

LOTTO FUNZIONALE PRIORITARIO –
TRATTO DA SAN ROCCO AL PORTO (LO)
A STAGNO LOMBARDO (CR) – DELLA
CICLOVIA TURISTICA NAZIONALE VENTO

VENTO[®]

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO
Ponte SP196 di Maccastorna - Crotta d'Adda

COMMITTENTE:

Agenzia Interregionale per il fiume Po
Ufficio operativo di Cremona

R.U.P. : Ing. Alessio Picarelli

D.E.C. : Geom. Fernando Altobello

Coordinatore dei progetti: Dott. Christian Farioli

CUP : B17C20000070002

**RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE**

Ing. Lino Pollastri

Progettisti:

Arch. Enrico Costa
Arch. Renato Da Re
Ing. Elena Guerzoni
Ing. Elettra Lowenthal
Arch. Gianluca Parcianello
Arch. Lio Parcianello
Ing. Mauro Perini (DT)
Ing. Alessandro Placucci
Ing. Lino Pollastri
Ing. Francesco Seneci

Progettista strutturale:

Ing. Lorena Ragnacci

Geologo:

Dott. Geol. Mirko Demozzi

OGGETTO:

DOCUMENTI GENERALI

**RELAZIONE GENERALE
TECNICO-ILLUSTRATIVA**

AIPO20050

cod. commessa

DATA:

SCALA:

REVISIONE:

D/E 1 1.0

num. elaborato

Aprile 2022

-

0

REDATTO: LP

APPROVATO: LP

VERIFICATO: MP



MATE Soc. Coop.va
C.F./p.IVA 03419611201
pec mateng@legalmail.it
mateng@mateng.it

Via S.Felice 21
40122 Bologna (BO)
T +39 051 29 12 911



Parcianello & Partners engineering s.r.l.

C.F./p.IVA 01041760255
pec studio@pec.studioparcianello.com
studio@studioparcianello.com

Via G. Matteotti 30/d
32016 Alpage - Farra (BL)
T +39 043 74 6100



Coopprogetti Soc. Coop.
C.F./p.IVA 00424850543
pec coopprogetti@pec.it
staff@coopprogetti.it

Via della Piaggiola 152
06024 Gubbio (PG)
T +39 075 92 3011



NetMobility s.r.l.
C.F./p.IVA 03184140238
pec netmobility@pec.it
netmobility@netmobility.it

Via G. Morgagni 24
37135 Verona (VR)
T +39 045 82 50 176

GRUPPO DI LAVORO



Mate Soc. Coop.

Ing. Lino Pollastri, Ing. Elena Guerzoni, Ing. Franco Di Biase, Ing. Matteo Cella, Arch. Francesco Vazzano, Arch. Agostino Maiurano, Ing. Mauro Angione, Ing. Silvia Moretti, Ing. Marco Lupo, Arch. Arturo Augelletta, Ing. Elettra Lowenthal, Arch. Emanuela Barro, Dott. Urb. Valeria Polizzi, Dott. Urb. Lisa De Gasper, Ing. Mauro Perini (DT), Ing. Alessandro Sanna, Dott. Veronica D'Onofrio.



Coopprogetti Soc. coop.

Arch. Enrico Costa, Arch. Paolo Ghirelli, Ing. Lorena Ragnacci, Ing. Edoardo Filippetti, Ing. Moreno Panfili, Ing. Alessandro Placucci, Arch. Elisa Aurora Eleonora Crimi, Arch. Luigi Muraca, Ing. Danilo Pelle, Cons. BB. AA. AA. Eleonora Gitto, Ing. Luigino Capponi, Ing. Luigi Farina, Geol. Fausto Pelicci, Dott. Agr. Salvatore Mauro, Dott. Archeo. Mariagrazia Lisenò.



Parcianello & Partners engineering s.r.l.

Arch. Lio Parcianello, Arch. Renato Da Re, Arch. Gianluca Parcianello, Arch. Giada Saviane, Geom. Enzo Parcianello, Dis. Romano Sommacal, p.e. Simona Cesa, Arch. Federico Segat, Arch. Giulia Della Giustina, Arch. Andrea Maugeri, Ing. Tiziana Cataldo.



NetMobility s.r.l.

Ing. Francesco Seneci, Geol. Mirko Demozzi, Geol. Alice Ferrari.

Sommario

1	INTRODUZIONE.....	3
1.1	CONTENUTI FORMALI DEL PROGETTO.....	4
2	LOCALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI.....	6
3	LA CONFERENZA DEI SERVIZI SUL PROGETTO DEFINITIVO E CONSEGUENTI INTEGRAZIONI	7
3.1	SEGNALETICA.....	7
3.2	INSERIMENTO PAESAGGISTICO PONTE	9
4	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	10
5	ANALISI DELLO STATO DI FATTO.....	12
5.1	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	12
5.2	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	13
5.3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E SISMICO.....	14
5.4	LA DESCRIZIONE DEI LUOGHI	18
5.5	OPERA ESISTENTE	19
5.6	DESCRIZIONE DELLE INTERFERENZE.....	27
6	LO STATO DI PROGETTO – PARTE CICLABILE	28
7	LO STATO DI PROGETTO – NUOVA OPERA.....	34
7.1	INTERVENTI DI ADEGUAMENTO STATICO E SISMICO	36
8	SISMICA	38
8.1	VITA NOMINALE.....	41
8.2	CLASSE D’USO.....	41
8.3	PERIODO DI RIFERIMENTO DELL’AZIONE SISMICA	42
8.4	STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITA’ DI SUPERAMENTO	42
8.5	COORDINATE DI SITO PER L’INDIVIDUAZIONE DEI PARAMETRI SISMICI.....	43
8.6	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO.....	43
8.7	CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	44
8.8	PARAMETRI DI PROGETTO.....	44
9	CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI DEI MATERIALI	47
9.1	ACCIAIO.....	47
9.1.1	ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO	47
9.1.2	ACCIAIO PER CARPENTERIA.....	48
9.2	CALCESTRUZZO	53
9.2.1	CALCESTRUZZO PER PILE E SPALLE	59
9.2.2	CALCESTRUZZO PER PALI	60
9.2.3	CALCESTRUZZO PER PLINTI SU PALI	61
9.2.4	CALCESTRUZZO PER MAGRONE.....	62
10	IMPIANTI TECNOLOGICI.....	63

1 INTRODUZIONE

VENTO è il progetto di una dorsale cicloturistica che corre per oltre 700 km principalmente lungo gli argini del fiume Po. Si tratta di un progetto di territorio a scala interregionale promosso dal Politecnico di Milano che, attraverso la fruizione cicloturistica, coinvolge un vasto contesto geografico con l'obiettivo di rigenerarlo attivando interventi di recupero, occupazione, identità, dignità, socialità e urbanità.

Si sviluppa lungo il fiume Po da "VENezia a TORino" (da qui l'acronimo VENTO) passando per Milano, interessando 4 regioni (Piemonte, Lombardia, Emilia Romagna e Veneto), 12 province e 121 comuni: un concetto nuovo quello di dorsale cicloturistica, da intendersi quale infrastruttura leggera, sicura e continua e interconnessa, che riapre alla fruizione pubblica il paesaggio italiano e il piacere di visitarlo, percorrerlo, scoprirlo con il ritmo giusto della bicicletta.

È il paesaggio nella sua dimensione estensiva inteso come bene culturale più prezioso, il continuum fra monumenti, città e cittadini.

Ed è la bicicletta a invitare centinaia di migliaia di nuovi visitatori da tutto il mondo nel territorio delle straordinarie aree interne del nord dell'Italia.

Il Progetto di Fattibilità Tecnico Economica della Ciclovia VENTO (nel seguito PFTE_VENTO) è stato approvato alla fine del 2019 (1).

Il progetto definitivo redatto nel 2021 è relativo al primo lotto funzionale della ciclovia, posto in Regione Lombardia con finanziamento Nazionale e regionale il cui titolo è:

SERV-8 – “Lotto funzionale prioritario – tratto da San Rocco al Porto (LO) a Stagno Lombardo (CR) della ciclovia turistica nazionale VENTO.

Si ricorda che nella fase iniziale di redazione del progetto definitivo di attraversamento del fiume Adda tra i comuni di Maccastorna e Crotta d'Adda è stata coinvolta la Provincia di Cremona, in quanto ente gestore dell'esistente ponte stradale, e di concerto con la stessa Provincia si è optato per la realizzazione di una passerella ciclabile collegata all'impalcato esistente anziché, come previsto nel PFTE, la realizzazione di un nuovo manufatto indipendente a valle del citato ponte.

Nel Progetto Definitivo consegnato e approvato era stata sviluppata solo la parte architettonica del ponte per l'ottenimento delle autorizzazioni di competenza in sede di conferenza servizi.

La Conferenza di servizi decisa ai sensi ex art. 14 c. 2 della Legge 07.08.1990 n° 241 e s.m.i. – forma semplificata in modalità asincrona, finalizzata alla approvazione del progetto definitivo e all'apposizione del vincolo preordinato all'esproprio e alla dichiarazione di pubblica utilità ai sensi art. 10 e 12 del D.P.R. 327/2001, era stata indetta con nota n. 2625 del 01/10/2021. Il termine indicato per la conclusione del procedimento era il 19/11/2021.

In data 04 febbraio 2022 il RUP, Ing. Alessio Picarelli approva il verbale di Conferenza Servizi e il progetto definitivo relativo al percorso ciclabile e alla parte architettonica del Ponte di Maccastorna.

(1) In data 29.04.2019 è stato consegnato ad ILSpA S.p.A. - Soggetto attuatore per conto della Regione Lombardia quale Ente Capofila - il PFTE della Ciclovia VENTO, il cui iter di valutazione in sede di Conferenza di Servizi preliminare e di verifica della progettazione si è concluso in data 03.12.2019.

La positiva conclusione della Conferenza dei Servizi, ai sensi dell'art. 10, comma 1, DPR 327/2001 e s.m.i., ha determinato anche l'apposizione del vincolo preordinato all'esproprio sulle aree interessate dall'opera e incluse nel piano particellare d'esproprio di cui agli elaborati progettuali.

La presente progettazione definitivo-esecutiva è relativa al Ponte della SP196 di Maccastorna-Crotta d'Adda, stralcio autonomo rispetto alla progettazione esecutiva della porzione ciclabile.

Nel dettaglio, il presente elaborato prende in considerazione la realizzazione della nuova passerella sul Fiume Adda che collega i Comuni di Maccastorna a Crotta d'Adda. La nuova opera verrà realizzata in adiacenza alla struttura del ponte esistente della S.P. 47 Sorresina denominato "Ponte a Crotta d'Adda" sul lato di valle ancorandola all'imposta viabile del ponte. L'approdo della ciclabile sulle sponde destra e sinistra del Fiume Adda sarà garantito dall'allargamento di circa 3 metri verso valle di entrambe i terrapieni esistenti su cui transita la sede stradale.

1.1 Contenuti formali del progetto

Il progetto è redatto secondo le prescrizioni contrattuali e assicura la rispondenza al livello di progettazione esecutiva conforme alla vigente normativa di cui al Codice dei contratti pubblici (D. Lgs. n. 50/2016 e s.m.i.) e agli artt. del Regolamento di esecuzione ed attuazione del Codice (D.P.R. 5 n. 207/2010 e s.m.i.).

Secondo le indicazioni richiamate nel PFTE, la Ciclovia VENTO, per filosofia progettuale, vuole essere e sarà una pista ciclopedonale (meglio ancora: una dorsale cicloturistica) e non un itinerario in promiscuo, quanto più possibile lineare, sicuro e continuo: un asse portante che si sviluppa prevalentemente in contesto extraurbano, incrociando reti secondarie di penetrazione nei centri urbani.

Su questo indirizzo generale poggiano i cinque criteri (di riferimento generale per la progettazione e la realizzazione della VENTO:

⇒ **SICUREZZA** - Eliminazione di tutte le promiscuità e discontinuità esistenti che possono mettere a repentaglio la sicurezza del ciclista. Se con il cicloturismo si vuole raggiungere un numero elevato di frequentatori occorre offrire garanzie di sicurezza a partire proprio dalla eliminazione delle interruzioni ed evitando nella misura massima possibile che il ciclista incontri il traffico motorizzato anche occasionalmente.

⇒ **SEMPLICITÀ** - La progettazione privilegia la semplicità, sia nelle soluzioni tecniche che nella decisione del tracciato. Per ora è stata individuata una sola dorsale (talvolta in sponda sinistra, talvolta in sponda destra), perché in questo momento occorre realizzare il tracciato di innesco, adottando soluzioni minimali per la risoluzione delle discontinuità, rimandando al futuro eventuali integrazioni e dotazioni.

⇒ **ECONOMICITÀ** - Il progetto adotta soluzioni progettuali fondate su criteri di economicità, massima efficienza nella scelta del tracciato con soluzioni tecniche semplici e replicabili lungo tutto il percorso. Si propone di utilizzare gli argini maestri laddove vi sono le condizioni di utilizzabilità de facto (anche se per ora non de iure) e le ciclabili già esistenti, contenendo al minimo i passaggi sul Po e sui suoi affluenti. Ripetere le medesime soluzioni lungo il percorso consente sensibili abbattimenti di costo e

aumenta la percezione di unitarietà, ingrediente fondamentale per la costruzione di un'identità della ciclabile.

⇒ **FLESSIBILITÀ MODALE** - Il corso del Po è quasi tutto affiancato dalla ferrovia, sebbene talvolta si tratti di linee minori. VENTO cerca di stare a ridosso della linea del ferro (mediamente non dista più di 8 km da questa) in modo da consentire - a chiunque non possa percorrere tutti i circa 700 km della ciclovia - di poter utilizzare il treno per alcuni tratti.

Stessa cosa si può dire per la navigazione fluviale che oggi non si esprime in tutta la sua potenzialità e che invece sarebbe un fattore di attrattività e successo di questa dorsale.

⇒ **ATTRATTIVITÀ** - vento attraversa/lambisce numerose aree protette, parchi e riserve naturali all'interno delle quali si sviluppa il 40% del tracciato che diventa asse strutturante di una nuova rete di paesaggi a dominante naturalistica. a queste si aggiunge una notevole varietà di paesaggi rurali di pregio (risaie, pianure agricole, colture del delta, ecc.) e una non comune ricchezza di valori urbani, dai grandi centri (Torino, Milano e Venezia) ai piccoli comuni, passando le medie città di grande richiamo (Pavia, Cremona, Ferrara, Piacenza, Chioggia, ecc.).

La presente elaborazione riguarda il servizio di progettazione per la Tratta L4 e parte della Tratta L5, appartenenti alla Ciclovia VENTO, primo lotto funzionale lombardo, da San Rocco al Porto a Stagno Lombardo, stralcio dell'adeguamento del ponte della SP196.

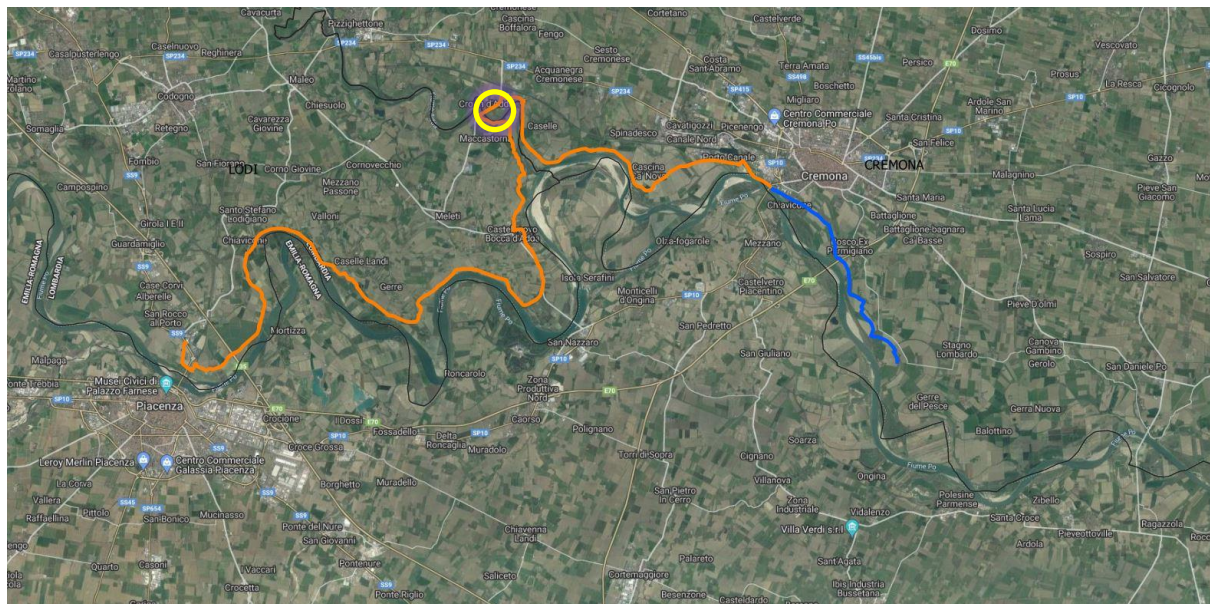
Come principali riferimenti programmatici preordinati alla presente progettazione si sono assunte:

- a) Le elaborazioni e le determinazioni relative alle approvazioni in conferenza servizi
- b) Le determinazioni in ordine all'attuazione dei Lotti prioritari della Ciclovia VENTO, che nella fattispecie riguardano la Tratta L4 e parte della Tratta L5.

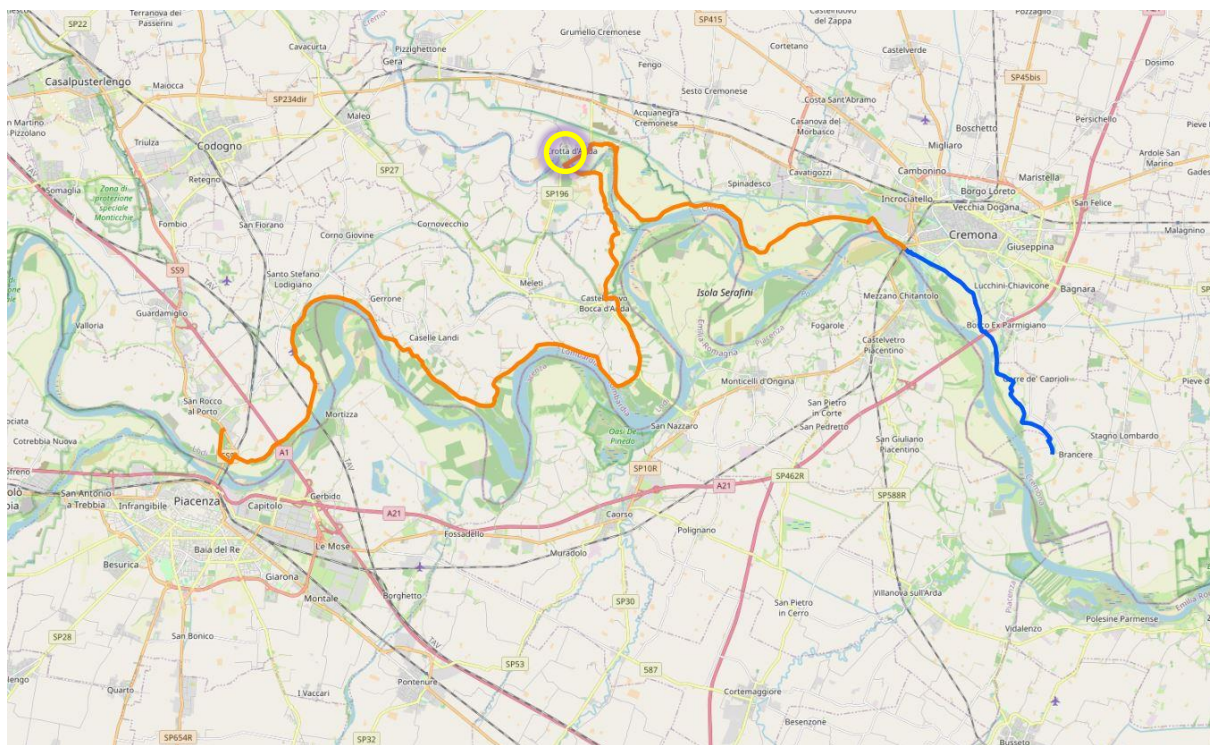
2 LOCALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI

Il percorso in questione si sviluppa lungo la Macrotratta 2 (Regione Lombardia) della Ciclovía nazionale VENTO, in particolare è composto dalla Tratta L4 e da parte della Tratta L5, attraverso le province di Lodi (con origine nel Comune di San Rocco) e di Cremona (con conclusione nel Comune di Stagno Lombardo).

Sono interessati in totale 11 Comuni, 6 nella Provincia di Lodi e 5 nella Provincia di Cremona, sulla sponda sinistra del fiume Po.



Inquadramento territoriale dell'intervento



Localizzazione degli interventi su base Open Street Map

3 LA CONFERENZA DEI SERVIZI SUL PROGETTO DEFINITIVO E CONSEGUENTI INTEGRAZIONI

Come riportato in introduzione, la Conferenza dei servizi, indotta con nota n. 2625 del 01/10/2021, si è conclusa positivamente nel rispetto delle controdeduzioni riportate nell'allegato e il progetto esecutivo della ciclabile, così come il presente progetto del ponte della SP196 sviluppa le richieste e prescrizioni ivi contenute.

3.1 Segnaletica

Tenuto conto che in merito alla segnaletica sono pervenute diverse osservazioni, in larga parte condivisibili e meritevoli di approfondimento; considerato che il progetto della ciclovia VENTO è di interesse nazionale e coinvolge oltre alla Regione Lombardia anche Piemonte, Emilia Romagna e Veneto e che, di conseguenza, la progettazione esecutiva in materia di segnaletica debba essere impostata in base a criteri di conformità riferibili in via prioritaria alla normativa nazionale e, ove possibile, alle normative regionali; AIPo ha promosso un confronto tecnico con le Regioni interessate dall'intero Progetto Vento in merito alla segnaletica.

L'esito di tale confronto è stata la redazione delle Linee guida segnaletica VENTO – Criteri minimi.

Per ciò che attiene la segnaletica di Livello 2 – Direzionale, di conferma e informativa funzionale ci si è concentrati sulla localizzazione di quella orizzontale e verticale, al momento relativamente ai soli cartelli di "direzione e avviamento per raggiungere la ciclovia" e di "conferma o sintesi lungo l'itinerario".

È stato concordato con Regione Lombardia di escludere, in questa fase, la cartellonistica di "direzione" sia per le destinazioni esterne, sia per i punti di interesse rimandandone l'inserimento ad una fase successiva. Per la localizzazione di tali pannelli non risulta sufficiente individuare il centro urbano più prossimo, ovvero il territorio comunale interessato dal passaggio della ciclovia, ma occorre individuare il percorso (o i percorsi) specifici dai quali il ciclista che percorre VENTO può accedere allo stesso centro urbano. Ogni percorso scelto può divenire un itinerario preferenziale in grado di giocare un ruolo strategico non solo dal punto di vista logistico ma soprattutto per lo sviluppo territoriale locale e per tale ragione presuppone un confronto attivo con le realtà locali interessate, affinché le scelte siano operate sulla base dei desiderati. Lo stesso dicasi per i luoghi di interesse che, richiedendo una conoscenza specifica del patrimonio tangibile e intangibile del territorio, possono essere individuati solo con un lavoro specifico di concerto con le Amministrazioni comunali o altri Enti preposti.

Criteri per la localizzazione della segnaletica

Per la localizzazione della segnaletica si è fatto riferimento agli incroci primari, interessati da operazioni di ridisegno o risistemazione delle superfici, ovvero cambi di direzione e intersezioni con altri percorsi che possano generare "smarrimento" per il ciclista.

Ognuno di tali incroci è individuato dalla presenza della segnaletica orizzontale, posizionata come indicato nelle Linee Guida e costituita da elementi di 50x50 cm, realizzati a mezzo di verniciatura bianca su percorso asfaltato, ricorrendo a modulo in conglomerato in caso di supporto incoerente. Gli elementi sono posti ad un intervallo di 5 m. Il Logo VENTO e le frecce supportano e orientano il ciclista sia in caso di svolta sia in caso di proseguimento lungo il tratto che sta percorrendo.

I **segnali di conferma** lungo l'itinerario sono stati così localizzati:

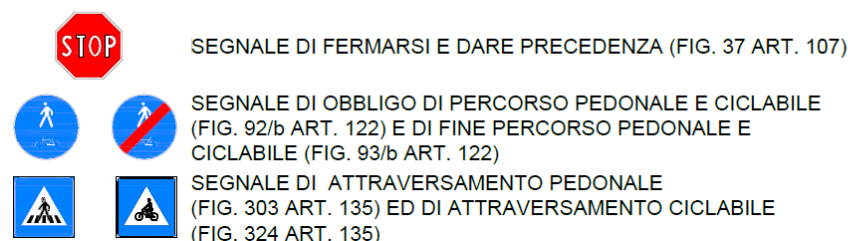
Il pannello 40x40 cm, con logo VENTO, freccia e direzione su sfondo marrone, è stato posizionato a 200 m da ogni incrocio e permette al ciclista di avere conferma di aver svoltato o proseguito correttamente, ovvero in accordo a quanto indicato dalla segnaletica orizzontale. Le direzioni riportate sul pannello riguardano i centri urbani principali coincidenti con gli estremi del tratto in oggetto. In questo caso la direzione "Piacenza" sostituisce "San Rocco al Porto", mentre "Cremona" si sostituisce a "Stagno Lombardo", prediligendo quindi il centro urbano maggiore in accordo con l'obiettivo fondamentale di fornire al ciclista italiano e, a maggior ragione straniero, un punto di riferimento noto.

Il pannello di conferma 40x40 cm occupato quasi interamente dal logo VENTO è stato posizionato solo nei tratti continui di lunghezza rilevante, ovvero caratterizzati dall'asse di incroci principali e relativa segnaletica per oltre 1,00 – 2,00 km. Nel caso ad oggetto, i tratti continui descritti superano spesso i 6,00 km arrivando anche ai 12,00 km. In questi tratti l'inserimento del pannello rassicura il ciclista potrebbe sentirsi smarrito sia in prossimità di incroci minori (strade campestri) sia in virtù della lunghezza del percorso. I pannelli sono stati posizionati considerando un interasse minimo di 1,00 km, in linea con il principio di evitare le ridondanze. Inoltre, nel caso in cui i tratti lunghi e continui si trovino all'interno di aree protette o comunque di pregio paesaggistico e ambientale (es. Parco dell'Adda Sud, Parco del Po e del Morbasco) si è optato per il pannello di 17x33 cm, con logo VENTO e freccia su sfondo marrone, posizionati ad un interasse di 2,00 km. Tale scelta è stata dettata dal dover trovare un compromesso tra la necessità di confermare il tracciato VENTO in aree simili - grandi Parchi ricchi di percorsi e itinerari che potrebbero indurre in errore - e la volontà di preservare al massimo la neutralità dei luoghi, inserendo elementi poco invasivi, simili a quelli già presenti e un minor numero di pali.

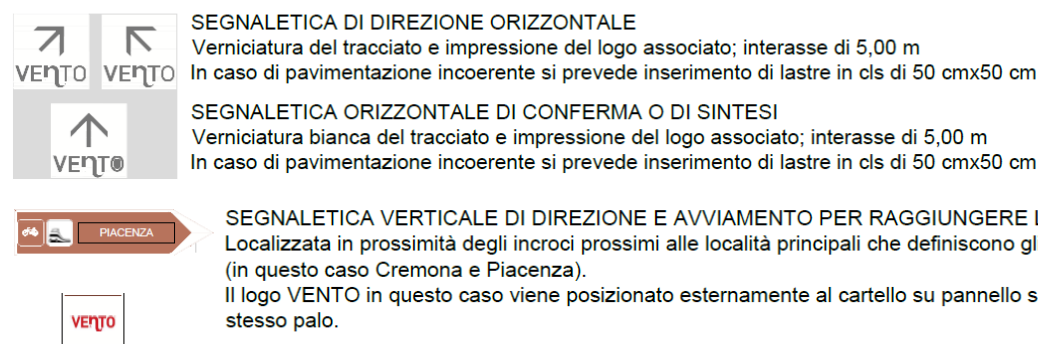
Qualora possibile e nel rispetto del Codice della Strada, la segnaletica prevista utilizzerà i pali già presenti lungo il tracciato.

Il progetto della segnaletica, sviluppato secondo i criteri riportati, è presente nell'elaborato *DE2.12.0 – Segnaletica stradale e di direzione*.

L1 - SEGNALETICA STRADALE (Nuovo Codice della Strada)



L2 - SEGNALETICA DIREZIONALE, DI CONFERMA E INFORMATIVA FUNZIONALE



**SEGNALETICA VERTICALE DI CONFERMA LUNGO L'ITINERARIO**

Cartello 40 cm x 40 cm, posizionato a 200 m dall'incrocio

La direzione riporta il nome dei centri urbani principali, ubicati agli estremi del tratto percorso (es. direzione Cremona = verso Stagno Lombardo; direzione Piacenza = verso San Rocco al Porto)

**SEGNALETICA DI DIREZIONE ORIZZONTALE DI CONFERMA LUNGO L'ITINERARIO**

Cartello 40 cm x 40 cm, con il logo VENTO, posizionato a passo di 1,00 km

Previsto solo nei tratti continui e privi di incroci, ovvero di altra segnaletica, di lunghezza rilevante (oltre i 2 km)

Sostituire con cartello 17 cm x 30 cm nei Parchi e nelle aree di pregio, in quanto preferibile meno ingombrante

3.2 Inserimento paesaggistico ponte

Nel Progetto Definitivo presentato in Conferenza Servizi sono state sviluppate due proposte di progetto architettonico per la passerella in accosto al ponte esistente sulla SP196, con parapetti in Corten (soluzione 1) e in acciaio inox (soluzione 2).

La Direzione generale territorio e protezione civile, Programmazione territoriale e paesistica – Paesaggio – della Regione Lombardia ha espresso nel suo parere, protocollo Z1.2021.0045808 del 18/11/2021, come segue: *“per quanto riguarda il progetto dell’ampliamento del ponte sul fiume Adda, si ritiene che sia preferibile una soluzione che permetta un minore impatto visivo nel più ampio contesto paesaggistico, suggerendo il mantenimento della struttura a vista della nuova passerella, così come rappresentato nella soluzione 2”*.

La Soprintendenza archeologia, belle arti e paesaggio per le province di Cremona, Lodi e Mantova, con parere 10960 del 15/11/2021, esprime parere analogo:

“Per quanto concerne l’intervento di nuova passerella a sbalzo sul ponte tra Maccastorna e Crotta d’Adda, si ritiene preferibile la soluzione che prevede un parapetto con maglia in acciaio inox, la quale garantisce maggiore permeabilità visiva sia percorrendo il manufatto che da altri punti di vista in ambito fluviale; inoltre l’impiego di un materiale avente colorazione simile all’esistente consente anche una miglior mitigazione nelle visuali dal basso verso il cielo e tra il manufatto esistente e la nuova passerella”.

La presente progettazione ha seguito tale indicazioni, come riportato nell’elaborato *DE4.1.0 – Architettonico: planimetria, prospetto e sezioni*.

4 RIFERIMENTI NORMATIVI

L'opera in progetto fa diretto riferimento alle tipologie infrastrutturali definite dalla L. n. 2/2018 - Disposizioni per lo sviluppo della mobilità in bicicletta e la realizzazione della rete nazionale di percorribilità ciclistica, laddove all'art. 2, co. 1, lett. a) si definisce "ciclovía" un itinerario che consenta il transito delle biciclette nelle due direzioni, dotato di diversi livelli di protezione determinati da provvedimenti o da infrastrutture che rendono la percorrenza ciclistica più agevole e sicura.

La normativa tecnica di riferimento per la progettazione della ciclovía opera su più livelli, a partire dalle disposizioni di carattere generale (norme sulle infrastrutture stradali e ciclabili, Codice della strada e relativo Regolamento d'attuazione, ecc.) fino alle disposizioni regolamentari emanate dalla Regione attraversata. Di seguito si riporta il quadro normativo vigente.

Lavori pubblici

- D.Lgs. 19 aprile 2017, n. 56, Disposizioni integrative e correttive al Decreto Legislativo 18 aprile 2016, n. 50;
- D.M. 11 gennaio 2017, Adozione dei criteri ambientali minimi;
- D.Lgs. 18 aprile 2016, n. 50 e ss.mm.ii., Codice dei Contratti Pubblici;
- D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207 e ss.mm.ii., Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163 recante "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/CE e 2004/18/CE".
- D.M. 19 aprile 2000, n. 145, Regolamento recante il capitolato generale d'appalto dei lavori pubblici, ai sensi dell'articolo 3, comma 5, della legge 11 febbraio 1994, n. 109, e s.m.i.;
- D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81, Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro;
- Decreto del Presidente della Repubblica 8 giugno 2001, n. 327 Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di espropriazione per pubblica utilità e ss.mm.ii.

Costruzioni

- D.M. 17/01/2018, Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»;
- CIRCOLARE 21 gennaio 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.

Salvaguardia dell'ambiente e delle risorse

- D.M.A.T.T.M. 10 agosto 2012, n. 161, Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo e ss.mm.ii.;
- D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152, Norme in materia ambientale e ss.mm.ii.;
- D.Lgs. 22 gennaio 2004, n. 42, Codice dei beni culturali e del paesaggio e ss.mm.ii.;
- Regio Decreto 523/1904 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie".

Strutture

- D. M. 17 gennaio 2018, Norme tecniche delle per le costruzioni

Progettazione di piste ciclabili

- L.n. 2/2018 - Disposizioni per lo sviluppo della mobilità in bicicletta e la realizzazione della rete nazionale di percorribilità ciclistica;
- D.M. n. 517 del 28.11.2018, Decreto del Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti di concerto con il Ministro dei Beni e delle Attività Culturali e il Ministro delle Politiche Agricole Alimentari, Forestali e del Turismo, recante la "Progettazione e realizzazione di un sistema nazionale di ciclovie turistiche".

- Direttiva M.I.T. 20 luglio 2017, n. 375, Requisiti di pianificazione e standard tecnici di progettazione per la realizzazione del Sistema Nazionale delle Ciclovie Turistiche (SNCT);
- D.Lgs. 15 marzo 2011, n. 35, Gestione della sicurezza nelle infrastrutture stradali;
- D.M. 19 aprile 2006, Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali;
- D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade;
- Direttiva M.LL.PP 24 ottobre 2000 sulla corretta ed uniforme applicazione delle norme del codice della strada in materia di segnaletica;
- D.M. 30 novembre 1999, n. 557, Regolamento recante norme per la definizione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclabili;
- Direttiva M.I.T. 24 giugno 1995 per la redazione, adozione ed attuazione dei piani urbani del traffico;
- Legge 28 giugno 1991, n. 208, interventi per la realizzazione di itinerari ciclabili e pedonali in aree urbane;
- D.P.R. 16 dicembre 1992 n. 495, regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada;
- D.Lgs 30 aprile 1992 n. 285, Nuovo Codice della strada e ss.mm.ii.
- Regione Emilia Romagna
- D.G.R. 21 luglio 2014, n. 1157, Approvazione dello schema di protocollo d'intesa, tra Regione e Province, e degli elaborati tecnici della rete delle ciclovie regionali;
- D.G.R. 14 marzo 2013, n. 3185, Approvazione del "Sistema di segnaletica d'indicazione/direzione" per la rete regionale di mobilità ciclopedonale;
- Linee guida per la rilevazione dei percorsi ciclabili – Novembre 2012.

Regione Lombardia

- D.G.R. 22 dicembre 2012 n. VI/47207, Manuale per la realizzazione della rete ciclabile regionale.

Per quanto non riconducibile a formali disposizioni normative, per la progettazione di livello definitivo ed esecutivo si farà riferimento alle raccomandazioni CNR - UNI e alla letteratura tecnica di settore.

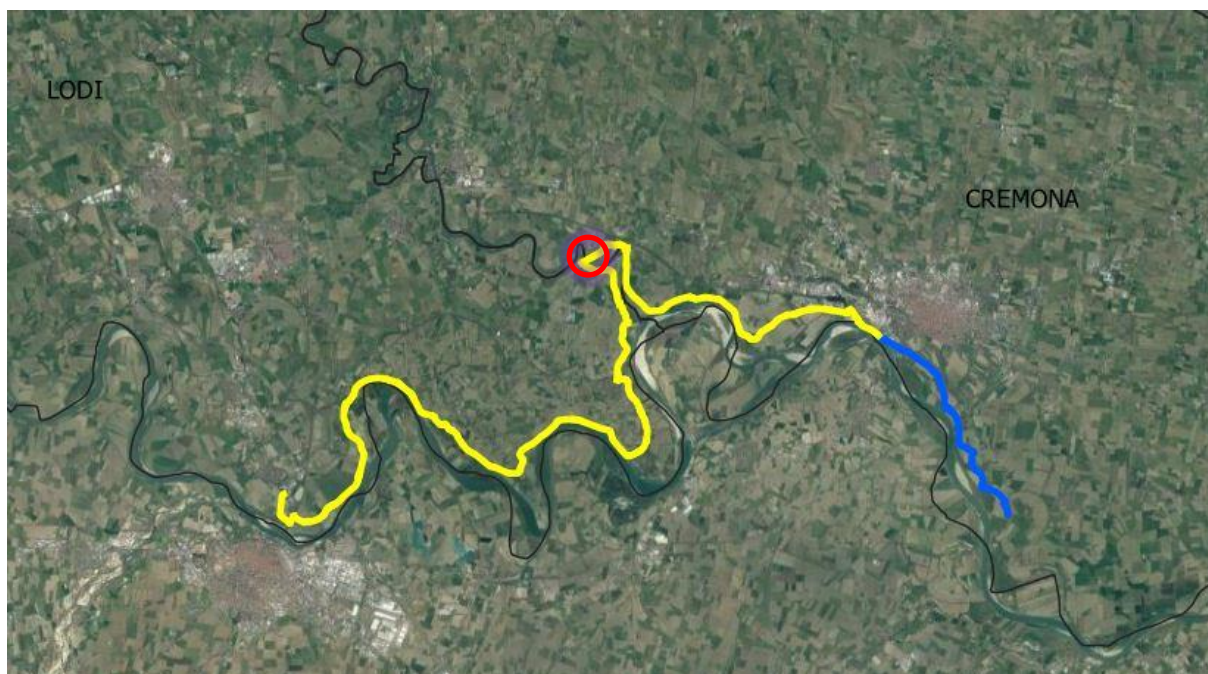
5 ANALISI DELLO STATO DI FATTO

5.1 Inquadramento territoriale

Gli interventi, che come già detto si inseriscono nel più ampio progetto di realizzazione della ciclovia VENTO, Macrotratta 2, lungo la Tratta L4 (da S. Rocco al Porto a Cremona) ed in parte della Tratta L5 (da Cremona a Stagno Lombardo), in Lombardia, localizzati in particolare all'interno nelle Province di Lodi e Cremona, nei Comuni di:

- San Rocco al Porto (LO);
- Santo Stefano Lodigiano (LO);
- Corno Giovine (LO);
- Caselle Landi (LO)
- Castelnuovo Bocca d'Adda (LO);
- Maccastorna (LO);
- Crotta d'Adda (CR);
- Spinadesco (CR);
- Cremona (CR);
- Gerre de' Caprioli (CR);
- Stagno Lombardo (CR).

Gli interventi del presente lotto sono localizzati in particolare al confine tra le Province di Lodi e Cremona, nei Comuni di Maccastorna (LO) e Crotta d'Adda (CR). Il tratto in questione si sviluppa sull'attraversamento del fiume Adda che fa da confine tra le due Province.



Localizzazione degli interventi

5.2 Inquadramento idrogeologico

Dal punto di vista idraulico, la pianificazione di bacino che interessa l'area comprende:

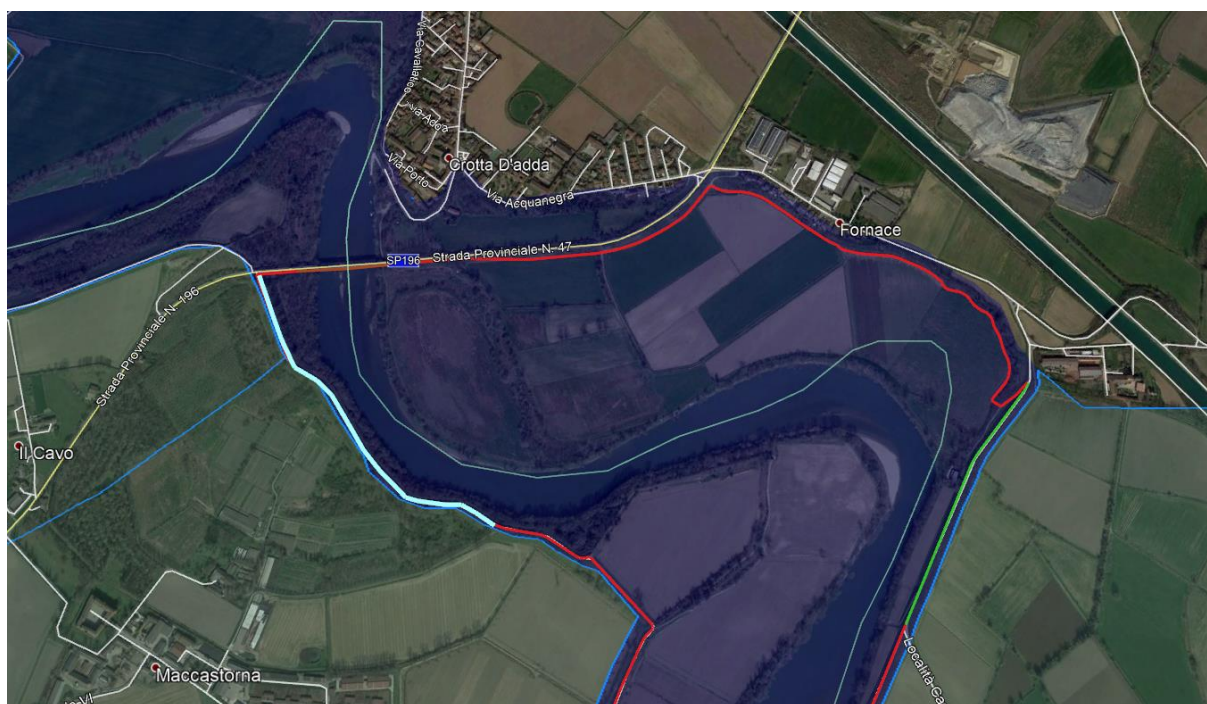
- **Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino idrografico di rilievo nazionale del fiume Po (PAI)** dell'Autorità di Bacino del Fiume Po;
- **Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA)**, dell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po;

In generale gli interventi sono posti sulla sommità dell'argine maestro del Fiume.

Alcuni tratti però sono in golena:

- 1) San Rocco al Porto inizio ciclovía e raccordo fino al ponte FS,
- 2) Crotta d'Adda superato il ponte di Maccastorna in sinistra idraulica con discesa in golena per bypassare loc. Fornace
- 3) Cremona raccordo Via Riglio e waterfront in corrispondenza del ponte stradale e di FS
- 4) Stagno Lombardo col raccordo in loc. Salice tratto golenale

Questi ricadono in fasce soggette ad allagamento in fascia A e B del PAI PO.



Crotta d'Adda tratto golenale in sinistra idraulica

5.3 Inquadramento geologico e sismico

Il Progetto si avvale di uno studio geologico specifico che prevede la ricostruzione del modello geologico del sottosuolo e della morfologia in corrispondenza del tratto di ciclovia turistica nazionale VENTO interessata dalla realizzazione della nuova passerella ancorata al ponte stradale esistente e degli approdi sulle sponde destra e sinistra del Fiume Adda.

Tale documento (*Elab DE1.4.0 Relazione geologica, geotecnica e sismica*) ha lo scopo di valutare e supportare la soluzione progettuale in relazione alle caratteristiche geologiche, sismiche e idrogeologiche dei siti in oggetto ed eventualmente prescrivere le necessarie modifiche o integrazioni così come previsto dal D.M. 17 gennaio 2018 “*Nuove norme tecniche per le costruzioni*”, oltre che in osservanza della D.G.R. Lombardia n. 2616/2011 e delle Norme Geologiche di Piano del vigente P.G.T. comunale di Crotta d’Adda (Cremona) e Maccastorna (Lodi).

Il lavoro è stato redatto nel marzo del 2022 ed espone i risultati ottenuti dai sopralluoghi/rilievi di superficie effettuati dagli scriventi e dall’elaborazione dei dati raccolti mediante l’ausilio di programmi informatici.

Per una migliore ricostruzione del modello geologico del sottosuolo è stata eseguita una campagna d’indagine geognostica condotta lungo l’intero tracciato con la realizzazione di sondaggi, prove geotecniche in sito e indagini geofisiche.

Ulteriori informazioni sono state raccolte dai database consultabili via internet nel geoportale della Regione Lombardia: Home - Geoportale della Lombardia (regione.lombardia.it).

Nei pressi delle spalle in destra e sinistra idrografica (vedi figura seguente), sono stati effettuati dalla ditta GeoLand dei sondaggi a carotaggio continuo con recupero di carota. Le perforazioni, effettuate con sonda “Nenzi Gelma 1” con carotiere semplice a diametro 101 mm e rivestimento 127 mm, sono stati spinti alla profondità di -30 m dal p.c. permettendo in tal modo la ricostruzione stratigrafica del sottosuolo.



Crotta d'Adda (CR)



Le **indagini geologiche dirette** sono state integrate con alcune indagini geofisiche condotte a cura di GG Service Sas, con lo scopo di analizzare la caratterizzazione sismica dei luoghi in oggetto e individuare eventuali sottoservizi esistenti al di sotto del tracciato.

L'area in esame ricade interamente nel contesto morfologico pianeggiante che costituisce il livello della Pianura Padana, confinata nell'avanfossa tra i fronti dei rilievi alpini e appenninici posti rispettivamente nei settori nord e sud. La genesi geologica risulta strettamente connessa all'alternanza di processi di deposito ed erosione dettati dall'evoluzione del sistema idrografico collegato alle variazioni climatiche, susseguitesi dal Pleistocene a oggi. La sovrapposizione e l'alternanza di questi fenomeni di erosione, trasporto e deposizione ha permesso l'accrescimento verticale e areali dei depositi alluvionali continentali di origine fluvioglaciale e fluviale.

Il settore in esame ricade quindi in un ambiente dominato dalla morfologia fluviale a media e bassa energia, con sistemi di terrazzi alluvionali dettati del Fiume Po che, descrivendo una serie continua di meandri, percorre con direzione ovest-est la pianura. Il reticolo idrografico consente di attuare una differenziazione sedimentologica in funzione dei meccanismi di deposizione dei sedimenti, con la presenza di una granulometria superficiale prevalentemente ghiaiosa-sabbiosa in prossimità degli alvei attivi o fossili e materiali più fini limosi (localmente sabbiosi e ghiaiosi) in corrispondenza delle aree alluvionali.

Nel dettaglio il Ponte Maccastorna sul Fiume Adda si colloca in un'area in cui l'evoluzione idraulica del Fiume Po si interseca con l'analoga evoluzione dell'Adda creando nel sottosuolo una sovrapposizione di livelli sedimentari legati a diversi ambienti dominati dai 2 fiumi. Le coperture quaternarie sovrastano il basamento plio-pleistocenico che si attesta ad una profondità di circa 200- 300 metri.

Questo tipo di stratigrafia sia semplifica nella parte superficiale (olocene) quando i vari livelli sedimentari sono invece decisamente attribuibili alla dinamica fluviale dell'Adda.

La zona di studio si colloca quindi in un settore pianeggiante caratterizzato dalle morfologie create e modellate dai Fiumi Adda e Po come alvei attuali, terrazzi fluviali e paleoalvei. I primi sono depositi alluvionali incisi dall'erosione fluviale, i secondi rappresentano antichi percorsi fluviali generalmente di forma sinuosa, oggi relitti (abbandonati).

Il ponte Maccastorna attraversa su 6 pile (4 in alveo) l'alveo attuale del fiume e l'area di pianura alluvionale caratterizzata notevole omogeneità morfologica pianeggiante e da sedimenti alluvionali attuali e recenti. Il sottosuolo influenzato dalla struttura del ponte e dalle sue spalle è quindi una successione piuttosto continua di sedimenti sabbiosi medio-grossolani alternati a livelli più fini fino a circa -25 m. Le fondamenta in alveo e alle spalle sono rappresentate da dei pali di grande diametro (1,5 m) infissi nel terreno per 21 metri e quindi completamente immersi negli strati di sabbia alluvionale.

Dal punto di vista idrografico l'elemento fondamentale del reticolo idrografico naturale è rappresentato dal fiume Adda che scorre con un andamento meandriforme. Il regime di questo corso d'acqua è assai articolato in quanto gli apporti provengono da bacini idrografici assai complessi, in parte glaciali, nei quali sono inseriti ampie conche lacustri; inoltre il regime è parzialmente regolato all'uscita del lago di Como dalla diga di Olginate.

L'opera sarà ancora al ponte esistente sul lato di valle e pertanto non entrerà in contrasto con eventuali piene dell'Adda. Anche l'approdo sulle sponde destra e sinistra avverrà mantenendo l'altezza del piano

viabile della SP più alto di alcuni metri rispetto alla pianura circostante e pertanto ad una quota di sicurezza a fronte di eventuali esondazioni.

Dal punto di **vista idrogeologico** occorre segnalare che i livelli sabbiosi delle alluvioni recenti segnalano una falda freatica a circa 2-3 m dal p.c., mentre nei depositi terrazzati questa si colloca a circa 10-13 m di profondità. La falda freatica in sito è in genere connessa alle precipitazioni meteoriche, all'alimentazione proveniente dalla rete irrigua e con azione di drenaggio ad opera del fiume Adda. La direzione generale di deflusso è orientata verso est (conforme al gradiente topografico) in direzione del Fiume Po, che costituisce l'asse di drenaggio principale della Pianura Padana.

Le CPTU hanno evidenziato la falda freatica a -8,60 m dal p.c. in sponda destra e a -7,50 m in sponda sinistra. La cartografia allegata al PGT di Maccastorna individua la superficie piezometria a circa 37-38 m slm.

Si riportano le **conclusioni della Relazione geologica, geotecnica e sismica** (Elaborato DE1.4.0)

Sulla base di quanto esposto il modello geologico appare compatibile con le opere previste dal progetto, nel rispetto delle seguenti prescrizioni:

- ✓ il progetto strutturale-esecutivo dovrà tener conto del Modello Geotecnico e quindi delle Unità Geotecniche proposte nella Relazione Geotecnica;
- ✓ il progetto strutturale-esecutivo dovrà tener conto della Normativa sull'Azione Sismica (vedi relazione Geologica);
- ✓ il progetto strutturale-esecutivo dovrà tener conto delle indicazioni fornite dalle indagini dirette ed indirette e geofisiche (vedi relazione geologica);
- ✓ il rispetto della Normativa sui Rifiuti o sulle TRS. Nel caso di TRS permane la necessità, prima dell'inizio dei lavori di scavo, dell'accertamento preventivo dei requisiti di qualità ambientale delle TRS a carico del produttore o esecutore e deve attestare l'assenza del superamento delle CSC (Concentrazioni Soglia di Contaminazione) con riferimento alle caratteristiche delle matrici ambientali e alla destinazione d'uso urbanistica del sito. Qualora il materiale di risulta degli scavi/scarifiche fosse considerato Rifiuto sarà necessaria la preventiva identificazione con idoneo/idonei codici CER (ad esempio terre e rocce da scavo: codice CER 17.05.04 in assenza di sostanze pericolose) nel rispetto del TUA (Decreto Legislativo del 3 aprile 2006 n. 152);
- ✓ il progetto non prevede scavi rilevanti o significativi, fatta eccezione per la scarifica superficiale necessaria alla realizzazione delle fondamenta per i terrapieni sulle spalle del ponte. Nel caso si rendessero necessari scavi significativi (> 2 m) si raccomanda la verifica dei fronti di scavo e l'eventuale utilizzo di sistemi di sostegno;
- ✓ la livelletta finale della nuova ciclovia dovrà consentire il drenaggio dell'acqua sul lato sud della pavimentazione impermeabile garantendo il deflusso dell'acqua identica e la percolazione verso il sottosuolo (importante quindi non impermeabilizzare le fasce laterali alla ciclabile);
- ✓ l'inclinazione del fianco del rilevato, che formerà la nuova superficie dell'argine, non dovrà essere superiore ai 33° (pendenza 2/3) e comunque mai maggiore della pendenza del fianco attuale;
- ✓ il rilevato dovrà essere posizionato a strati (max 30-35 cm ciascuno) e quindi opportunamente compattati con rulli gommati o similari (non vibranti);
- ✓ prima della posa del rilevato in appoggio al fianco arginale sarà necessario la completa rimozione del livello superficiale (suolo) che dovrà essere momentaneamente stoccato in cantiere e reimpiegato come copertura dell'arginatura a sagoma completata;

- ✓ la nuova superficie di appoggio così formata dovrà essere irregolare, anche con gradonature in contropendenza, per evitare la formazione di superfici di scivolamento preferenziali e contestualmente il miglioramento dell'ammorsamento dei materiali che verranno riportati;
- ✓ Il materiale per formare l'allargamento del rilevato dovrà essere sottoposto ai test di compattazione al fine di determinarne l'idoneità all'impiego sul rilevato (prove proctor), ricordando che (CNR-UNI 10006) i materiali utilizzabili per i rilevati stradali sono i terreni terreni tipo A1, A3, A2-5 e A4 solo con indice di gruppo 0 (si prevedano sul nuovo rilevato le prove di carico e prove di densità sul nuovo rilevato);
- ✓ al termine dei lavori il nuovo rilevato, e tutti gli scavi aperti, dovranno essere riparati dall'erosione con la posa di bioreti o geostuoie a cui può seguire la piantumazione di specie arbustive idonee per le arginature;
- ✓ rispetto della Normativa e delle linee guida ed indicazioni sulla riduzione del rischio incidente a persone o cose nelle attività edili e di scavo.

5.4 La descrizione dei luoghi

Il tracciato di progetto parte dall'intersezione della ciclovia del Po con la SP196, il percorso dell'Adda prosegue lungo la sommità arginale mentre la ciclovia VENTO imbocca il ponte sull'Adda per dirigersi a Crotta d'Adda.

L'attraversamento avviene in corrispondenza del ponte della Strada Provinciale che collega Crotta d'Adda (CR) e Maccastorna (LO), viabilità a due corsie con banchine e bordo ponte.

Superato il ponte, la SP197 prosegue in sommità arginale/rilevato di altezza di oltre 6.00 m con una sezione stradale di soli 6.20 m, delimitata da guard-rail. La ciclovia continua poi su viabilità agricola in golena che consente di percorrere l'argine che circonda il meandro alla base.



Attraversamento del fiume Adda tramite il ponte a Crotta d'Adda

5.5 Opera esistente

Il ponte a Crotta d'Adda (CR) sulla S.P. n. 47, attraversa il Fiume Adda e serve di collegamento fra Crotta d'Adda (CR) e Maccastorna (LO). Presenta elementi e superfici ammalorate, in particolare all'intradosso dell'impalcato del ponte, sulle travi di appoggio e sulle pile in alveo. Il tratto stradale attuale è caratterizzato da: una carreggiata da 6,00 m (corrispondente ad un'unica corsia a doppio senso di marcia alternato); banchine da 1,00 m; assenza di adeguate barriere di protezione.



Figura 5.1 Ponte a Crotta d'Adda – Stato attuale



Figura 5.2 Ponte a Crotta d'Adda – Stato attuale



Figura 5.3 Ponte a Crotta d'Adda – Stato attuale



Figura 5.4 Ponte a Crotta d'Adda – Stato attuale

Per la realizzazione del Lotto funzionale prioritario nel tratto da San Rocco al Porto (CR) a Stagno Lombardo (CR) della Ciclovia Turistica Nazionale Vento è prevista la realizzazione di una passerella ciclabile parallela al ponte per l'attraversamento del fiume Adda che verrà collegata al ponte esistente. Inoltre a questo si prevede la valutazione del rischio sismico dell'opera esistente e l'eventuale adeguamento statico e sismico.

Inquadramento Planimetrico

L'opera esistente ha lo scopo di attraversare il Fiume Adda sulla SP 47 Soresina, collegando i comuni di Maccastorna (LO) e Crotta d'Adda (CR).

Per quanto riguarda la piattaforma dell'opera esistente, questa è composta da un'unica carreggiata formata da due corsie (1 per senso di marcia) da 3,00 m, banchine in sinistra e destra da 1,00 m per una larghezza complessiva pari a 8,00 m.



Figura 5.5 Planimetria generale

Impalcato

Dal punto di vista geometrico l'impalcato è caratterizzato da una lunghezza complessiva di **220.70 m** con 2 luci uguali di 30.85 m, in corrispondenza con le due spalle ed altre 5 campate uguali di 31.80 m. La larghezza complessiva è di **10.50 m** di cui 8.50 m carrabili e 1.25 m di cordolo laterale per l'alloggiamento delle barriere di sicurezza esistenti tipo guard-rail.

L'impalcato è costituito da **n.4 travi in calcestruzzo armato precompresso** a sezione uniforme poste ad un **interasse di 2.63 m**, in corrispondenza delle piattebande delle travi esterne vengono realizzati i due cordoli per le barriere di sicurezza.

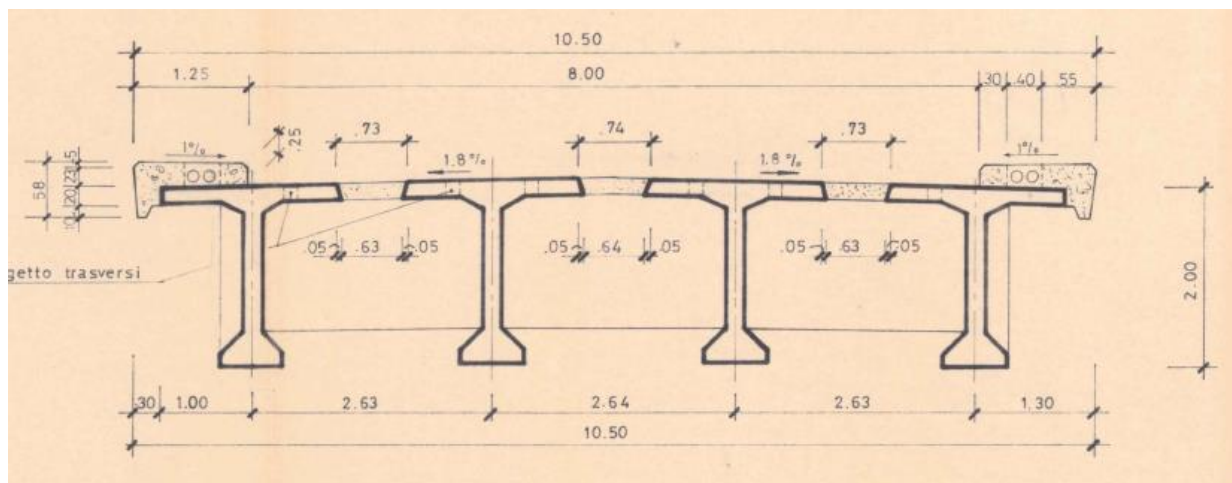


Figura 5.6 Sezione trasversale in mezzeria

La sezione trasversale è irrigidita nel piano verticale e orizzontale da traversi monolitici in calcestruzzo armato precompresso posti ad un passo di 10.55 m e 8.80 m.

Negli appoggi la sezione delle travi viene ridotta in altezza per appoggiare sui pulvini.

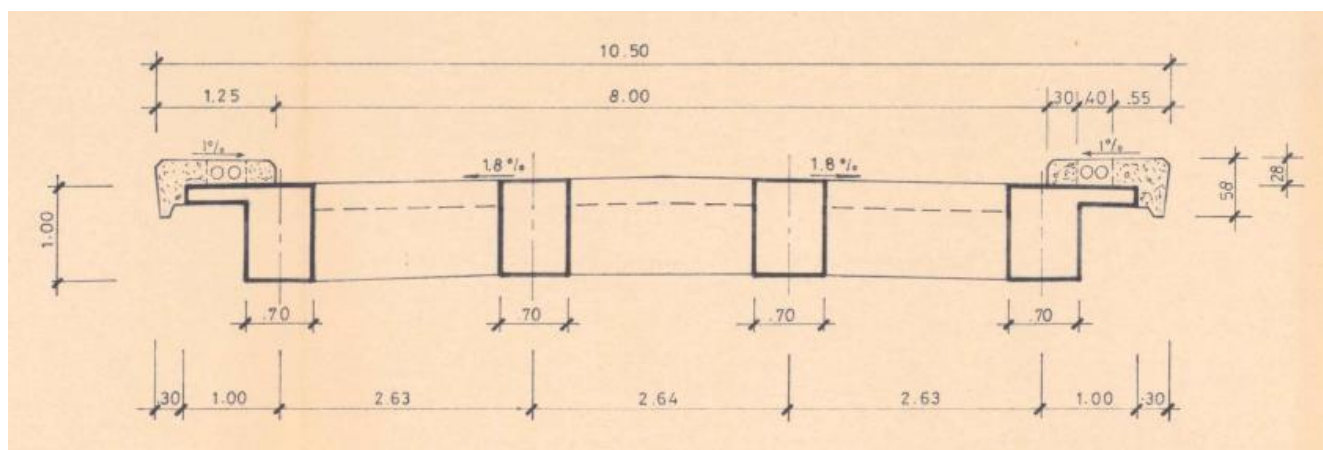


Figura 5.7 Sezione trasversale all'appoggio

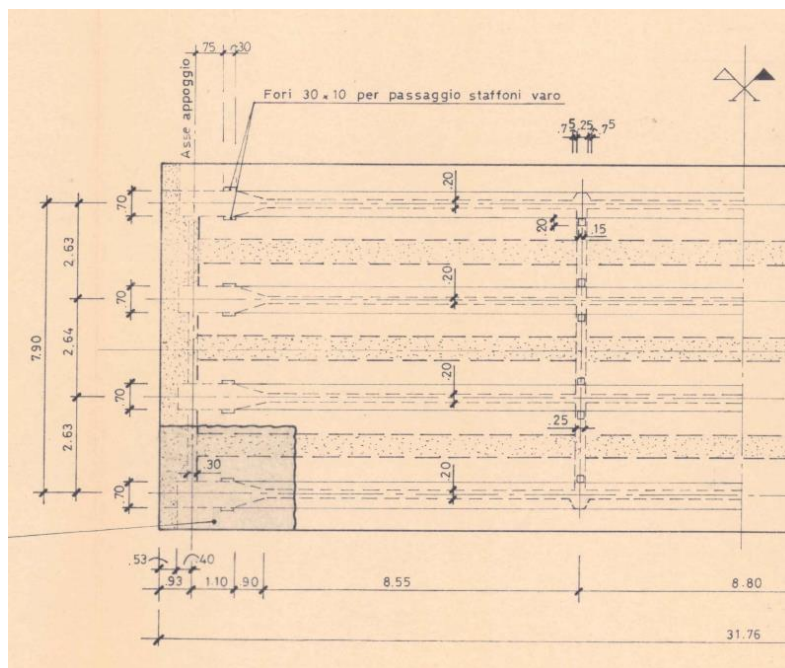


Figura 5.8 Posizione del getto di completamento

Per quanto riguardano le travi in calcestruzzo precompresso, la loro geometria viene riportata in figura.

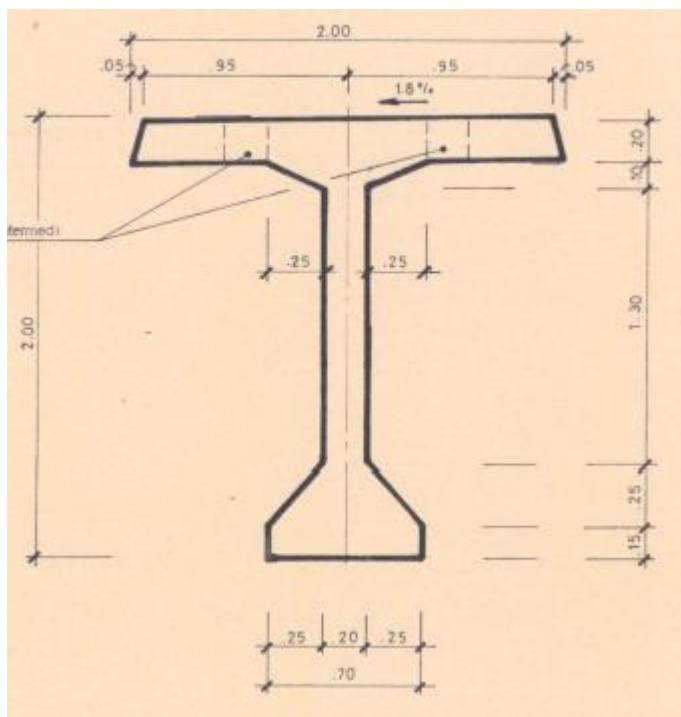


Figura 5.9 Posizione del getto di completamento

Come armatura di precompressione ogni trave ha 4 cavi 8 BT 06 con andamento parabolico.

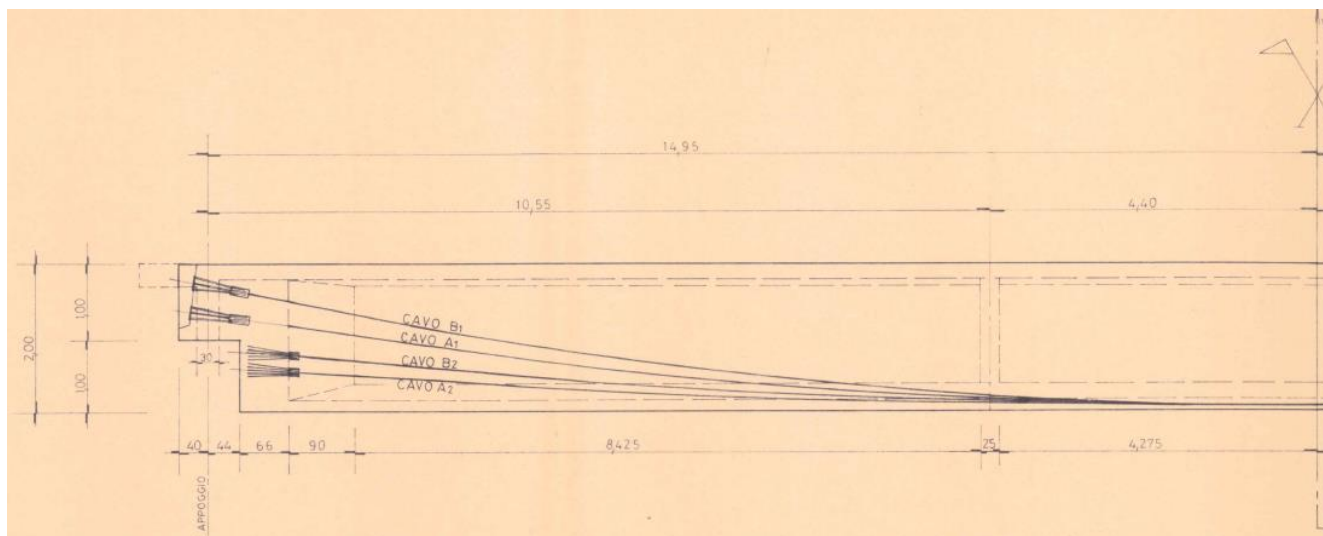


Figura 5.10 Tracciamento dei cavi di precompressione

Spalle e fondazioni

Le spalle su cui poggia la sovrastruttura hanno una larghezza di 10.70 m con spessore costante in fondazione di 1.80 m, l'altezza è per entrambe le spalle di 8.40 m a partire dall'attacco della stessa con la fondazione fino alla quota in cui si intestano i baggioli per l'alloggiamento dei dispositivi di vincolo. E' inoltre presente un prolungamento al fine di intestare i paraghiaia.

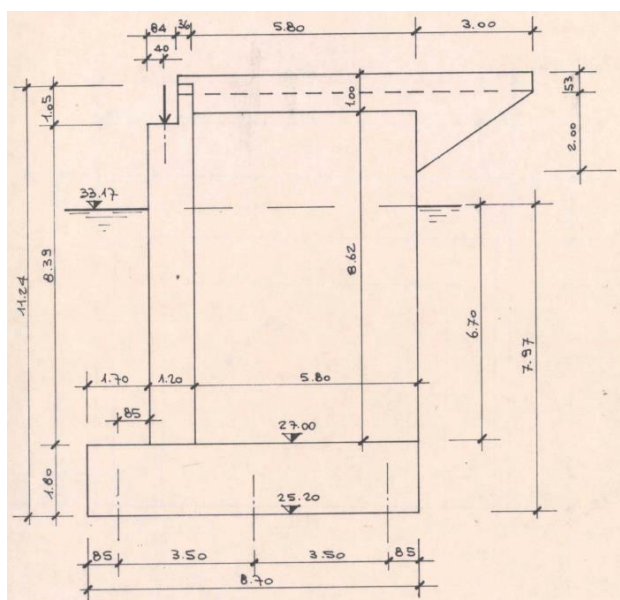


Figura 5.11 Sezione spalle

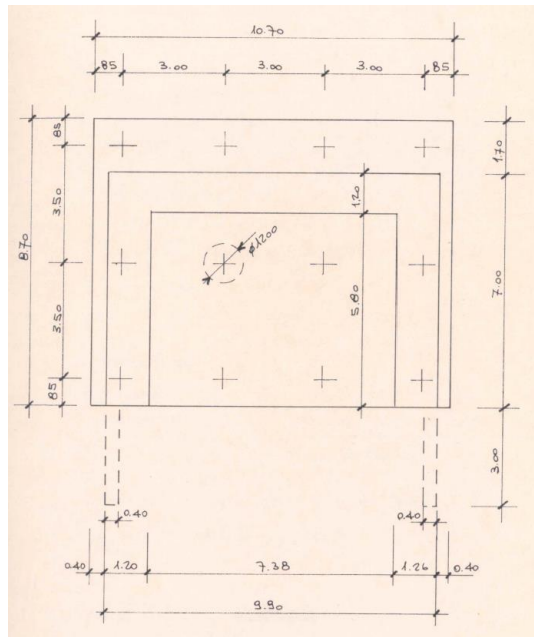


Figura 5.12 Pianta spalle

Le opere di fondazione della struttura di progetto vengono fatte con fondazione profonda realizzata su pali in c.a. collegati tra di loro da un plinto di dimensioni 10.70 x 8.70 x 1.80 m. I **n. 12 pali** per spalla hanno **diametro 120 cm e lunghezza di 15 m** oltre la quota di scalzamento.

Pile

Le pile sono a doppio fusto, di sezione circolare e diametro pari a 1.50 m con altezza pari a 6.00m per le pile "1 e 6" e 10 m per le pile "2 – 5" Il pulvino ha una sezione a T rovescia con un'altezza massima di 1.75 m ed una larghezza massima di 2.70 m, la lunghezza totale del pulvino è 8.80 m.

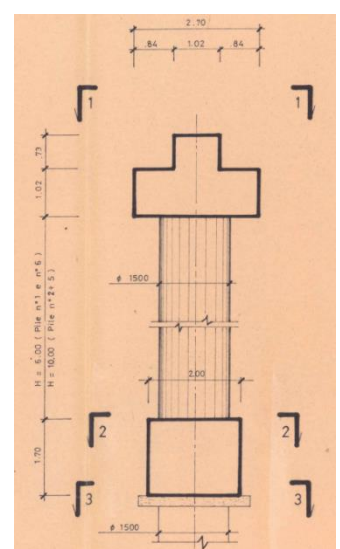
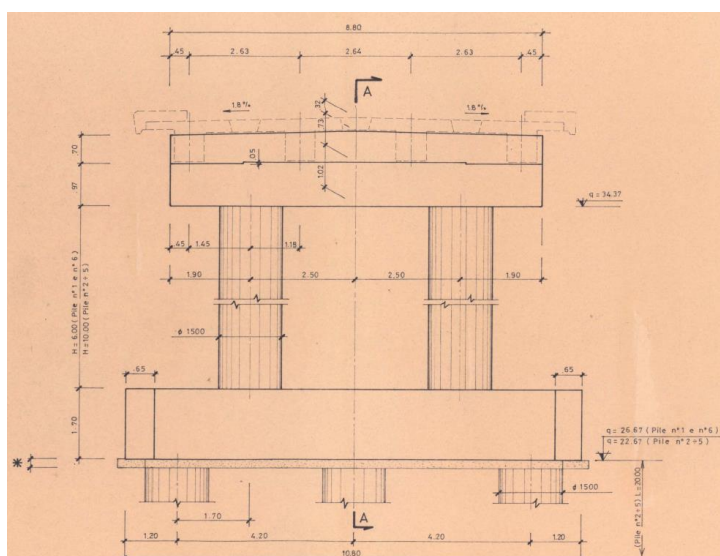


Figura 5.13 Pila tipo

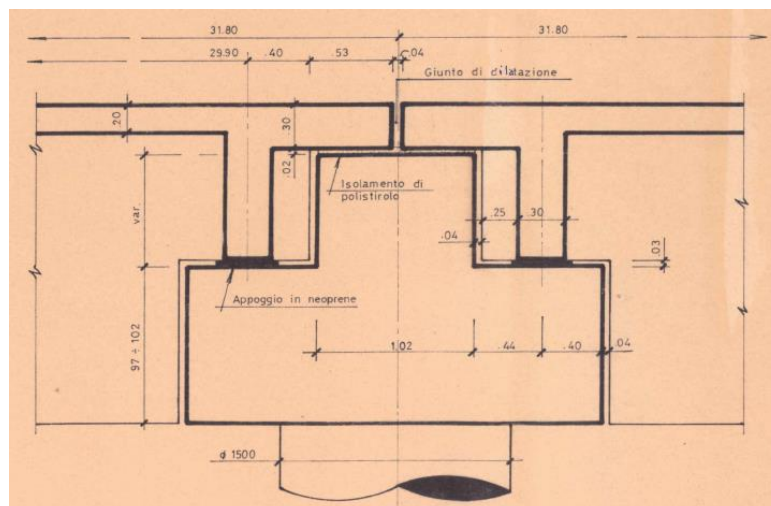


Figura 5.14 Particolare appoggio travi

Le opere di fondazione delle pile vengono fatte come nel caso delle spale con fondazione profonda realizzata su pali in c.a. collegati tra di loro da una zattera di fondazione di altezza di 1.70 m. Come mostrato in figura.

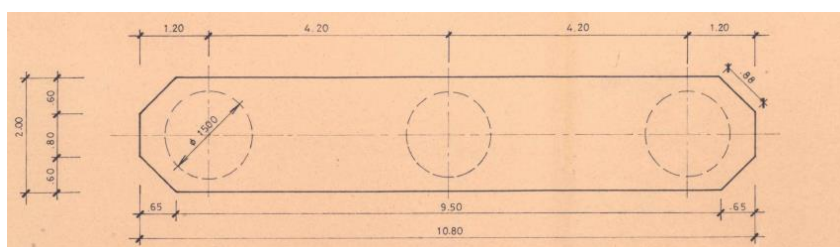


Figura 5.15 Pianta fondazioni

La zattera di fondazione ha dimensioni 10.80 x 2.00 m e poggia su **3 pali** in c.a. di **diametro 1.50 m** ed **una lunghezza totale di 20 m**.

5.6 Descrizione delle interferenze

Le interferenze con Enti gestori di viabilità e sottoservizi si manifestano lungo la SP196.

Nella relazione specifica *DE1.2.0 – Relazione sulle interferenze e loro risoluzione* vengono riportate le richieste inviate agli enti, descrizione di interferenze e soluzioni progettuali di risoluzione, nell'elaborato *DE2.6.0 – Planimetria delle interferenze* le indicazioni planimetriche dei sottoservizi esistenti e nell'elaborato *DE5.15.0 – Interferenze impianti – Planimetria* e sezioni l'indicazione della loro risoluzione.

Sono presenti linee ENEL di media tensione all'interno del cordolo esistente e lungo la viabilità.

Sul ponte per rilocalizzare i cavi interferenti si propone la realizzazione di una nuova canaletta impianti all'esterno del cordolo di nuova realizzazione per la sezione riqualificata su opera d'arte e sopra il muro andatore per la sezione riqualificata in corrispondenza con il muro andatore.

Lungo il tratto di nuova ciclabile per evitare interferenze la realizzazione del nuovo guard-rail sarà effettuata sulle stesse posizioni di quello rimosso.

6 LO STATO DI PROGETTO – PARTE CICLABILE

Il presente progetto ha il compito di risolvere le principali criticità riscontrate nel tratto San Rocco al Porto e la località Brancere a Stagno Lombardo evidenziate nel PFTE della Ciclovia nazionale VENTO, Macrotratta 2 tratta 4.

L'intervento garantisce il rispetto degli standard progettuali previsti nel PFTE di VENTO che consentono di ottenere un elevato standard di qualità del rating previsto per il SNCT.

Ad eccezione di situazioni puntuali ove lo stato dei luoghi impedisce fattivamente per brevissimi tratti la realizzazione di un percorso con livello del rating ottimo, si prevede di realizzare la ciclovia con le seguenti caratteristiche:

- Sezione ciclopedonale pari a 3,50 m fatte salvo limitazioni particolari a 3 m;
- Pavimentazione in materiale legato;
- Livellette con pendenze massime inferiori al 10% per brevi tratti del percorso corrispondenti ai ponti.

La planimetria di progetto della ciclovia, parte ciclabile, viene riportata su fascicolo in formato A3. Questa scelta consente una miglior facilità di consultazione rispetto alla tradizionale cartografia su fogli singoli formato A0 o A1.

Viene riportata la legenda, quadro di unione e una tavola della planimetria come esempio.

LEGENDA

km 49+000

ASSE DELLA CICLOVIA E CHILOMETRICHE PROGRESSIVE



NUOVA CICLOVIA IN CONGLOMERATO BITUMINOSO



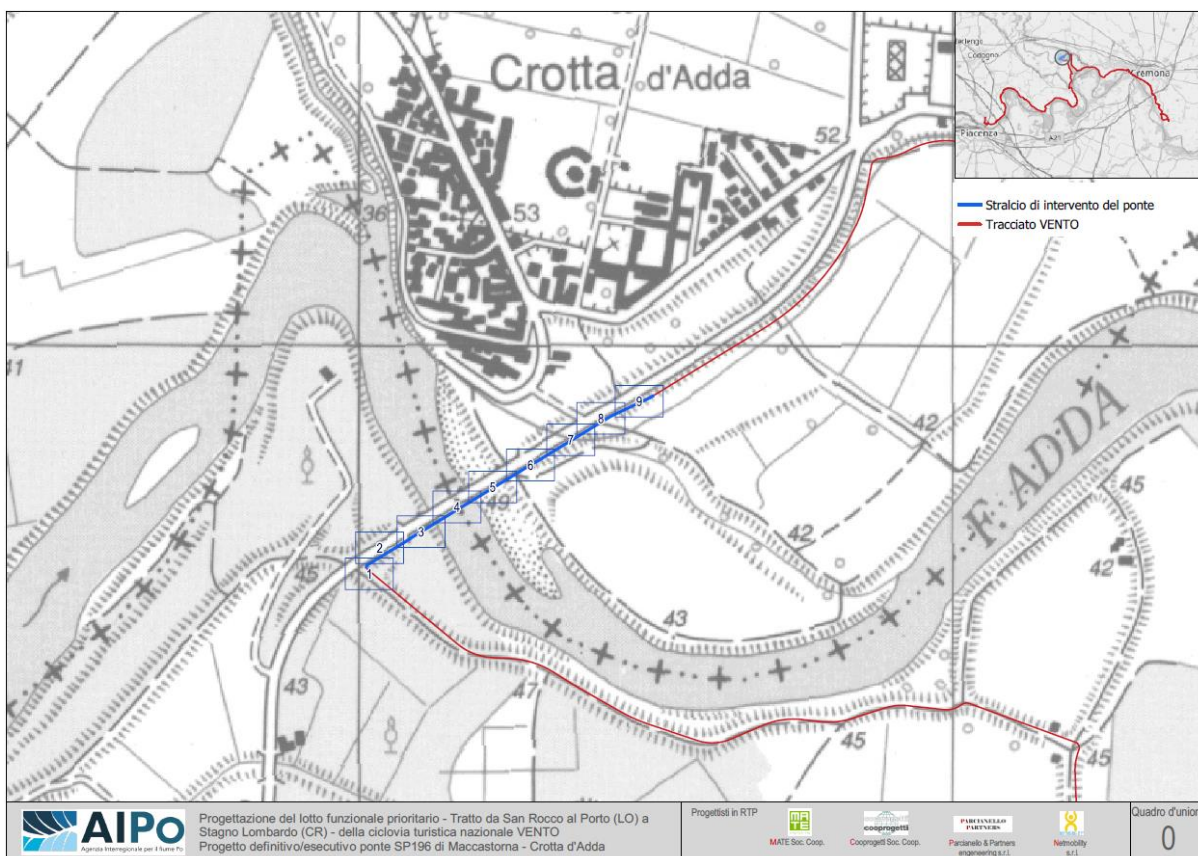
SISTEMAZIONE A VERDE



NUOVA PASSERELLA A SBALZO (vedi elaborati 4.1.0-Architettonico planimetria - prospetto e sezioni e 5.1.0-Planimetria di progetto dell'opera)

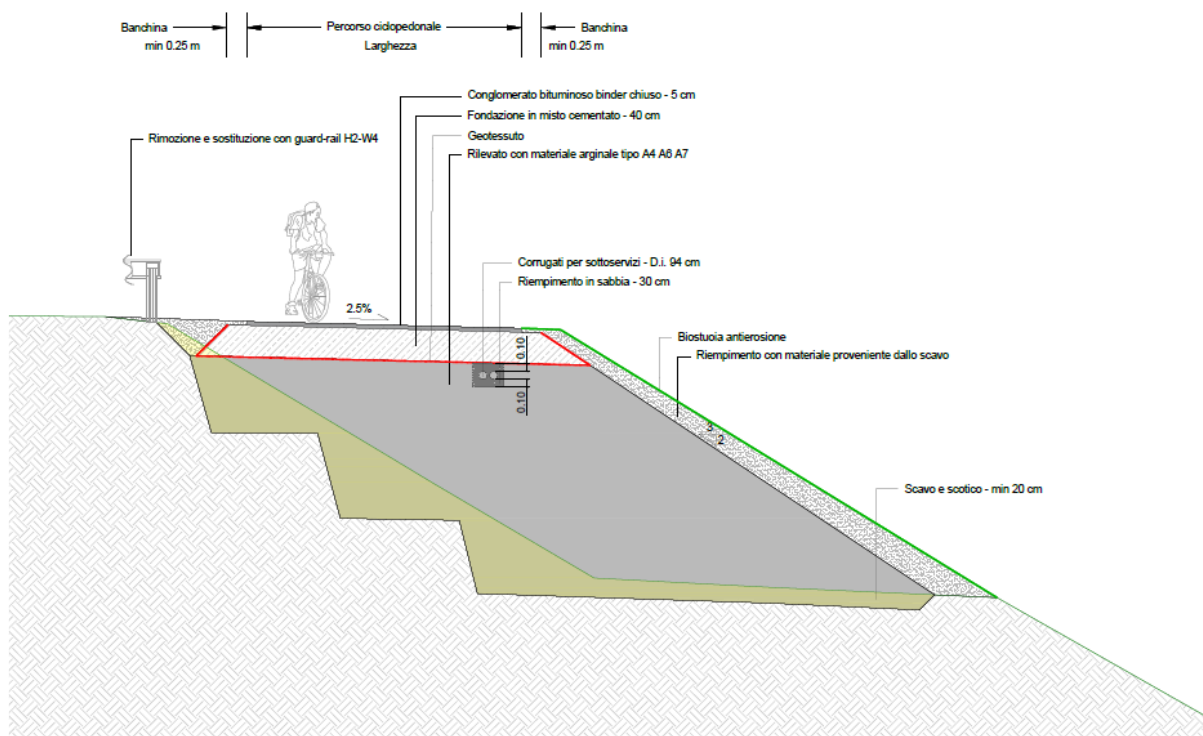


GUARD RAIL TIPO H2

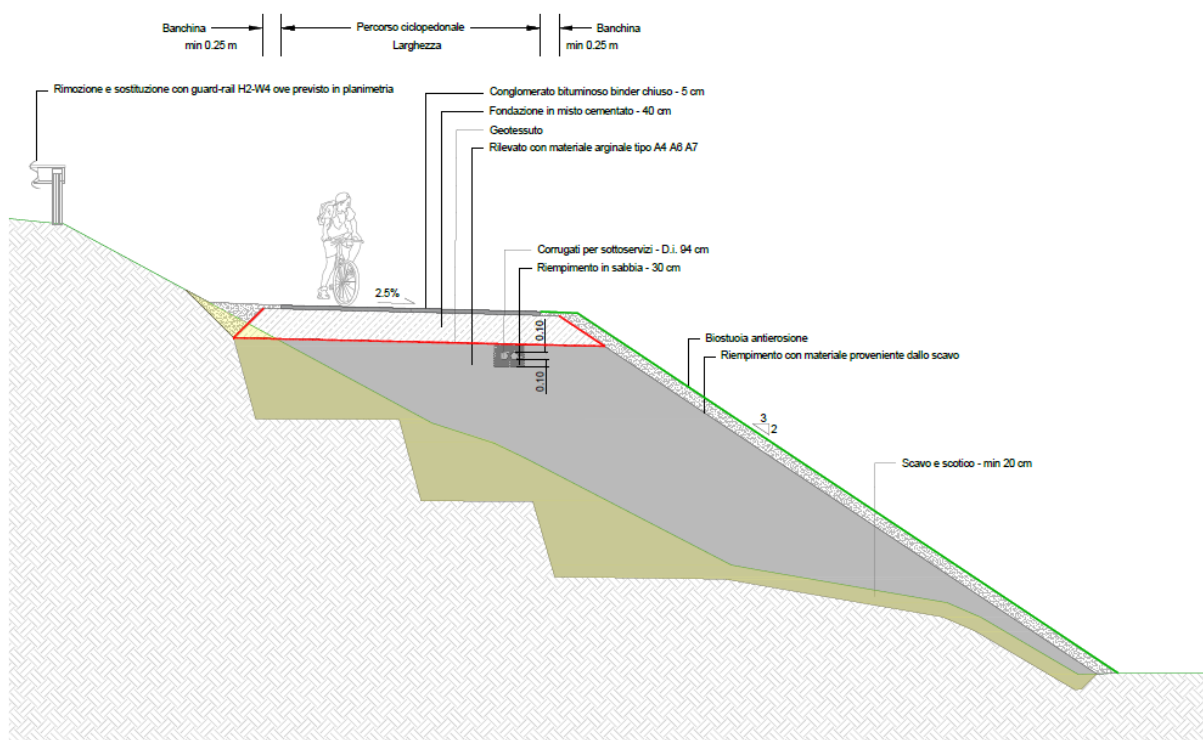


Nell'elaborato DE2.10.0 – Progetto: sezioni tipo sono riportate le tipologiche rappresentative dei tratti in destra e sinistra idraulica.

SEZIONE TIPO DESTRA IDRAULICA



SEZIONE TIPO SINISTRA IDRAULICA



Arrivati in corrispondenza del ponte del fiume Adda la ciclovia VENTO incrocia il percorso PCIR 3 dell'Adda che porta verso Pizzighettone. Si stanno valutando possibili collegamenti anche col centro storico di Maccastorna lungo la SP 196 e il futuro Ciclostello Casa VENTO.

Per quanto riguarda il ponte d'attraversamento dell'Adda è stata coinvolta la Provincia di Cremona, in quanto ente gestore dell'esistente ponte stradale, e di concerto con la stessa Provincia si è optato per la realizzazione di una passerella ciclabile collegata all'impalcato esistente anziché, come previsto nel PFTE, la realizzazione di un nuovo manufatto indipendente a valle del citato ponte.

Nel Progetto Definitivo consegnato e approvato è sviluppata la parte architettonica del ponte per l'ottenimento delle autorizzazioni di competenza in sede di conferenza servizi, che ha concordato la soluzione con parapetto in acciaio inox.



Stato di fatto



Fotoinserimento progetto architettonico del ponte

Sono state individuate due aree di cantiere, in destra e sinistra idraulica, come riportato nelle immagini di seguito. Entrambe le aree sono collocate in zone demaniali.

Per tutti gli approfondimenti e le considerazioni sulla cantierizzazione dell'opera si fa riferimento a quanto riportato nell'elaborato *DE.1.13.0 - Piano di sicurezza e di coordinamento*.



Individuazione aree di cantiere su ortofoto



Area di cantiere destra idraulica



Area di cantiere sinistra idraulica

Il presente progetto riporta come riferimento gli elaborati del Piano Particellare, in formato unico completo per l'intera tratta del lotto funzionale prioritario, dove sono individuabili le particelle interessate dagli interventi del presente stralcio (*DE1.13.0 – Elenco ditte* e *DE2.14.0 – Planimetria catastale*).

7 LO STATO DI PROGETTO – NUOVA OPERA

Come parte della realizzazione della Ciclovia Turistica Nazionale Vento nel tratto da San Rocco al Porto a Stagno Lombardo è prevista la realizzazione di una passerella ciclabile dal lato valle del ponte a Crotta d'Adda. La sezione trasversale della passerella ciclabile viene mostrata in seguito.

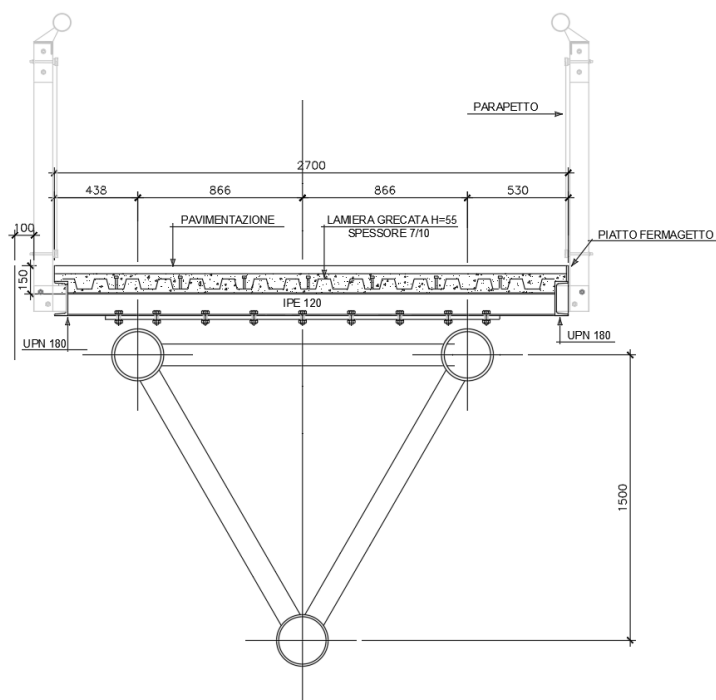


Figura 7.16 Sezione passerella ciclabile

Questa passerella ha una larghezza totale di 2.70 m e l'impalcato è fatto con una struttura metallica a forma di traliccio tridimensionale con profili tubolari.

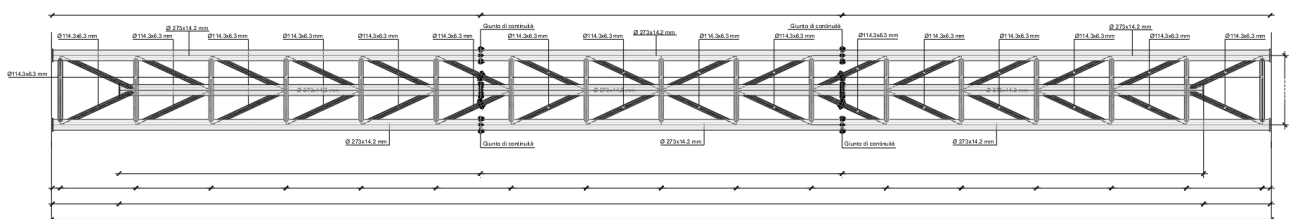


Figura 7.17 Pianta traliccio metallico della passerella ciclabile

Per ogni campata il traliccio viene posizionato su mensole in corrispondenza dei pulvini. Ogni traliccio ha una lunghezza di 30 metri nelle campate in corrispondenza con il ponte, e poi la sua lunghezza viene aggiustata agli appoggi per coprire la distanza totale.

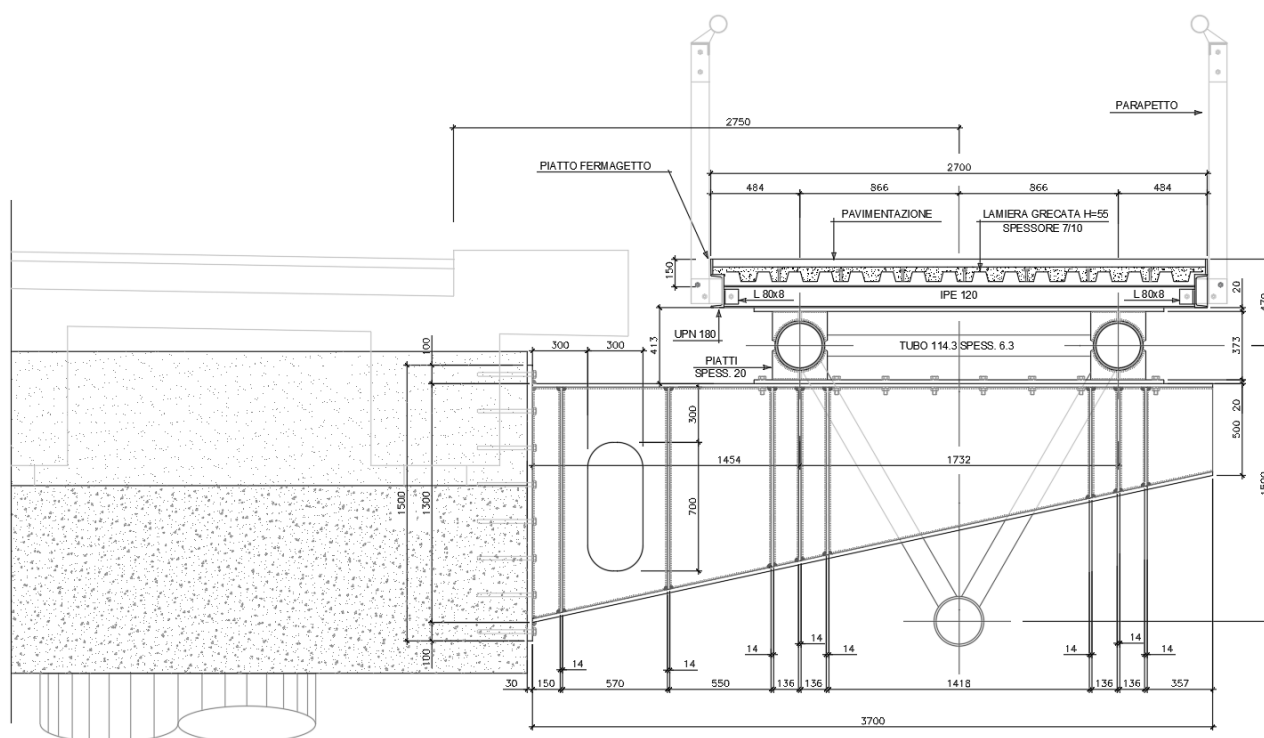


Figura 7.18 Particolare della mensola di collegamento con il ponte esistente

In corrispondenza con le spalle il collegamento della nuova struttura a quella esistente viene fatto con mensole come quella riportata nella figura precedente e finiscono su due spalle, quella del lato del comune Maccastorna si trova 23 metri dopo il giunto del ponte, mentre che quella del lato del comune Crotta d'Adda si trova 8 metri dopo il giunto del ponte alla fine del muro andatore della spalla.

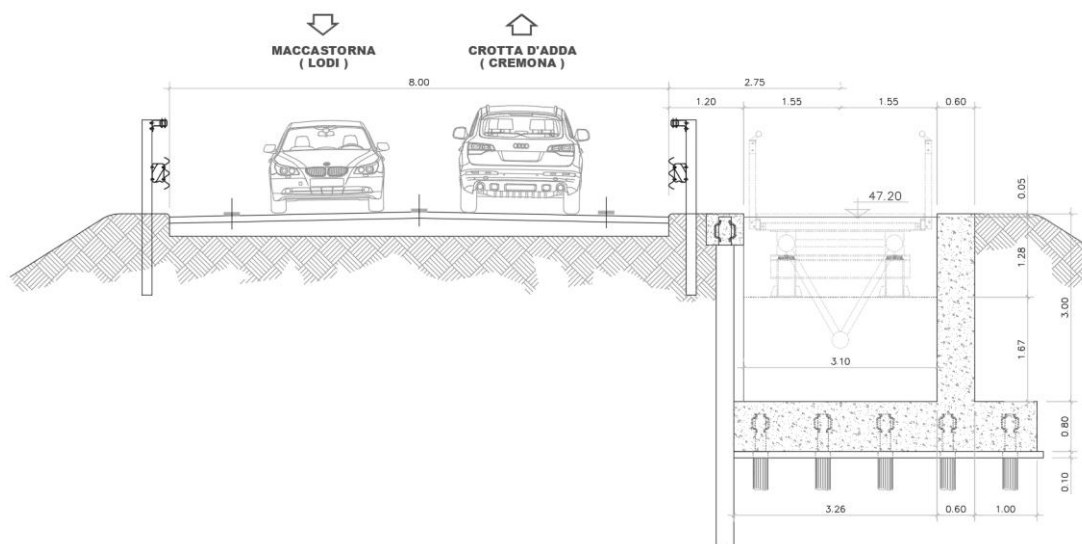


Figura 7.19 Sezione in corrispondenza con la spalla della passerella

7.1 Interventi di adeguamento statico e sismico

Dall'analisi delle condizioni attuali del ponte e della verifica di vulnerabilità sismica viene determinato che si devono realizzare degli interventi per l'adeguamento sia a livello statico dell'impalcato che a livello sismico di tutta l'opera.

Interventi di adeguamento statico

Per quanto riguardano gli interventi di adeguamento statico del ponte, è previsto il ripristino dei giunti in corrispondenza con le pile e le spalle, l'impermeabilizzazione dell'impalcato e la riqualifica delle barriere di sicurezza. L'impermeabilizzazione dell'impalcato comporta la rimozione della pavimentazione esistente, e la posa di materiale impermeabilizzato prima del rifaccimento della pavimentazione. Per migliorare le condizioni statiche dell'impalcato, oltre alla pavimentazione è prevista la posa di uno strato di malta fibrorinforzata.

La riqualifica delle barriere di sicurezza comporta la demolizione e rifaccimento dei cordoli esistente per il posizionamento di nuove barriere con una classe di contenimento H4.

Interventi di adeguamento sismico

Per l'adeguamento sismico della struttura come intervento è previsto il ringrosso delle pile del ponte, che viene fatto tramite un incremento di armatura e di spessore.

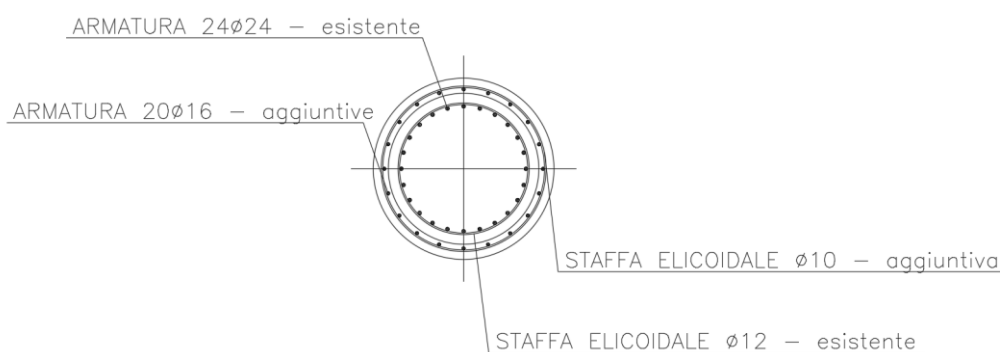


Figura 7.20 Intervento di ringrosso delle pile

Per la realizzazione di questo intervento è prevista la scalpellatura meccanica, idroscarifica e scarifica meccanica del calcestruzzo ammalorato, la risagomatura e pulizia delle barre esistenti, posa di nuove barre di armatura, e la posa di gancio inghisato alla pila esistente e finalmente la ricostruzione della pila e il corrispondente ringrosso.

Queste barre vengono anche inghisate al pulvino e alla zattera di fondazione in maniera tale di garantire una collaborazione delle armature aggiuntive a quella esistente.

Per le fondazione viene previsto un ringrosso che consentirà alla struttura da resistere le sollecitazioni aggiuntive dalla passerella pedonale, soprattutto in campo sismico. La realizzazione di questo intervento prevede l'incremento di sezione della fondazione e realizzazione di micropali perimetrali ai pali.

Per il consolidamento del nuovo getto a quello esistente sono previsti degli inghisaggi e delle barre filettate postese in maniera tale di garantire una collaborazione tra il nuovo getto di ringrosso della fondazione e la fondazione esistente.

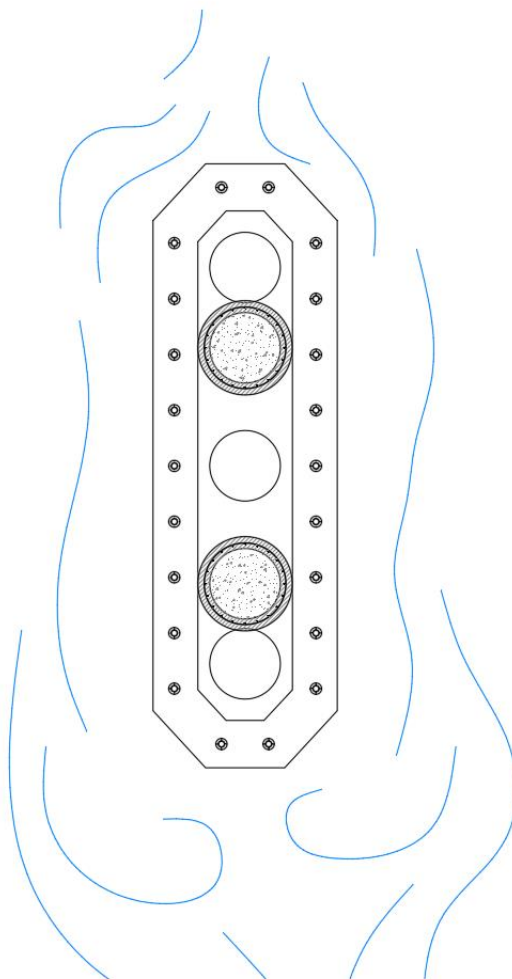


Figura 7.21 Intervento di ringrosso delle fondazioni

8 SISMICA

Con DGR 2129-2014 la Regione Lombardia ha provveduto a riclassificare, dal punto di vista sismico, il territorio di propria competenza, e ha inserito **i comuni di Maccastorna e Crotta d'Adda Zona Sismica 3**, definita come un'area con accelerazione orizzontale a_g/g , con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, compresa tra 0,05 e 0,15: si tratta pertanto di una classificazione maggiormente cautelativa.

Tale ri-classificazione sismica è stata confermata da Regione Lombardia con D.G.R. 30 marzo 2016 n. X/5001 "Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (L.R. 33/2015, art. 23 comma 1 e art. 13 comma 1)", entrata definitivamente in vigore il 10 aprile 2016.

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC 2018, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Maccastorna

PlaceID IT_13334
Coordinate (lat, lon) 45.147, 9.854
Comune (ISTAT 2015) Maccastorna
Provincia Lodi
Regione Lombardia
Numero di eventi riportati 2

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	📅 1987	05	02	20	43	5	Reggiano	802	6	4.71
NF	📅 2002	11	13	10	48	0	Franciacorta	768	5	4.21

Crotta d'Adda

PlaceID IT_18820
Coordinate (lat, lon) 45.160, 9.853
Comune (ISTAT 2015) Crotta d'Adda
Provincia Cremona
Regione Lombardia
Numero di eventi riportati 2

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	📅 1991	10	31	09	31	1	Emilia occidentale	134	5	4.33
NF	📅 2002	11	13	10	48	0	Franciacorta	768	5	4.21

Dove:

Int: Intensità al sito (MCS)

NMDP: Numero di osservazioni macrosismiche del terremoto

Io: intensità massima (MCS)

Mw: Magnitudo momento

Molti degli eventi riportati in figura si sono dimostrati capaci di liberare grandi quantità di energia e dei quali, a causa dell'alto potere distruttivo, si trovano numerosi riferimenti storici (eventi verificatisi fino al XVIII secolo) e documentazioni scientifiche (eventi successivi).

Dall'osservazione della tabella si può notare come i terremoti più importanti (intensità al sito) per l'area esaminata siano stati quelli del 1659 e quello del 1783, le cui cause si pensa siano rispettivamente le *sorgenti sismogenetiche composite "Serre" e "Bovalino-Bagnara", aree cioè contenenti un numero imprecisato di sorgenti sismogenetiche allineate che non possono essere individuate singolarmente*

L'analisi della risposta sismica di un determinato sito viene affrontato normalmente secondo un approccio di tipo probabilistico grazie alle notevoli informazioni presenti per il territorio italiano riguardo ai terremoti storici riportati in appositi cataloghi come quelli poc'anzi indicati. Partendo da questi cataloghi, attraverso modelli statistici, è possibile valutare la probabilità di occorrenza o di eccedenza di un terremoto di determinate caratteristiche.

Secondo tale criterio è stata elaborata una mappa della pericolosità sismica del territorio italiano, approvata dalla Commissione Grandi Rischi, nella seduta del 6 aprile 2004 (Fig. 4.8). Tale carta, redatta in termini di accelerazione massima al suolo su un suolo di riferimento di Cat. A, fornisce la base di partenza per la valutazione dell'azione sismica come previsto dalla vigente normativa (D.M. 14.01.2008).

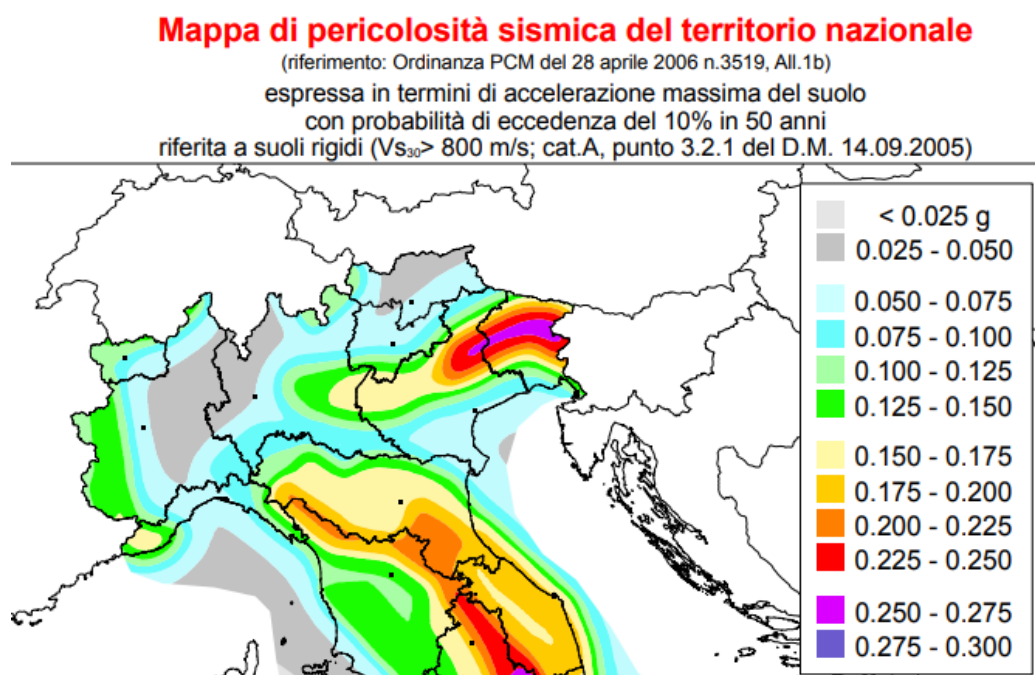


Figura 3.1 Stralcio della mappa di pericolosità sismica (INGV)

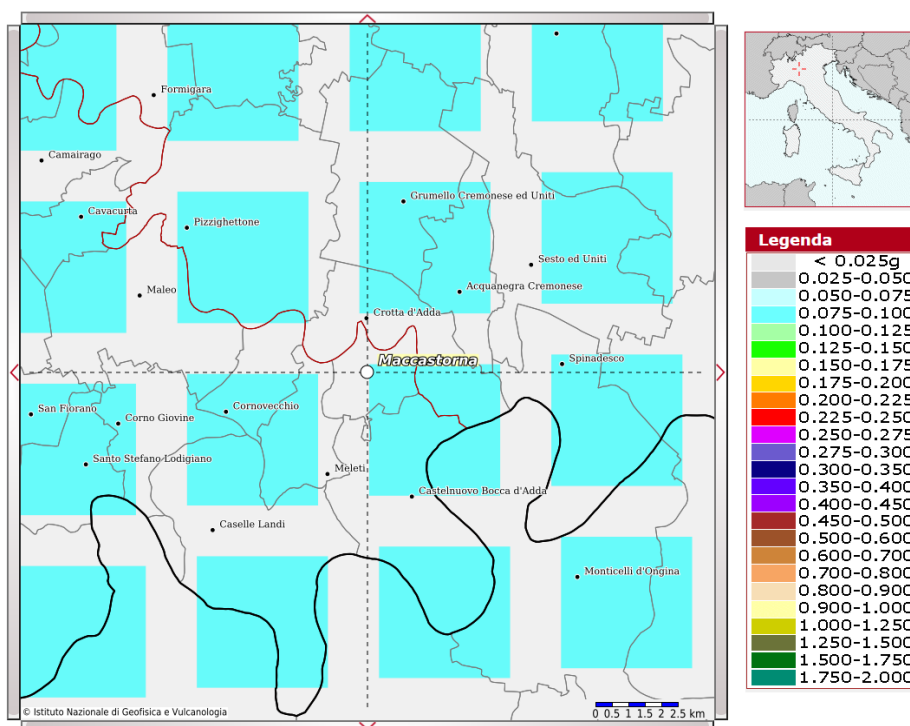


Figura 3.2 Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

La pericolosità sismica di base, dunque, costituisce l'elemento di conoscenza primario per valutare l'azione sismica sulle costruzioni ed è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in un determinato sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore fissato.

Tale grandezza, compatibilmente con quanto prescritto dalla NTC, è dotata di un buon livello di dettaglio sia in termini geografici che temporali. Infatti, è definita mediante valori di accelerazione orizzontale massima a_g in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi non distano più di 5 Km e per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni. Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito dell'INGV.

L'azione sismica, individuata a partire dalla localizzazione del sito e dalla pericolosità ad esso associata, viene successivamente variata per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

Partendo da tali dati, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi numeriche. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella **Tab. 3.2.11 delle NTC 2018** si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, Vs. (par. 3.2.2 delle NTC18).

Nel caso di specie a norma delle NTC 2018 in virtù delle specifiche indagini e degli studi eseguiti che hanno consentito di determinare con sufficiente grado di dettaglio le caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche del sito rientranti chiaramente in una delle categorie di suolo (**Categoria B**)

previste dalla tabella sopra richiamata, con densità/consistenza crescente verso il basso e aumento progressivo e regolare delle Vs con la profondità si è scelto di adottare la sola procedura semplificata mediante software Spettri-NTC ver 1.03, CSLP poiché evidenzia con soddisfacente grado di attendibilità l'effetto dell'amplificazione di sito per opere appartenenti, come nel caso in esame, anche alla classe d'uso IVI (paragrafi **2.4.2** e **2.4.3** delle **NTC-18**).

La pericolosità sismica di base è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in un determinato sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore fissato.

Le caratteristiche del moto sismico atteso sul sito di riferimento si ritengono individuate quando se ne conosca l'accelerazione massima ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione $S_e(T)$.

Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite da:

- **ag** accelerazione massima orizzontale del terreno,
- **F₀** valore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- **T_c*** periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Inoltre, per definire gli spettri di risposta, in conformità al D.M. 14/01/2008, è necessario definire la vita di riferimento dell'opera (V_R), la classe d'uso e la probabilità di superamento nel periodo di riferimento (P_{VR}) associata a ciascuno stato limite.

Nel caso di specie, tali aspetti insieme a quelli della azione sismica di progetto, sono ampiamente trattati nella *relazione sulla pericolosità sismica* di sito alla quale si rimanda per ulteriori particolari, qui ne vengono sintetizzati gli elementi caratterizzanti:

Coordinate geografiche del sito (GD-ED 50): Latitudine = 45°8'47"; Longitudine = 9°51'16".

Classe d'uso: IV

Vita nominale: 50 anni

Coefficiente d'uso C_u : 2.0

Vseq ≈ 250-300 m/s dal p.c.

Categoria di sottosuolo: C ($180 < V_{s30} < 360$ m/s;)

Coefficiente topografico: T1 (Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$).

8.1 Vita Nominale

La vita nominale di un'opera strutturale è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata. Nel caso in oggetto, l'opera ricade all'interno del tipo di costruzione: "Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica" (paragrafo 2.4.1 delle 'Nuove Norme tecniche per le costruzioni – D.M. 17 gennaio 2018'). La vita nominale si assume pertanto pari a **VN = 50 anni**.

8.2 Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un'eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Nel caso in oggetto si fa riferimento alla **Classe IV**. Il coefficiente d'uso si assume pertanto pari a **$C_u = 2,0$** .

Questa assunzione di tale parametro progettuale è giustificata dalle disposizioni contenute al paragrafo 2.4.2 di NTC2018, il cui estratto è riportato al seguito:

2.4.2. CLASSI D'USO

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

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

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

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

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

La giustificazione di tale ipotesi progettuale risiede nel fatto che in primis la strada servita è l'unica collegante i comuni di Bruzzano e di Brancaleone e quindi in caso di calamità è l'unica fruibile dal meccanismo emergenza di protezione civile per le zone della provincia di Reggio Calabria (RC) che in caso di collasso dell'opera rimarrebbero isolate. Inoltre, sempre con riferimento alle disposizioni sopracitate, la strada servita dall'opera è di tipo C collegante il capoluogo di provincia "Reggio Calabria (RC)" con "Catanzaro (CZ)", a giustificazione della corretta applicazione dell'ipotesi adottata.

8.3 Periodo di Riferimento dell'azione Sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U . Tale coefficiente è funzione della classe d'uso.

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \text{ anni} \times 2 = 100 \text{ anni}$$

8.4 Stati Limite e relative probabilità di superamento

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva Tab. 3.2.I D.M. 17/01/18. Qualora la protezione nei confronti degli stati limite di esercizio sia di prioritaria importanza, i valori di P_{VR} forniti in tabella devono essere ridotti in funzione del grado di protezione che si vuole raggiungere.

8.5 Coordinate di sito per l'individuazione dei parametri sismici

Tenuto conto che l'opera è sita in Lombardia tra i comuni di Maccastora e Crotta d'Adda, le coordinate di sito secondo il sistema di riferimento ED50 sono:

- **Latitudine: 45°8'47"N;**
- **Longitudine: 9°51'16"E.**

8.6 Categoria di Sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, in accordo con le disposizioni contenute al paragrafo 3.2.2 delle NTC2018, si fa riferimento all'approccio semplificato che si basa sulla individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento a partire dallo stato del terreno di imposta.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Dai dati disponibili e considerando la quota di imposta dei pali il terreno di sito può essere classificato come **tipo C**, che include depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine fortemente consistenti.

8.7 Condizioni Topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione derivante dal medesimo paragrafo delle NTC2018:

Tab. 3.2.III – <i>Categorie topografiche</i>	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Vista la conformazione del terreno di sito si può assumere con certezza la **categoria topografica T1**.

8.8 Parametri di progetto

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale. Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno T_R considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo ad: a_g il valore previsto dalla pericolosità sismica; F_0 e T_C^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica. Le forme spettrali previste dalle NTC sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento.

SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE PER COMPONENTI ORIZZONTALI

Lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle espressioni seguenti:

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

nelle quali T ed S_e sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale orizzontale.

Inoltre:

- S : è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente: $S = S_s \cdot S_T$

essendo

- S_s il coefficiente di amplificazione stratigrafica
- S_T il coefficiente di amplificazione topografica riportati nelle tabelle seguenti;

CATEGORIA SOTTOSUOLO	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T^*_{C})^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T^*_{C})^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T^*_{C})^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T^*_{C})^{-0,40}$

CATEGORIA TOPOGRAFICA	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,00
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,20
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,20
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,20

- η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali diversi dal 5%;
- ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;
- F_0 fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,20;
- T_C periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro;
- C_c è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo;
- T_B periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante; $T_B = T_C / 3$

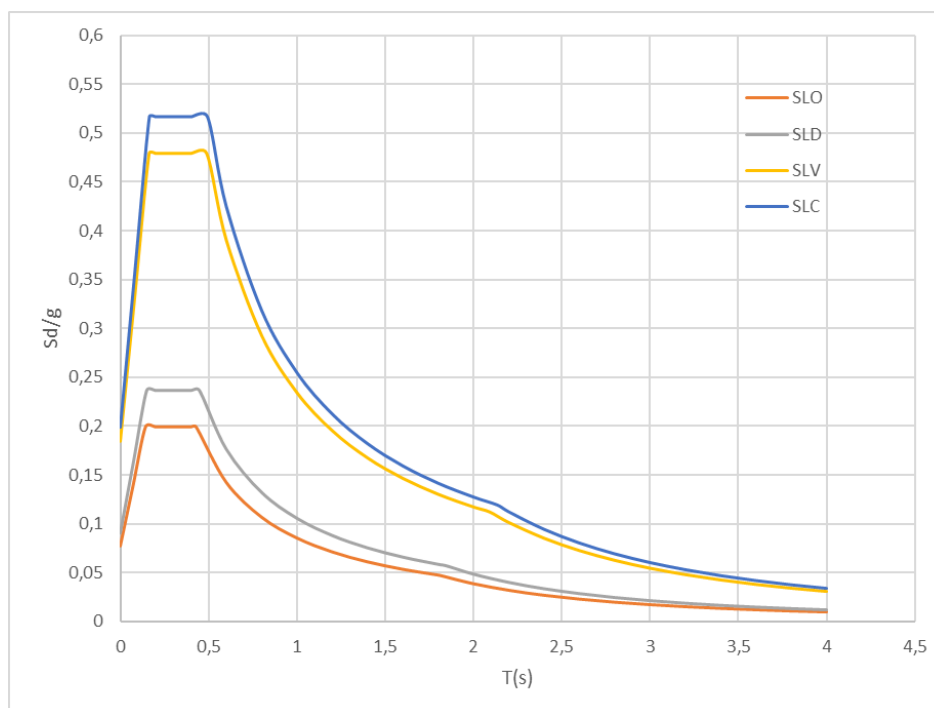


Figura 3.3 Spettri di risposta elastica per diversi stati limiti

FATTORE DI COMPORTAMENTO (paragrafo 7.9.2 di NTC2018)

Nel caso di comportamento strutturale non dissipativo, la capacità delle membrature e dei collegamenti deve essere valutata in accordo con le regole di cui al Capitolo 4, senza nessun requisito aggiuntivo, a condizione che: per le strutture di calcestruzzo armato, nessuna sezione superi la curvatura convenzionale di prima plasticizzazione, come definita al § 7.4.4.1.2; per le strutture di calcestruzzo armato precompresso e per le strutture in carpenteria metallica, nessun materiale superi la deformazione di snervamento di progetto.

Nel caso di comportamento strutturale dissipativo, la struttura del ponte deve essere concepita e dimensionata in modo tale che, sotto l'azione sismica relativa allo *SLV*, essa dia luogo alla formazione di un meccanismo dissipativo stabile nel quale la dissipazione sia limitata alle pile.

Ai soli fini del progetto dei pali di fondazione, con riferimento al § 7.2.5, è possibile considerare una limitata capacità dissipativa, dividendo per 1,5 le sollecitazioni sismiche sui pali derivanti dall'analisi strutturale con comportamento non dissipativo. In questo caso, per una lunghezza pari a 10 diametri dalla sommità del palo, devono applicarsi i dettagli costruttivi di cui al § 7.9.6.1 relativi alla CD"B".

La capacità delle membrature e dei collegamenti deve essere valutata in accordo con le regole di cui dal § 7.1 al § 7.3, integrate dalle regole di progettazione e di dettaglio fornite ai paragrafi successivi.

Nel valutare la capacità delle sezioni in calcestruzzo armato, si può tener conto dell'effetto del confinamento (v. § 4.1.2.1.2.1), purché si consideri la perdita dei copriferri al raggiungimento, in essi, della deformazione ultima di compressione del calcestruzzo non confinato (0,35%).

Il proporzionamento della struttura deve essere tale da favorire l'impegno plastico del maggior numero possibile di pile. Il comportamento inelastico dissipativo deve essere di tipo flessionale, con esclusione di possibili meccanismi di rottura per taglio. Per quanto possibile, le zone dissipative devono essere

posizionate in punti accessibili, pur con ragionevole difficoltà, per facilitarne l'ispezione e la riparazione.

In genere, il comportamento sismico di ponti con impalcato continuo è migliore di quello di ponti a travata appoggiata, purché si riesca ad assicurare una formazione delle cerniere plastiche pressoché simultanea sotto tutte le pile scelte come elementi dissipativi.

Gli elementi ai quali non è mai richiesta capacità dissipativa devono mantenere un comportamento sostanzialmente elastico; essi sono: gli elementi progettati per avere un comportamento non dissipativo, le porzioni esterne alle zone dissipative delle pile, l'impalcato, gli apparecchi di appoggio, le strutture di fondazione, le spalle, le pile che non scambiano azioni orizzontali con l'impalcato. A tal fine si adotta il criterio della "progettazione in capacità" descritto nel seguito per ogni caso specifico. Visto lo schema statico definito per l'impalcato di progetto, le condizioni dei materiali e delle armature, **il fattore di comportamento è assunto $q = 1$** . Questa scelta è dettata dalla natura non dissipativa della sovrastruttura e della sottostruttura. Quindi gli spettri di progetto in direzione orizzontali e verticali in termini di pseudo-accelerazione saranno presi come riferimento dagli spettri elastici precedentemente determinati.

9 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI DEI MATERIALI

La scelta dei materiali impiegati è dettata dall'ambiente con cui l'opera deve interfacciarsi, tali preferenze hanno l'obiettivo di garantire tutte quelle caratteristiche di durabilità e integrità necessarie a garantire le condizioni di resistenza e di servizio necessarie.

Il sito di pertinenza dell'opera è approssimativamente ad una distanza di 125 m dal mare, ne consegue che gli elementi resistenti siano esposti direttamente alla nebbia salina. Inoltre visto che l'opera è volta al superamento del corso d'acqua "Fiumara di Bruzzano" è ragionevole assumere che gli elementi di fondazione siano in falda e raramente asciutti. Le caratteristiche per la determinazione della classe di calcestruzzo e i parametri minimi ad essi correlati sono definiti in base all'Eurocodice 2 e NTC2018.

9.1 Acciaio

9.1.1 Acciaio per cemento armato

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai saldabili qualificati secondo le procedure di cui al precedente §11.3.1.2 e controllati con le modalità riportate nel § 11.3.2.11.

ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO B450C

L'acciaio per calcestruzzo armato B450C è caratterizzato dai seguenti valori nominali della tensione di snervamento e della tensione a carico massimo da utilizzare nei calcoli:

Tab. 11.3.Ia

$f_{y\text{ nom}}$	450 N/mm ²
$f_{t\text{ nom}}$	540 N/mm ²

e deve rispettare i requisiti indicati nella seguente Tab. 11.3.Ib:

Tab. 11.3.Ib

Caratteristiche	Requisiti	Frattile (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}	$\geq f_{y \text{ nom}}$	5.0
Tensione caratteristica a carico massimo f_{tk}	$\geq f_{t \text{ nom}}$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,15$	10.0
	$< 1,35$	
$(f_y/f_{y \text{ nom}})_k$	$\leq 1,25$	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$	$\geq 7,5\%$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche:		
$\phi < 12 \text{ mm}$	4 ϕ	
$12 \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$	5 ϕ	
per $16 < \phi \leq 25 \text{ mm}$	8 ϕ	
per $25 < \phi \leq 40 \text{ mm}$	10 ϕ	

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche vale quanto indicato al § 11.3.2.3.

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche vale quanto indicato al § 11.3.2.3.

ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO B450A

L'acciaio per calcestruzzo armato B450A, caratterizzato dai medesimi valori nominali della tensione di snervamento e della tensione a carico massimo dell'acciaio B450C, deve rispettare i requisiti indicati nella seguente Tab.11.3.Ic.

Tab. 11.3.Ic

Caratteristiche	Requisiti	Frattile (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}	$\geq f_{y \text{ nom}}$	5.0
Tensione caratteristica a carico massimo f_{tk}	$\geq f_{t \text{ nom}}$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,05$	10.0
$(f_y/f_{y \text{ nom}})_k$	$\leq 1,25$	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$	$\geq 2,5\%$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche:		
per $\phi \leq 10 \text{ mm}$	4 ϕ	

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche vale quanto indicato al § 11.3.2.3.

9.1.2 Acciaio per carpenteria

Per la realizzazione di strutture metalliche e di strutture composte si dovranno utilizzare acciai conformi alle norme armonizzate UNI EN 10025-1, UNI EN 10210-1 e UNI EN 10219-1, recanti la Marcatura CE, cui si applica il sistema di valutazione e verifica della costanza della prestazione e per i quali si rimanda a quanto specificato al punto A del § 11.1.

Per le palancole metalliche si farà riferimento rispettivamente alle UNI EN 10248-1:1997 ed UNI EN 10346:2015. Per gli acciai inossidabili si veda il § 11.3.4.8.

Per l'identificazione e qualificazione di elementi strutturali in acciaio realizzati in serie nelle officine di produzione di carpenteria metallica e nelle officine di produzione di elementi strutturali, si applica quanto specificato al punto 11.1, caso A), in conformità alla norma europea armonizzata UNI EN 1090-1.

Per la dichiarazione delle prestazioni ed etichettatura si applicano i metodi previsti dalla norme europee armonizzate, ed in particolare:

- Dichiarazione delle caratteristiche geometriche e delle proprietà del materiale.
- Dichiarazione delle prestazioni dei componenti, da valutarsi applicando le vigenti Appendici Nazionali agli Eurocodici;
- Dichiarazione basata su una determinata specifica di progetto, per la quale si applicano le presenti norme tecniche.

In ogni caso ai fini dell'accettazione e dell'impiego, tutti i componenti o sistemi strutturali devono rispondere ai requisiti della norma NTC2018; in particolare i materiali base devono essere qualificati all'origine ai sensi del §11.1. Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche indicate nel seguito, il prelievo dei saggi, la posizione nel pezzo da cui essi devono essere prelevati, la preparazione delle provette e le modalità di prova devono rispondere alle prescrizioni delle norme UNI EN ISO 377:2017, UNI EN ISO 6892-1:2016, UNI EN ISO 148-1:2016.

ACCIAI LAMINATI

Gli acciai laminati di uso generale per la realizzazione di strutture metalliche e per le strutture composte comprendono:

Prodotti lunghi

- laminati mercantili (angolari, L, T, piatti e altri prodotti di forma);
- travi ad ali parallele del tipo HE e IPE, travi IPN;
- laminati ad U;
- palancole.

Prodotti piani

- lamiere e piatti;
- nastri;
- nastri zincati di spessore 4 mm.

Profilati cavi

- tubi prodotti a caldo

Prodotti derivati

- travi saldate (ricavate da lamiere o da nastri a caldo);
- profilati a freddo (ricavati da nastri a caldo);
- tubi saldati (cilindrici o di forma ricavati da nastri a caldo);
- lamiere grecate (ricavate da nastri a caldo).

Controlli sui prodotti laminati

I controlli sui laminati verranno eseguiti secondo le prescrizioni di cui al § 11.3.4.11.

Fornitura dei prodotti laminati

Per la documentazione di accompagnamento delle forniture vale quanto indicato al § 11.3.1.5.

ACCIAIO PER STRUTTURE SALDATE

Gli acciai per strutture saldate, oltre a soddisfare le condizioni indicate al § 11.3.4.1, devono avere composizione chimica conforme a quanto riportato nelle norme europee armonizzate applicabili, di cui al punto 11.3.4.1.

PROCESSO DI SALDATURA

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063:2011. È ammesso l'uso di procedimenti diversi purché sostenuti da adeguata documentazione teorica e sperimentale.

I saldatori nei procedimenti semiautomatici e manuali dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 9606-1:2017 da parte di un Ente terzo. Ad integrazione di quanto richiesto in tale norma, i

saldatori che eseguono giunti a T con cordoni d'angolo dovranno essere specificamente qualificati e non potranno essere qualificati soltanto mediante l'esecuzione di giunti testa-testa.

Gli operatori dei procedimenti automatici o robotizzati dovranno essere certificati secondo la norma UNI EN ISO 14732:2013. Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati mediante WPQR (qualifica di procedimento di saldatura) secondo la norma UNI EN ISO 15614-1:2017.

Le durezza eseguite sulle macrografie non dovranno essere superiori a 350 HV30.

Per la saldatura ad arco di prigionieri di materiali metallici (saldatura ad innesco mediante sollevamento e saldatura a scarica di condensatori ad innesco sulla punta) si applica la norma UNI EN ISO 14555:2017; valgono perciò i requisiti di qualità di cui al prospetto A1 della appendice A della stessa norma.

Le prove di qualifica dei saldatori, degli operatori e dei procedimenti dovranno essere eseguite da un Ente terzo; in assenza di prescrizioni in proposito l'Ente sarà scelto dal costruttore secondo criteri di competenza e di indipendenza. Sono richieste caratteristiche di duttilità, snervamento, resistenza e tenacità in zona fusa e in zona termica alterata non inferiori a quelle del materiale base.

Nell'esecuzione delle saldature dovranno inoltre essere rispettate le norme UNI EN 1011-1:2009 ed UNI EN 1011-2:2005 per gli acciai ferritici ed UNI EN 1011-3:2005 per gli acciai inossidabili. Per la preparazione dei lembi si applicherà, salvo casi particolari, la norma UNI EN ISO 9692-1:2013.

Le saldature saranno sottoposte a controlli non distruttivi finali per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista sulla base delle norme applicate per la progettazione.

In assenza di tali dati per strutture non soggette a fatica si adotterà il livello C della norma UNI EN ISO 5817:2014 e il livello B per strutture soggette a fatica.

L'entità ed il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, saranno definiti dal Collaudatore e dal Direttore dei Lavori; per i cordoni ad angolo o giunti a parziale penetrazione si useranno metodi di superficie (ad es. liquidi penetranti o polveri magnetiche), mentre per i giunti a piena penetrazione, oltre a quanto sopra previsto, si useranno metodi volumetrici e cioè raggi X o gamma o ultrasuoni per i giunti testa a testa e solo ultrasuoni per i giunti a T a piena penetrazione. Per le modalità di esecuzione dei controlli ed i livelli di accettabilità si potrà fare utile riferimento alle prescrizioni della norma UNI EN ISO 17635.

Tutti gli operatori che eseguiranno i controlli dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 9712:2012 almeno di secondo livello. Oltre alle prescrizioni applicabili di cui al precedente § 11.3.1.7, il costruttore deve corrispondere ai seguenti requisiti. In relazione alla tipologia dei manufatti realizzati mediante giunzioni saldate, il costruttore deve essere certificato secondo la norma UNI EN ISO 3834:2006 parti 2, 3 e 4. I requisiti sono riassunti nella Tab. 11.3.XII di seguito riportata. La certificazione dell'azienda e del personale dovrà essere operata da un Ente terzo, scelto, in assenza di prescrizioni, dal costruttore secondo criteri di indipendenza e di competenza.

Tab. 11.3.XII

Tipo di azione sulle strutture	Strutture soggette a fatica in modo non significativo			Strutture soggette a fatica in modo significativo
Riferimento	A	B	C	D
Materiale Base: Spessore minimo delle membrature	S235, $s \leq 30$ mm S275, $s \leq 30$ mm	S355, $s \leq 30$ mm S235 S275	S235 S275 S355 S460, $s \leq 30$ mm	S235 S275 S355 S460 (Nota 1) Acciai inossidabili e altri acciai non esplicitamente menzionati (Nota 1)
Livello dei requisiti di qualità secondo la norma UNI EN ISO 3834:2006	Elementare UNI EN ISO 3834-4	Medio UNI EN ISO 3834-3	Medio UNI EN ISO 3834-3	Completo UNI EN ISO 3834-2
Livello di conoscenza tecnica del personale di Coordinamento della saldatura secondo la norma UNI EN ISO 14731:2007	Di base	Specifico	Completo	Completo

Nota 1) Vale anche per strutture non soggette a fatica in modo significativo

BULLONI E CHIODI

Bulloni "non a serraggio controllato"

Agli assiemi Vite/Dado/Rondella impiegati nelle giunzioni 'non precaricate' si applica quanto specificato al punto A del § 11.1 in conformità alla norma europea armonizzata UNI EN 15048-1. In alternativa anche gli assiemi ad alta resistenza conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 14399-1 sono idonei per l'uso

in giunzioni non precaricate. Viti, dadi e rondelle, in acciaio, devono essere associate come in tabella 11.3.XIII.a.

Tab. 11.3.XIII.a

Viti	Dadi	Rondelle	Riferimento
Classe di resistenza UNI EN ISO 898-1:2013	Classe di resistenza UNI EN ISO 898-2:2012	Durezza	
4.6	4; 5; 6 oppure 8	100 HV min.	UNI EN 15048-1
4.8			
5.6	5; 6 oppure 8		
5.8			
6.8	6 oppure 8	100 HV min oppure 300 HV min.	
8.8	8 oppure 10		
10.9	10 oppure 12		

Le tensioni di snervamento f_{yb} e di rottura f_{tb} delle viti appartenenti alle classi indicate nella precedente Tab. 11.3.XIII.a sono riportate nella seguente Tab. 11.3.XIII.b:

Tab. 11.3.XIII.b

Classe	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
f_{yb} (N/mm ²)	240	320	300	400	480	640	900
f_{tb} (N/mm ²)	400	400	500	500	600	800	1000

Bulloni "a serraggio controllato"

Agli assiemi Vite/Dado/Rondella impiegati nelle giunzioni 'Precaricate' si applica quanto specificato al punto A del § 11.1 in conformità alla norma europea armonizzata UNI EN 14399-1. Viti, dadi e rondelle, in acciaio, devono essere associate come in tabella 11.3.XIV.

Tab. 11.3.XIV

Sistema	Viti		Dadi		Rondelle	
	Classe di resistenza	Riferimento	Classe di resistenza	Riferimento	Durezza	Riferimento
HR	8.8	UNI EN 14399-1	8	UNI EN 14399-3	300-370 HV	UNI EN 14399 parti 5 e 6
	10.9	UNI EN 14399-3	10	UNI EN 14399-3		
HV	10.9	UNI EN 14399-4	10	UNI EN 14399-4		

Elementi di collegamento in acciaio inossidabile

Gli elementi di collegamento, costituita dagli assiemi vite/dado/rondella in acciaio inossidabile resistente alla corrosione devono essere conformi alle prescrizioni di cui alla UNI EN ISO 3506-1:2010 (Viti e viti prigioniera), UNI EN ISO 3506-2:2010 (Dadi), UNI EN ISO 3506-3:2010 (Viti senza testa e particolari simili non soggetti a trazione), UNI EN ISO 3506-4:2010 (Viti autofilettanti).

Per essi si applica quanto riportato al §11.3.4.8 per i materiali base ed il § 11.3.4.10 per le officine per la produzione di bulloni e chiodi.

Chiodi

Per i chiodi da ribadire a caldo si devono impiegare gli acciai previsti dalla pertinente parte della norma UNI EN 10263:2017. Per essi si applica quanto riportato al § 11.3.4.10 per le officine per la produzione di bulloni e chiodi.

CONNETTORI A PIOLO

Nel caso si utilizzino connettori a piolo, l'acciaio deve essere qualificato ed idoneo al processo di formazione dello stesso e compatibile

per saldatura con il materiale costituente l'elemento strutturale interessato dai pioli stessi. Esso deve avere le seguenti caratteristiche meccaniche:

- allungamento percentuale a rottura
- rapporto $f_t / f_y \geq 1,2$.

Quando i connettori vengono uniti alle strutture con procedimenti di saldatura speciali, senza metallo d'apporto, essi devono essere fabbricati con acciai la cui composizione chimica soddisfi le limitazioni seguenti:

$C \leq 0,18\%$, $Mn \leq 0,9\%$, $S \leq 0,04\%$, $P \leq 0,05\%$

Per essi si applica quanto riportato al § 11.3.4.10 per le officine per la produzione di elementi strutturali in serie.

ACCIAI INOSSIDABILI

E' consentito l'impiego di acciaio inossidabile per la realizzazione di strutture metalliche e composte.

Si dovranno utilizzare acciai conformi alle norme armonizzate UNI EN 10088-4 e UNI EN 10088-5, recanti la Marcatura CE e per i quali si rimanda a quanto specificato al punto A del § 11.1.

ACCIAI DA CARPENTERIA PER STRUTTURE SOGGETTE AD AZIONI SISMICHE

L'acciaio costituente le membrature, le saldature ed i bulloni devono essere comunque conformi ai requisiti riportati nelle presenti norme.

Per le zone dissipative si applicano le seguenti regole aggiuntive:

- per gli acciai da carpenteria il rapporto fra i valori caratteristici della tensione di rottura f_{tk} e la tensione di snervamento f_{yk} deve essere maggiore di 1,10 e l'allungamento a rottura A5, misurato su provino standard, deve essere non inferiore al 20%;

– la tensione di snervamento media f_y , media deve risultare inferiore ad 1,20 f_y ,k per acciaio S235 e S275, oppure ad 1,10 f_y ,k per acciai S355 S420 ed S460;

– i collegamenti bullonati devono essere realizzati con bulloni ad alta resistenza di classe 8.8 o 10.9.

Il valore del coefficiente γ_{ov} è specificato nel § 7.5.

Tali requisiti devono essere, ove applicabili, specificati negli elaborati progettuali e verificati a cura del Direttore dei Lavori.

L'acciaio prescritto per gli elementi strutturali o per la composizione di essi è S355J0.

Con riferimento alle UNI EN ISO 12944-2, le condizioni operative del suddetto materiale sono identificabili nella classe C4 essendo la struttura prossima alla costa, sintomo di una grande capacità dell'ambiente di operare una significativa azione corrosiva negli elementi interessati. Al fine di garantire una resistenza alla corrosione prolungata si prescrive un processo di trattamento combinato delle componenti di carpenteria metallica con zincatura e verniciatura tipo D secondo le metodologie di trattamento definite all'interno dei quaderni ANAS. Si puntualizza inoltre che suddetto trattamento non è compatibile con le porzioni interessate da processi di saldatura, dunque il collegamento saldato dei connettori metallici a piolo deve essere eseguito prima dell'applicazione del manto di zinco a caldo. Inoltre in corrispondenza delle porzioni interessate dalle saldature a completa penetrazione per il collegamento delle porzioni di carpenteria metallica volte alla realizzazione delle travi principali dovrà essere prevista una protezione in fase di immersione nelle vasche di zinco per permettere l'esecuzione della saldatura stessa in un secondo momento, tali zone verranno protette in seguito all'esecuzione dei processi di saldatura con l'applicazione di vernici a base di zinco e successivamente dallo smalto di vernice protettiva.

f_y	355	N/mm ²	valore caratteristico della tensione di snervamento $t < 40$ mm
f_{tk}	510	N/mm ²	valore caratteristico della tensione di rottura $t < 40$ mm
γ_s	1.05		coefficiente parziale di sicurezza
f_{yd}	338.10	N/mm ²	valore di progetto della tensione di snervamento $t < 40$ mm
f_{td}	485.71	N/mm ²	valore di progetto della tensione di rottura $t < 40$ mm

f_y	335	N/mm ²	valore caratteristico della tensione di snervamento $t > 40$ mm
f_{tk}	490	N/mm ²	valore caratteristico della tensione di rottura $t > 40$ mm
γ_s	1.05		coefficiente parziale di sicurezza
f_{yd}	319.05	N/mm ²	valore di progetto della tensione di snervamento $t > 40$ mm
f_{td}	466.67	N/mm ²	valore di progetto della tensione di rottura $t > 40$ mm

9.2 Calcestruzzo

SPECIFICHE PER IL CALCESTRUZZO

La prescrizione del calcestruzzo all'atto del progetto deve essere caratterizzata almeno mediante la classe di resistenza, la classe di consistenza al getto ed il diametro massimo dell'aggregato, nonché la classe di esposizione ambientale, di cui alla norma UNI EN 206:2016. Nel caso di impiego di armature di pre- o post-tensione permanentemente incorporate nei getti è obbligatoria anche l'individuazione della classe di contenuto in cloruri. La classe di resistenza è contraddistinta dai valori caratteristici delle

resistenze cubica Rck e cilindrica fck a compressione uniassiale, misurate rispettivamente su cubi di spigolo 150 mm e su cilindri di diametro 150 mm e di altezza 300 mm.

Inoltre, si dovranno dare indicazioni in merito ai processi di maturazione ed alle procedure di posa in opera, facendo utile riferimento alla norma UNI EN 13670, alle *Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale* ed alle *Linee Guida per la valutazione delle caratteristiche del calcestruzzo in opera* elaborate e pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

La resistenza caratteristica a compressione è definita come la resistenza per la quale si ha il 5% di probabilità di trovare valori inferiori. Nelle presenti norme la resistenza caratteristica designa quella dedotta da prove su provini come sopra descritti, confezionati e stagionati come specificato al § 11.2.4, eseguite a 28 giorni di maturazione. Potranno essere indicati altri tempi di maturazione a cui riferire le misure di resistenza ed il corrispondente valore caratteristico. Inoltre, si dovrà tener conto degli effetti prodotti da eventuali processi accelerati di maturazione.

Il conglomerato per il getto delle strutture di un'opera o di parte di essa si considera omogeneo ai fini del controllo (secondo le prestazioni), se possiede le medesime caratteristiche prestazionali (classe di resistenza e classe di esposizione).

CONTROLLI DI QUALITÀ DEL CALCESTRUZZO

Il calcestruzzo deve essere prodotto in regime di controllo di qualità, con lo scopo di garantire che rispetti le prescrizioni definite in sede di progetto.

Il controllo si articola nelle seguenti fasi:

Valutazione preliminare

Serve a determinare, prima dell'inizio della costruzione delle opere, la miscela per produrre il calcestruzzo in accordo con le prescrizioni di progetto.

Controllo di produzione

Riguarda il controllo da eseguire sul calcestruzzo durante la produzione con processo industrializzato del calcestruzzo stesso.

Controllo di accettazione

Riguarda il controllo da eseguire sul calcestruzzo utilizzato per l'esecuzione dell'opera, con prelievo effettuato contestualmente al getto dei relativi elementi strutturali.

Prove complementari

Sono prove che vengono eseguite, ove necessario, a complemento delle prove di accettazione.

Le prove di accettazione e le eventuali prove complementari, compresi i carotaggi di cui al punto 11.2.6, devono essere eseguite e certificate dai laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

Il costruttore resta comunque responsabile della qualità del calcestruzzo posto in opera, che sarà controllata dal Direttore dei Lavori, secondo le procedure di cui al § 11.2.5.

PRELIEVO E PROVA DEI CAMPIONI

Un prelievo consiste nel prelevare dagli impasti, al momento della posa in opera ed alla presenza del Direttore dei Lavori o di persona di sua fiducia, il calcestruzzo necessario per la confezione di un gruppo di due provini.

La media delle resistenze a compressione dei due provini di un prelievo rappresenta la "Resistenza di prelievo" che costituisce il valore mediante il quale vengono eseguiti i controlli del calcestruzzo. Il

prelievo non viene accettato se la differenza fra i valori di resistenza dei due provini supera il 20% del valore inferiore; in tal caso si applicano le procedure di cui al §11.2.5.3.

È obbligo del Direttore dei Lavori prescrivere ulteriori prelievi rispetto al numero minimo, di cui ai successivi paragrafi, tutte le volte che variazioni di qualità e/o provenienza dei costituenti dell'impasto possano far presumere una variazione di qualità del calcestruzzo stesso, tale da non poter più essere considerato omogeneo. Per la preparazione, la forma, le dimensioni e la stagionatura dei provini di calcestruzzo vale quanto indicato nelle norme UNI EN 12390-1:2012 e UNI EN 12390-2:2009.

Circa il procedimento da seguire per la determinazione della resistenza a compressione dei provini di calcestruzzo vale quanto indicato nelle norme UNI EN 12390-3:2009 e UNI EN 12390-4:2002.

Circa il procedimento da seguire per la determinazione della massa volumica vale quanto indicato nella norma UNI EN 12390-7:2009.

CONTROLLO DI ACCETTAZIONE

Il controllo di accettazione è eseguito dal Direttore dei Lavori su ciascuna miscela omogenea e si configura, in funzione del quantitativo

di calcestruzzo in accettazione, nel:

- controllo di tipo A di cui al § 11.2.5.1;
- controllo di tipo B di cui al § 11.2.5.2.

Il controllo di accettazione è positivo ed il quantitativo di calcestruzzo accettato se risultano verificate le disuguaglianze di cui

alla Tab. 11.2.I seguente:

Tab. 11.2.I

Controllo di tipo A	Controllo di tipo B
$R_{c,min} \geq R_{ck} - 3,5$	
$R_{cm28} \geq R_{ck} + 3,5$	$R_{cm28} \geq R_{ck} + 1,48 s$
(N° prelievi: 3)	(N° prelievi ≥ 15)
Ove: R_{cm28} = resistenza media dei prelievi (N/mm ²); $R_{c,min}$ = minore valore di resistenza dei prelievi (N/mm ²); s = scarto quadratico medio	

CONTROLLO DI TIPO A

Ogni controllo di tipo A è riferito ad un quantitativo di miscela omogenea non maggiore di 300 m3 ed è costituito da tre prelievi, ciascuno dei quali eseguito su un massimo di 100 m3 di getto di miscela omogenea. Risulta quindi un controllo di accettazione ogni 300 m3 massimo di getto. Per ogni giorno di getto va comunque effettuato almeno un prelievo. Nelle costruzioni con meno di 100 m3 di getto di miscela omogenea, fermo restando l'obbligo di almeno 3 prelievi e del rispetto delle limitazioni di cui sopra, è consentito derogare dall'obbligo di prelievo giornaliero.

CONTROLLO DI TIPO B

Nella realizzazione di opere strutturali che richiedano l'impiego di più di 1500 m3 di miscela omogenea è obbligatorio il controllo di accettazione di tipo statistico (tipo B). Il controllo è riferito ad una miscela omogenea e va eseguito con frequenza non minore di un controllo ogni 1500 m3 di calcestruzzo.

Ogni controllo di accettazione di tipo B è costituito da almeno 15 prelievi, ciascuno dei quali eseguito su 100 m3 di getto di miscela omogenea. Per ogni giorno di getto va comunque effettuato almeno un prelievo.

Se si eseguono controlli statistici accurati, l'interpretazione dei risultati sperimentali può essere svolta con i metodi completi dell'analisi statistica assumendo la legge di distribuzione più corretta e il suo valor medio, unitamente al coefficiente di variazione (rapporto tra deviazione standard e valore medio). Non sono accettabili calcestruzzi con coefficiente di variazione superiore a 0,3. Per calcestruzzi con coefficiente di variazione (s/R_m) superiore a 0,15 occorrono controlli più accurati, integrati con prove complementari di cui al §11.2.7. Infine, la resistenza caratteristica R_{ck} di progetto dovrà essere minore del valore sperimentale corrispondente al frattile inferiore 5% delle resistenze di prelievo e la resistenza minima di prelievo $R_{c,min}$ dovrà essere maggiore del valore corrispondente al frattile inferiore 1%.

COMPONENTI DEL CALCESTRUZZO

LEGANTI

Nelle opere oggetto delle presenti norme devono impiegarsi esclusivamente i leganti idraulici previsti dalle disposizioni vigenti in materia, dotati di marcatura CE in conformità alla norma europea armonizzata UNI EN 197-1 oppure ad uno specifico ETA, purché idonei all'impiego previsto nonché, per quanto non in contrasto, conformi alle prescrizioni di cui alla Legge 26 maggio 1965 n. 595. È escluso l'impiego di cementi alluminosi.

L'impiego dei cementi richiamati all'art. 1, lettera C della legge 26 maggio 1965 n. 595, è limitato ai calcestruzzi per sbarramenti di ritenuta. Per la realizzazione di dighe ed altre simili opere massive dove è richiesto un basso calore di idratazione devono essere utilizzati i cementi speciali con calore di idratazione molto basso dotati di marcatura CE in conformità alla norma europea armonizzata UNI EN 14216.

I leganti idraulici, qualora immessi sul mercato da un distributore attraverso un centro di distribuzione, devono essere all'origine dotati della marcatura CE sopra richiamata. Il centro di distribuzione, così come definito nella norma UNI EN 197-2, deve possedere un'autorizzazione all'uso di detta marcatura concessa al distributore da un organismo di certificazione notificato, in base alle procedure della norma UNI EN 197-2, a dimostrazione che la conformità del prodotto marcato CE è stata mantenuta durante le fasi di trasporto, ricevimento, deposito, imballaggio e spedizione, unitamente alla sua qualità ed identità.

Qualora il calcestruzzo risulti esposto a condizioni ambientali chimicamente aggressive si devono utilizzare cementi con adeguate caratteristiche di resistenza alle specifiche azioni aggressive. Specificamente in ambiente solfatico si devono impiegare cementi resistenti ai solfati conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 197-1 ed alla norma UNI 9156:1997 o, in condizioni di dilavamento, cementi resistenti al dilavamento conformi alla norma UNI 9606:2015.

AGGREGATI

Sono idonei alla produzione di calcestruzzo per uso strutturale gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, oppure provenienti da processi di riciclo conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 12620 e, per gli aggregati leggeri, alla norma europea armonizzata UNI EN 13055. Il sistema di valutazione e verifica della costanza della prestazione, di tali aggregati, ai sensi del Regolamento UE 305/2011, è indicato nella seguente Tab. 11.2.II.

Tab. 11.2.II

Specifica Tecnica Europea armonizzata di riferimento	Uso Previsto	Sistema di Valutazione e Verifica della Costanza della Prestazione
Aggregati per calcestruzzo UNI EN 12620 e UNI EN 13055-1	Calcestruzzo strutturale	2 +

È consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, secondo i limiti di cui alla Tab. 11.2.III a condizione che la miscela di

calcestruzzo, confezionato con aggregati riciclati, venga preliminarmente qualificata e documentata, nonché accettata in cantiere,

attraverso le procedure di cui alle presenti norme.

Tab. 11.2.III

Origine del materiale da riciclo	Classe del calcestruzzo	percentuale di impiego
demolizioni di edifici (macerie)	= C 8/10	fino al 100%
demolizioni di solo calcestruzzo e c.a. (frammenti di calcestruzzo $\geq 90\%$, UNI EN 933-11:2009)	$\leq C20/25$	fino al 60%
	$\leq C30/37$	$\leq 30\%$
	$\leq C45/55$	$\leq 20\%$
Riutilizzo di calcestruzzo interno negli stabilimenti di prefabbricazione qualificati - da qualsiasi classe	Classe minore del calcestruzzo di origine	fino al 15%
	Stessa classe del calcestruzzo di origine	fino al 10%

Per quanto riguarda i controlli di accettazione degli aggregati da effettuarsi a cura del Direttore dei Lavori, questi sono finalizzati almeno alla verifica delle caratteristiche tecniche riportate nella Tab. 11.2.IV. I metodi di prova da utilizzarsi sono quelli indicati nelle Norme Europee Armonizzate citate, in relazione a ciascuna caratteristica.

Tab. 11.2.IV – Controlli di accettazione per aggregati per calcestruzzo strutturale

Caratteristiche tecniche
Descrizione petrografica
Dimensione dell'aggregato (analisi granulometrica e contenuto dei fini)
Indice di appiattimento
Tenore di solfati e zolfo
Dimensione per il filler
Resistenza alla frammentazione/frantumazione (per calcestruzzo $R_{ck} \geq C50/60$ e aggregato proveniente da riciclo)

Il progetto, nelle apposite prescrizioni, potrà fare utile riferimento alle norme UNI 8520-1 e UNI 8520-2, al fine di individuare i limiti di accettabilità delle caratteristiche tecniche degli aggregati.

AGGIUNTE

Nei calcestruzzi è ammesso l'impiego di aggiunte, in particolare di ceneri volanti, loppe granulate d'altoforno e fumi di silice, purché non ne vengano modificate negativamente le caratteristiche prestazionali.

Le ceneri volanti devono soddisfare i requisiti della norma europea armonizzata UNI EN 450-1. Per quanto riguarda l'impiego si potrà fare utile riferimento ai criteri stabiliti dalle norme UNI EN 206 ed UNI 11104.

I fumi di silice devono soddisfare i requisiti della norma europea armonizzata UNI EN 13263-1.

ADDITIVI

Gli additivi devono essere conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 934-2.

ACQUA DI IMPASTO

L'acqua di impasto, ivi compresa l'acqua di riciclo, deve essere conforme alla norma UNI EN 1008: 2003.

MISCELE PRECONFEZIONATE DI COMPONENTI PER CALCESTRUZZO

In assenza di specifica norma armonizzata europea, il fabbricante di miscele preconfezionate di componenti per calcestruzzi, cui sia da aggiungere in cantiere l'acqua di impasto, deve documentare per ogni componente utilizzato la conformità alla relativa norma armonizzata europea.

DURABILITÀ

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario o precompresso, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e quelli derivanti dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo. A tal fine, valutate opportunamente le condizioni ambientali del sito ove sorgerà la costruzione o quelle di impiego, conformemente alle indicazioni della tabella 4.1.III delle presenti norme, in fase di progetto dovranno essere indicate le caratteristiche del calcestruzzo da impiegare in accordo alle *Linee Guida sul calcestruzzo strutturale* edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio

Superiore dei Lavori Pubblici facendo anche, in assenza di analisi specifiche, utile riferimento alle norme UNI EN 206 ed UNI 11104. Inoltre devono essere rispettati i valori del copriferro nominale di cui al punto 4.1.6.1.3, nonché le modalità e la durata della maturazione umida in accordo alla UNI EN 13670:2010, alle *Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale* ed alle *Linee Guida per la valutazione delle caratteristiche del calcestruzzo in opera* pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Ai fini della valutazione della durabilità, nella formulazione delle prescrizioni sul calcestruzzo, si potranno prescrivere anche prove per la verifica della resistenza alla penetrazione degli agenti aggressivi, quali ad esempio anidride carbonica e cloruri. Si può, inoltre, tener conto del grado di impermeabilità del calcestruzzo, determinando il valore della profondità di penetrazione dell'acqua in pressione. Per la prova di determinazione della profondità della penetrazione dell'acqua in pressione nel calcestruzzo indurito potrà farsi utile riferimento alla norma UNI EN 12390-8.

Caratteristiche Di Durabilità

I copriferri minimi da adottare in funzione della classe di esposizione (vedere UNI EN 206:2006, prospetto 1) sono definiti nella tabella C4.1.IV della Circolare 2 febbraio 2009, n. 217:

C _{min}	C _o	AMBIENTE	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 ≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o	C ≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o	C ≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o	C ≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o
C25/30	C35/45	ORDINARIO	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	AGGRESSIVO	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	MOLTO AGGRESSIVO	35	40	40	45	45	50	50	50

Ai valori indicati in tabella vanno aggiunte le tolleranze di posa, pari a:

+10 mm per le strutture in opera;

Relativamente agli elementi caratterizzati dal presente materiale, le condizioni ambientali si ritengono **aggressive**. Si ha pertanto:

$$30 + 10 = 40 \text{ mm}$$

9.2.1 Calcestruzzo per pile e spalle

Prescrizioni per il calcestruzzo

- Calcestruzzo a prestazione garantita (UNI EN 206-1)
- **Classi di esposizione ambientale: XS1**
- Rapporto a/c max: 0.50
- **Classe di resistenza a compressione: C(32/40)**
- Controllo di accettazione: tipo A (tipo B per volumi complessivi di calcestruzzo superiori a 1500 m3)
- Dosaggio minimo di cemento: 300 Kg/m3
- Aria intrappolata: max. 2,5%
- Diametro massimo dell'aggregato: 32 mm (Per interferri inferiori a 35 mm utilizzare aggregati con pezzatura 20 mm)
- Classe di contenuto di cloruri del calcestruzzo: Cl 0.2
- Classe di consistenza al getto S4/S5 o slump di riferimento $230 \pm 30 \text{ mm}$
- Volume di acqua di bleeding (UNI 7122): $< 0.1\%$

Rck	40	N/mm ²	resistenza cubica calcestruzzo
γ_c	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	0.85		coefficiente riduttivo resistenze di lunga durata
E_{cm}	33643	N/mm ²	modulo elastico
f_{ck}	33.20	N/mm ²	resistenza cilindrica caratteristica a compressione del calcestruzzo
f_{cd}	18.81	N/mm ²	resistenza cilindrica di calcolo a compressione del calcestruzzo
f_{cm}	41.20	N/mm ²	resistenza cilindrica media a compressione del calcestruzzo
f_{ctm}	3.10	N/mm ²	resistenza cilindrica media a trazione calcestruzzo <C50/60
f_{ctk}	2.17	N/mm ²	resistenza cilindrica caratteristica a trazione calcestruzzo <C50/60
f_{ctd}	1.45	N/mm ²	resistenza cilindrica di calcolo a trazione calcestruzzo <C50/60
f_{bd}	3.25	N/mm ²	resistenza tangenziale di aderenza
f_{cm}	3.72	N/mm ²	resistenza a trazione per flessione

Caratteristiche Di Durabilità

I copriferri minimi da adottare in funzione della classe di esposizione (vedere UNI EN 206:2006, prospetto 1) sono definiti nella tabella C4.1.IV della Circolare 2 febbraio 2009, n. 217:

C _{min}	C _o	AMBIENTE	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 ≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o	C ≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o	C ≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o	C ≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o
C25/30	C35/45	ORDINARIO	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	AGGRESSIVO	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	MOLTO AGGRESSIVO	35	40	40	45	45	50	50	50

Ai valori indicati in tabella vanno aggiunte le tolleranze di posa, pari a:

+10 mm per le strutture in opera;

Relativamente agli elementi caratterizzati dal presente materiale, le condizioni ambientali si ritengono **aggressive**. Si ha pertanto: $35 + 10 = 45 \text{ mm}$

9.2.2 Calcestruzzo per pali

Prescrizioni per il calcestruzzo

- Calcestruzzo a prestazione garantita (UNI EN 206-1)
- **Classi di esposizione ambientale: XC2**
- Rapporto a/c max: 0.60
- **Classe di resistenza a compressione: C(28/35)**
- Controllo di accettazione: tipo A (tipo B per volumi di calcestruzzo superiori a 1500 m³)
- Dosaggio minimo di cemento: 300 Kg/m³
- Aria intrappolata: max. 2,5%
- Diametro massimo dell'aggregato: 32 mm (Per interferri inferiori a 35 mm utilizzare aggregati con pezzatura 20 mm)
- Classe di contenuto di cloruri del calcestruzzo: Cl 0.2
- Classe di consistenza al getto S4/S5 oppure slump di riferimento $23 \pm 3 \text{ cm}$
- Volume di acqua di bleeding (UNI 7122): $< 0.1\%$

Rck	35	N/mm ²	resistenza cubica calcestruzzo
γ_c	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	0.85		coefficiente riduttivo resistenze di lunga durata
E_{cm}	32588	N/mm ²	modulo elastico
f_{ck}	29.05	N/mm ²	resistenza cilindrica caratteristica a compressione del calcestruzzo
f_{cd}	16.46	N/mm ²	resistenza cilindrica di calcolo a compressione del calcestruzzo
f_{cm}	37.05	N/mm ²	resistenza cilindrica media a compressione del calcestruzzo
f_{ctm}	2.83	N/mm ²	resistenza cilindrica media a trazione calcestruzzo <C50/60
f_{ctk}	1.98	N/mm ²	resistenza cilindrica caratteristica a trazione calcestruzzo <C50/60
f_{ctd}	1.32	N/mm ²	resistenza cilindrica di calcolo a trazione calcestruzzo <C50/60
f_{bd}	2.98	N/mm ²	resistenza tangenziale di aderenza
f_{cfm}	3.40	N/mm ²	resistenza a trazione per flessione

Prescrizioni per la struttura

Copriferro minimo: 30 mm (40 per opere in c.a.p). Per getti controterra su terreno preparato: copriferro minimo 40 mm. Per getti controterra su terreno non preparato: copriferro minimo 70 mm. Scassero oppure durata minima della maturazione umida da effettuarsi mediante ricoprimento della superficie non cassetta con geotessile bagnato ogni 24 ore (o con altro metodo di protezione equivalente): 7 giorni.

Caratteristiche Di Durabilità

I copriferri minimi da adottare in funzione della classe di esposizione (vedere UNI EN 206:2006, prospetto 1) sono definiti nella tabella C4.1.IV della Circolare 2 febbraio 2009, n. 217:

C _{min}	C _o	AMBIENTE	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 ≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o	C ≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o	C ≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o	C ≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o
C25/30	C35/45	ORDINARIO	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	AGGRESSIVO	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	MOLTO AGGRESSIVO	35	40	40	45	45	50	50	50

Ai valori indicati in tabella vanno aggiunte le tolleranze di posa, pari a:

+10 mm per le strutture in opera;

Relativamente agli elementi caratterizzati dal presente materiale, le condizioni ambientali si ritengono **aggressive**. Si ha pertanto:

$$40 + 10 = 50 \text{ mm}$$

9.2.3 Calcestruzzo per plinti su pali

Prescrizioni per il calcestruzzo

- Calcestruzzo a prestazione garantita (UNI EN 206-1)
- **Classi di esposizione ambientale: XS1**
- Rapporto a/c max: 0.50
- **Classe di resistenza a compressione: C(32/40)**
- Controllo di accettazione: tipo A (tipo B per volumi complessivi di calcestruzzo superiori a 1500 m³)
- Dosaggio minimo di cemento: 300 Kg/m³
- Aria intrappolata: max. 2,5%
- Diametro massimo dell'aggregato: 32 mm (Per interferri inferiori a 35 mm utilizzare aggregati con pezzatura 20 mm)
- Classe di contenuto di cloruri del calcestruzzo: Cl 0.2
- Classe di consistenza al getto S4/S5 o slump di riferimento 230 ± 30 mm
- Volume di acqua di bleeding (UNI 7122): < 0.1%

Rck	40	N/mm ²	resistenza cubica calcestruzzo
γ_c	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	0.85		coefficiente riduttivo resistenze di lunga durata
E_{cm}	33643	N/mm ²	modulo elastico
f_{ck}	33.20	N/mm ²	resistenza cilindrica caratteristica a compressione del calcestruzzo
f_{cd}	18.81	N/mm ²	resistenza cilindrica di calcolo a compressione del calcestruzzo
f_{cm}	41.20	N/mm ²	resistenza cilindrica media a compressione del calcestruzzo
f_{ctm}	3.10	N/mm ²	resistenza cilindrica media a trazione calcestruzzo <C50/60
f_{ctk}	2.17	N/mm ²	resistenza cilindrica caratteristica a trazione calcestruzzo <C50/60
f_{ctd}	1.45	N/mm ²	resistenza cilindrica di calcolo a trazione calcestruzzo <C50/60
f_{bd}	3.25	N/mm ²	resistenza tangenziale di aderenza
f_{cfm}	3.72	N/mm ²	resistenza a trazione per flessione

Prescrizioni per la struttura

Copriferro minimo: 30 mm (40 per opere in c.a.p). Per getti controterra su terreno preparato: copriferro minimo 40 mm. Per getti controterra su terreno non preparato: copriferro minimo 70 mm. Scassero oppure durata minima della maturazione umida da effettuarsi mediante ricoprimento della superficie non cassetata con geotessile bagnato ogni 24 ore (o con altro metodo di protezione equivalente): 7 giorni.

Caratteristiche Di Durabilità

I copriferri minimi da adottare in funzione della classe di esposizione (vedere UNI EN 206:2006, prospetto 1) sono definiti nella tabella C4.1.IV della Circolare 2 febbraio 2009, n. 217:

C _{min}	C _o	AMBIENTE	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 ≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o	C ≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o	C ≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o	C ≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o
C25/30	C35/45	ORDINARIO	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	AGGRESSIVO	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	MOLTO AGGRESSIVO	35	40	40	45	45	50	50	50

Ai valori indicati in tabella vanno aggiunte le tolleranze di posa, pari a:

+10 mm per le strutture in opera;

Relativamente agli elementi caratterizzati dal presente materiale, le condizioni ambientali si ritengono aggressive. Si ha pertanto: 40 + 10 = **50 mm**

9.2.4 Calcestruzzo per magrone

Classe di resistenza C12/15

R_{ck}	15	N/mm ²	resistenza cubica calcestruzzo	
γ_c	1.5		coefficiente parziale di sicurezza	
α_{cc}	0.85		coefficiente riduttivo resistenze di lunga durata	
E_{cm}	27267	N/mm ²	modulo elastico	
f_{ck}	12.45	N/mm ²	resistenza cilindrica caratteristica a compressione del calcestruzzo	
f_{cd}	7.06	N/mm ²	resistenza cilindrica di calcolo a compressione del calcestruzzo	
f_{cm}	20.45	N/mm ²	resistenza cilindrica media a compressione del calcestruzzo	
f_{ctm}	1.61	N/mm ²	resistenza cilindrica media a trazione calcestruzzo <C50/60	
f_{ctk}	1.13	N/mm ²	resistenza cilindrica caratteristica a trazione calcestruzzo <C50/60	frattile 5%
f_{ctd}	0.75	N/mm ²	resistenza cilindrica di calcolo a trazione calcestruzzo <C50/60	
f_{bd}	1.69	N/mm ²	resistenza tangenziale di aderenza	
f_{cfm}	1.93	N/mm ²	resistenza a trazione per flessione	

10 IMPIANTI TECNOLOGICI

Il presente progetto prevede la sola realizzazione di opere civili di predisposizione con posa di 2 cavidotti DN94 per sottoservizi lungo il sedime della pista con i relativi pozzetti, come indicato nell'elaborato *DE3.1.0 – Planimetria reti tecnologiche*. Tali cavidotti potranno essere utilizzati per l'installazione di corpi illuminanti per permettere il transito in sicurezza sul percorso della ciclovia lungo il ponte.

La posizione dei cavidotti nell'impalcato del ponte verrà definita puntualmente dal costruttivo del ponte, in accordo con la Direzione Lavori.