



COMUNE DI VENEZIA

PROPONENTE

GT 3
Lido Immobiliare srl

GT 3 Lido Immobiliare srl
Via Famagosta 2
30126 Lido di Venezia

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

ARCHITETTURA E COORDINAMENTO ATTIVITÀ



Torsello
Architettura

TA srl Torsello Architettura
via Alipio Cappelletto 4a - 30172 Venezia Mestre
www.taarchitettura.com
Arch. Alberto Torsello

URBANISTICA E AMBIENTE



AGRI.TE.CO. Ambiente Progetto Territorio
via Toffoli, 13 - 30135 Marghera (VE)
www.agriteco.com
Dott. Alessandro Vendramini
Dott.ssa Roberta Rocco
Ing. Loris Lovo
Arch. Francesco Bortolato

STRUTTURE E INFRASTRUTTURE



Milan Ingegneria S.p.A.
Via Thaon di Revel 21-20159 Milano
Santa Croce 458/A-30135 Venezia
www.buromilan.com
Ing. Maurizio Milan
Ing. Massimiliano Milan

IMPIANTI E PREVENZIONE INCENDI



TFE Ingegneria srl
via Friuli Venezia Giulia, 8 - 30030 Pianiga (VE)
www.tfeingegneria.it
Ing. Zeffirino Tommasin
Ing. Antonio Bisaglia

PAESAGGIO



CZstudio associati
Corso del Popolo, 89 - 30172 Venezia
www.czstudio.com
Arch. Paolo Cecon
Arch. Laura Zampieri

PROGETTO PARCO TECNOLOGICO (EX OSPEDALE AL MARE LIDO - VENEZIA) denominato MARE



PROGETTO

Relazione illustrativa strutture

ELABORATO

A5

MARE – LIDO DI VENEZIA

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO

RELAZIONE ILLUSTRATIVA DELLE STRUTTURE

Sommario

1. INTRODUZIONE	4
1.1. IL COMPLESSO EX OSPEDALE AL MARE E PROGETTO MARE TECHNOPARK	5
2. ANALISI STORICO-CRITICA DELLE STRUTTURE DEL COMPENDIO	8
2.1. TIPOLOGIE COSTRUTTIVE E STATO DI CONSERVAZIONE	12
3. CAMPAGNA DI INDAGINI CONOSCITIVE	14
4. PRINCIPI DI PROGETTO STRUTTURALE	15
4.1. INTERVENTI PREVISTI	15
4.2. ASPETTI SISMICI	16
4.3. INTERVENTI DI RECUPERO STRUTTURALE	17
4.3.1. Consolidamento dei terreni di fondazione	17
4.3.2. Membrane elasto-cementizie	17
4.3.3. Rinforzo colonne in calcestruzzo con intonaco strutturale	18
4.3.4. Rinforzo travi con tessuti o lamine di fibra di carbonio	19
4.3.5. Interventi anti-sfondellamento dei solai	20
4.3.6. Intonaco armato	22
4.3.7. Iniezione miscele leganti	22
4.3.8. Scuci-cuci	23
4.4. INQUADRAMENTO NORMATIVO	24
5. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	26
5.1. LEGGI, DECRETI E CIRCOLARI	26
5.2. NORMATIVA TECNICA ITALIANA ED EUROPEA	26
6. MATERIALI	27
6.1. CALCESTRUZZO STRUTTURE NUOVE.....	27
6.1.1. Fondazioni superficiali	27
6.1.2. Setti e nuclei	27
6.1.3. Getto integrativo per sezioni miste acciaio-calcestruzzo.....	27



6.1.4. Getto integrativo per sezioni miste X-Lam calcestruzzo	28
6.2. ACCIAIO STRUTTURE NUOVE	28
6.2.1. Acciaio per c.a. ad armatura lenta.....	28
6.2.2. Acciaio per strutture in carpenteria metallica	28
6.3. LEGNO LAMELLARE STRUTTURE NUOVE	28
6.3.1. Legno lamellare.....	28
6.3.2. X-Lam	28
6.3.3. Connettori in acciaio per solaio misto legno-calcestruzzo	29
6.4. MURATURA ESISTENTE	30
6.5. DURABILITÀ DELLE STRUTTURE IN CALCESTRUZZO ARMATO	32
6.5.1. Copriferro	32
6.5.2. Fessurazione.....	33
6.6. DURABILITÀ DELLE STRUTTURE IN LEGNO.....	34
6.6.1. Trattamenti superficiali del legno.....	35
6.7. DURABILITÀ STRUTTURE METALLICHE	36
6.7.1. Trattamenti superficiali acciaio	36

1. INTRODUZIONE

La società GT 3 Immobiliare S.r.l. promuove l'iniziativa di sviluppo del Progetto di Riqualficazione del complesso ex-Ospedale Al Mare, via dell'Ospedale Marino n.9, Lido di Venezia (VE).

Sarà un parco tecnologico con uffici, residenze e servizi, con recupero del Teatro Marinoni, ristoranti, bar, asilo, biblioteca e palestre. Si chiamerà MARE Technopark.



Figura 1: Ex Ospedale al Mare, Lido di Venezia

Assunto che il complesso immobiliare è sottoposto a tutela di interesse storico e culturale, ex Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 - Codice dei beni culturali e del paesaggio, si dovranno applicare i migliori criteri di conservazione e preservazione.

Il progetto di Architettura e il coordinamento generale sono a cura di TA Architettura Srl, Arch. Alberto Torsello, il progetto del paesaggio di Studio CZ, il progetto urbanistico di AGRI.TE.CO. sc., la progettazione degli impianti termomeccanici, geotermici, elettrici e speciali di TFE Ingegneria Srl.

Milan Ingegneria S.p.A. si fa carico del progetto strutturale e delle reti infrastrutturali.

1.1. IL COMPLESSO EX OSPEDALE AL MARE E PROGETTO MARE TECHNOPARK

Il complesso Ospedale al Mare è composto da 33 edifici, che occupano in un'area di circa 10 ettari.

Il fronte est si affaccia al mare per una lunghezza di 450 metri, il volume edificato è di circa ventimila metricubi.



Figura 2: Foto aerea individuazione edifici

22 sono gli edifici esistenti da riqualificare, la numerazione che segue è indicativa della posizione di ciascun corpo di fabbrica.

1. Padiglione Uffici Accettazione;
2. Padiglione Centrale;
3. Padiglione Friuli;
4. Padiglione Belluno;
5. Padiglione Pediatria;
6. Padiglione Marzotto;
7. Padiglione Cassa di Risparmio;
8. Padiglione Marinoni;
9. Padiglione Vicenza;
10. Padiglione Venezia;
11. Padiglione Principi di Piemonte;
12. Padiglione Verona;
13. Padiglione Orfani di Guerra;
14. Padiglione Schio;
16. Chiesa Santa Maria;
17. Ex Casa Suore;
18. Padiglione Scandiani;
19. Padiglione Cucina-Mensa-Dispensa;
25. Celle Mortuarie;
26. Magazzini Generali;
27. Padiglione Officine;
28. Magazzini Economali;

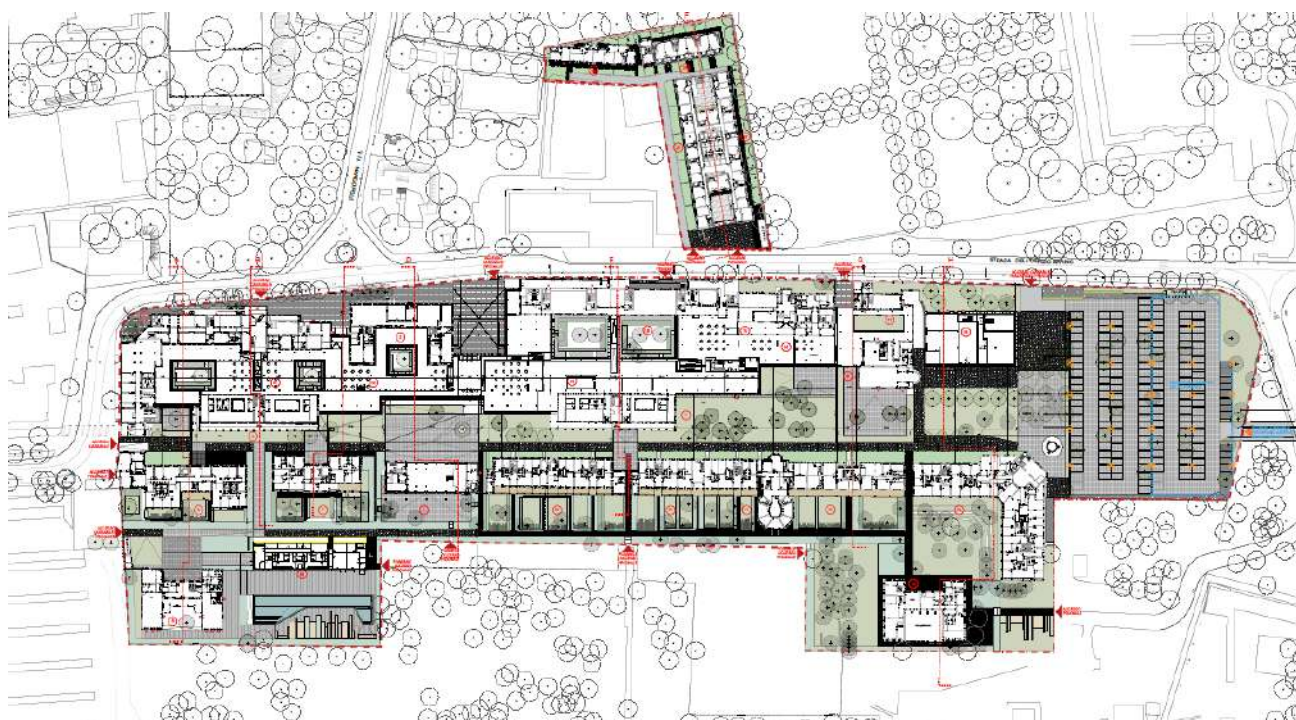


Figura 3: Planimetria individuazione edifici

MARE Technopark interviene in un sito sensibile di Lido di Venezia e di Venezia stessa, il compendio dell'"ex Ospedale al Mare". Dal momento in cui la funzione ospedaliera è stata interrotta, si è creato un vuoto, talvolta ambiguo, che però ha continuato a parlare. MARE Technopark riconnetterà i padiglioni alla funzione originaria a servizio della salute dell'uomo.

Sarà un campus moderno in cui verranno sviluppati software per gestire, diagnosticare, supportare, la salute dell'essere umano sfruttando il potere ormai irrinunciabile dell'Intelligenza Artificiale.

Il campus sarà il polo attrattivo-collaborativo per 900 talenti, ricercatori da tutto il mondo chiamati a sviluppare nuovi programmi e applicazioni. Qui troveranno residenza circa 600 persone in abitazioni di diverse dimensioni a due passi dalla spiaggia. Il Campus metterà a disposizione degli abitanti e dei ricercatori vari servizi: una palestra, una piscina, un asilo, due ristoranti, bar, negozi di vicinato una chiesa e un teatro, nell'ottica di conciliare l'eccellenza della ricerca scientifica con alti standard di qualità della vita.

Il progetto si connette al sito nel rispetto dell'ambiente naturale che lo circonda, con circa 5000 mq di tetti verdi, 800 kW di energia elettrica da fotovoltaico, 250 sonde geotermiche, l'autonomia idrica grazie a depurazione e riutilizzo totali delle acque reflue, la massimizzazione dell'apporto di luce naturale nei luoghi di lavoro. Il tutto osservando un protocollo di sostenibilità con riconoscimento a livello internazionale.

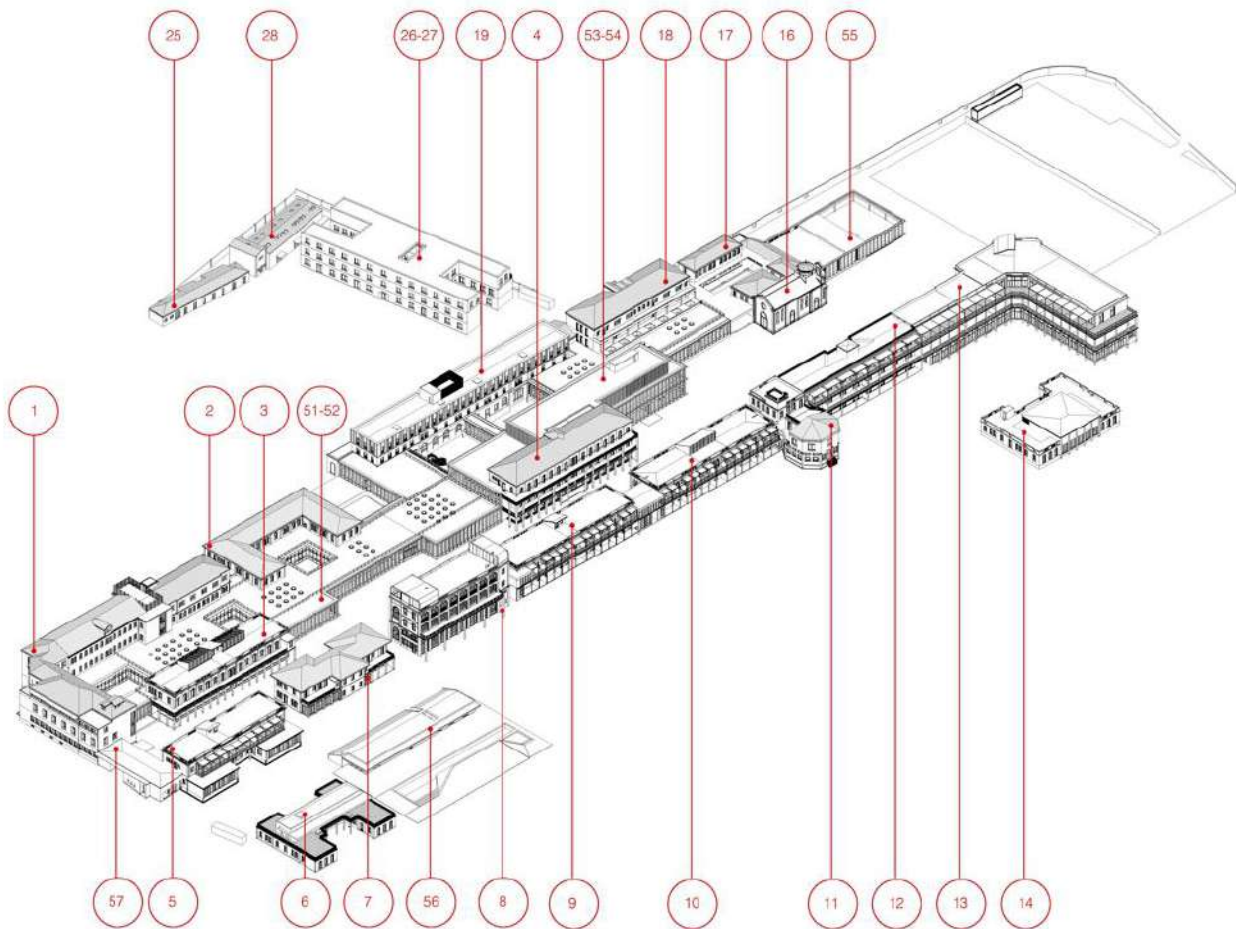


Figura 4: Assonometria individuazione edifici

Il progetto sarà composto da un totale di 30, i primi 22 precedentemente elencati da riqualificare e 8 di nuova costruzione codificati con un numero superiore a 50:

- 51. Piastra 1;
- 52. Piastra 2;
- 53. Piastra 3;
- 54. Piastra 4;
- 55. Centrale Tecnologica;
- 56. Locali tecnici;
- 57. Nuovo ingresso;

2. ANALISI STORICO-CRITICA DELLE STRUTTURE DEL COMPENDIO

La costruzione degli edifici risale agli anni '20 del secolo scorso e presenta i caratteri costruttivi tipici del tempo. Le prestazioni delle strutture portanti sono relativamente povere se comparate agli standard richiesti oggi.



Figura 5: Il compendio negli anni '30

Il progetto riceve approvazione da parte del Genio Civile il 18 agosto 1922.

Dalle planimetrie e dalle immagini d'epoca, sono evidenti le notevoli modifiche del complesso soprattutto per quanto riguarda i padiglioni fronte mare.

Il primo padiglione "Dozzinanti" ora "Padiglione Pediatria" si aggiunge a due costruzioni del tutto diverse rispetto ai padiglioni comuni. Sono il padiglione "Cassa di Risparmio" e il "Ricreatorio Marinoni" che nell'originaria edificazione era ad un piano.



Figura 6: Fasi di cantiere, anni '20

Tra il 1921 e il 1922 si realizzano sul fronte strada di via Ospizio Marino il "Padiglione Osservazione", originariamente ad un piano, e il "Padiglione Servizi Generali". Inoltre, tra questi e quelli fronte mare, viene

costruito il primo padiglione chirurgico intestato a “Regione Friuli”, la piccola portineria con alloggio per il custode, oggi non più riconoscibile, e il primo nucleo adibito a lavanderia. Alla fine del 1922 con la realizzazione dei padiglioni l’Ospizio Marino inizia l’attività ospitando i primi 800 pazienti per la cura della tubercolosi.

Successivamente, come previsto nel progetto dello Spandri, dopo l’edificazione dei primi 3 edifici fronte mare tra gli anni 1923 e 1924 verranno in continuità realizzati il “Padiglione Vicenza”, il “Padiglione Venezia”, che verranno collegati da un passaggio aereo all’altezza delle terrazze, e il “Padiglione Verona” che nell’edificazione originaria risultava a 2 piani.

Lungo il percorso centrale dell’area ospedaliera sempre nel corso del 1924 viene edificato l’allora denominato “Padiglione Vicenza” che successivamente prenderà il nome di “Padiglione Belluno” identico per forma, tipologia e numero di piani all’ identico “Padiglione Friuli”; entrambi gli edifici sorgono a 2 piani e solo il “Padiglione Belluno” nel 1950 verrà sopraelevato di un ulteriore piano ed inoltre recentemente si realizzerà, sul lato della terrazza, un tamponamento della facciata con una struttura in calcestruzzo.

Con quest’ ultime realizzazioni si conclude la prima fase edificatoria dell’attuale “Ospedale al Mare”. Il successivo periodo tra il 1926 e 1932 risulta quello del più grande cambiamento che vede la trasformazione da ospedale-colonia ad una struttura ospedaliera dotata di reparti di chirurgia, medicina, ortopedia, ecc. diventando quello che a tutt’ oggi è l’“Ospedale al Mare”, denominazione assunta il 30 novembre 1933. Un importante fattore del periodo è la trasformazione qualitativa con il miglioramento estetico delle grezze strutture originarie.

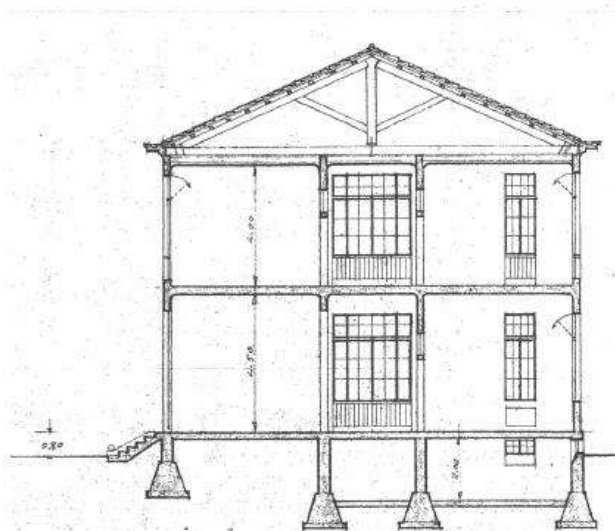
In questo periodo, databile attorno al 1928, il “Padiglione Mario Marinoni” che inizialmente ricreatorio per i malati, viene abbattuto per costruire quello che sarà fino al 1933 il più grande padiglione dell’area ospedaliera.

In cemento armato per un’altezza di tre piani, sarà dotato anche di un ampio magazzino, non sarà più solo un ricreatorio con un pregevole teatro con decorazioni in stile “Liberty” ma dal primo e secondo piano sarà infermerie per il reparto medicina e una terrazza ampia quanto l’intero fabbricato, utilizzata per l’elioterapia.

Tra il 1928 e 1930 all’ interno dell’area dell’Ospedale al Mare vengono realizzati altri quattro edifici, le prime due costruzioni con “pianta ad H” che prenderanno il nome di “Padiglione Schio” e “Padiglione Valdagno-Marzotto” edificati, il fronte mare era già quasi tutto occupato da costruzioni, sull’ arenile che allora era profondo 110 metri.

I due padiglioni furono edificati al posto delle capanne di legno in un unico piano per non ridurre il soleggiamento dei padiglioni fronte mare idealmente collegati da una serie di 12 eleganti gazebo, oggi non più riconoscibili.

Gli altri sono il “Padiglioncino Chirurgico” realizzato nel 1928 e il “Padiglione Principi di Piemonte” nel 1929. Risultano il collegamento tra il “Verona” e il “Venezia”; dove il Chirurgico, caratterizzato dal bow-window di tre piani, è prospiciente l’area centrale ospedaliera, mentre l’ottagonale “Principe di Piemonte” originariamente ad un piano fu successivamente sopraelevato con il fronte sull’ arenile.





Oltre alle nuove edificazioni questo periodo è caratterizzato da un'ampia trasformazione del "Padiglione Osservazioni e chirurgia" che nel 1927 viene portato a 2 piani e nel 1931 a tre piani e l'adiacente "Padiglione docce" conglobato in un edificio a due piani ancor oggi riconoscibile.

Viene nel 1930 quasi raddoppiata anche la superficie del "Padiglione lavanderia" a cui segue un "Padiglione isolamento" ora "Scandiani" su un piano. In seguito ad un incendio avvenuto in tempi recenti è stato totalmente ricostruito in calcestruzzo con un aspetto estraneo al contesto.

Viene acquisita, ad ovest dell'area ospedaliera, un'ampia zona di 13 mila metri quadri, di notevole importanza in quanto prelude a sostanziali mutamenti dei fabbricati di servizio. In quest' area verrà edificato il nuovo "Padiglione isolamento" (ora "Maternità") liberando il precedente che innalzato a tre piani nel 1932 diventerà definitivamente "Padiglione Scandiani".

Analogamente verrà realizzata la "Lavanderia" liberando lo spazio che sarà destinato per le nuove cucine precedentemente insediate nel "Padiglione Centrale".

Saranno edificati edifici sempre a servizio dell'Ospedale: le "Officine e magazzini", il "Dormitorio Personale", demolito e ricostruito in epoca recente, destinandolo a "Farmacia", le "Celle mortuarie" e tre piccole costruzioni, i "Magazzini economici".

L'area ospedaliera e l'area a servizi divise dalla via Ospizio Marino, saranno collegate da un sottopasso pedonale ancora in uso per il passaggio di utenze tecnologiche.

Una delle importanti modifiche all' interno dell'area dell'Ospedale è stata la realizzazione della chiesa di Santa Maria Nascente avvenuta nel 1932, progettata dall' ingegner Spandri in stile neogotico ricalcando il modello francescano; contemporaneamente nel 1932 sorse un piccolo complesso formato da due fabbricati a pianta rettangolare collegati da un portico, che originariamente avrebbero ospitato le suore che operavano nella struttura ospedaliera. Successivamente verrà chiamato "Casa dei Padri".

La necessità di tale intervento unitamente all' esigenza di un edificio di culto si era manifestata fin dal 1926, per provvedere alla dimora delle religiose ma anche nell' intento di assicurare l'educazione religiosa ai piccoli degenti e alle loro povere famiglie, ma solo nel 1932 tali interventi trovarono realizzazione.

L'ultima fase di espansione dell'Ospedale è caratterizzata dalla realizzazione del "Padiglione Orfani di Guerra", dal completamento della nuova area a servizi e dalla modifica dei padiglioni esistenti nell' area ospedaliera, con "pianta ad L" e tre piani, chiude il lato fronte mare. Unito nel 1938 al "Padiglione Verona" con un edificio di collegamento a due piani, successivamente portato a tre piani nel 1950.

Anche il blocco "Cucine e dispensa" subirà successivi ampliamenti come attualmente leggibile fino a risultare adiacente al "Padiglione Scandiani".

Una profonda trasformazione sarà attuata attorno agli anni '50 con l'edificazione di un edificio che congloberà anche il vecchio sedime dalla "Portineria – Alloggio custode" e che si unirà creando una "struttura ad L" con "Osservazione e Chirurgia". Il vecchio "Padiglione docce" sarà portato a tre piani ed unito con un "avancorpo" al "Padiglione Osservazioni e Chirurgia". In questi anni anche il "Padiglione Schio" subirà trasformazioni con il tamponamento del fronte mare con una struttura a doppia altezza adibita a "Palestra".

Nell' area a servizi nel 1934 il "Padiglione Lavanderia" verrà innalzato a tre piani e in adiacenza ampliato con un altro edificio sempre a tre piani, sul fronte di via Marco Polo invece si realizzerà il nuovo "Padiglione Isolamento" e parallelo alle officine si edificherà un'analoga struttura destinata a "Magazzini Generali".

Nel 1955 viene invece ampliato il Padiglione Marinoni e creato il collegamento con il Padiglione Vicenza. Con il trascorrere del tempo l'evoluzione della medicina ha comportato anche una diversa concezione d'uso degli immobili destinati alle cure, visti non più come insediamento di singole specializzazioni per singoli Padiglioni, ma cercando di accentrare tutto in un'unica realtà; ciò si tradurrà nell' edificazione, nel 1970, del

“Padiglione Rossi” conosciuto comunemente con il nome di “Monoblocco”, con 140 posti letto e a sviluppo verticale su cinque piani. Alla base i servizi diagnostici e medico chirurgici e ai vari piani le sale operatorie, la terapia intensiva, le stanze di degenza, il tutto collegato al blocco ad indirizzo riabilitativo con la piscina per la talassoterapia.

Per quanto riguarda l’area della “Favorita”, adibita al dopo-lavoro dei dipendenti dell’Ospedale al Mare fin dalle mappe del Catasto Napoleonico (Anno 1809) si constata sul lato di via Cipro l’esistenza della prima “stecca” dei “Dormitori”, denominata all’epoca “Casa dei Francesi”. Vi trovavano alloggio i militari e i familiari.

Solo da una foto area del 1950 si intravede la pineta da poco impiantata e la formazione dei campi da tennis, tra la macchia si percepisce anche l’edificio adibito a “Spogliatoi” e sede del circolo tennistico.

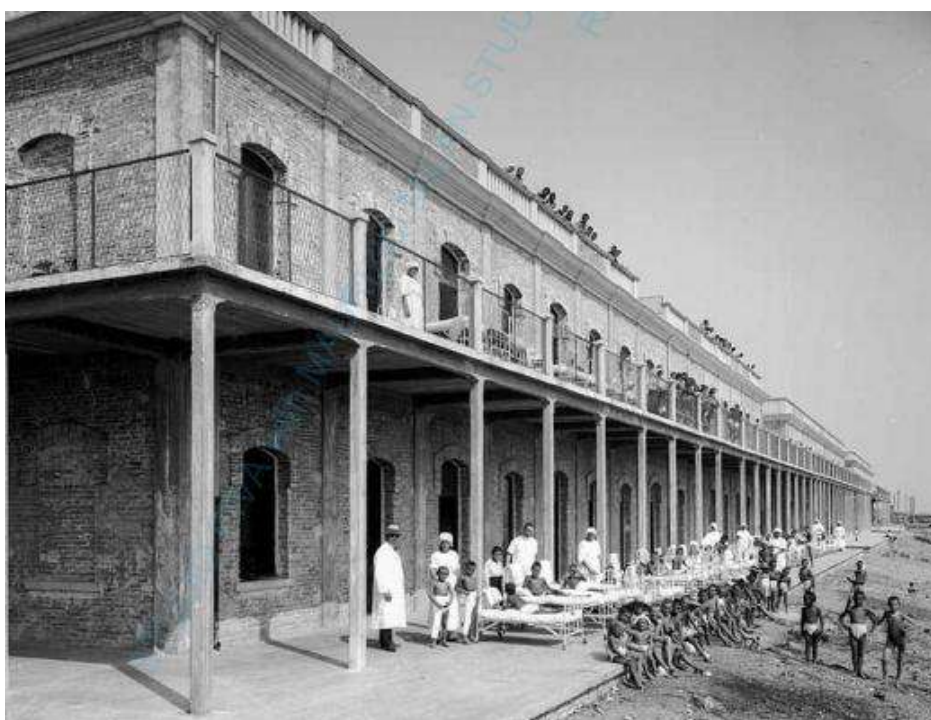


Figura 7: Il Padiglione Venezia (Edificio 9) in una foto storica

2.1. TIPOLOGIE COSTRUTTIVE E STATO DI CONSERVAZIONE

Dal punto di vista delle tipologie costruttive si ha un esteso impiego di elementi verticali puntuali, pilastri, e orizzontali, travi, in calcestruzzo armato con le pareti perimetrali realizzate in mattoni.

Le pareti perimetrali assumono funzione portante, a volte in situazione di sottodimensionamento di alcuni elementi (che si presentano infatti fortemente lesionati).

Dal punto di vista strutturale gli elementi in calcestruzzo si rappresentano con le caratteristiche tipiche delle costruzioni degli anni '20 e '30:

- Barre di armatura lisce e inerti di grossa dimensione;
- Grave insufficienza di armatura a taglio;
- copriferro insufficiente.



Figura 8: Veduta aerea del compendio

Durante quegli anni non si applicava protezione antisismica attuale, spesso gli elementi verticali sottodimensionati. Le travi presentano spesso un capitello di rinforzo in prossimità del pilastro e una sezione non perfettamente rettangolare, con una cimatura dopo il tratto orizzontale.

Gli edifici che costituiscono il compendio sono dismessi e versano in elevato stato di degrado generalizzato enfatizzato dalla condizione di abbandono. Si osserva un maggiore stato di degrado per i manufatti sul fronte mare, dove, la maggiore esposizione ai cloruri e agli elementi aggressivi produce evidenti lesioni strutturali agli elementi strutturali principali.

L'ambiente marino ha innescato accelerazione del processo di carbonatazione del calcestruzzo con l'ossidazione delle armature metalliche e la disgregazione del calcestruzzo di copriferro.



Figura 9: Stato di degrado di elementi strutturali esistenti, Edificio 13



Figura 10: Stato di degrado di elementi strutturali esistenti, Edificio 13



Figura 11: Particolari del degrado negli edifici 7 e 26



3. CAMPAGNA DI INDAGINI CONOSCITIVE

Le precise decisioni progettuali per il recupero dell'area hanno imposto una campagna di indagini integrativa rispetto a quanto già eseguito da Cassa Depositi e Prestiti tra settembre 2020 e gennaio 2021, necessarie per incrementare la conoscenza degli edifici esistenti e affinare i criteri da assumere nella progettazione strutturale di recupero.

Il Piano d'Indagine, affidato a 4Emme S.p.A., si è svolto nei mesi di maggio e giugno 2023.

Nel rispetto della tutela di interesse storico e culturale del compendio, anche durante le indagini sono stati applicati i giusti criteri di conservazione e preservazione.

Sono state eseguite:

- Indagini visive
- Indagini in situ non distruttive
- Prelievo di campioni per prove di laboratorio
- Rilievo delle fondazioni

CITTA' METROPOLITANA DI VENEZIA
Protocollo Arrivo N. 65577/2026 del 25-09-2026
Allegato 4 - Class. 12.3.0 - Copia Del Documento Firmato Digitalmente

4. PRINCIPI DI PROGETTO STRUTTURALE

Il progetto strutturale è basato sui seguenti criteri

- Garantire la sicurezza statica e sismica
- Preservare il patrimonio storico e culturale del sito
- Assicurare gli standard di sicurezza e prestazionali oggi dovuti

4.1. INTERVENTI PREVISTI

- il recupero degli edifici 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 25;
- il rifacimento dell'edificio 28;
- la demolizione e ricostruzione con mantenimento delle facciate e sopraelevazione degli edifici 19, 26 e 27;
- la costruzione di nuove strutture mono piano con:
 - soletta di copertura in calcestruzzo, sp. 25 cm
 - colonne miste acciaio-calcestruzzo, tubi in acciaio riempiti di calcestruzzo
 - Pareti di stabilizzazione in calcestruzzo
 - travi di fondazione in calcestruzzo
- sopraelevazioni con strutture in legno lamellare.

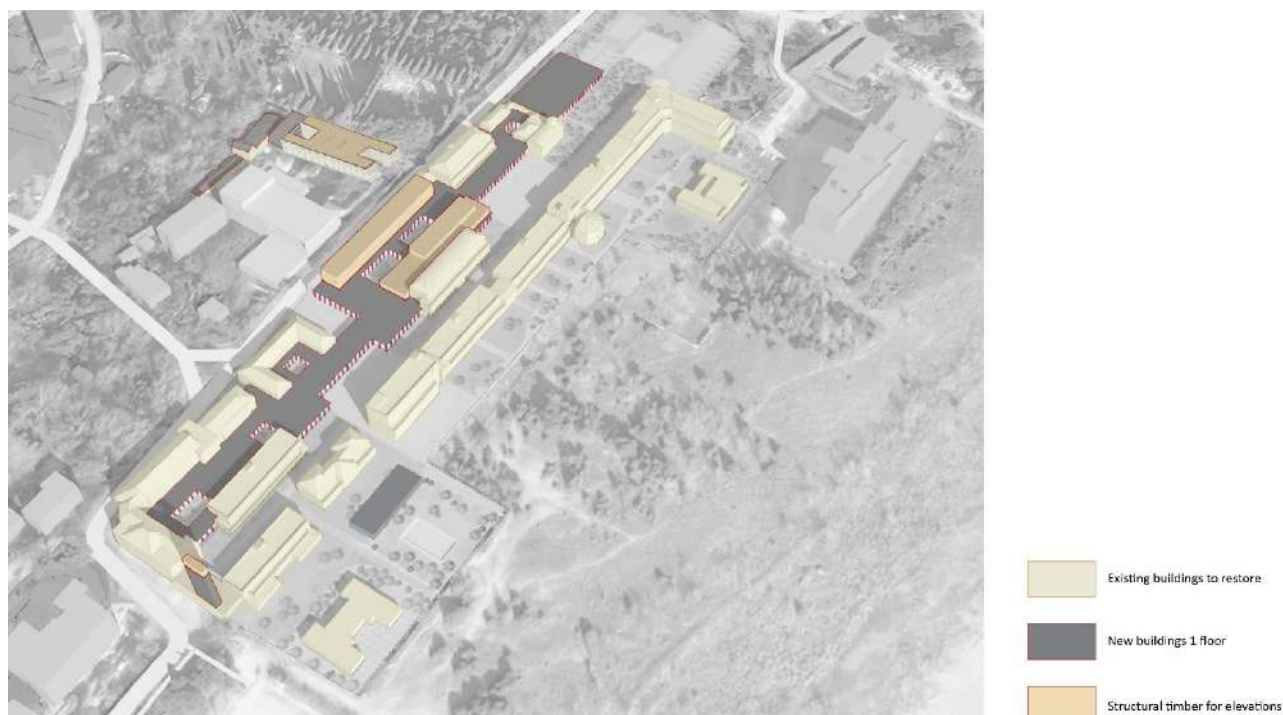


Figura 12: Inquadramento degli interventi strutturali

I nuovi livelli superiori sono costruiti in legno per assicurare comportamento sismico efficiente, sfruttando la leggerezza e l'elasticità del legno, e significa economicità delle strutture di fondazione del basamento in acciaio e calcestruzzo.

Le colonne miste combinano i migliori vantaggi delle colonne in acciaio semplice e di calcestruzzo: sezioni sottili, alta resistenza, resistenza al fuoco e durabilità.

I nuovi volumi si inseriscono tra gli edifici esistenti sempre come unità strutturali a sé stanti, separate da giunto strutturale, in modo da non influenzare dinamicamente gli edifici esistenti.

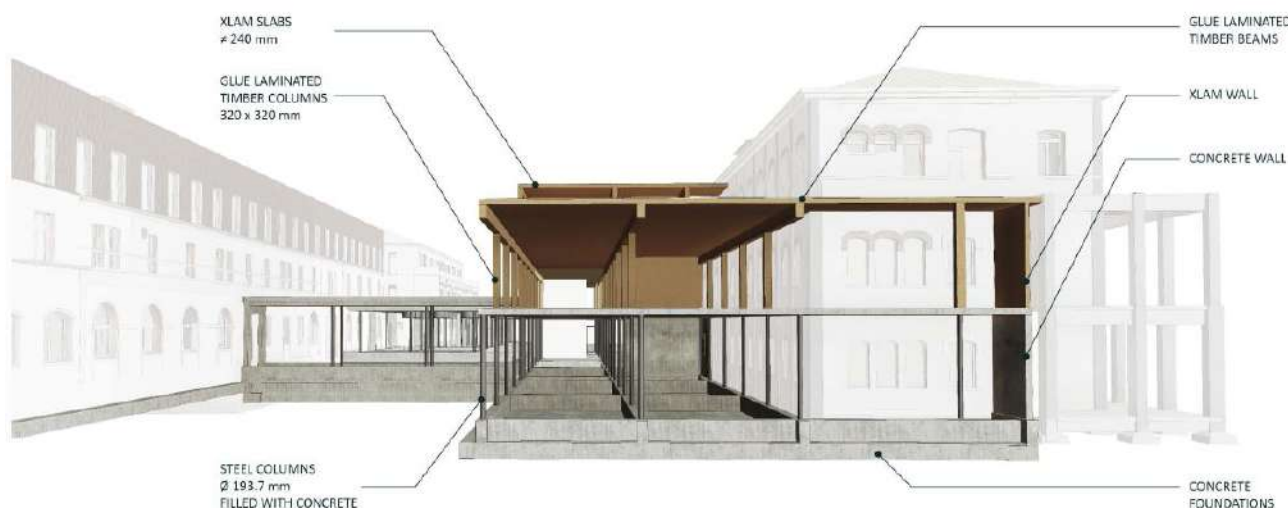


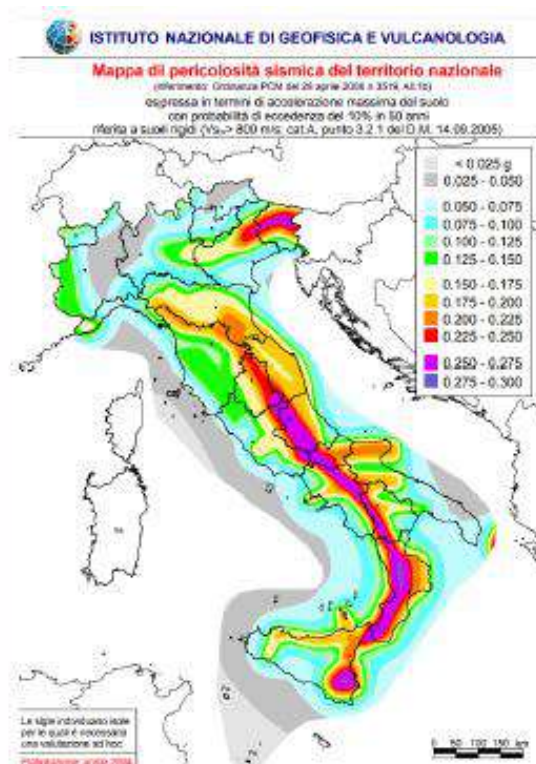
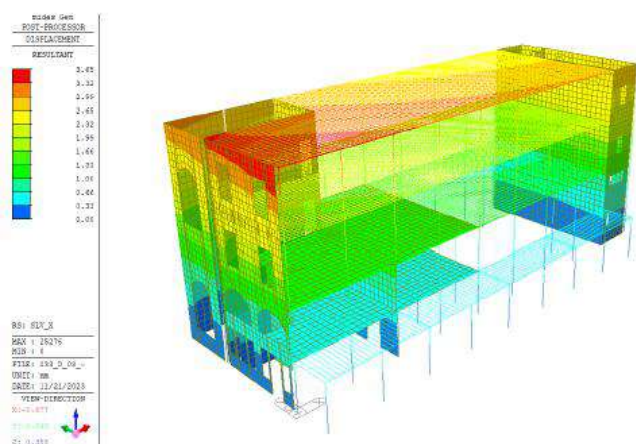
Figura 13: Concezione strutturale dei nuovi edifici

4.2. ASPETTI SISMICI

Tutto il territorio italiano è soggetto a rischio sismico ed è obbligatorio considerare gli effetti del terremoto seguendo le normative tecniche italiane.

Venezia è di categoria di rischio «medio-basso», con “Peak Ground Acceleration” 0,07 g.

Gli edifici esistenti fanno parte del patrimonio storico e culturale e devono pertanto essere adeguati agli standard attuali dal punto di vista statico e migliorati dal punto di vista del comportamento sismico.



4.3. INTERVENTI DI RECUPERO STRUTTURALE

4.3.1. Consolidamento dei terreni di fondazione

Per gli edifici oggetto di sopraelevazione e per l'Edificio 13, di cui si è rilevato un cedimento differenziale assestatosi nel corso degli anni, è previsto il consolidamento sotto alle fondazioni esistenti tramite iniezione di boiaccia di cemento, Jet Grouting, tecnica assai standardizzata per stabilizzare e rinforzare i terreni in-situ mediante l'iniezione, ad elevatissima velocità, di una miscela legante con funzione di miglioramento delle caratteristiche geofisiche del terreno.

La tecnica prevede:

1. Inserimento di una sonda
2. Trattamento del terreno con iniezione di miscela fluida, iniettata ad alta pressione
3. Ripetizione dell'operazione con o senza sovrapposizione delle colonne



Figura 14: Esecuzione di jetgrouting

4.3.2. Membrane elasto-cementizie

L'ambiente marino e fortemente aggressivo in cui si trova l'ex-Ospedale al mare obbliga la protezione delle strutture in calcestruzzo con barriere impermeabilizzanti ed idrofobiche, malte e guaine liquide a base elasto-cementizia applicate a rullo, a pennello o a spatola. Hanno funzione protettiva ed idrorepellente a base di silani-silossani. Dopo l'applicazione reagiscono con l'aria creando una barriera idrorepellente e traspirante. La loro funzione è inibire l'attacco dei cloruri, quindi la carbonatazione nella pasta cementizia e l'ossidazione delle barre di armatura.

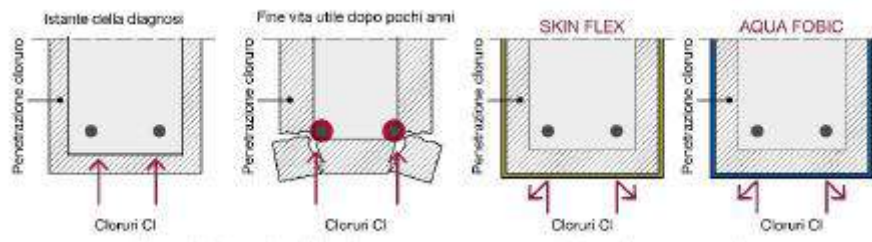


Figura 15: Protezione del calcestruzzo armato con membrane elasto-cementizie

4.3.3. Rinforzo colonne in calcestruzzo con intonaco strutturale

La sezione originaria viene ringrossata da una camicia in calcestruzzo armato o da un intonaco armato fibro-rinforzato.

L'intervento di consolidamento prevede:

1. Scalpellamento del copriferro incoerente e fessurato fino al raggiungimento dello strato interno non carbonatato.
2. Spazzolatura al bianco delle armature e trattamento antiossidante con apposito protettivo
3. Applicazione di barre di armatura aggiuntive.
4. Getto di betoncino fibrorinforzato, malta strutturale di classe di resistenza minima C28/35 e spessore non inferiore a 50 mm.

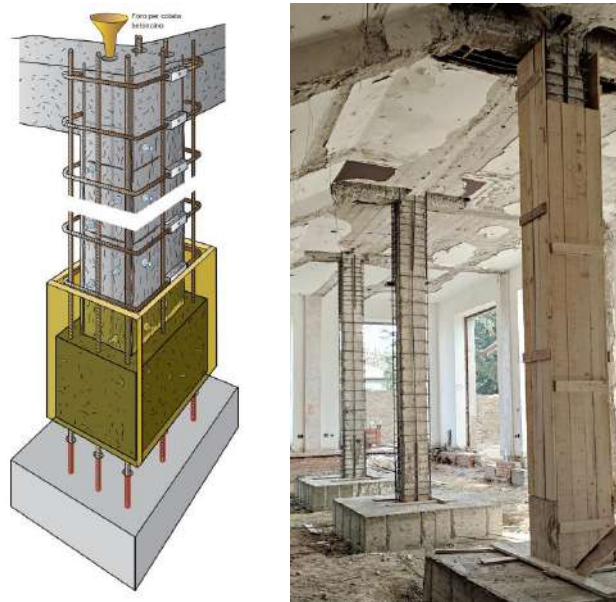


Figura 16: Esecuzione di intonaco strutturale sui pilastri

4.3.4. Rinforzo travi con tessuti o lamine di fibra di carbonio

Le travi in calcestruzzo armato presentano situazioni di degrado con calcestruzzo fortemente carbonatato e a basso pH, barre di armatura ossidate, scarse caratteristiche meccaniche dei materiali, manutenzione inesistente per lunghi periodi di tempo. Sono necessari interventi di risanamento dei copriferri e delle barre di armature e di rinforzo per le sollecitazioni di flessione e taglio delle travi.



Figura 17: Rinforzi con fibre di carbonio

La superficie deve essere risanata attraverso lo scalpellamento del copriferro incoerente e fessurato fino al raggiungimento dello strato interno resistente. Le armature esposte ed ossidate andranno spazzolate al bianco e trattate con resina protettiva antiossidante. La superficie inferiore delle travi verrà quindi ripristinata e regolarizzata con l'applicazione di malta ad alta resistenza per uso strutturale a ritiro compensato, lisciata per avere una superficie regolare e continua.

I rinforzi in fibra di carbonio saranno:

- Tessuto unidirezionale, indicato per i rinforzi a flessione, le fibre di carbonio sono orientate in una sola direzione;
- Tessuto bidirezionale, le fibre di carbonio sono incrociate nelle due direzioni principali, trovano applicazione nei rinforzi a taglio delle travi;
- Lamine pultruse, ad alto modulo elastico ed altissima resistenza, utilizzate principalmente per rinforzi a flessione particolarmente performanti nelle situazioni più gravi.

Le fibre di carbonio devono essere applicate su una superficie regolare e pulita, dove si applica il primo ciclo di primer epossidico sul quale si fissa il tessuto o lamina.

Gli interventi di rinforzo a taglio sono placcaggi con tessuti unidirezionali o bidirezionali di fibre di carbonio, disposti per avvolgere e confinare la trave.

Le travi nel complesso ex-Ospedale al Mare sono per la maggior parte intradossate rispetto al solaio, il placcaggio a “U” in corrispondenza dell’appoggio è quello più indicato, le fibre sono disposte sia perpendicolarmente all’asse della trave che inclinate a 45°.

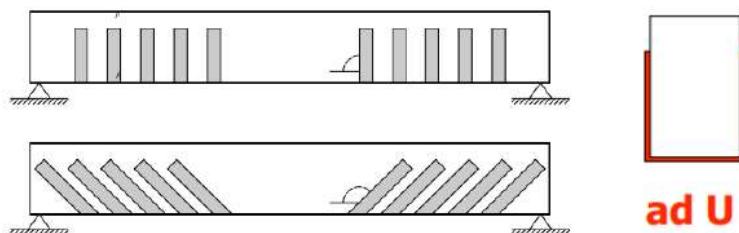
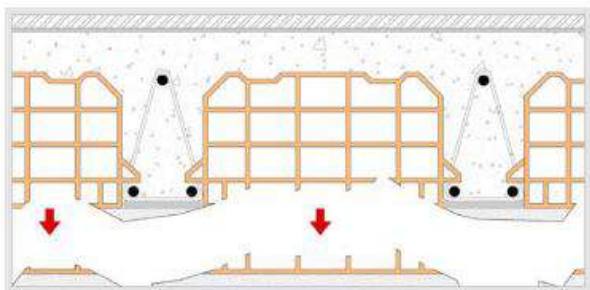


Figura 18: Esempio di placcaggio con fibre di carbonio per rinforzo a taglio

4.3.5. Interventi anti-sfondellamento dei solai

Le “pignatte” in laterizio sono soggette al fenomeno dello sfondellamento, il distacco della parte inferiore del laterizio fragile dovuto alle deformazioni o al distacco del copriferro per l’ossidazione dell’armatura. Le cause dello sfondellamento sono dovute ad infiltrazioni d’acqua che provocano dilatazione del laterizio, l’ossidazione delle barre di armatura, alla scarsa qualità dei materiali impiegati in edilizia nell’epoca di costruzione degli edifici, a fenomeni deformativi lenti; avviene il distacco improvviso di porzioni di solaio pesanti 30-60 kg/m², pericolosi per l’incolumità delle persone.



Gli interventi a contrasto del fenomeno di sfondellamento sono:

- Rimozione dei fondelli delle “pignatte” in laterizio, non necessari e con effetto di alleggerimento del solaio.



- Rete in fibra di vetro e resine termoindurenti connessi all'intradosso del solaio con fissaggi meccanici opportunamente dimensionati.
- Controsoffitti montati a secco con pannelli fibrorinforzati per contenere ogni possibile distacco.

CITTA' METROPOLITANA DI VENEZIA
Protocollo Arrivo N. 65577/2026 del 25-09-2026
Allegato 4 - Class. 12.3.0 - Copia Del Documento Firmato Digitalmente

4.3.6. Intonaco armato

L'intonaco armato è composto da una rete preformata in materiale composito inserita in una matrice di malta per impieghi strutturali applicati alla superficie della muratura da rinforzare. La rete in materiale composito, generalmente GFRP (glass fiber reinforced polymer) ha funzione di assorbire le tensioni di trazione, la malta strutturale rinforza la muratura a compressione e l'aumento di spessore conferisce maggiore stabilità al paramento. L'intonaco armato è fissato alla muratura con connettori che garantiscono la collaborazione strutturale ed il reciproco trasferimento degli sforzi.



Figura 19: Intonaco armato sulle murature

4.3.7. Iniezione miscele leganti

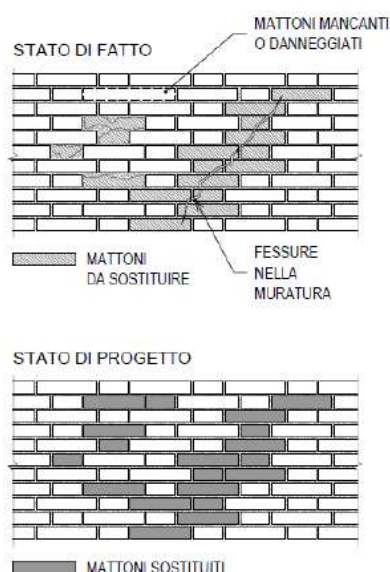
La miscela legante da iniettare nella muratura dovrà essere scelta in base alla compatibilità chimica e fisica con la muratura da rinforzare. Dovranno essere ristilati i giunti e prevista la sigillatura di eventuali fessure per evitare la fuoriuscita della miscela legante. Si procede con un reticolo di fori distanziati in funzione della tipologia e compattezza della muratura, nel caso di mattoni pieni il passo dei fori sarà 200-250 mm. I fori di diametro 15-25 mm saranno profondi 2/3 lo spessore della muratura ed inclinati di 45°. La muratura deve essere saturata con acqua impiegando gli stessi fori creati per l'iniezione. La miscela di legante andrà iniettata con tubicini di plastica fissati nella muratura. La pressione di iniezione sarà compresa tra 1 atm e 4 atm, pressioni più alte si applicano a murature compatte e debolmente degradate.



Figura 20: Esecuzione di miscele leganti

4.3.8. Scuci-cuci

La tecnica dello scuci-cuci consiste nel ripristino della continuità muraria con la rimozione degli elementi lesionati o fessurati e la loro sostituzione con ricomposizione della tessitura muraria continua. La tecnica si applica quando l'estensione delle lesioni sia limitata e l'applicazione dell'intervento localizzata. Le fasi prevedono la messa in sicurezza del muro con idonee puntellazioni, la rimozione a conci della muratura fessurata con il recupero del materiale coevo non danneggiato e da riutilizzare. Durante la rimozione si avrà cura di non danneggiare i laterizi scalzandoli singolarmente e lasciando un contorno frastagliato per permettere la successiva ammorsatura. Prima dell'inserimento dei nuovi elementi verranno bagnate le superfici di contatto per favorire l'adesione della malta.



RISARCITURA DELLE LESIONI E SOSTITUZIONE DI PARTE DI MURATURA AMMALORATA MEDIANTE SCUCI-CUCI

1. Rilievo accurato della porzione da sostituire ed eventuale messa in opera di opportuni puntellamenti allo scopo di evitare crolli o deformazione nelle successive fasi. Stimato il 60% del volume dell'area evidenziata.
2. Divisione in cantieri (campi 500x500mm). La sostituzione avviene per zone non contigue, dall'alto verso il basso, in modo da mantenere sempre attiva la sezione resistente.
3. Asportazione del materiale e successiva pulitura della cavità con l'ausilio di spazzole o aspiratori, al fine di rimuovere i detriti pulverulenti e grossolani. Nel caso sia necessario si procederà con il lavaggio del muro. Preparazione e posizionamento delle cannule per l'esecuzione di iniezioni localizzate nella zona di cucitura, se previsto e necessario.
4. Messa in opera della nuova muratura inserendo lungo il lato superiore cunei a contrasto con la muratura esistente; i cunei verranno sostituiti con mattoni e malta appena sarà esaurito il ritiro della parte costruita.
5. Una volta sostituita la muratura ammalorata con la nuova muratura in mattoni si procederà con l'esecuzione delle iniezioni, se necessarie.

MATERIALI

Si impiegheranno dove possibile mattoni di recupero possibilmente coevi alla struttura e con caratteristiche meccaniche e dimensionali simili a quelli in opera. I mattoni saranno legati ed ammorsati con malta di calce idraulica naturale compatibile dal punto di vista chimico-fisico con la muratura esistente ed a basso contenuto di sali solubili. In genere si utilizzerà malta NHL 3.5 o superiore (es. NHL 5) nel caso si intervenga in zone con malte esistenti di buone caratteristiche e/o in zone soggette a carichi significativi. Per applicazioni particolari, in elementi murari particolarmente sollecitati (es. pilastri e/o murature di appoggio di travi) potrà essere utilizzata malta con caratteristiche meccaniche superiori (es. M10 o superiore tipo HD System TD13C; Albaria Struttura della Basf o equivalente).

Figura 21: riparazione della tessitura muraria con scuci-cuci



4.4. INQUADRAMENTO NORMATIVO

Il progetto prevede nuove unità strutturali e interventi alle strutture esistenti.

Gli interventi sulle costruzioni esistenti sono regolamentati da quanto dispone il Capitolo 8 delle Norme Tecniche per le Costruzioni NTC2018, in cui vengono definiti i criteri di analisi e di progetto. In particolare, al Cap. 8.3 le Norme definiscono le condizioni per le quali è necessario eseguire la Valutazione della sicurezza dell'intero edificio.

La valutazione della sicurezza deve effettuarsi quando ricorra anche una sola delle seguenti situazioni:

- *riduzione evidente della capacità resistente e/o deformativa della struttura o di alcune sue parti dovuta a: significativo degrado e decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali, deformazioni significative conseguenti anche a problemi in fondazione;*
- *danneggiamenti prodotti da azioni ambientali (sisma, vento, neve e temperatura), da azioni eccezionali (urti, incendi, esplosioni) o da situazioni di funzionamento ed uso anomali;*
- *provati gravi errori di progetto o di costruzione;*
- *cambio della destinazione d'uso della costruzione o di parti di essa, con variazione significativa dei carichi variabili e/o passaggio ad una classe d'uso superiore;*
- *esecuzione di interventi non dichiaratamente strutturali, qualora essi interagiscano, anche solo in parte, con elementi aventi funzione strutturale e, in modo consistente, ne riducano la capacità e/o ne modifichino la rigidità;*
- *ogni qualvolta si eseguano gli interventi strutturali di cui al § 8.4;*
- *opere realizzate in assenza o difformità dal titolo abitativo, ove necessario al momento della costruzione, o in difformità alle norme tecniche per le costruzioni vigenti al momento della costruzione.*

La Valutazione della sicurezza si ottiene con analisi della struttura nel suo complesso, che comporta l'acquisizione dello stato di consistenza delle strutture in termini di geometria e caratteristiche dei materiali, mediante rilievi e indagini strutturali anche distruttive. L'analisi deve essere estesa a tutto l'organismo strutturale.

Gli interventi di cui al §8.4 richiamati precedentemente sono:

- *interventi di riparazione o locali: interventi che interessino singoli elementi strutturali e che, comunque, non riducano le condizioni di sicurezza preesistenti;*
- *interventi di miglioramento: interventi atti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente, senza necessariamente raggiungere i livelli di sicurezza fissati al § 8.4.3;*
- *interventi di adeguamento: interventi atti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente, conseguendo i livelli di sicurezza fissati al § 8.4.3.*

In particolare, gli interventi di adeguamento sismico sono obbligatori quando si intende:

- sopraelevare la costruzione;*
- ampliare la costruzione mediante opere ad essa strutturalmente connesse e tali da alterarne significativamente la risposta;*
- apportare variazioni di destinazione d'uso che comportino incrementi dei carichi globali verticali in fondazione superiori al 10%, valutati secondo la combinazione caratteristica di cui alla equazione 2.5.2 del § 2.5.3, includendo i soli carichi gravitazionali. Resta comunque fermo l'obbligo di procedere alla*



verifica locale delle singole parti e/o elementi della struttura, anche se interessano porzioni limitate della costruzione;

- d. effettuare interventi strutturali volti a trasformare la costruzione mediante un insieme sistematico di opere che portino ad un sistema strutturale diverso dal precedente; nel caso degli edifici, effettuare interventi strutturali che trasformano il sistema strutturale mediante l'impiego di nuovi elementi verticali portanti su cui grava almeno il 50% dei carichi gravitazionali complessivi riferiti ai singoli piani.*
- e. apportare modifiche di classe d'uso che conducano a costruzioni di classe III ad uso scolastico o di classe IV.*

Gli edifici 19, 26 e 27 sono soggetti a obbligo di adeguamento statico e sismico, poiché sono previsti interventi che modificano sostanzialmente la struttura esistente, con sopraelevazione.

In tutti gli altri edifici storici sono previsti adeguamento ai carichi statici e miglioramento della sicurezza sismica con interventi di consolidamento strutturale di rinforzo locale e globale dell'apparato strutturale originario.

Tutti gli edifici di nuova costruzione saranno adeguati ai più alti standard di sicurezza strutturale attualmente richiesti dalle Normative.

CITTA' METROPOLITANA DI VENEZIA
Protocollo Arrivo N. 65577/2026 del 25-09-2026
Allegato 4 - Class. 12.3.0 - Copia Del Documento Firmato Digitalmente



5. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

5.1. LEGGI, DECRETI E CIRCOLARI

- [2] Legge 5.11.1971 n. 1086 - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;
- [3] D.P.R. 6.6.2001 n. 380 - Testo Unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia;
- [4] D.M. 17.1.2018 - Norme tecniche per le costruzioni (NTC2018);
- [5] Circolare 21.1.2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

5.2. NORMATIVA TECNICA ITALIANA ED EUROPEA

- [6] UNI 11104:2016 - Calcestruzzo - *Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1*
- [7] UNI EN 1991-1-1:2004 - Eurocodice 1: Azioni sulle strutture - Parte 1-1: *Azioni in generale - Pesì per unità di volume, pesì propri e sovraccarichi per gli edifici* (aggiornamento Errata Corrige 2010);
- [8] UNI EN 1992-1-1:2015 - Eurocodice 2: Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Parte 1-1: *Regole generali e regole per gli edifici*;
- [9] UNI EN 1993-1-1:2014 - Eurocodice 3: Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-1: *Regole generali e regole per gli edifici*;
- [10] UNI EN 1993-1-4:2015 - Eurocodice 3: Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-4: *Regole generali – Regole supplementari per acciai inossidabili*
- [11] UNI EN 1994-1-1:2005 - Eurocodice 4 - *Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici* (aggiornamento Errata Corrige EC-1-2010)
- [12] UNI EN 1995-1-1:2009 – Eurocodice 5 - *Progettazione delle strutture di legno- Parte 1-1: Regole generali- regole comuni per gli edifici*
- [13] UNI EN 206:2021 - Calcestruzzo - *Specificazione, prestazione, produzione e conformità*
- [14] UNI 11104:2016 - Calcestruzzo - *Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206*
- [15] CNR DT 206–R1 / 2018, Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo delle Strutture di Legno, 23 Ottobre 2018

CITTA' METROPOLITANA DI VENEZIA
Protocollo Arrivo N. 65577/2026 del 25-09-2026
Allegato 4 - Class. 12.3.0 - Copia Del Documento Firmato Digitalmente



6. MATERIALI

6.1. CALCESTRUZZO STRUTTURE NUOVE

Tutti i calcestruzzi devono essere confezionati a prestazione garantita secondo **UNI EN 206-1** e **UNI 11104**.

6.1.1. Fondazioni superficiali

Classe di esposizione				XC2, XS1
Classe di resistenza del calcestruzzo				C30/37
Classe di consistenza			S4	
Dimensione massima dell'inerte	D_{max}	=	31,5	mm
Contenuto minimo di cemento			280	kg/m ³
Rapporto massimo a/c			0,40	
Resistenza cubica caratteristica a 28 gg	R_{ck}	≥	37	MPa
Resistenza cilindrica caratteristica a 28 gg	f_{ck}	≥	30	MPa
Resistenza di calcolo allo S.L.U.	f_{cd}	=	17	MPa
Resistenza di calcolo a trazione semplice	f_{ctd}	=	1,35	MPa
Modulo di elasticità normale	E	=	32,8	GPa

6.1.2. Setti e nuclei

Classe di esposizione				XC2, XS1
Classe di resistenza del calcestruzzo				C30/37
Classe di consistenza			S4	
Dimensione massima dell'inerte	D_{max}	=	20	mm
Contenuto minimo di cemento			200	kg/m ³
Rapporto massimo a/c			0,45	
Resistenza cubica caratteristica a 28 gg	R_{ck}	≥	37	MPa
Resistenza cilindrica caratteristica a 28 gg	f_{ck}	≥	30	MPa
Resistenza di calcolo allo S.L.U.	f_{cd}	=	17	MPa
Resistenza di calcolo a trazione semplice	f_{ctd}	=	1,35	MPa
Modulo di elasticità normale	E	=	32,8	GPa

6.1.3. Getto integrativo per sezioni miste acciaio-calcestruzzo

Classe di esposizione				XC0
Classe di resistenza del calcestruzzo				C30/37
Classe di consistenza			S4	
Dimensione massima dell'inerte	D_{max}	=	20	mm
Contenuto minimo di cemento			200	kg/m ³
Rapporto massimo a/c			0,45	
Resistenza cubica caratteristica a 28 gg	R_{ck}	≥	37	MPa
Resistenza cilindrica caratteristica a 28 gg	f_{ck}	≥	30	MPa
Resistenza di calcolo allo S.L.U.	f_{cd}	=	17	MPa
Resistenza di calcolo a trazione semplice	f_{ctd}	=	1,35	MPa

CITTA' METROPOLITANA DI VENEZIA
Protocollo Arrivo N. 65577/2026 del 25-09-2026
Allegato 4 - Class. 12.3.0 - Copia Del Documento Firmato Digitalmente



Modulo di elasticità normale $E = 32,8$ GPa

6.1.4. Getto integrativo per sezioni miste X-Lam calcestruzzo

Classe di esposizione				XC2, XS1
Classe di resistenza del calcestruzzo				C30/37
Classe di consistenza				S4
Dimensione massima dell'inerte	D_{max}	=	15	mm
Contenuto minimo di cemento			200	kg/m ³
Rapporto massimo a/c			0,45	
Resistenza cubica caratteristica a 28 gg	R_{ck}	≥	37	MPa
Resistenza cilindrica caratteristica a 28 gg	f_{ck}	≥	30	MPa
Resistenza di calcolo allo S.L.U.	f_{cd}	=	17	MPa
Resistenza di calcolo a trazione semplice	f_{ctd}	=	1,35	MPa
Modulo di elasticità normale	E	=	32,8	GPa

6.2. ACCIAIO STRUTTURE NUOVE

6.2.1. Acciaio per c.a. ad armatura lenta

Il progetto prevede l'uso di acciaio per calcestruzzo armato ordinario tipo **B450C**.

Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	≥	450	N/mm ²
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	≥	540	N/mm ²
Allungamento minimo a rottura	$A_{gt,k}$	≥	7,5%	

6.2.2. Acciaio per strutture in carpenteria metallica

Acciaio per strutture in carpenteria metallica classe **S355 JR**.

Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	≥	355	N/mm ²
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	≥	510	N/mm ²

6.3. LEGNO LAMELLARE STRUTTURE NUOVE

6.3.1. Legno lamellare

Classe di resistenza				GL28h
Tensione caratteristica a flessione	$f_{m,k}$	=	28,00	MPa
Tensione caratteristica a trazione	$f_{t,0,k}$	=	19,50	MPa
Tensione caratteristica a taglio	$f_{v,k}$	=	3,20	MPa
Modulo elastico	$E_{0,m}$	=	12,60	GPa

6.3.2. X-Lam

Prescrizione per le lamelle dei pannelli in legno massiccio a strati incrociati incollati:



Tensione caratteristica a flessione	$f_{m,k}$	=	24,00 MPa
Tensione caratteristica a trazione	$f_{t,0,k}$	=	14,00 MPa
Tensione caratteristica a taglio	$f_{v,k}$	=	3,50 MPa
Modulo elastico	$E_{0,m}$	=	12,00 GPa

6.3.3. Connettori in acciaio per solaio misto legno-calcestruzzo

Tensione nominale di rottura	$f_{u,k}$	≥	400	MPa
------------------------------	-----------	---	-----	-----

CITTA' METROPOLITANA DI VENEZIA
Protocollo Arrivo N. 65577/2026 del 25-09-2026
Allegato 4 - Class. 12.3.0 - Copia Del Documento Firmato Digitalmente

6.4. MURATURA ESISTENTE

Per quanto agli edifici in muratura la Norma stabilisce di ricondursi alle tipologie murarie presenti nelle tabelle che seguono.

Tipologia di muratura	f (N/mm ²)	τ_0 (N/mm ²)	f_{v0} (N/mm ²)	E (N/mm ²)	G (N/mm ²)	w (kN/m ³)
	min-max	min-max		min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,0-2,0	0,018-0,032	-	690-1050	230-350	19
Muratura a conci sbazzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	2,0	0,035-0,051	-	1020-1440	340-480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2,6-3,8	0,056-0,074	-	1500-1980	500-660	21
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,4-2,2	0,028-0,042	-	900-1260	300-420	13 + 16(**)
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.) (**)	2,0-3,2	0,04-0,08	0,10-0,19	1200-1620	400-500	
Muratura a blocchi lapidei squadriati	5,8-8,2	0,09-0,12	0,18-0,28	2400-3300	800-1100	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	2,6-4,3	0,05-0,13	0,13-0,27	1200-1800	400-600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	5,0-8,0	0,08-0,17	0,20-0,36	3500-5600	875-1400	15

(*) Nella muratura a conci sbazzati i valori di resistenza tabellati si possono incrementare se si riscontra la sistematica presenza di zeppe profonde in pietra che migliorano i contatti e aumentano l'ammorsamento tra gli elementi lapidei; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente pari a 1,2.

(**) Data la varietà litologica della pietra tenera, il peso specifico è molto variabile ma può essere facilmente stimato con prove dirette. Nel caso di muratura a conci regolari di pietra tenera, in presenza di una caratterizzazione diretta della resistenza a compressione degli elementi costituenti, la resistenza a compressione f_{pu} può essere valutata attraverso le indicazioni del § 11.10 delle NTC.

(***) Nella muratura a mattoni pieni è opportuno ridurre i valori tabellati nel caso di giunti con spessore superiore a 13 mm; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente riduttivo pari a 0,7 per le resistenze e 0,8 per i moduli elastici.

Figura 22 – Valori di riferimento dei parametri meccanici della muratura, da usarsi nei criteri di resistenza di seguito specificati (comportamento a tempi brevi), e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura. I valori si riferiscono a: f = resistenza media a compressione, F_0 = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), f_{v0} = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), E = valore medio del modulo di elasticità normale, G = valore medio del modulo di elasticità tangenziale, w = peso specifico medio.

Tipologia di muratura	Stato di fatto			Interventi di consolidamento			
	Malta buona	Ricorsi o listature	Connessione trasversale	Iniezione di miscele leganti (*)	Intonaco armato (**)	Ristilatura armata con connessione dei paramenti (***)	Massimo coefficiente complessivo
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,5	1,3	1,5	2	2,5	1,6	3,5
Muratura a conci sbazzati, con paramenti di spessore disomogeneo	1,4	1,2	1,5	1,7	2,0	1,5	3,0
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	1,3	1,1	1,3	1,5	1,5	1,4	2,4
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,5	1,2	1,3	1,4	1,7	1,1	2,0
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,6	-	1,2	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura a blocchi lapidei squadriati	1,2	-	1,2	1,2	1,2	-	1,4
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	(***)	-	1,3 (****)	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	1,2	-	-	-	1,3	-	1,3

Figura 23 – Coefficienti correttivi massimi da applicarsi in presenza di: malta di caratteristiche buone; ricorsi o listature; sistematiche connessioni trasversali; consolidamento con iniezioni di malta; consolidamento con intonaco armato; ristilatura armata con connessione dei paramenti.



I valori medi dei parametri meccanici da utilizzare per le verifiche devono essere definiti, con riferimento alla tipologia muraria in considerazione per i diversi livelli di conoscenza, come segue:

LC1:

- Resistenze: i valori minimi degli intervalli riportati nella tabella suddetta
- Moduli elastici: i valori medi degli intervalli riportati nella tabella suddetta.

LC2:

- Resistenze: i valori medi degli intervalli riportati nella tabella suddetta
- Moduli elastici: i valori medi degli intervalli riportati nella tabella suddetta.

LC3: I valori delle resistenze e dei moduli elastici riportati in Tabella individuano una distribuzione a-priori che va aggiornata sulla base dei risultati delle misure eseguite in sito. Considerato il generico parametro X, la stima dei parametri μ' e σ' della distribuzione a-priori è dedotta dai valori minimo e massimo in tabella, con le formule seguenti:

$$\mu' = \frac{1}{2}(X_{min} + X_{max})$$
$$\sigma' = \frac{1}{2}(X_{min} + X_{max})$$

Eseguito un numero n di prove dirette, l'aggiornamento del valore medio può essere effettuato come segue:

$$\mu'' = \frac{nX + \kappa\mu'}{n + \kappa}$$

dove X è la media delle n prove dirette e κ è un coefficiente che tiene conto del rapporto tra la dispersione (varianza) della stima effettuata attraverso le prove (combinazione tra incertezza della misurazione sperimentale e dispersione dei parametri meccanici nell'ambito dell'edificio che si sta analizzando) e la varianza σ'^2 della distribuzione a-priori. Nel determinare la stima aggiornata del valore medio del parametro meccanico, il coefficiente κ rappresenta il peso relativo della distribuzione a-priori (associata ai parametri della tabella sopra riportata) rispetto alle prove sperimentali. Qualora la media delle n prove dirette X sia significativamente diversa dal valore μ' adottato per la distribuzione a-priori, e quindi la differenza tra μ' e μ'' risulti rilevante, l'accettabilità del risultato ottenuto deve essere adeguatamente motivata.



6.5. DURABILITÀ DELLE STRUTTURE IN CALCESTRUZZO ARMATO

Ai fini della protezione delle armature dalla corrosione contro il degrado del calcestruzzo le NTC2018 classificano le condizioni ambientali: *ordinarie*, *aggressive* o *molto aggressive* come riportato nella Tabella 4.1.III con riferimento alle Classi di esposizione definite nella UNI EN 206:2021.

Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 1 - Condizioni ambientali in funzione della Classe di esposizione.

Le opere in calcestruzzo armato nel progetto si dividono in:

- **Elementi esposti alla salsedine marina**, quali solette, pilastri, setti, nuclei, travi e getti integrativi di solette. Per questi elementi si adotta classe di esposizione XS1.
- **Elementi bagnati, raramente asciutti**, come le fondazioni. Per tali elementi si applica la classe di esposizione XC2.
- **Elementi non esposti alla corrosione ambientale**, come i getti integrativi delle colonne tubolari a sezione mista acciaio-calcestruzzo, classe di esposizione XC1.

In base alle classificazioni delle parti d'opera riportate nelle caratteristiche dei materiali, risulta che tutte le strutture, ad eccezione dei getti integrativi delle colonne tubolari a sezione mista acciaio-calcestruzzo, sono esposte a condizioni ambientali aggressive.

6.5.1. Copriferro

Con riferimento al §4.1.6.1.3 delle NTC2018, al fine della protezione delle armature dalla corrosione, il valore minimo dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve rispettare quanto indicato in Tabella C4.1. IV, nella quale sono distinte le tre condizioni ambientali di Tabella 4.1.III delle NTC2018.

I valori sono espressi in mm e sono distinti in funzione dell'armatura, barre da c.a. o cavi aderenti da c.a.p. (fili, trecce e trefoli), e del tipo di elemento, a piastra (solette, pareti, ...) o monodimensionale (travi, pilastri, ...).

A tali valori di tabella vanno aggiunte le tolleranze di posa, di 10 mm o minore, secondo indicazioni di norme di comprovata validità.

I valori della Tabella C4.1. IV si riferiscono a costruzioni con vita nominale di 50 anni (Tipo 2 secondo la Tabella 2.4.I delle NTC). Per costruzioni con vita nominale di 100 anni (Tipo 3 secondo la citata Tabella 2.4.I) i valori della Tabella C4.1.IV vanno aumentati di 10 mm.

Tabella C4.1.IV - Copriferri minimi in mm

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
C_{min}	C_o	ambiente	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

Tabella 2 - Copriferri minimi per stutture in c.a.

Nel caso in esame, con armature ordinarie:

- fondazioni: $c \geq 30 + 10 = 40 \text{ mm}$; si adotta: **$c = 40 \text{ mm}$**
- elementi fuori terra: $c \geq 25 + 10 = 35 \text{ mm}$ si adotta: **$c = 35 \text{ mm}$**

6.5.2. Fessurazione

Il progetto prevede uso di armature poco sensibili (armature ordinarie).

Le verifiche allo stato limite di fessurazione di apertura delle fessure prevedono che il valore di progetto dell'apertura delle fessure w_d non superi i seguenti limiti:

- $w_2 = 0,3 \text{ mm}$ per la combinazione di carico frequente
- $w_1 = 0,2 \text{ mm}$ per la combinazione di carico quasi permanente.

Tab. 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_k	Stato limite	w_k
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

Tabella 3 - Limiti di apertura delle fessurazioni.

6.6. DURABILITÀ DELLE STRUTTURE IN LEGNO

Le strutture in legno devono essere assegnate ad una delle 3 classi di servizio riportate in Tabella 4. Per tutte le strutture in legno è stata considerata una classe di servizio 2, che, stando a quanto riportato nella Circolare Esplicativa delle NTC18, corrisponde ad una situazione in cui gli elementi lignei *si trovino in ambiente interno non riscaldato o in ambiente esterno, ma protetti dall'esposizione diretta degli agenti atmosferici*.

Classe di servizio 1	È caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20 °C e un'umidità relativa dell'aria circostante che non superi il 65%, se non per poche settimane all'anno.
Classe di servizio 2	È caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20 °C e un'umidità relativa dell'aria circostante che superi l'85% solo per poche settimane all'anno.
Classe di servizio 3	È caratterizzata da umidità più elevata di quella della classe di servizio 2.

Tabella 4 - Classi di servizio per le strutture in legno in accordo col la Tab. 4.4.II delle NTC2018

La durata del carico e l'umidità presente nelle strutture lignee influiscono sulle proprietà resistenti del legno. Per tenere conto della riduzione della resistenza operata dall'azione combinata dell'umidità e del carico la normativa (NTC18) introduce il coefficiente k_{mod} , il cui valore varia a seconda della classe di servizio e della durata del carico.

Materiale	Riferimento	Classe di servizio	Classe di durata del carico				
			Permanente	Lunga	Media	Breve	Istantanea
Legno massiccio Legno lamellare incollato (*) LVL	UNI EN 14081-1 UNI EN 14080 UNI EN 14374, UNI EN 14279	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Compensato	UNI EN 636:2015	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Pannello di scaglie orientate (OSB)	UNI EN 300:2006	OSB/2	1	0,30	0,45	0,65	0,85
		OSB/3	1	0,40	0,50	0,70	0,90
		OSB/4	2	0,30	0,40	0,55	0,70
Pannello di particelle (truciolare)	UNI EN 312:2010	Parti 4, 5	1	0,30	0,45	0,65	0,85
		Parte 5	2	0,20	0,30	0,45	0,60
		Parti 6, 7	1	0,40	0,50	0,70	0,90
		Parte 7	2	0,30	0,40	0,55	0,70
Pannello di fibre, pannelli duri	UNI EN 622-2:2005	HB.LA, HB.HLA 1 o 2	1	0,30	0,45	0,65	0,85
		HB.HLA 1 o 2	2	0,20	0,30	0,45	0,60
		MBH.LA1 o 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80
Pannello di fibre, pannelli semiduri	UNI EN 622-3:2005	MBH.HLS1 o 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80
		2	-	-	-	0,45	0,80
		MDF.LA, MDF.HLS	1	0,20	0,40	0,60	0,80
Pannello di fibra di legno, ottenuto per via secca (MDF)	UNI EN 622-5:2010	MDF.HLS	2	-	-	0,45	0,80

Per i materiali non compresi nella Tabella si potrà fare riferimento ai pertinenti valori riportati nei riferimenti tecnici di comprovata validità indicati nel Capitolo 12, nel rispetto dei livelli di sicurezza delle presenti norme.

(*) I valori indicati si possono adottare anche per i pannelli di tavole incollate a strati incrociati, ma limitatamente alle classi di servizio 1 e 2.

Tabella 5 - NTC2018, Tab. 4.4.IV- valori di k_{mod}

Se una combinazione di carico comprende azioni appartenenti a differenti classi di durata del carico, si deve scegliere un valore di k_{mod} che corrisponde all'azione di minor durata. Nel caso delle coperture in legno, il carico di minor durata corrisponde al carico variabile, che, in accordo con le NTC18 ha una durata media. Pertanto, si è utilizzato un coefficiente $k_{mod}=0,80$ per tutte le coperture.

L'esposizione all'umidità influenza le proprietà reologiche delle fibre del legno. Per tener conto delle proprietà visco-elastiche del legno, le NTC18 propongono di utilizzare il coefficiente k_{def} , il cui valore viene fornito in base alla tipologia di elemento ligneo e della classe di servizio (Tabella 6).

Materiale	Riferimento	Classe di servizio		
		1	2	3
Legno massiccio	UNI EN 14081-1	0,60	0,80	2,00
Legno lamellare incollato *	UNI EN 14080	0,60	0,80	2,00
LVL	UNI EN 14374, UNI EN 14279	0,60	0,80	2,00
Compensato	UNI EN 636:2015	0,80	-	-
		0,80	1,00	-
		0,80	1,00	2,50
Pannelli di scaglie orientate (OSB)	UNI EN 300:2006	OSB/2	2,25	-
		OSB/3 OSB/4	1,50	2,25
Pannello di particelle (truciolare)	UNI EN 312:2010	Parte 4	2,25	-
		Parte 5	2,25	3,00
		Parte 6	1,50	-
		Parte 7	1,50	2,25
Pannello di fibre, pannelli duri	UNI EN 622-2:2005	HB.LA	2,25	-
		HB.HLA1, HB.HLA2	2,25	3,00
Pannello di fibre, pannelli semiduri	UNI EN 622-3:2005	MBH.LA1, MBH.LA2	3,00	-
		MBH.HLS1, MBH.HLS2	3,00	4,00
Pannello di fibra di legno, ottenuto per via secca (MDF)	UNI EN 622-5:2010	MDF.LA	2,25	-
		MDF.HLS	2,25	3,00

Per materiale posto in opera con umidità prossima al punto di saturazione delle fibre, e che possa essere soggetto a essiccazione sotto carico, il valore di k_{def} dovrà, in assenza di idonei provvedimenti, essere aumentato a seguito di opportune valutazioni, sommando ai termini della tabella un valore comunque non inferiore a 2,0.
Per i materiali non compresi nella Tabella si potrà fare riferimento ai pertinenti valori riportati nei riferimenti tecnici di comprovata validità indicati nel Capitolo 12, nel rispetto dei livelli di sicurezza delle presenti norme.
* I valori indicati si possono adottare anche per i pannelli di tavole incollate a strati incrociati, ma limitatamente alle classi di servizio 1 e 2.

Tabella 6 - Tab. 4.4.V delle NTC- valori di k_{def} in funzione della classe di servizio.

Poiché le strutture lignee in esame si trovano ad operare all'interno della classe di servizio 2, si adotta un coefficiente $k_{def}=0,8$.

6.6.1. Trattamenti superficiali del legno

Trattamento protettivo di classe 3.2 in accordo alla norma europea UNI EN 355-1.
Nessun contatto col suolo, possibilità di contatto frequente con acqua per lunghi periodi, ma non continuativamente. Completo essiccamento fra un periodo e l'altro. Umidità maggiore del 20%.

Ciclo protettivo con prodotti a base acqua:

- 2 mani a pennello di fondo impregnante incolore protettivo contro funghi azzurramento, muffe e funghi distruttori
- 2 mani di impregnante incolore per prevenzione esaustiva dall'attacco di insetti xilofagi e una buona protezione ai raggi ultravioletti, pioggia e umidità
- 2 mani di finitura (incolore) impregnante cerata in gel per ottenere una protezione elevata ai raggi ultravioletti, alla pioggia e all'umidità; per una migliore resa estetica eseguire carteggiatura intermedia fra le due mani con grana 280.



6.7. DURABILITÀ STRUTTURE METALLICHE

Per le strutture metalliche si adotta una classe di durabilità C5-M, che garantisce la massima protezione anche negli ambienti più esigenti, come quelli marini.

Categoria di corrosività	Area di applicazione		Spessore totale consigliato per il rivestimento
	All'aperto	Al chiuso	
C1 trascurabile	---	Locali riscaldati, per esempio uffici, negozi, scuole, alberghi	80µm
C2 basso	Basso inquinamento, principalmente le zone rurali	Edifici non riscaldati dove può formarsi condensa, ad esempio magazzini, centri sportivi	120-160µm
C3 medio	Aree urbane e industriali, inquinamento moderato, regioni costiere con bassa concentrazione di sale	Locali con umidità elevata con un certo inquinamento dell'aria, ad esempio, birrerie, caseifici, impianti di produzione alimentare	120-200µm
C4 grave	Aree industriali, regioni costiere con concentrazione di sale moderata	Impianti chimici, piscine, case-barca su acqua di mare	200-280µm
C5 - I estremo (industriale)	Aree industriali con elevata umidità e atmosfere aggressive	Edifici e aree con condensa sempre presente e inquinamento pesante	240-320µm
C5 - M estremo (marittimo)	Regioni costiere ed off-shore con elevata concentrazione di sale	Edifici e aree con condensa sempre presente e inquinamento pesante	240-320µm

6.7.1. Trattamenti superficiali acciaio

- Tutte le superfici in Fe trattate con ciclo in accordo allo Standard Internazionale ISO 12944-2018 per categoria ambientale C5-M:
 - Sa 2½ (ISO 8501-1) profilo "Medium G" (ISO 8503-2).
 - 1ª mano Zincante epossidico @ 80 µm
 - 2ª mano Intermedio epossidico @ 180 µm
 - 3ª mano Finitura Poliuretanica @ 60 µmSpessori a secco Totali 320µm
- Tutti i componenti Fe immersi nella pavimentazione trattati con ciclo protettivo doppio zinco a caldo e sistema a liquido in accordo allo Standard Internazionale ISO 12944-2018 per categoria ambientale C5-M:
 - Primo rivestimento di zinco a caldo (Hot Dip Galvanizing - HDG) con lo spessore indicato nello standard internazionale ASTM A123
 - Sa 2½ (ISO 8501-1) profilo "Fine G" (ISO 8503-2).
 - 1ª mano di fondo @ 80 µm
 - 2ª mano intermedio @ 110 µm
 - 3ª mano Finitura poliuretanica @ 50 µmSpessori a secco Totali 240µm
- Tutte le parti interne dei pezzi cavi verranno trattati con preservante prima della loro chiusura.
- Tutte le parti di accoppiamento di testa subiranno una preparazione manuale per la pulizia delle superfici in accordo allo standard internazionale SSPC SP11
 - 1ª applicazione Mastice Epossidico "surface tolerant" con spessore di @ 100 µm
 - 2ª applicazione Mastice Epossidico "surface tolerant" con spessore di @ 100 µmSpessori a secco Totali 200µm