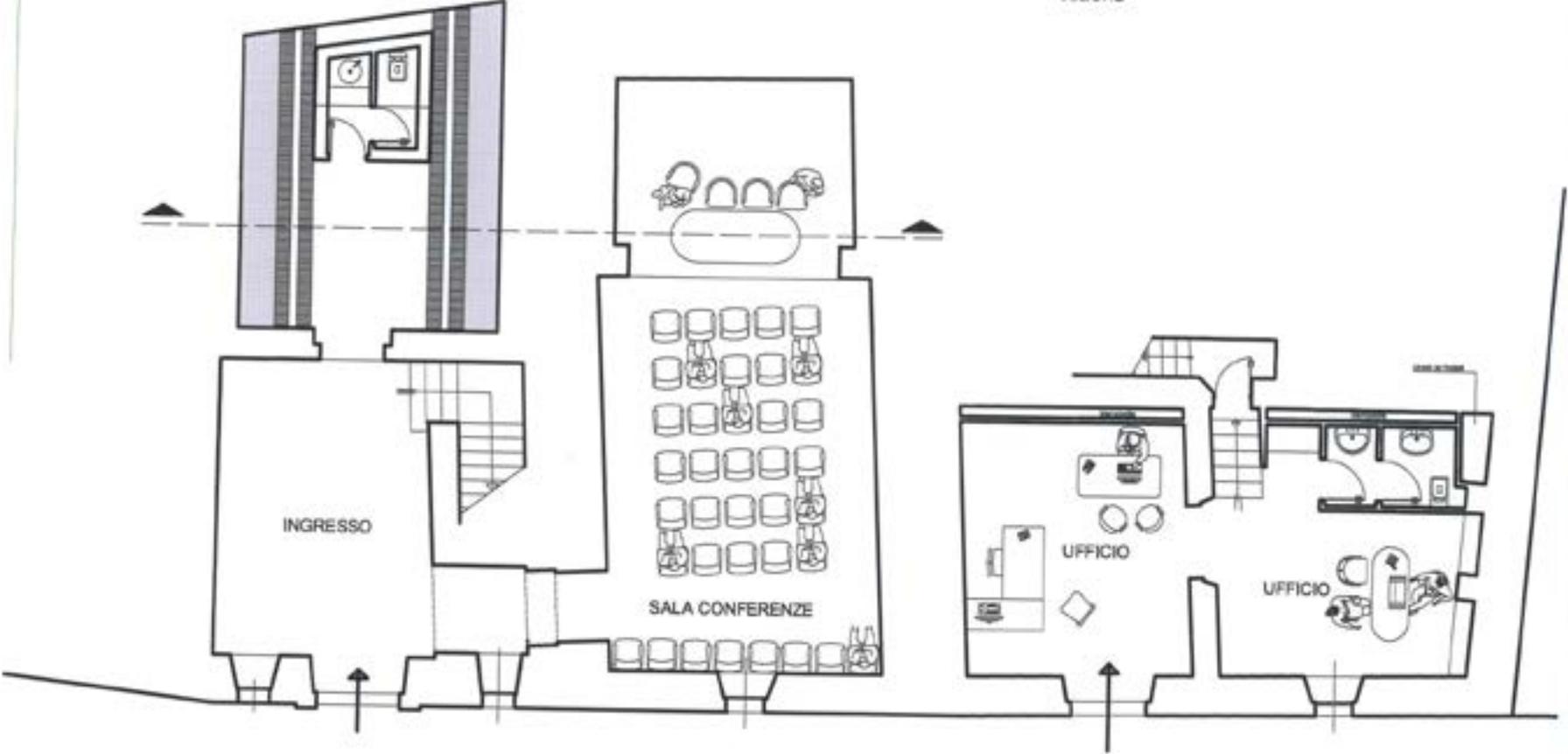
sezione 3-3

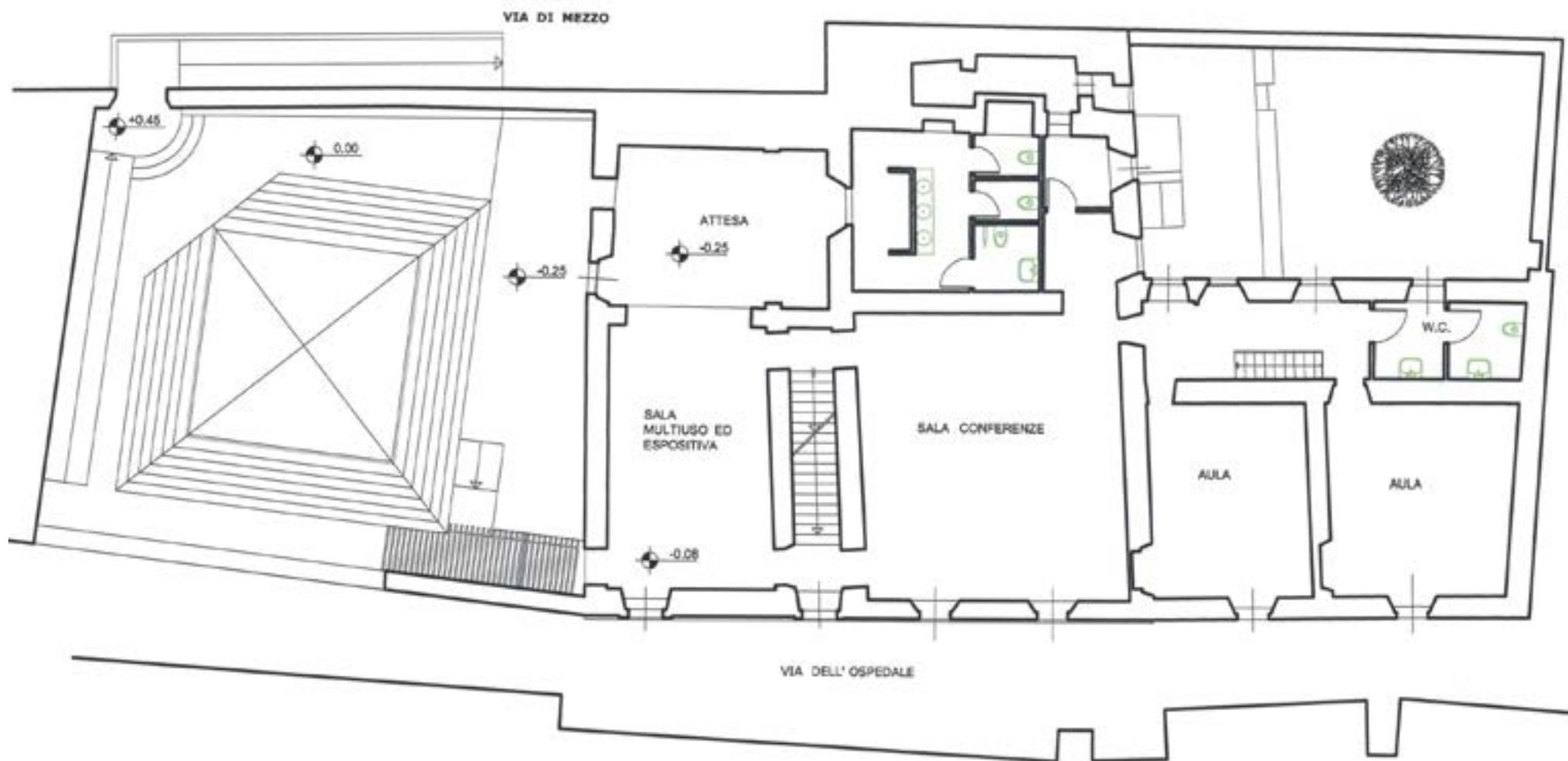


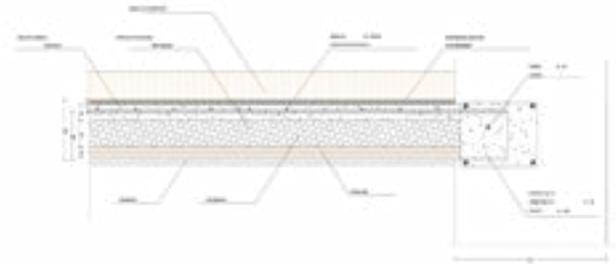
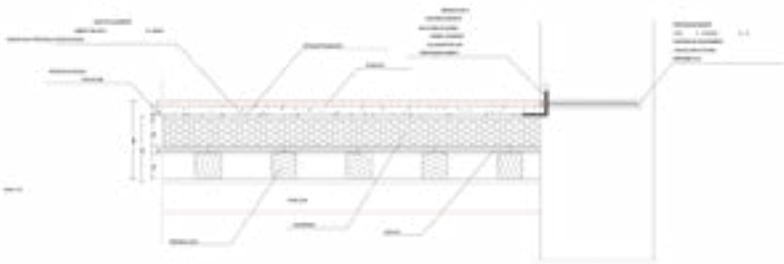
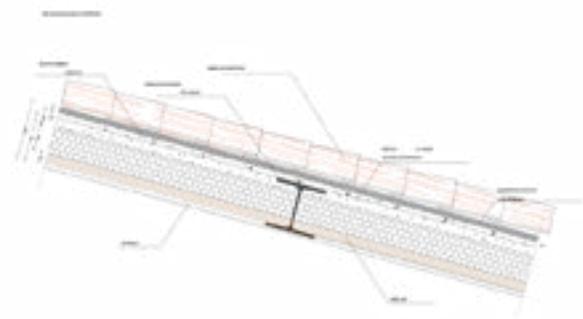
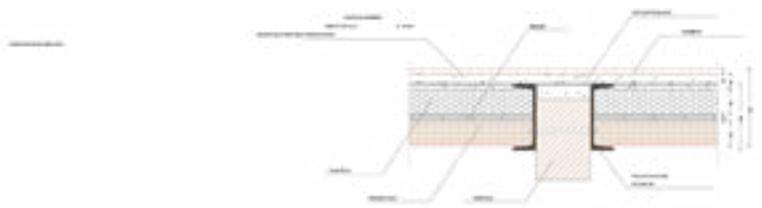
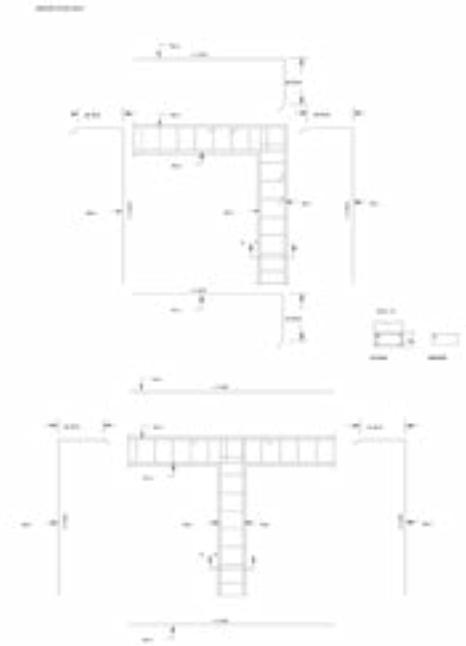
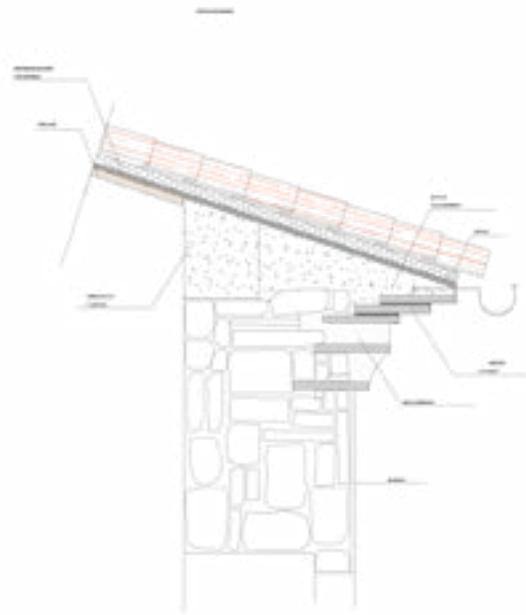
sezione 4-4

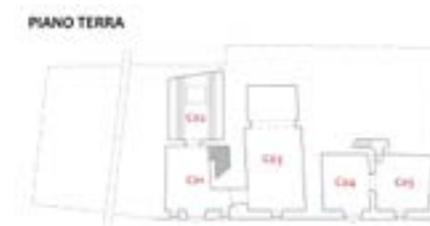


sezione









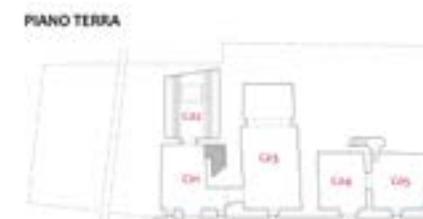
Anno: 2005

Fonte: Amministrazione comunale di Castiglione della Pescaia

Descrizione: Stato di fatto del portone e della finestra a vetri colorati prima dell'inizio degli interventi di restauro. Immagini dell'ambiente interno di cantina corrispondente alla stanza C01 e C02, come segnato in legenda.

Queste immagini descrivono lo stato di conservazione degli ambienti interni voltati prima di qualsiasi tipo di intervento di consolidamento e riuso.

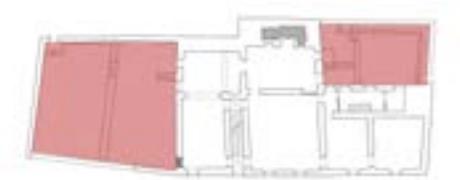




Anno: 2005

Fonte: Amministrazione comunale di Castiglione della Pescaia

Descrizione: Stato di fatto dell'altro ambiente voltato prima dell'inizio degli interventi di restauro. In particolare si può notare lo stato di degrado delle pareti e dell'altare in pietra che si trova nello spazio nominato in legenda C03.



Anno: 2005

Fonte: Amministrazione comunale di Castiglione della Pescaia

Descrizione: Stato di fatto dei prospetti interni del palazzo sporgenti sulle terrazze esterne.

Queste immagini descrivono lo stato di conservazione delle originali murature dell'edificio prima di qualsiasi tipo di intervento e attestano la presenza di due edifici adiacenti, corrispondenti ai bagni dedicati ai bambini dell'asilo.

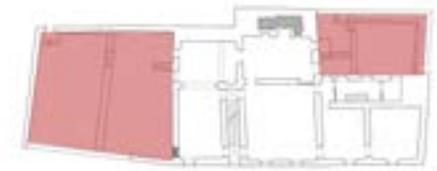


Anno: 2005

Fonte: Amministrazione comunale di Castiglione della Pescaia

Descrizione: Stato di fatto di alcuni ambienti interni del palazzo, nello specifico si rilevano lo stato delle pareti dalla stanza C14 e della presenza degli affreschi sotto le stratificazioni d'intonaco.

Accanto invece, descrivono lo stato di consolidamento di un solaio tipo dell'edificio



Anno: 2009

Fonte: Amministrazione comunale di Castiglione della Pescaia

Descrizione: Stato di fatto dopo gli interventi di restauro e consolidamento. Si possono osservare, in particolare, quelli effettuati nei prospetti esterni e sul cornicione del palazzo in cui viene ripreso la modanatura e l'integrazione delle pietre originali nel solaio a piano terra nell'ambiente principale d'ingresso.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano in maniera speciale tutti i docenti, il personale della segreteria, in modo particolare a Sandro Morselli che ha reso più facile l'esperienza burocratica all'interno, e tutti quelli che ci hanno, seppur indirettamente, aiutato in questo lungo e difficile percorso lontano dagli affetti più cari.

In particolare, ringraziamo la professoressa Elisabetta Rosina che ci ha fatto appassionare alla sua materia e ci ha seguito nel percorso di tesi, nonostante alcune difficoltà incorse durante al periodo pandemico. Grazie per il sostegno e i consigli dati

Un altro doveroso ringraziamento lo dobbiamo al nostro correlatore Edoardo Oliviero Radaelli che ci ha supportato riguardo le tematiche strutturali nel percorso di tesi e al professor Lorenzo Jurina per la sua passione e i suoi insegnamenti in materia di consolidamento strutturale di cui ci siamo profondamente appassionati.

Un ulteriore ringraziamento lo esprimiamo nei confronti dell'arch. Nadia Poltronieri, della vice sindaco Elena Nappi e tutti gli ingegneri, assessori e personale dell'amministrazione del comune di Castiglione della Pescaia che ci hanno supportato nel lavoro e ci hanno dato l'occasione di poter lavorare su un tema così importante e identitario della nostra cultura. Speriamo che questo progetto possa contribuire alla rifunzionalizzazione del Palazzo e ad una nuova visione di come poter rilanciare il magnifico borgo murato di Castiglione della Pescaia.

Grazie

Grazie.

A mamma e a papà, spero di avervi reso orgogliosi non solo del risultato ma di tutto l'impegno, figlio di tutti i vostri sacrifici, che è stato messo in questo lungo e pesante percorso pieno di sfide a volte per niente facili.

A nonna Pina e a nonno Pietro, so che sareste stati orgogliosi di questo percorso e so che avreste fatto di tutto per potermi aiutare, come mamma e papà.

Ad Ale, un fedele compagno, un amico che, nonostante l'immensa distanza che da 9 anni ci divide, non mi ha mai lasciato sola in balia dalle mie pazzie, i miei momenti d'ansia e di paura, ti amo.

A Simona, un'amica con la A maiuscola con cui abbiamo condiviso tanto.

A Fe e Lorenzo colleghi diventati amici.

Al prof. Lorenzo Jurina, E. Oliviero Radaelli e a tutti i colleghi dello studio che mi hanno accolto durante il percorso di tirocinio a da cui ho imparato e sto imparando tanto e che mi hanno supportato nel percorso di tesi con comprensione e gentilezza.

A Palermo, la cui bellezza, storia e architettura mi ha portato ad intraprendere questo percorso iniziato proprio lì e che spero un giorno mi ci possa riportare col fine di renderla migliore.

Gabriella

Un ringraziamento speciale a Gabriella, con cui ho affrontato, tra alti e bassi tutti questi anni, con l'augurio che possa realizzare tutti i propri sogni lavorativi e non. Ai miei genitori, che hanno fatto tantissimi sacrifici per permettermi un futuro più sicuro e per il sostegno nei momenti più difficili di questa esperienza, senza loro non sarei arrivato a questo punto della mia vita, mi avete insegnato tanto.

Ai miei nonni, che sono stati dei veri e propri genitori perché non mi hanno mai lasciato solo quando i miei genitori si rompevano la schiena al lavoro, il mio rammarico più grande resterà il fatto che nonno Gianni e nonno Vittorio come nonna Giovanna e la nonna Concetta non abbiano potuto vedere la fine di questo mio percorso, vi porterò per sempre nel mio cuore.

A Simona che è entrata nella mia vita e ha sopportato tutte le mie incandescenze legate allo studio e che da subito ha saputo sostenermi e calmarmi, cosa non semplice, un grazie immenso va anche a te.

Ringrazio anche tutti i miei amici: Augu, Shady, Capra, Edo, Teo, Nico, Martha, Ste, Mery, Peppe, e tanti altri con cui ho passato questi anni lontano da casa, in una realtà molto diversa da quella a cui ero abituato, anche grazie a voi sono cresciuto. Un grazie speciale a Giulia e a Giacomo, ci siamo sostenuti a vicenda in situazioni talvolta sfiancanti, ma ne siamo usciti e ne continueremo ad uscire più forti.

Un grazie anche a tutti i miei amici di Palermo: Mazzo, Adri, Nino, Manny e tanti altri. Mi avete che nonostante le distanze e le difficoltà personali si può riuscire a mantenere una così forte e lunga amicizia.

Ultimi, ma non per importanza un grazie a tutti i compagni con cui ho affrontato i laboratori: siamo entrati colleghi e ne siamo usciti amici.

Giovanni

