

Provincia di Prato

COMUNE DI PRATO
COMUNE DI POGGIO A CAIANO
CAMERA DI COMMERCIO PRATO



PROGETTAZIONE DI UN NUOVO PONTE CICLO-PEDONALE NELLA SEDE DEL "PONTE LEOPOLDO II" E COLLEGAMENTO CICLABILE TRA CASCINE DI TAVOLA E LA VILLA MEDICEA DI POGGIO A CAIANO

PROGETTO PRELIMINARE

Area Pianificazione Territoriale
e Difesa del Suolo
Direttore Arch. Carla Chiodini

R.U.P.
Arch. Daniele Mazzotta

Gruppo di progettazione
Ing. Guido Lenzi
Ing. Alessandro Busca
Arch. Andrea Bellini
Capogruppo
Arch. Giorgio Pasquini

RELAZIONE TECNICA



Scala	Data	Elaborato. n°	Rev.
1:200	22/03/2012	B	00

AGGIORNAMENTI

rev.	Descrizione	Data	Redatto	Control.	Approv.	Visto
00	emissione	22/03/2012	ABE			

PROGETTISTI

SOMMARIO

1) CARATTERI STORICI - TIPOLOGICI E COSTRUTTIVI - CONSISTENZA E STATO DI MANUTENZIONE ...	2
2) ARCHITETTURA E FUNZIONALITÀ DELL'INTERVENTO	6
2.1) IL PONTE "LEOPOLDO II"	6
2.2) IL SISTEMA DELLE PISTE CICLOPEDONALI	7
2.2.1) RIFERIMENTI NORMATIVI	7
2.2.2) TRACCIATI DI PROGETTO	9
3) STRUTTURE	12
3.1) DESCRIZIONE GENERALE DEL NUOVO PONTE	12
3.2) NORMATIVA TECNICA	13
3.3) PARAMETRI DI PROGETTO PER L'AZIONE SISMICA	16
3.4) CARICHI AGENTI	18
3.5) COMBINAZIONI DI CARICO.....	22
3.6) SCHEMI DI CARICO	23
3.7) DESCRIZIONE DEI MATERIALI DI IMPIEGO STRUTTURALE.....	24
3.8) CRITERI DI PROGETTAZIONE E MODELLAZIONE	24
3.9) DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA DEL PONTE	25
3.10) MODELLAZIONE DELLA GEOMETRIA E DELLE PROPRIETA' MECCANICHE	26
3.11) RIFERIMENTI ALLE STRUTTURE DI FONDAZIONE.....	27
3.12) PRINCIPALI RISULTATI.....	27
4) INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOTECNICO DELL'AREA	30
4.1) PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI	34
4.2) CONSIDERAZIONI SULL'IDROGEOLOGIA DELL'AREA.....	36
4.3) CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI SUOLI.....	36
4.4) CONCLUSIONI.....	37
5) INQUADRAMENTO IDRAULICO DELL'AREA.....	38
5) OPERE ACCESSORIE.....	41
5.1) DESCRIZIONE GENERALE DELLE OPERE ACCESSORIE.....	41
5.2) VALUTAZIONI STRUTTURALI, GEOLOGICHE E IDRAULICHE DELLE OPERE ACCESSORIE	41
5.2.1) RILEVATI IN TERRA E PISTE CICLABILI	41
5.2.2) PASSERELLA PEDONALE	42

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Calano	--.1 di 42

1) CARATTERI STORICI - TIPOLOGICI E COSTRUTTIVI - CONSISTENZA E STATO DI MANUTENZIONE

Il ponte *Leopoldo II*, che attraversava l'Ombrone fra i territori del Comune di Prato e di Poggio a Caiano, fu costruito nel 1833 su disegno di Alessandro Manetti "per impulso dell'Augusto Regnante" Leopoldo II ed è una delle opere più significative dell'ingegneria italiana ed europea dell'800.

Collegava i possedimenti granducali sulla riva destra dominati dalla Villa Medicea di Poggio a Caiano, con quelli sulla riva sinistra organizzati intorno all'edificio delle Cascine, che oggi si trovano nel comune di Prato. Fino ad allora il collegamento avveniva tramite antichi ponti esterni alla tenuta e aperti al transito, ponte all'Asse ed il ponte a Tigliano. La necessità di un collegamento interno porta, a fine Settecento, alla costruzione di un "ponte nuovo" in asse con la villa, ricollegato con un viale rettilineo alle Cascine e che compare in una pianta del 1793; probabilmente fu smantellato dopo poco a causa di lavori di rettifica fluviale.

Intorno al 1811 Giuseppe Manetti predispose per la granduchessa Elisa Baciocchi, sorella di Napoleone, un progetto per Poggio a Caiano, non realizzato dopo il ritorno dei Lorena. Un grande giardino neoclassico, con elementi simbolici, viali irregolari, e un ponte in ferro sull'Ombrone. Dopo venti anni, il figlio avrebbe realizzato questo ponte, "meraviglia dell'arte fusoria.

Fu "il primo ponte sospeso che abbia visto la Toscana sopra uno dei suoi fiumi", come riporta l'erudito Repetti alla voce "Caiano" del suo "Dizionario geografico, fisico, storico della Toscana". Nei primi decenni del secolo in Francia e Gran Bretagna furono costruiti ponti con la tecnologia delle catene o "galle", elementi metallici collegati come bielle. Brown e Telford portano a termine le esperienze più ardite del periodo. Il francese Marc Seguin fu il primo ad utilizzare, tra il 1823 e il 1825, il cavo a fili metallici per realizzazioni impegnative, e a diffondere questa tecnica.



N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	--.2 di 42

Il primo ponte sospeso realizzato in Italia è il ponte "Ferdinando" del 1832, sul fiume Garigliano nel Regno delle due Sicilie, recentemente restaurato. Nel 1833 il ponte del Manetti, posteriore di pochi mesi al ponte calabrese, risulta il primo in Italia ad essere costruito con l'innovativa tecnologia dei cavi o funi di fili di ferro avvolti, utilizzata per la prima volta in Francia pochi anni prima e destinata ad essere rapidamente impiegata in numerose altre opere d'ingegneria fino ai giorni nostri. Pertanto, il ponte Leopoldo II è il primo ponte sospeso a funi realizzato in Italia.

Le caratteristiche costruttive del ponte seguono le più avanzate esperienze europee dell'epoca e presentano tutti i vantaggi dei ponti sospesi (leggerezza, risparmio di materiale, celerità di costruzione, scarso spessore del calpestio e quindi minor impedimento alle acque di piena). Il ponte fu realizzato con impalcato ligneo di quercia stagionata con marciapiede e corsia carrabile. Il sistema di sospensione era formato da sei coppie di funi in ferro, alle quali era sospeso l'impalcato, appoggiate su piloni in pietra disegnati in forma di archi estradossati ed ancorati su massi di ritenuta (detti "pigne") anch'esse di pietra. Tutti gli elementi costruttivi e decorativi in ferro uscirono dalle Fonderie di Follonica, a cui proprio Leopoldo II aveva dato nuovo impulso. Il ponte era carrabile e la larghezza 4.75 m comprendeva anche due marciapiedi rialzati. La luce era di circa 35 metri.

Nella "Relazione" al Granduca del 1831 Manetti si sofferma in particolare sul "Pont des Invalides" a Parigi costruito, con molte difficoltà, da Navier e affronta aspetti tecnici, come il collegamento tra i piloni, la solidità degli ancoraggi, la protezione dei cavi, il collaudo dei materiali e la preferenza per la struttura a funi della quale scrive: "il vantaggio stesso per il filo di ferro preferibilmente alle catene tanto per la economia che risulta da un minor peso a forza uguale, quanto per la celerità nella esecuzione, ... e finalmente per il gusto e la bellezza, riuscendo meraviglioso l'effetto di un ponte nel quale le curve sgombrate dalle articolazioni che ne interrompono la continuità, compariscono semplici e pure all'occhio dell'osservatore".

Manetti conosceva i tipici problemi delle eccessive oscillazioni verticali e orizzontali (particolarmente pericolose, dovute ai carichi mobili, se ripetitive e ritmiche le prime, per esempio nel 1850 il ponte di Angers crollò per il passaggio delle truppe in marcia). Il problema fu risolto distribuendo i carichi su sei diverse funi per lato che ricevevano i carichi una dopo l'altra in serie, impedendo così che i veicoli, facessero sommare tra di loro i movimenti in verticale. Le oscillazioni orizzontali, dovute al vento, vennero ostacolate con incroci sotto l'impalcato ovvero con la rigidità della trave di parapetto (teorizzata da M. Seguin), fatta da robusti elementi in legno giuntati con incastri e perni metallici.

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Calano	--.3 di 42



Alessandro Manetti (Firenze 1787-1865) figlio dell'architetto neoclassico Giuseppe Manetti, è una delle figure più interessanti del XIX secolo per la sua cultura contemporaneamente architettonica e tecnica, toscana e internazionale. Studia all'Accademia di Belle Arti di Firenze; nel 1809 è ammesso, unico allievo straniero, alla Scuola Imperiale di applicazione dei Ponti e Strade a Parigi. "L'Ecole des ponts et chaussées" fondata nel 1747 da Perronet, formava gli ingegneri di Francia; gli allievi (circa 60), seguivano i corsi tenuti da personalità come Monge e Carnot e in estate erano inviati in missione nei cantieri dell'Impero. Manetti si distingue negli studi e ha modo di recarsi in Renania, in Olanda, in Provenza.

Impiegato nella pubblica amministrazione, l'anno dopo la realizzazione del ponte fu nominato direttore del Corpo degli ingegneri di Acque e Strade, divenendo quindi il principale responsabile degli interventi tecnici nell'ambito del Granducato e progettando e dirigendo le opere più importanti del Granducato di Toscana, soprattutto per quel che riguarda bonifiche, opere idrauliche e strade, si occupa della bonifica in Valdichiana, nel padule di Fucecchio e in Maremma oltre che delle nuove strade di valico sull'Appennino. Tra le realizzazioni che la Toscana deve alla sua competenza la 'strada di Romagna' per il passo del Muraglione (1831-1836), la 'strada della Cisa' (1829-1943) e quella dei 'Due mari' (1828-1839).

Il ponte, oggetto di interventi di manutenzione nel corso dell'Ottocento, perse la propria funzionalità nel primo dopoguerra e fu necessario chiuderne l'accesso prima con cancelli poi con muri. La struttura lignea necessitava di una continua manutenzione e secondo un "Preventivo di spesa" del 1940 andava sostituita. Per più di un secolo il ponte aveva funzionato, rivelando qualità nei materiali e nella progettazione. Quasi nessun ponte sospeso del XIX secolo è rimasto in piedi e quei pochi hanno subito la ricostruzione con elementi e tecnologie nuove.

Oggi restano i piloni in pietra e due delle "pigne", mentre sono andati perduti sia i cavi di sospensione, sia il tavolato ligneo. Infatti il ponte nel 1944, pur necessitando di essere riparato, era ancora in piedi, seppure chiuso

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Calano	--.4 di 42

al passaggio. L'esercito tedesco in ritirata, minò e fece saltare il ponte come aveva fatto con tutti i ponti sull'Arno ed i suoi affluenti. In particolare furono fatti saltare le due "pigne di ancoraggio" sulla sponda destra.

Ogni arco è costituito da due massicce spalle di dimensioni in pianta pari a circa 2,1 per 2,6 m, e altezza di oltre 5 metri, aventi la sommità sagomata per il passaggio dei vecchi cavi, l'arco ha raggio interno di circa 1,5 metri e supera in sommità i sette metri di altezza.

I primi esami eseguiti in merito alla consistenza e allo stato di conservazione dei portali in pietra e le analisi strutturali svolte, in funzione dei carichi di progetto e delle sollecitazioni idrodinamiche in gioco, hanno indicato l'adeguatezza delle strutture progettate dall'ing. Manetti a sostenere il nuovo impalcato di progetto come già avevano fatto con il manufatto storico.

Nel Progetto definitivo, a seguito di specifiche analisi conoscitive della composizione interna delle pile e delle fondazioni, si svilupperanno analisi più specifiche in merito alle caratteristiche meccaniche delle strutture esistenti.

Si è ritenuto comunque che il riutilizzo strutturale delle pile in pietra e delle fondazioni rappresentasse il metodo più efficace per recuperarli e valorizzarli.

I manufatti che costituiscono i piloni e le due "pigne" di ancoraggio del ponte sono in pietra da taglio e si ergono su un basamento a scarpa realizzato in mattoni.

Anche se morfologicamente integri e privi di segni che possano denotare problemi strutturali, il loro stato conservativo non può tuttavia ritenersi soddisfacente.

E' infatti la materia stessa che presenta vistosi segni di degrado: i conci in pietra, in particolare, manifestano una superficie esfoliata, tipico modo di degradarsi della pietra arenaria, dovuto al distacco e alla successiva caduta di uno o più strati sub-paralleli tra loro (sfoglie).

Questi fenomeni di disgregazione della pietra sono connessi alla forte umidità cui è soggetta, sia per la risalita capillare di acqua che impregna le murature e veicola al loro interno i sali che fanno "saltare" le adesioni tra gli strati di pietra, sia per la cospicua presenza di licheni e muschi, i quali aderendo al substrato ne minano la compattezza.

Problemi di minore rilevanza sono poi costituiti dall'ossidazione degli elementi in ghisa che costituiscono le due iscrizioni e le ghirlande decorative posti sul fronte degli archi, nonché le date all'intradosso dell'arco. L'ossidazione di questi elementi ha comportato delle colature che hanno macchiato la pietra.

Le note storiche contenute nella presente relazione sono in gran parte tratte dall'articolo di Salvatore Gioitta, Ponte sull'Ombrone, in "Opere" n. 2, giugno 2005

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Calano	--.5 di 42

2) ARCHITETTURA E FUNZIONALITÀ DELL'INTERVENTO

2.1) IL PONTE "LEOPOLDO II"

Il nuovo ponte, ubicato nella sede del vecchio ponte Leopoldo II, si estenderà complessivamente tra le due sponde del torrente Ombrone per una luce di circa 60m.

La struttura del ponte troverà il primo appoggio sul nuovo argine, rialzato alla quota dell'impalcato (41.00 m slm), ed attraverserà gli arconi passandovi all'interno, proseguendo poi oltre le pile sostenute nella parte centrale da due stralli tesi.

Il vincolo fornito dai cavi, realizzati con funi spirodali chiuse, riduce la luce libera della porzione centrale del ponte a circa 27 ml permettendo di realizzare una sezione più sottile alle estremità.

La sezione strutturale sarà costituita in questi tratti da tre profili HEB che dagli argini si staccano in piano per appoggiarsi all'interno delle pile e proseguire oltre, sino all'aggancio con gli stralli. Da questa sezione, i profili portanti diventano quattro e si incurvano per realizzare la parte centrale dell'impalcato caratterizzata dall'intradosso realizzato con doghe di legno.

L'intradosso della struttura in tutte le sue parti, nel rispetto del franco idraulico della piena duecentennale, sarà impostato ad una quota di 41 m slm ad esclusione del tratto terminale in adiacenza alle sponde.

Gli argini in prossimità dell'imbocco del ponte, come già detto, verranno rialzati fino alla quota di 41,00 m slm e saranno lavorati a gradoni attraverso l'utilizzo di palancole metalliche rivestite poi in acciaio Corten. Questi nuovi argini avranno la duplice funzione di collegare il percorso ciclabile con il piano degli arconi esistenti per visitarli comodamente e di creare un luogo adatto alla sosta per la contemplazione del paesaggio e dei reperti storici. Il piano attuale dei resti del ponte risulterà agevolmente visitabile dal momento che, rispetto ad esso, l'intradosso della struttura della passerella si troverà ad un'altezza di 2,50 m, mentre il passaggio sotto l'arco alla quota dell'impalcato disporrà di un'altezza di circa 3,26 m nel centro e di circa 2,57 all'estremità.

In questi tratti la pavimentazione della passerella sarà realizzata in grigliato metallico per non occultare il rapporto visivo tra la parte sottostante e quella sovrastante degli arconi.

Gli interventi conservativi materici proposti partono dalla pulitura della pietra, soprattutto per risanarla dagli attacchi biologici; pertanto verranno rimossi muschi, licheni e vegetazione erbacea sia con l'azione meccanica che con l'ausilio di prodotti biochimici che aiutino la rimozione e disinfettino la superficie.

Una volta che la superficie sarà stata pulita si provvederà a consolidare la pietra per restituire una certa compattezza e arrestare, o quantomeno rallentare, l'innescio di ulteriori fenomeni di degrado.

L'intervento sarà dunque diretto a salvaguardare la materia esistente, senza prevedere ricostruzioni delle lacune che interessano la superficie lapidea; su di esse si provvederà unicamente ad eseguire stuccature lungo i bordi per impedire ristagni o infiltrazioni di acqua all'interno del materiale.

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Calano	--.6 di 42

Infine, la superficie in pietra, così come le cortine in laterizio, sarà protetta con un prodotto trasparente non filmogeno, impermeabile all'acqua ma permeabile al vapore acqueo per non impedire la traspirazione.

Principali Caratteristiche del Ponte

Lunghezza	- 60,00 m
Larghezza	- 2,80 m
Lunghezza tra gli stralli	- 24,00
Pendenza	- inferiore 8%
Altezza passaggio sotto arco	- max 3,26m / min 2,57m.
Struttura	- acciaio
Pavimentazione	- legno / grigliato
Rivestimento intradosso	- legno
Parapetti	- rete flessibile in cavi di acciaio
Corrimano	- acciaio/legno

2.2) IL SISTEMA DELLE PISTE CICLOPEDONALI

2.2.1) RIFERIMENTI NORMATIVI

Le proposte contenute nel progetto sono state elaborate con riferimento a quanto previsto dal D.M. n° 557 del 30/11/1999 "Regolamento recante norme per la definizione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclabili" il quale fissa le linee guida per la realizzazioni degli itinerari ciclabili.

Il decreto, al primo comma dell'art. 4, prevede le seguenti tipologie di pista ciclabili su corsia riservata: percorsi promiscui pedonali e ciclabili su corsia riservata, percorsi promiscui pedonali e ciclabili, percorsi promiscui ciclabili e veicolari.

Le proposte inoltre hanno avuto come riferimento il "Manuale tecnico della Regione Toscana - Piste ciclabili in ambito in ambito fluviale - edizione 2011".

Il presente progetto comprende una pluralità di interventi differenziati, anche se la maggior estensione è rappresentata da piste all'interno del parco.

Per quanto concerne il decreto ministeriale, esso detta le specifiche norme da rispettare per la progettazione e la realizzazione delle piste ciclabili, mentre per quelle in sede promiscua vengono fornite unicamente delle indicazioni come riportato ai commi 5 e 6 dello stesso art. 4 del D.M. n° 557 del 30/11/1999:

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Calano	--.7 di 42

5. I percorsi promiscui pedonali e ciclabili, identificabili con la figura II 92/b del decreto del Presidente della Repubblica 16 dicembre 1992, n. 495, sono realizzati, di norma, all'interno di parchi o di zone a traffico prevalentemente pedonale, nel caso in cui l'ampiezza della carreggiata o la ridotta entità del traffico ciclistico non richiedano la realizzazione di specifiche piste ciclabili. I percorsi promiscui pedonali e ciclabili possono essere altresì realizzati, previa apposizione della suddetta segnaletica, su parti della strada esterne alla carreggiata, rialzate o altrimenti delimitate e protette, usualmente destinate ai pedoni, qualora le stesse parti della strada non abbiano dimensioni sufficienti per la realizzazione di una pista ciclabile e di un contiguo percorso pedonale e gli stessi percorsi si rendano necessari per dare continuità alla rete di itinerari ciclabili programmati. In tali casi, si ritiene opportuno che la parte della strada che si intende utilizzare quale percorso promiscuo pedonale e ciclabile abbia:

- a) larghezza adeguatamente incrementata rispetto ai minimi fissati per le piste ciclabili all'articolo 7;
- b) traffico pedonale ridotto ed assenza di attività attrattive di traffico pedonale quali itinerari commerciali, insediamenti ad alta densità abitativa, ecc.

6. I percorsi ciclabili su carreggiata stradale, in promiscuo con i veicoli a motore, rappresentano la tipologia di itinerari a maggiore rischio per l'utenza ciclistica e pertanto gli stessi sono ammessi per dare continuità alla rete di itinerari prevista dal piano della rete ciclabile, nelle situazioni in cui non sia possibile, per motivazioni economiche o di insufficienza degli spazi stradali, realizzare piste ciclabili. Per i suddetti percorsi e' necessario intervenire con idonei provvedimenti (interventi sulla sede stradale, attraversamenti pedonali rialzati, istituzione delle isole ambientali previste dalle direttive ministeriali 24 giugno 1995, rallentatori di velocità - in particolare del tipo ad effetto ottico e con esclusione dei dossi - ecc.) che comunque puntino alla riduzione dell'elemento di maggiore pericolosità rappresentato dal differenziale di velocità tra le due componenti di traffico, costituite dai velocipedi e dai veicoli a motore.

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	--.8 di 42

Le caratteristiche geometriche fondamentali previste dalla norma sono le seguenti:

Caratteristiche geometriche	Rif. DM 557/99	Valori
Sezione trasversale	Art.7 comma 1	Larghezza minima (pista ciclabile in sede propria a doppio senso di marcia) 2,50 m
Pendenze	Art.8 comma 3	Max 2% per tratti estesi Max 5% per singola livelletta Max 10% per attraversamenti a livelli sfalsati
Raggio di curvatura	Art.8 comma 5	Min.5m (ciglio interno), in casi eccezionali 3,00m

Si è inoltre tenuto conto dei seguenti riferimenti normativi

- D.Lgs. 30 aprile 1992 n. 285 e s.m.i. – “Nuovo Codice della Strada”
- D.P.R. 16 dicembre 1992 n. 495 - “Regolamento di esecuzione ed attuazione del nuovo codice della strada”

2.2.2) TRACCIATI DI PROGETTO

La presente relazione descrive sommariamente le caratteristiche geometriche ed i materiali utilizzati, rimandando per una descrizione di maggior dettaglio agli allegati grafici.

Per quanto riguarda la verifica dei tracciati proposti, si è provveduto preventivamente ad acquisire, seppur a livello preliminare, i pareri di massima e/o le indicazioni tecniche da parte degli uffici degli Enti interessati.

Solamente in fase di redazione del progetto definitivo e nella conferenza di servizi potranno essere acquisiti i pareri di competenza .

Tracciato (denominato A) lato Poggio a Caiano

Il tracciato parte dalla Strada Statale 66 ed arriva al Ponte Manetti; per il primo tratto (denominato A1) è posto tra il muro di delimitazione dell'area del podere “le Buche” e l'area di compensazione idraulica. In prossimità dell'argine si biforca nel tracciato pedonale (denominato A2) che raggiunge, attraverso dei comodi gradoni, il percorso sulla sommità arginale e nel percorso ciclabile (denominato A3) che, attraverso una rampa su rilevato, si immette nel percorso sulla sommità dell'argine (denominato A4) che conduce al Ponte.

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del “Ponte Leopoldo II” e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	--.9 di 42

Caratteristiche del tracciato A (vedere tavole di progetto):

	Tratto A1	Tratto A2	Tratto A3	Tratto A4
Lunghezza	98 m	49 m	73 m	22 m
Larghezza	3,50 m	1,50 – 2,50 m	2,50 m	5,40 m (2,50 m ciclabile)
Pendenza	-	5 %	5 %	8 %
Raggio di Curvatura	-	-	3,00 m raggio interno	3,00 m raggio interno
Finitura Superficiale	(*)	(*)	(*)	(*)

(*) Finitura superficiale in misti di cava e affini trattate con stabilizzatore ionico polivalente ad effetto consolidante irreversibile

Nel tratto A1 in fase di progettazione definitiva verrà presa in esame la possibilità di realizzare la pavimentazione con altro materiale (legno), in relazione alla zona d'ingresso adiacente alla statale.

Dal tracciato A, attraverso dei passaggi trasversali, si può raggiungere il percorso pedonale esistente posto all'interno dell'area del podere "le Buche" dove saranno realizzate delle scale per accedere all'argine che consentiranno la connessione in asse con il Ponte.

È prevista inoltre la realizzazione di un muro di sostegno in calcestruzzo armato per sostenere il rilevato in prossimità dell'imbocco al ponte lato Prato, sul lato opposto rispetto alla cassa di espansione in progetto. Si tratta di un muro avente sviluppo in pianta di circa 30 metri lineari, con altezza variabile in funzione di quella del rilevato, da un minimo di 3,8 metri a un massimo di 4,5 m circa dal piano di campagna.

È prevista inoltre la realizzazione di un muro di sostegno in calcestruzzo armato per sostenere il rilevato in prossimità dell'imbocco al ponte lato Prato, sul lato opposto rispetto alla cassa di espansione in progetto. Si tratta di un muro avente sviluppo in pianta di circa 30 metri lineari, con altezza variabile in funzione di quella del rilevato, da un minimo di 3,8 metri a un massimo di 4,5 m circa dal piano di campagna.

Tracciato (denominato B) lato Prato

La pista ciclabile sarà realizzata "ricalcando" l'andamento dell'attuale strada bianca che dal Ponte Manetti conduce alla strada del podere Bogaia , andando a modificare le quote altimetriche (denominato B1 e B2) al fine di raccordarsi con il nuovo livello di imposta della passerella e dell'argine della cassa di espansione di Tigliano. In prossimità del ponte verrà realizzato un muro a retta tale da consentire (Ved elaborati grafici) l'accesso sull'argine sinistro del Ponte.

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Calano	--.10 di 42

Caratteristiche del tracciato B (vedere tavole di progetto)

	Tratto B1	Tratto B2	
Lunghezza	25 m	56 m	
Larghezza	3,50 – 5,10 m	3,50 m	
Pendenza	8 %	5 %	
Raggio di Curvatura	-	-	
Finitura Superficiale	(*)	(*)	

(*) Finitura superficiale in misti di cava e affini trattate con stabilizzatore ionico polivalente ad effetto consolidante irreversibile

La realizzazione della pavimentazione dell'intero tracciato (A e B) avverrà tramite la formazione di un cassonetto in cui predisporre una fondazione in pietrame dello spessore di circa 20 cm sulla quale verrà stesa una massicciata costituita da pietrisco di pezzatura variabile da 40/60 m e pezzatura da 5/20 mm compattata.

Si prevede inoltre, dove necessario, la posa di uno strato di geotessuto sotto la massicciata, con funzione di filtrazione, separazione e rinforzo.

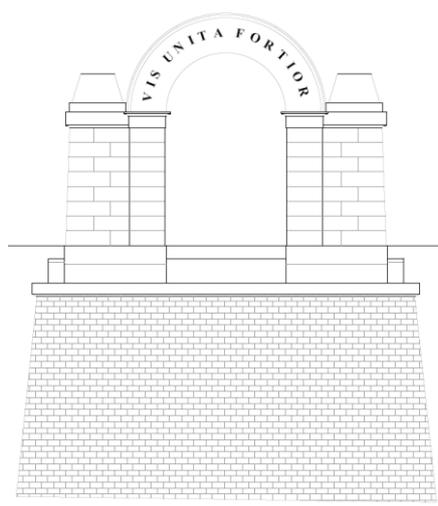
La realizzazione tipologica dei fondi stradali e la pavimentazione potrà essere mutata nei successivi stadi di approfondimento della progettazione qualora nuovi elementi, ad oggi sconosciuti ai progettisti, dovessero presentarsi.

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Calano	--.11 di 42

3) STRUTTURE

3.1) DESCRIZIONE GENERALE DEL NUOVO PONTE

L'oggetto della progettazione strutturale è il nuovo ponte ciclopedonale che permetterà l'attraversamento del torrente Ombrone in corrispondenza degli arconi in pietra esistenti che sostenevano il vecchio ponte a funi realizzato dall' Ing. Manetti nel al 1833. Gli arconi si fronteggiano ancora oggi, privi dell'impalcato abbattuto durante la seconda Guerra Mondiale; ogni arco è costituito da due massicce spalle di dimensioni in pianta pari a circa 2,1 per 2,6 m, e altezza di oltre 5 metri, aventi la sommità sagomata per il passaggio dei vecchi cavi, l'arco ha raggio interno di circa 1,5 metri e supera in sommità i sette metri di altezza.



PROSPETTO NORD - LATO POGGIO A C.

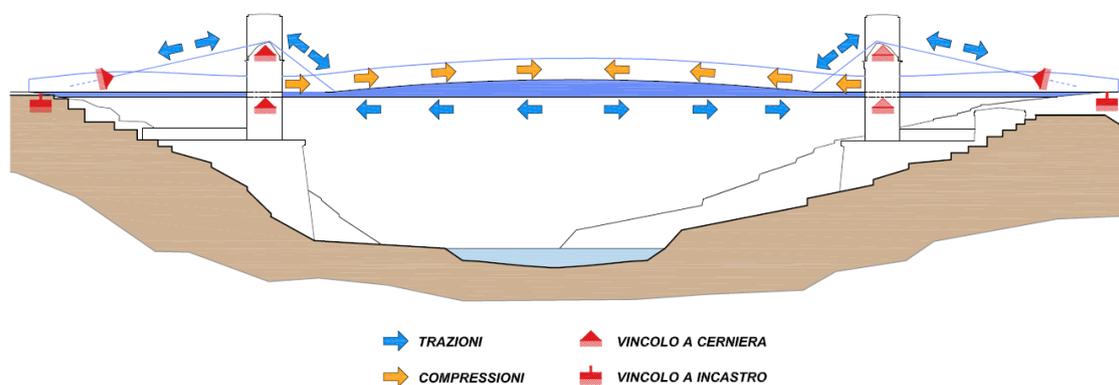
Nella progettazione strutturale del nuovo ponte è centrale l'idea di mantenere viva la funzione portante dei manufatti esistenti. I primi esami svolti in merito alla consistenza e allo stato di conservazione dei portali in pietra e le analisi strutturali svolte, in funzione dei carichi di progetto e delle sollecitazioni idrodinamiche in gioco, hanno indicato l'adeguatezza delle strutture progettate dall'ing. Manetti a sostenere il nuovo impalcato come già avevano fatto con il manufatto storico.

Nel Progetto definitivo, a seguito di specifiche analisi conoscitive della composizione interna delle pile e delle fondazioni, si svilupperanno analisi più specifiche in merito alle caratteristiche meccaniche delle strutture esistenti.

Si è ritenuto comunque che il riutilizzo strutturale delle pile in pietra e delle fondazioni rappresentasse il metodo più efficace di recuperarli e valorizzarli.

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Calano	--.12 di 42

La struttura, che trova il primo appoggio sul nuovo argine, attraversa gli archi e su questi si poggia grazie ad un traverso che fuoriesce dalla sezione del ponte per innestarsi nel cuore delle pile. Il ponte prosegue poi oltre le pile sostenuto nella parte centrale da due stralli tesi, realizzati con funi spirroidali chiuse che salgono fino a trovare appoggio sulle spalle in pietra del Manetti e proseguono oltre, sino al nuovo argine, dove trovano l'ancoraggio terminale. L'utilizzo degli stralli, in sostituzione del sistema di funi utilizzato dal Manetti, è parso fondamentale nell'ottica di riutilizzo delle pile. Una soluzione di questo tipo determina inoltre numerosi vantaggi: il vincolo fornito dai cavi riduce la luce libera dell'impalcato permettendo di realizzare una sezione più sottile quindi meno pesante, il pretensionamento indotto negli stralli permette di azzerare la deformazione dovuta ai pesi propri del ponte, lo sforzo normale trasmesso dal cavo sulla pila determina un effetto stabilizzante sul manufatto, anche in relazione alle spinte dinamiche ribaltanti indotte sulle pile dalle acque in caso di piena eccezionale. Lo sviluppo planimetrico dei cavi è rettilineo. Il cavo viaggia cioè in direzione obliqua rispetto al piano del ponte, tagliando in diagonale la pila fino all'attacco a terra: questa scelta evita spinte trasversali sulle pile che determinerebbero azioni di compressione destabilizzanti per gli archi in pietra.



Schema statico e andamento delle tensioni normali di trazione e compressione nel ponte

3.2) NORMATIVA TECNICA

Nella Redazione del Progetto strutturale si è fatto riferimento alle seguenti normative e prescrizioni:

- **Legge n. 1086 del 5 Novembre 1971.** *“Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica”.*
- **Legge n. 64 del 2 febbraio 1974.** *“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.*
- **D.M. del 3 marzo 1975.** *“Approvazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”.*
- **D.M. del 3 marzo 1975.** *“Disposizioni concernenti l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”.*

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Calano	--.13 di 42

- **Bollettino Ufficiale del C.N.R., anno XIV, pt. IV, n. 74, pp. 5-314, 10.03.1980.**
- **D.M. del 3.10.1978.** *“Criteri generali per la verifica della sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi”.*
- **D.M. 20.11.1987.** *“Norme Tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento”*
- **D.M. 11.03.1988.** *“Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”*
- **Circ. Min. LL.PP. 24.09.1988 n.30483 - Istruzioni per l’applicazione del D.M. del 11/03/1988”**
- **D.M. del 27.07.1985.** *“Norme Tecniche per l’esecuzione delle opere in C.A. normale e precompresso e per le strutture metalliche”.*
- *Istruzioni per la valutazione delle: Azioni sulle Costruzioni. (C.N.R. 10012/85)*
- **DM del 4.05.1990.** - *“Criteri generali e prescrizioni tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo dei ponti stradali”.*
- **D.M. del 9.01.1996.** *“Norme Tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche”.*
- **D.M. del 16.01.1996.** *“Norme tecniche relative ai «Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi»”.*
- **D.M del 16 .01.1996.** *“Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”*
- **Circ. Min. LL.PP. 04.07.1996 n.156.** – *“Istruzioni per l’applicazione del D.M. del 16.01.1996”*
- **Circ. Min. LL.PP. 15.10.1996 n.252.** – *“Istruzioni per l’applicazione del D.M. del 09.01.1996”*
- **Circ. Min. LL.PP. 10.04.1997 n.97.** - *“Istruzioni per l’applicazione del D.M. del 16.01.1996”*
- **Circ. Min. LL.PP. 10.04.1997 n.65.** - *“Istruzioni per l’applicazione del D.M. del 16.01.1996 – Costruzioni in zone sismiche”*
- **O.P.C.M. n. 3274 23.03.2003.** *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”*
- **O.P.C.M. n. 3316.** *“Modifiche ed integrazioni all’ Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003”*
- **D.M. del 14.09.2005.** *“Norme tecniche per le costruzioni”* (NTC2005)
- **UNI EN 1992-1-1:2005.** *“Eurocodice 2 – Progettazione Strutture in Calcestruzzo. Parte 1-1: Regole Generali” (EC2)*
- **UNI EN 206-1:2006** *“Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità”*

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Calano	--.14 di 42

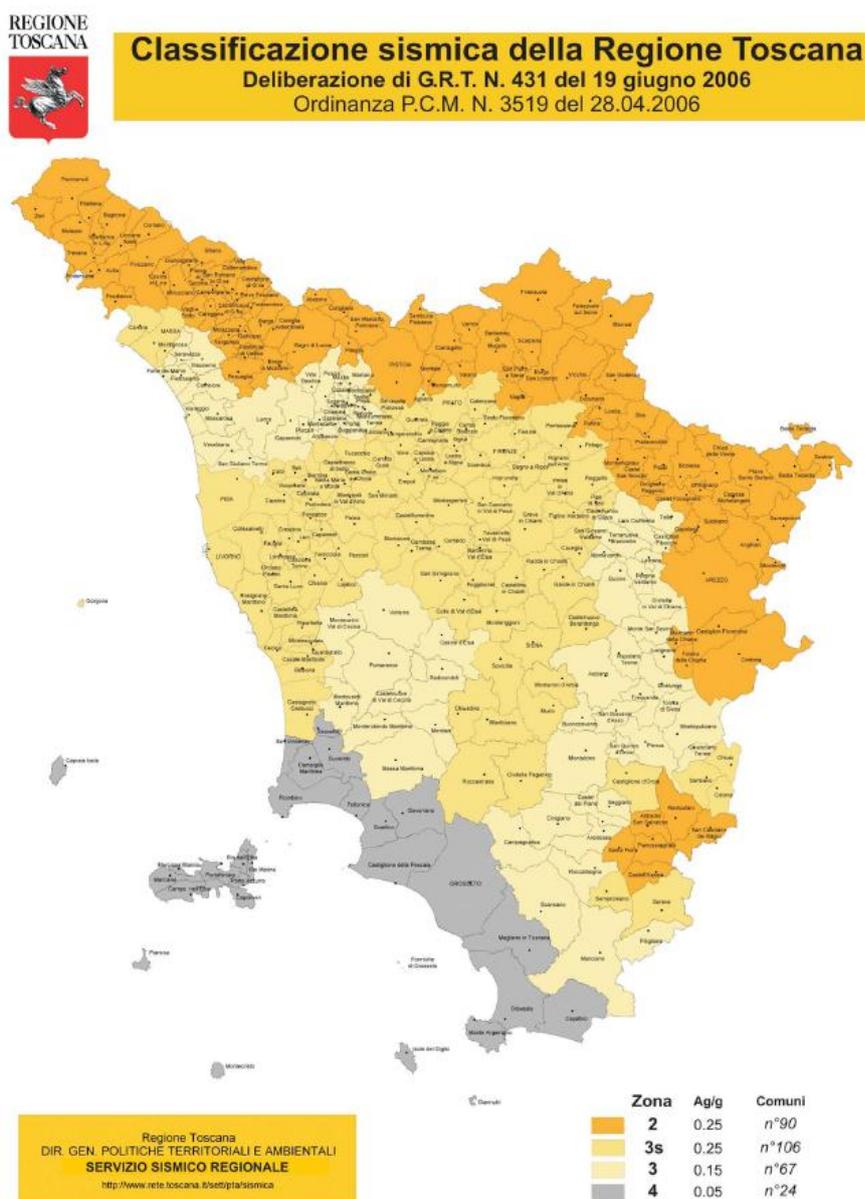
- **CNR DT 206/2007** “Istruzioni per la progettazione la revisione ed il controllo delle strutture di legno”
- **D.M. del 14.01.2008.** “*Norme tecniche per le costruzioni*” (NTC2008)
- **Circ. Cons. Sup. LL.PP. 02.02.2009 n.617.** - “*Istruzioni per l’applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni*”
- **L.R. Toscana n.1-2005.** – “*Norme per il Governo del Territorio*”.
- **DGR Toscana n. 431 - 2006.** – *Riclassificazione sismica del territorio regionale: “Attuazione del D.M. 14.9.2005 e O.P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006 pubblicata nella Gazzetta Ufficiale dell’11.5.2006”.*
- **DGR Toscana n. 36r - 2009.** – “*Regolamento di attuazione dell’articolo 117, commi 1 e 2 della legge regionale 3 gennaio 2005 n.1 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico*”.
- **L.R. Toscana n. 58-2009.** – “*Norme in materia di prevenzione e riduzione del rischio sismico*”.
- **DGR Toscana n. 606-2010** – *Comitato Tecnico Scientifico in materia di rischio sismico: “Orientamenti interpretativi in merito a interventi locali o di riparazione in edifici esistenti”.*
- **L.R. Toscana n. 4-2012.** – “*Modifiche alla legge regionale 3 gennaio 2005, n.1 (Norme per il Governo del Territorio) e alla legge regionale 16 ottobre 2009, n. 58 (Norme in materia di prevenzione e riduzione del rischio sismico)*”.

Si fa in particolare riferimento a quanto dettato dai capitoli 5 e 7 della Normativa Tecnica vigente DM 14 Gennaio 2008 (NTC2008) in materia di Ponti, con riferimento a condizioni di tipo statico e sismico. Il particolare il ponte in progetto è individuato come ponte di 3° Categoria, ai sensi del paragrafo 5.1.3.3.4 della Norma.

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Calano	--.15 di 42

3.3) PARAMETRI DI PROGETTO PER L'AZIONE SISMICA

A seguito della riclassificazione sismica del territorio nazionale, introdotta con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003, e integrata con la successiva Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 Aprile 2006, la Regione Toscana ha sviluppato un'ulteriore riclassificazione emanata con Deliberazione della Giunta Regionale n. 431 del 19 Giugno 2006 della quale si riporta una carta regionale con l'individuazione della zona sismica attribuita a ciascun Comune della Regione. Nel caso in esame entrambi i Comuni di Prato e Poggio a Caiano interessati dall'intervento che si sviluppa cavallo del confine tra gli stessi, ricadono nella Zona 3S, introdotta dalla delibera nel processo di declassificazione di alcune aree dalla zona 2.



N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	--.16 di 42

L'analisi strutturale viene condotta in conformità a quanto richiamato dalla normativa attualmente vigente, in particolare dal capitolo 2.4 del D.M. 14.01.2008 e fa riferimento a edifici aventi la seguente classe d'uso e vita nominale e di riferimento:

Vita nominale della costruzione:	$V_N \geq 50$ anni
Classe d'uso della costruzione:	II
Coefficiente d'uso	$C_U = 1.0$
Periodo di riferimento:	$V_R = V_N \cdot C_U = 50$ anni



Localizzazione geografica del sito necessaria a determinare l'accelerazione di picco al suolo

Latitudine: 43.82470 °

Longitudine: 11.04761 °

L'analisi modale con risposta spettrale, in conformità con quanto previsto al capitolo 3 del D.M. 14.01.2008, viene condotta secondo due spettri di risposta differenti, uno per condurre le verifiche di deformabilità (spettro di risposta agli Stati Limite di Esercizio – Stato limite di Danno SLD) e uno per le verifiche di resistenza e deformabilità degli elementi strutturali (spettro di risposta agli Stati Limite Ultimi – Stato limite di salvaguardia della Vita SLV).

I dati relativi alle caratteristiche spettrali, per il sito oggetto del presente progetto, sono i seguenti:

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Calano	--.17 di 42

Spettro di risposta: **Stato limite di danno - SLD**

Probabilità di superamento periodo di riferimento:	63
Tempo di ritorno del sisma:	50 anni
Località:	Prato-Poggio a C. Loc. Ponte Manetti
A_g :	0.055g
F_0 :	2.58
T_c :	0.26
Categoria del suolo:	C
Fattore topografico:	1

Spettro di risposta: **Stato limite ultimo - SLV**

Probabilità di superamento periodo di riferimento:	10
Tempo di ritorno del sisma:	475 anni
Località:	Prato-Poggio a C. Loc. Ponte Manetti
A_g :	0.131g
F_0 :	2.41
T_c :	0.30
Categoria del suolo:	C
Fattore topografico:	1

3.4) CARICHI AGENTI**TIPOLOGIE****Carichi Permanenti (G_k)**

In accordo con la definizione riportata al paragrafo 2.5.1.2 delle NTC2008, si distinguono:

- G_1 : carichi permanenti dovuti ai pesi propri degli elementi strutturali;
- G_2 : carichi permanenti dovuti a pesi propri portati di elementi non strutturali.

Per quanto riguarda la struttura in oggetto si ha:

 G_1 – Peso Proprio degli elementi strutturali

Si considera in questa categoria il peso degli elementi strutturali portanti quali ad esempio le travi in acciaio principali e secondarie. Il peso proprio di tali elementi viene calcolato automaticamente dal software di calcolo impiegato.

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Calano	--.18 di 42

G₂ – Peso Proprio degli elementi portati

Si considera in questa categoria ad esempio il peso delle pavimentazioni, dei rivestimenti, dei parapetti.

Si riporta l'Analisi dei carichi permanenti sviluppata:

TRONCHI LATERALI DEL PONTE:

G2.1	Portato	Grigliato pedonale	0.35	kN/m ²
G2.2	Portato	Rivestimento con pavimento in legno	0.30	kN/m ²
G2.3	Portato	Orditura minuta, impiantistica, carter rivestimento	0.35	kN/m ²
G2_{tot}			1.00	kN/m²

TRONCO CENTRALE DEL PONTE:

G2.1	Portato	Grigliato pedonale	0.35	kN/m ²
G2.2	Portato	Rivestimento con pavimento in legno	0.30	kN/m ²
G2.3	Portato	Orditura minuta, impiantistica, carter rivestimento	0.35	kN/m ²
G2.4	Portato	Rivestimento in legno di intradosso e struttura di sostegno	0.50	kN/m ²
G2_{tot}			1.50	kN/m²

CARICHI LINEARI:

G2.1	Portato	Parapetto	0.25	kN/m
------	---------	-----------	------	------

Carichi da Traffico (Q_k)

Si considerano i carichi variabili legati alla destinazione d'uso. Nel caso in esame il ponte è classificato di **3° categoria**, ai sensi del paragrafo 5.1.3.3.4. per cui si fa riferimento per i **carichi da traffico** a quanto riportato in tabella 5.1.IV che di seguito si riporta (gruppo di azioni 3) e agli schemi di carico 4 e 5 di cui al paragrafo 5.1.3.3.3.. Si prevede in sostanza:

- Q_k: Folla compatta comprensiva di effetti dinamici: 5.00 kN/m²
- Q_k: Folla compatta comprensiva di effetti dinamici (valore in combinazione): 2.50 kN/m²
- Q_k: Carico isolato con impronta quadrata di lato 0,10m: 10 kN

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Calano	--.19 di 42

Tabella 5.1.IV – Valori caratteristici delle azioni dovute al traffico

Gruppo di azioni	Carichi sulla carreggiata					Carichi su marciapiedi e piste ciclabili
	Carichi verticali			Carichi orizzontali		Carichi verticali
	Modello principale (Schemi di carico 1, 2, 3, 4, 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura q_3	Forza centrifuga q_4	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione $2,5 \text{ kN/m}^2$
2 a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2 b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 (*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico $5,0 \text{ kN/m}^2$
4 (**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico $5,0 \text{ kN/m}^2$			Schema di carico 5 con valore caratteristico $5,0 \text{ kN/m}^2$
5 (***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				
(*) Ponti di 3ª categoria						
(**) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)						
(***) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali						

Carichi variabili: Vento (Qk)

Si considera l'azione variabile del vento indicata nel paragrafo 3.3 delle NTC2008 e richiamata al paragrafo 5.1.3.7. Cautelativamente come quota z di calcolo si tiene conto dell'altezza del ponte dall'alveo del Torrente Ombrone. La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_b C_e C_p C_d$$

dove :

q_b = pressione cinetica di riferimento

C_e = coefficiente di esposizione

C_p = coefficiente di forma

C_d = coefficiente dinamico

Dalla mappa per la macrozonazione per l'azione del vento si determina:

$$v_{b,0} = 27 \text{ m/s velocità di riferimento (Toscana; } a_s < 750 \text{ m);}$$

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Calano	--.20 di 42

La pressione cinetica di riferimento in N/m^2 è data dall'espressione:

$$q_b = \frac{1}{2} \rho v_{b,0}^2 = 455 \text{ N/m}^2$$

COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE (3.3.7):

Classe di rugosità del terreno = D

Categoria di esposizione del sito = II

Da cui:

$$z = 8.0 \text{ m}$$

$$z_0 = 0,05 \text{ m}$$

$$k_r = 0,19$$

$$c_t = 1$$

Si ottiene $c_e(z) = 2,21$

COEFFICIENTE DINAMICO (3.3.8):

Si considera cautelativamente $c_d = 1$

COEFFICIENTE DI FORMA (3.3.4):

Il coefficiente di forma, con riferimento alla direzione di arrivo del vento, vale

$$c_p = 0,8 \text{ sopravento}$$

$$c_p = -0,4 \text{ sottovento}$$

Moltiplicando si ottiene:

$$p = q_b c_e c_p c_d = 0,455 \times 2,21 \times 0,8 \times 1 = \quad \mathbf{Q_2 = 0.80 \text{ kN/m}^2 \text{ (sopravento)}}$$

$$p = q_b c_e c_p c_d = 0,391 \times 2,33 \times 0,4 \times 1 = \quad \mathbf{Q_2 = 0.40 \text{ kN/m}^2 \text{ (sottovento)}}$$

Azioni sui parapetti (Qk)

Si fa riferimento a quanto prescritto al paragrafo 5.1.3.10

Azioni idrauliche (Qk)

Si fa riferimento a quanto prescritto ai paragrafi 5.1.2.4 e 5.1.3.11

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Calano	--.21 di 42

3.5) COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni utilizzate sono quelle previste dall'NTC 2008 al par. 2.5.3. e richiamate al punto 5.1.3.12, in particolare si è considerato:

- Per le verifiche di tipo STATICO:
 - (SLU): Combinazione Fondamentale (2.5.1)
 $\gamma G1 \cdot G1 + \gamma G2 \cdot G2 + \gamma P \cdot P + \gamma Q1 \cdot Qk1 + \gamma Q2 \cdot \psi 02 \cdot Qk2 + \gamma Q3 \cdot \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$
 - (SLE): Combinazione Caratteristica (Rara) (2.5.2)
 $G1 + G2 + P + Qk1 + \psi 02 \cdot Qk2 + \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$
 - (SLE): Combinazione Frequente (2.5.3)
 $G1 + G2 + P + \psi 11 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$
 - (SLE): Combinazione Quasi Permanente (2.5.4)
 $G1 + G2 + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$
- Per le verifiche di tipo SISMICO:
 - (SLV) e (SLD): Combinazione Sismica (2.5.5)
 $E + G1 + G2 + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \dots$

Si osserva che per le verifiche di tipo sismico, il rispetto degli stati limite previsti dalla norma è conseguito:

- Nei confronti degli SLE qualora siano rispettate le verifiche relative al solo SLD;
- Nei confronti degli SLU qualora siano rispettate le verifiche relative al solo SLV;

Secondo quanto indicato al par. 7.1 della Norma.

L'azione **E** sismica combinata con le altre azioni si ricava come specificato al par. 3.2.4.

I coefficienti parziali γG e γQ per la fattorizzazione delle azioni appartengono alla categoria A1 STR così come definita in tabella 2.6.1 della Norma.

In particolare per i ponti, i coefficienti parziali per le azioni da assumere per l'analisi per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi, sono contenuti in tabella 5.1.V che di seguito si riporta.

I valori dei coefficienti di combinazione sono invece indicati in tabella 5.1.VI riportata a seguire.

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Calano	--.22 di 42

Tabella 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}, \gamma_{\epsilon 3}, \gamma_{\epsilon 4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.

⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

Tabella 5.1.VI - Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	----	0,75	0,0
Vento q_3	Vento a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
	Vento a ponte carico	0,6		
Neve q_3	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	T_k	0,6	0,6	0,5

3.6) SCHEMI DI CARICO

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Calano	--.23 di 42

Le azioni variabili da traffico e variabili in generale, descritte ai paragrafi precedenti, vengono applicate considerando diverse disposizioni lungo l'impalcato, ad esempio sulla totalità dell'impalcato, oppure su metà impalcato, in senso longitudinale e trasversale, al fine di ricercare la condizione di carico più sfavorevole, che massimizzi le deformazioni e le diverse componenti delle sollecitazioni.

3.7) DESCRIZIONE DEI MATERIALI DI IMPIEGO STRUTTURALE

Nella progettazione delle opere strutturali si è fatto riferimento ai seguenti materiali impiegati:

- **Calcestruzzo:**

- Per strutture di fondazione:
 C25/30 ($R_{ck} > 25$ MPa) - UNI EN 206-1:2001;
 classe di lavorabilità : S4 - diametro massimo inerte: 30 mm;
 classe di esposizione: XC2;

- **Acciaio da c.a.:**

- B450C per barre, saldabile ove necessario, certificato e controllato in stabilimento;
 - B450A per reti elettrosaldate, saldabile ove necessario, certificato e controllato in stabilimento.

- **Acciaio da carpenteria:**

- *Profilati* in acciaio:
 S355 JR – saldabile ove necessario, certificato e controllato in stabilimento;
- *Bulloneria:*
viti: Classe 8.8;
dadi: Classe 8;
rosette: classe C50, saldabile ove necessario, certificato e controllato in stabilimento.
- *Saldature:* da realizzare in conformità al punto 11.3.4.5 del DM 14 gennaio 2008 (NTC2008).

3.8) CRITERI DI PROGETTAZIONE E MODELLAZIONE

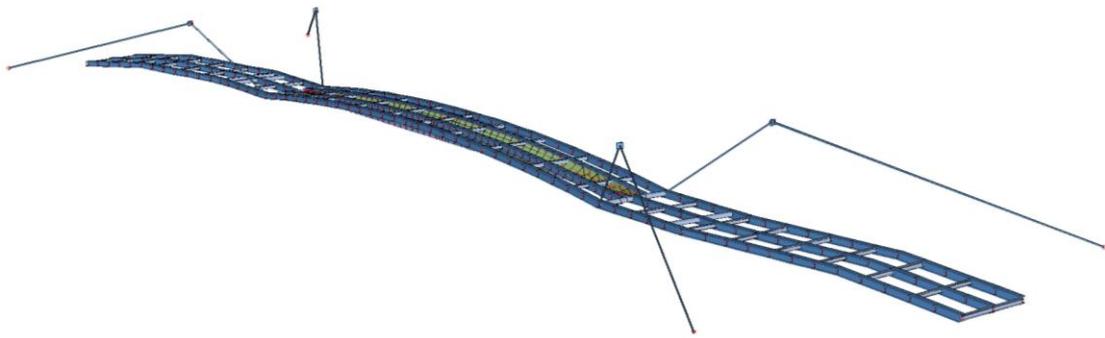
Per il calcolo strutturale delle strutture descritte nelle premesse si è fatto riferimento alla teoria dell'elasticità lineare e al principio della sovrapposizione degli effetti e più genericamente ai criteri espressi nella Scienza e nella Tecnica delle Costruzioni.

I calcoli preliminari sono stati condotti in parte manualmente e in parte con l'ausilio del codice di calcolo ad elementi finiti MasterSap di AMV Software Company su elaboratori dotati di microprocessori Intel Centrino con sistema operativo Windows XP Professional.

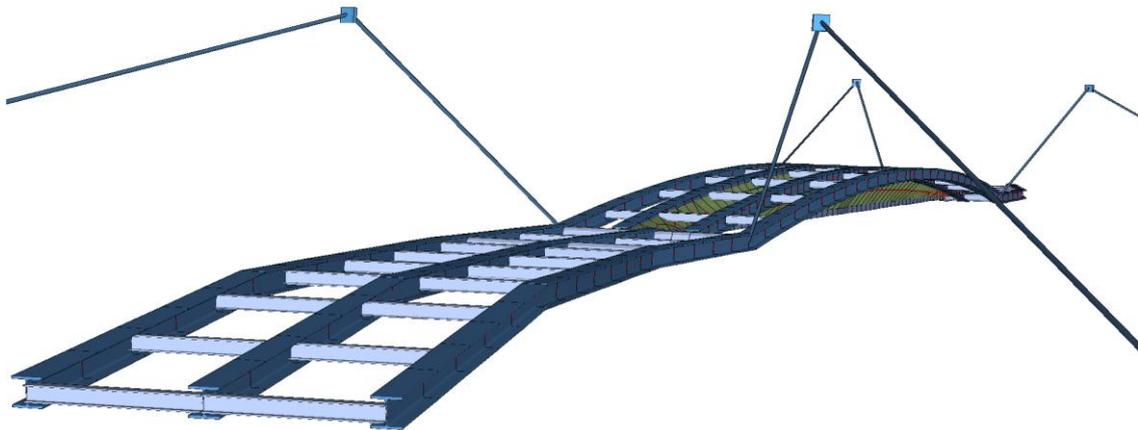
N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Calano	--.24 di 42

3.9) DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA DEL PONTE

La sezione strutturale è costituita nei tratti laterali da tre profili HEB che dagli argini si staccano in piano per appoggiarsi all'interno delle pile e proseguire oltre, sino all'aggancio con gli stralli. Da questa sezione i profili portanti diventano quattro e si incurvano per realizzare la parte centrale dell'impalcato. Questa soluzione presenta numerosi vantaggi dal punto di vista deformativo. La forma ad arco infatti induce un accettabile regime di compressione nei profili utilizzati riducendo drasticamente le sollecitazioni flessionali rispetto a quelle riscontrabili in uno sviluppo piano dell'impalcato. Dal punto di vista deformativo la freccia in mezzeria è ridotta di circa tre volte rispetto ad un andamento lineare, restando nell'ordine di un settecentesimo della luce del ponte.



Vista prospettica del modello del ponte realizzato con software ad elementi finiti MasterSap di AMV Software Company

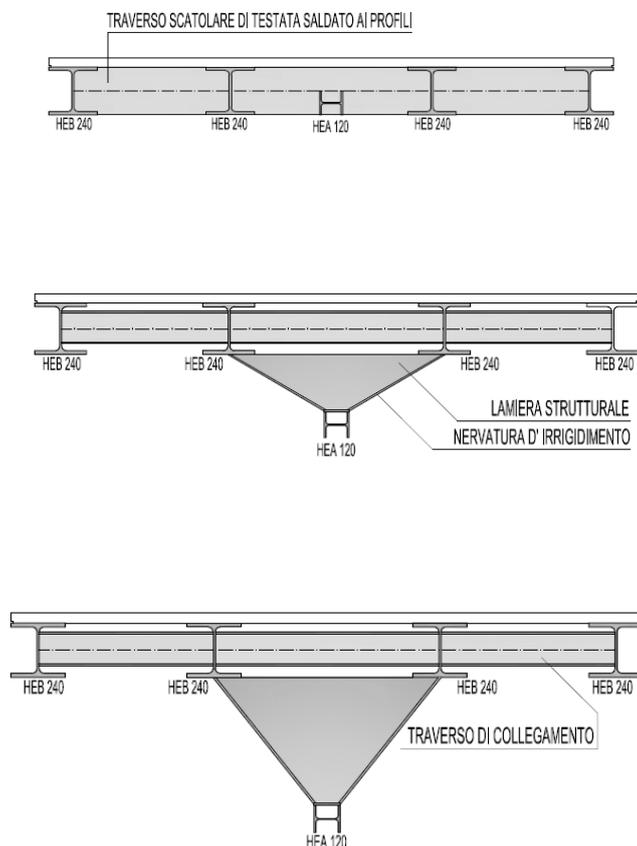


Vista prospettica del modello del ponte realizzato con software ad elementi finiti MasterSap di AMV Software Company

La maggiore rigidità è conferita dalla sezione che varia da piana a trapezoidale, con l'introduzione di un elemento teso all'intradosso dell'arco centrale. Questo elemento assorbe parte delle azioni orizzontali scaricate dall'arco sugli elementi di sostegno laterali. La collaborazione tra i profili estradossali dell'arco e il tirante inferiore

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Calano	--.25 di 42

è garantita dalle anime interne della sezione, costituite da lamiere strutturali sagomate e saldate ai profili che rendono la sezione di fatto indeformabile.



Sezioni strutturali del tronco ad arco centrale. Dall'alto: sezione di attacco sul tratto piano, i profili sono saldati a un traverso di testata; Sezione intermedia, i profili HEB si sollevano dal piano originario, la rigidità della sezione è garantita dalle nervature d'anima; Sezione di mezzeria, l'impalcato raggiunge la massima monta, i collegamenti trasversali sono assicurati da profili HEA passanti.

Il collegamento tra profili HEB nel piano del ponte è fornito elementi trasversali di tipo HE, che attraversano i profili principali in asole realizzate nelle anime di questi ultimi. Attraverso opportune saldature si realizza poi la necessaria solidarietà degli elementi dell'impalcato.

3.10) MODELLAZIONE DELLA GEOMETRIA E DELLE PROPRIETA' MECCANICHE

Tutte le travi principali e secondarie che costituiscono l'orditura del ponte sono modellate con elementi monodimensionali a due nodi tipo "beam", in continuità, mentre le lamiere strutturali presenti nel tronco centrale ad arco sono modellate con elementi a quattro nodi, tipo "shell". Gli arconi in pietra non sono stati inseriti nel modello preliminare, visto la grande rigidità delle strutture in pietra rispetto all'impalcato, queste possono

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Calano	Pag.: --.26 di 42

essere modellate come vincoli esterni. Il modulo elastico considerato per gli elementi in acciaio è pari a 210.000 N/mm², per le funi spiriodali chiuse degli stralli è pari a 160.000 N/mm², per il calcestruzzo è pari a 28.000 N/mm².

3.11) RIFERIMENTI ALLE STRUTTURE DI FONDAZIONE

Il nuovo impalcato trasferisce i carichi al terreno in parte attraverso le fondazioni esistenti degli arconi, in parte attraverso nuovi manufatti. In particolare si realizzeranno due nuovi plinti di fondazione in calcestruzzo in corrispondenza dell'appoggio terminale del ponte sugli argini. Analogamente saranno realizzati quattro nuovi plinti per garantire l'ancoraggio al suolo dei tiranti che contribuiscono al del ponte.

I plinti costituiranno una fondazione superficiale oppure saranno realizzati su pali di modesta lunghezza come elementi di contrasto alle azioni orizzontali di carattere statico e dinamico, in base a considerazioni geotecniche più approfondite che dovranno essere sviluppate nei livelli successivi della progettazione.

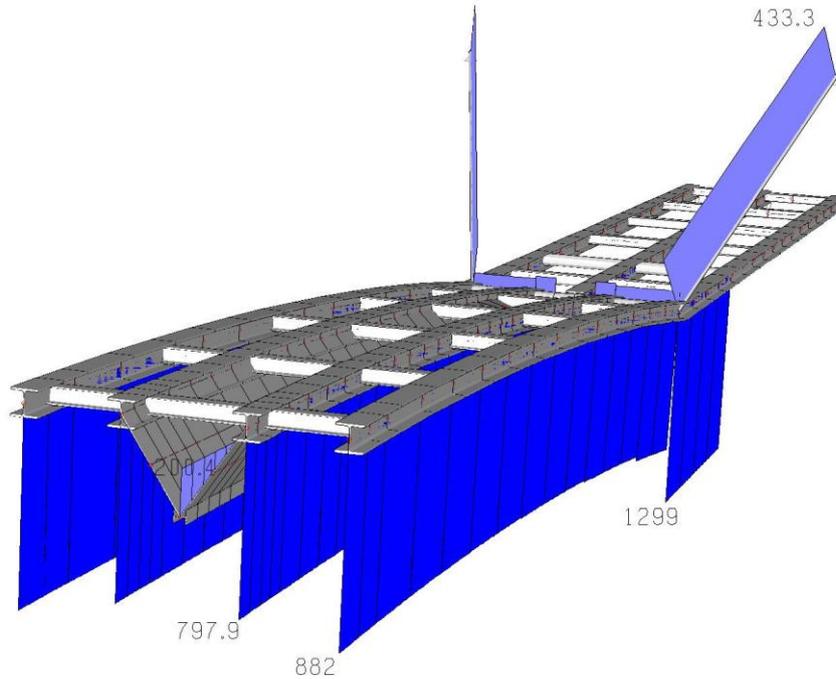
3.12) PRINCIPALI RISULTATI

In questo paragrafo si riportano i risultati dell'analisi strutturale preliminare in termini di sollecitazioni e deformazioni, che hanno portato al dimensionamento di massima delle strutture del ponte.

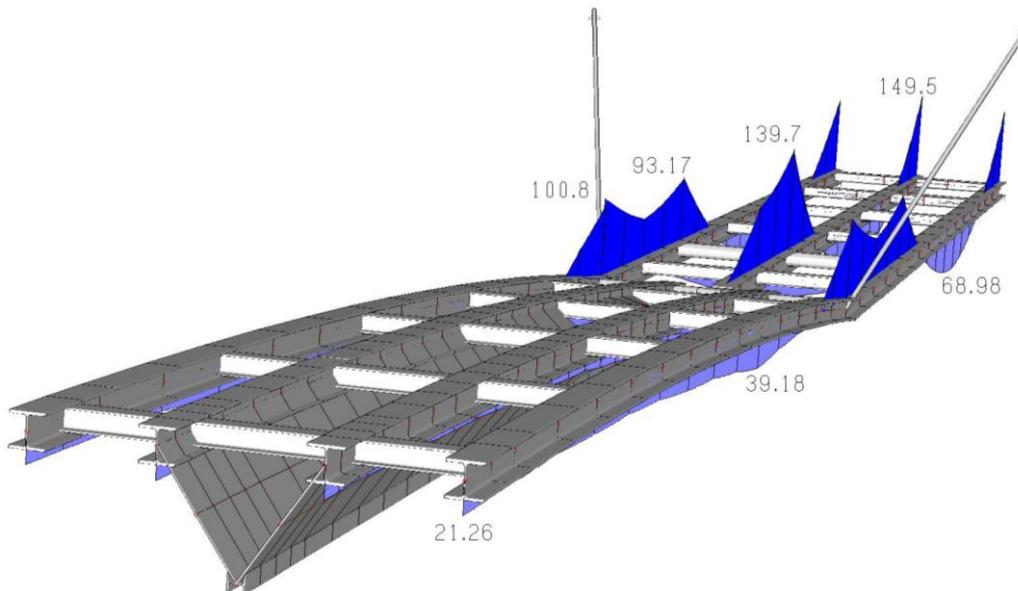
SINTESI DELLE SOLLECITAZIONI SIGNIFICATIVE

Si riportano i massimi valori riscontrati di sforzo normale e momento flettente, ricavati dalla modellazione ad elementi finti

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Calano	Pag.: --.27 di 42



Diagrammi dello sforzo normale per la combinazione di carico Fondamentale (SLU) – i valori sono espressi in kN, in blu si evidenziano le compressioni, in viola le trazioni



Diagrammi dello momento flettente per la combinazione di carico Fondamentale (SLU) – i valori sono espressi in kNm

A titolo esemplificativo si riporta la verifica di resistenza del profilo HEB 240 soggetto a pressoflessione, in corrispondenza della sezione di attacco con il tirante, dove risulta la più gravosa combinazione di momento flettente e sforzo normale. Essendo il profilo di Classe 1 per le sollecitazioni in esame, il momento plastico resistente può essere calcolato secondo l'espressione 4.2.34 della Norma,:

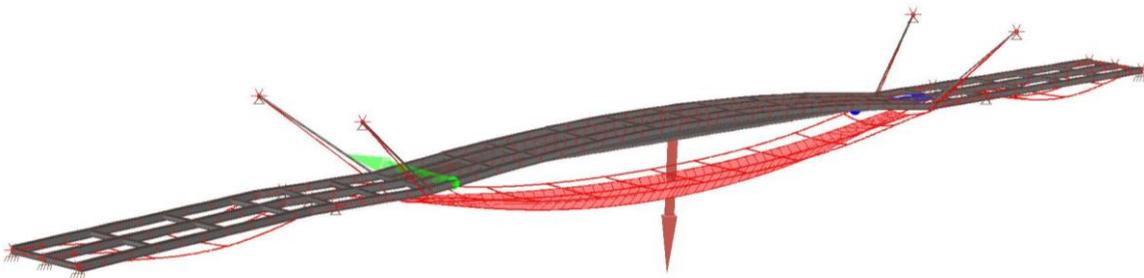
N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Calano	--.28 di 42

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1-n) / (1-0.5a) \leq M_{pl,y,Rd}$$

il momento resistente ricavato risulta ridotto in funzione dello sforzo normale presente $N_{Edu} = 1299$ kN. Sviluppando l'espressione si ottiene un momento resistente $M_{N,y,Rd} = 166$ kNm superiore al momento sollecitante $M_{Edu} = 100.8$ kNm (si ha $M_{Edu}/M_{N,y,Rd} = 0.6$). I profili sono quindi in grado di resistere alle sollecitazioni in essere.

SINTESI DELLE DEFORMAZIONI SIGNIFICATIVE

Si riporta l'immagine assonometrica del modello preliminare in cui è rappresentata la deformata per la combinazione di carico Rara.



Deformata in esercizio per combinazione di carico Rara (ingrandita di 50 volte) – massimo abbassamento in mezzeria pari 4.5 cm, corrispondente a un settecentesimo della luce del ponte calcolata rispetto all'asse delle pile. La deformazione dovuta ai pesi propri è azzerata grazie al prepensionamento delle funi spirroidali

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Calano	--.29 di 42

4) INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOTECNICO DELL'AREA

Per sviluppare l'inquadramento geologico-geotecnico dei terreni interessati dalle opere in progetto, in relazione alla tipologia delle stesse, è stato possibile esaminare la copiosa documentazione in materia, sviluppata per il progetto definitivo ed esecutivo della cassa di espansione da realizzarsi in Località Ponte a Tigliano, raccolta nel documento TXT.04 rev. 02 "Relazione Geologica e Relazione Geotecnica sulle indagini", allegata al Progetto Definitivo. Le opere necessarie a tale intervento sono previste nei lotti di terreno situati subito a nord ovest del'arcone storico lato prato, come evidenziato dalla planimetria seguente;

Aree interessate dalla realizzazione della nuova cassa di espansione (primo lotto)

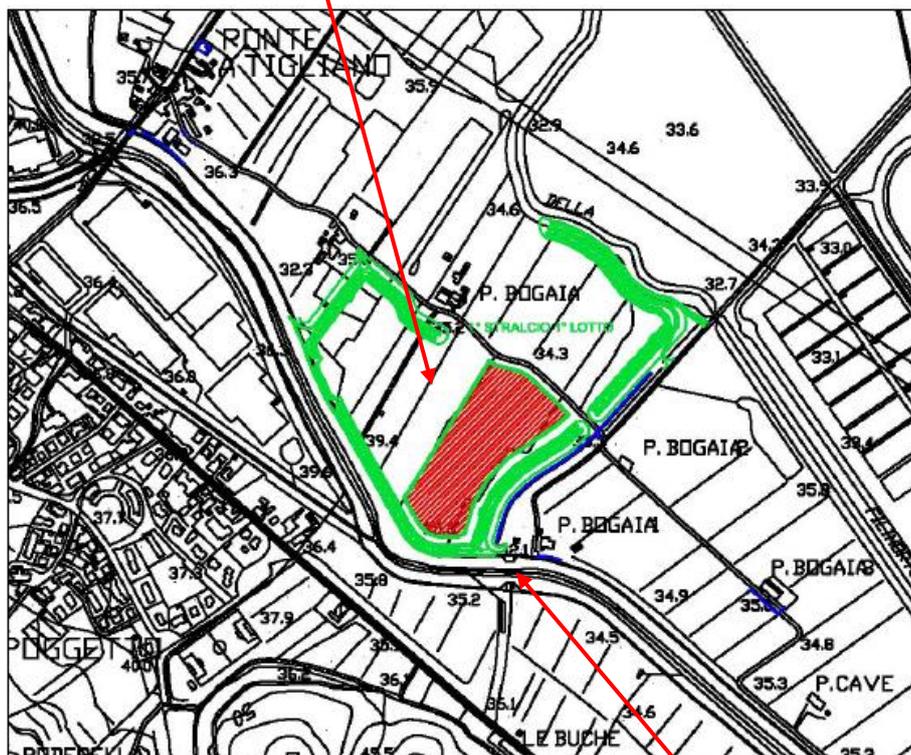


Figura 1 – Planimetria intervento I lotto – I stralcio (Scala 1:10.000)

Nuovo ponte Manetti

Le indagini geognostiche eseguite risultano numerose e dettagliate e interessano tra l'altro, con sondaggi e prove, terreni in prossimità del sito del ponte, viene messa in evidenza una sostanziale omogeneità dei terreni indagati, sia per quanto riguarda i rilevati arginali, sia per i terreni retrostanti.

La seguente documentazione fotografica individua la posizione del sondaggio eseguito più prossimo al ponte:

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Calano	--.30 di 42

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA Sb



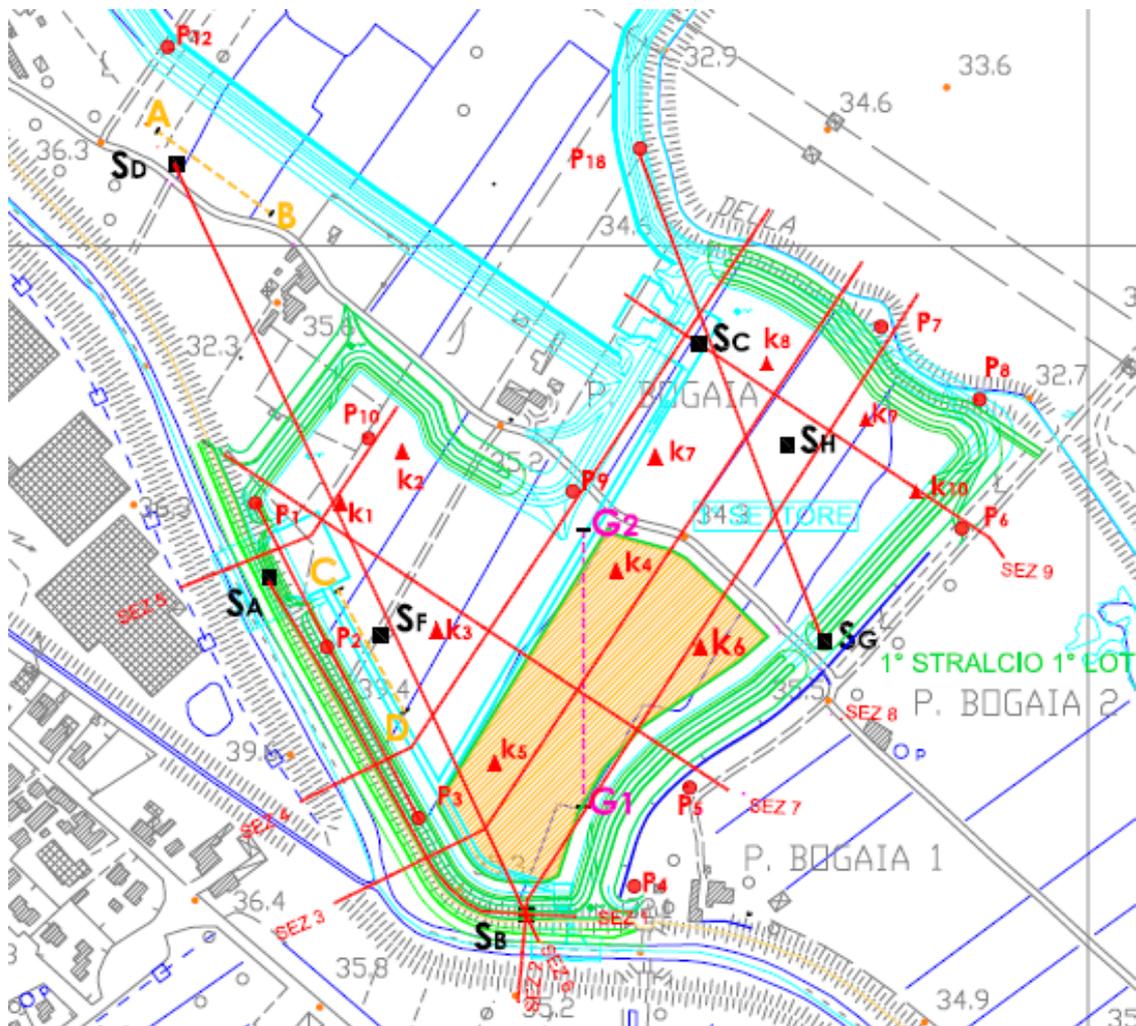
Foto 3 – Cassetta 3



Foto 4 – Postazione

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Calano	--.31 di 42

Nello stralcio della planimetria che si riporta, è evidenziata la mappatura delle prove e dei sondaggi eseguiti durante l'attività di indagine svolta:



Ubicazione delle indagini geognostiche

LEGENDA

TRINCEE	Kn
SONDAGGI GEOGNOSTICI	Sn
PROVE PENETROMETRICHE (CPTU)	Pn
TRACCIA SEZIONI LONGITUDINALI	—
INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE	A-----B C-----D
INDAGINI GEOELETTRICHE	G1-----G2

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Calano	--.32 di 42

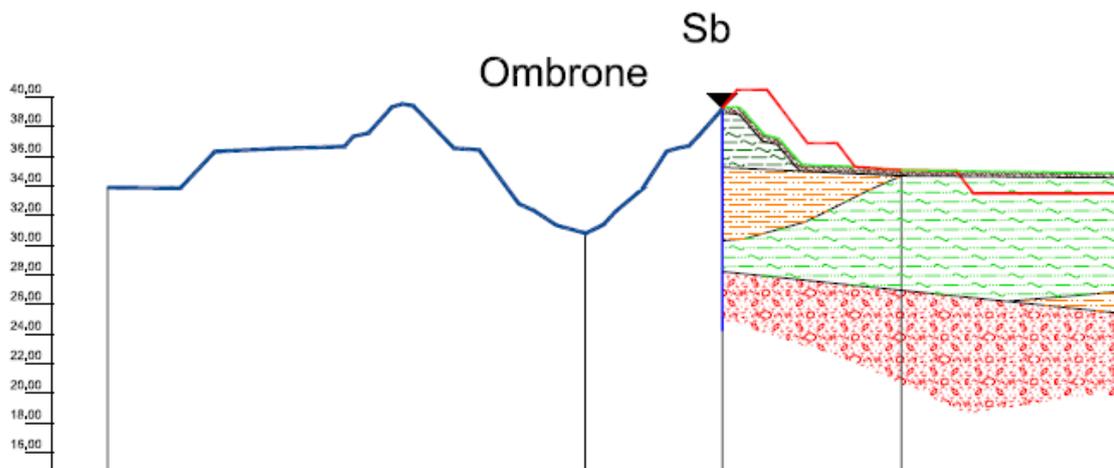
La tabella seguente riporta, tra gli altri, i dati delle prove SPT svolte e dei campioni estratti nell'ambito del sondaggio "Sb" (nelle fotografie precedenti, il più vicino al ponte), che hanno permesso di individuare la stratigrafia e le caratteristiche meccaniche dei terreni in prossimità dei rilevati arginali.

		Sa	Sb	Sc	Sd	Se	Sf	Sg	Sh
Profondità	m	15.0	15.0	15.0	30.0	15.0	5.0	5.0	34.45.0
Quota	m s.l.m.	39.5	39.5	34.6	35.3	34.9	35.7	34.6	34.4
SPT 1	m	12.0	12.0	9.0	12.0	9.0	-----	-----	-----
SPT 2	m	15.0	15.0	12.0	15.0	12.0	-----	-----	-----
SPT 3	m	-----	-----	-----	21.0	-----	-----	-----	-----
SPT 4	m	-----	-----	-----	27.0	-----	-----	-----	-----
Campioni indisturbati	m	1.5-2.0	1.5-2.0	1.5-2.0	1.5-2.0	1.5-2.0	1.5-2.0	2.5-3.0	2.5-3.0
	m	3.0-3.5	3.0-3.5	3.0-3.5	3.0-3.5	3.0-3.5	-----	-----	-----
	m	6.0-6.5	6.0-6.5	6.0-6.5	9.0-9.5	6.0-6.5	-----	-----	-----
	m	9.0-9.5	9.0-9.5	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Lefranc	m	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	-----
	m	3.5	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Piezometro	m	-----	-----	15.0	30.0	-----	5.0	5.0	5.0

L'estratto della tavola 7 allegata alla citata Relazione, evidenzia parte della sezione geolitologica 2, individuata dalla precedente planimetria riportata. Si tratta di una sezione trasversale all'alveo del torrente Ombrone, quindi all'argine, in corrispondenza del punto di sondaggio "Sb". In evidenza con linea rossa, il profilo di progetto della nuova arginatura necessaria alla cassa di espansione, che prevede un innalzamento dell'attuale argine fino alla quota di + 40,50 m s.l.m.

TAVOLA 7

SEZIONE GEOLITOLICA n.2 (sezlone FI008PO)



N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Calano	--.33 di 42

LEGENDA

Copertura superficiale	
Terreno a granulometria prevalentemente fine di natura antropica (da argille con limo e limose a limi con argille e argillose e con sabbie argillose e deb. argillose)	
Terreno a granulometria prevalentemente fine (da argille con limo e limose a limi con argille e argillose e con sabbie argillose e deb. argillose)	
Terreno a granulometria prevalentemente media (da limi con sabbia e sabbiosi a sabbie con limi e limoso-argillose)	
Terreno a granulometria prevalentemente media-grossolana (da sabbie, sabbie ghiaiose a ghiaia)	
Ipotesi progettuale	

La sezione geolitologica mostrata, insieme alle altre esaminate, mostra con chiarezza la stratigrafia che caratterizza i terreni in oggetto. Si evidenzia la presenza di uno strato geolitologico di circa 7 – 9 m di origine alluvionale, fine, coesivo, mediamente compatto e di scarsa permeabilità, nel quale si inserisce (al di sotto delle arginature) uno strato superficiale di circa un paio di metri di granulometria media, sabbiosa fine o limosa.

Al di sotto del primo macrostrato, oltre i 7 – 9 metri dal p.d.c., si evidenzia la presenza diffusa di terreni a granulometria prevalentemente media-grossolana, di natura da sabbiosa a ghiaiosa, caratterizzati da elevata permeabilità.

4.1) PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

Si riporta in sintesi la ricostruzione stratigrafica e la parametrizzazione geotecnica dei terreni sviluppata nella citata relazione, a seguito dell'elaborazione di sondaggi e prove.

- **Copertura superficiale**



Strato superficiale di 40 – 50 cm di spessore che caratterizza l'intero profilo del terreno, composto da limi sabbiosi, clasti, terreno vegetale. Tale strato è caratterizzato dai seguenti parametri:

γ (g/cm ³)	1,70
γ_d (g/cm ³)	1,40
ϕ' (°)	19
c' (kPa)	0

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Calano	--.34 di 42

- **Corpo Arginale** 

Si tratta dello spessore di terreno che caratterizza i rilevati arginali, dalla base delle coltre superficiale, alla quota del circostante p.d.c. ed è caratterizzato da terreno fine di natura antropica, di natura argillosa e limosa. Tale strato è caratterizzato dai seguenti parametri:

γ (g/cm ³)	1,85
γ_d (g/cm ³)	1,65
γ_{sat} (g/cm ³)	2,00
ϕ' (°)	25,0

c' (kPa)	10
c_u (kPa)	90

- **Terreno a granulometria prevalentemente media** 

Si tratta dello strato di terreno che si trova al di sotto del corpo arginale appena descritto, ed è in quella posizione prevalentemente localizzato, per una profondità di circa 2 – 4 metri. Si tratta di un terreno da limi con sabbia e sabbiosi e sabbie con limi e limoso-argillose, caratterizzato dai seguenti parametri:

γ (g/cm ³)	1,95
γ_d (g/cm ³)	1,56
γ_{sat} (g/cm ³)	1,94
ϕ' (°)	28,0
c' (kPa)	3

- **Terreno a granulometria prevalentemente fine** 

Si tratta dello strato di terreno che si trova al di sotto del terreno appena descritto in corrispondenza degli argini, mentre risale fino al piano di campagna oltre gli argini (dove di fatto rappresenta lo strato più superficiale) raggiungendo spessore di 7 – 9 m. Lo strato si compone di argille con limo e limose, limi con argille ed argillosi ed è caratterizzato dai seguenti parametri:

γ (g/cm ³)	1,95
γ_d (g/cm ³)	1,60
γ_{sat} (g/cm ³)	1,97
ϕ' (°)	20,0
c' (kPa)	15
c_u (kPa)	90÷110

- **Terreno a granulometria prevalentemente grossolana** 

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Calano	--.35 di 42

Si tratta dello strato più profondo, riscontrato in tutti i sondaggi, che si trova dei 7 – 9 metri di profondità a scendere. È composto da sabbie, sabbie ghiaiose e ghiaia ed è caratterizzato dai seguenti parametri:

γ (Mg/m ³)	2,00
γ_d (Mg/m ³)	1,80
γ_{sat} (Mg/m ³)	2,10
ϕ' (°)	34,0
c' (kPa)	0

4.2) CONSIDERAZIONI SULL'IDROGEOLOGIA DELL'AREA

Macroscopicamente l'area è caratterizzata da terreni a permeabilità medio bassa che si sviluppano dal piano di campagna retrostante gli argini fino a 7 – 9 metri di profondità, al di sopra di terreni più grossolani a permeabilità medio alta.

L'orizzonte più superficiale non è interessato da una circolazione idrica sotterranea significativa, ma dalla presenza di una condizione di saturazione di carattere stagionale ed occasionale.

Tale orizzonte, caratterizzato da una permeabilità molto bassa, fa da acquicludo nei confronti dei terreni sottostanti, caratterizzati da maggiore permeabilità, in cui è confinato l'acquifero ed è presente la falda significativa che risulta in pressione dai dati elaborati. Si riporta in visione la tabella riassuntiva dei monitoraggi piezometrici effettuati.

<i>Punto monitoraggio</i>	<i>Quota p.c. (m s.l.m.)</i>	<i>Livello Dicembre 2008 (dal p.c.)</i>	<i>Livello Dicembre 2008 (in m s.l.m.)</i>	<i>Livello Marzo 2009 (dal p.c.)</i>	<i>Livello Marzo 2009 (in m s.l.m.)</i>	<i>Livello Maggio 2009 (dal p.c.)</i>	<i>Livello Maggio 2009 (in m s.l.m.)</i>
Sc	34,50	-0,60	33,90	-1,30	33,20	non rilevabile	
Sd	35,30	-1,90	33,40	-2,10	33,20	-3,10	32,20
Sf	35,30	-1,50	33,80	-1,25	34,05	-1,80*	33,50*
Sg	34,50	-0,30	34,20	-0,76	33,74	-1,80	32,70
Sh	34,20	-0,30	33,90	-0,65	33,55	non rilevabile	
P1	35,70	-2,00	33,70	-5,20	30,50	non rilevabile	
P2	35,40	-2,40	33,00	-2,70	32,70	non rilevabile	
P4	34,90	-1,60	33,30	-1,60	33,30	-1,80	33,10
P5	34,90	-1,80	33,10	non rilevabile		non rilevabile	
P6	34,30	-1,20	33,10	non rilevabile		non rilevabile	

*dal foro è stato asportato il piezometro ed al momento della lettura le pareti erano franate alla profondità di -1,80 m non registrandosi, a tale profondità, la presenza di acqua.

4.3) CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI SUOLI

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Calano	--.36 di 42

La classificazione sismica dei suoli indagati, ai sensi della Normativa Tecnica vigente, DM 14 Gennaio 2008, è stata determinata attraverso un'indagine sismica a rifrazione, con acquisizione delle onde P ed Sh attraverso due allineamenti da 24 geofoni.

La Vs30 risultante è stata di 350,87 m/s in un caso, e di 354,19 m/s nell'altro. In entrambi i casi al terreno risulta quindi attribuibile la classe C.

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).</i>

Non si prevedono inoltre fenomeni di liquefazione in condizioni dinamiche per i terreni oggetto di studio.

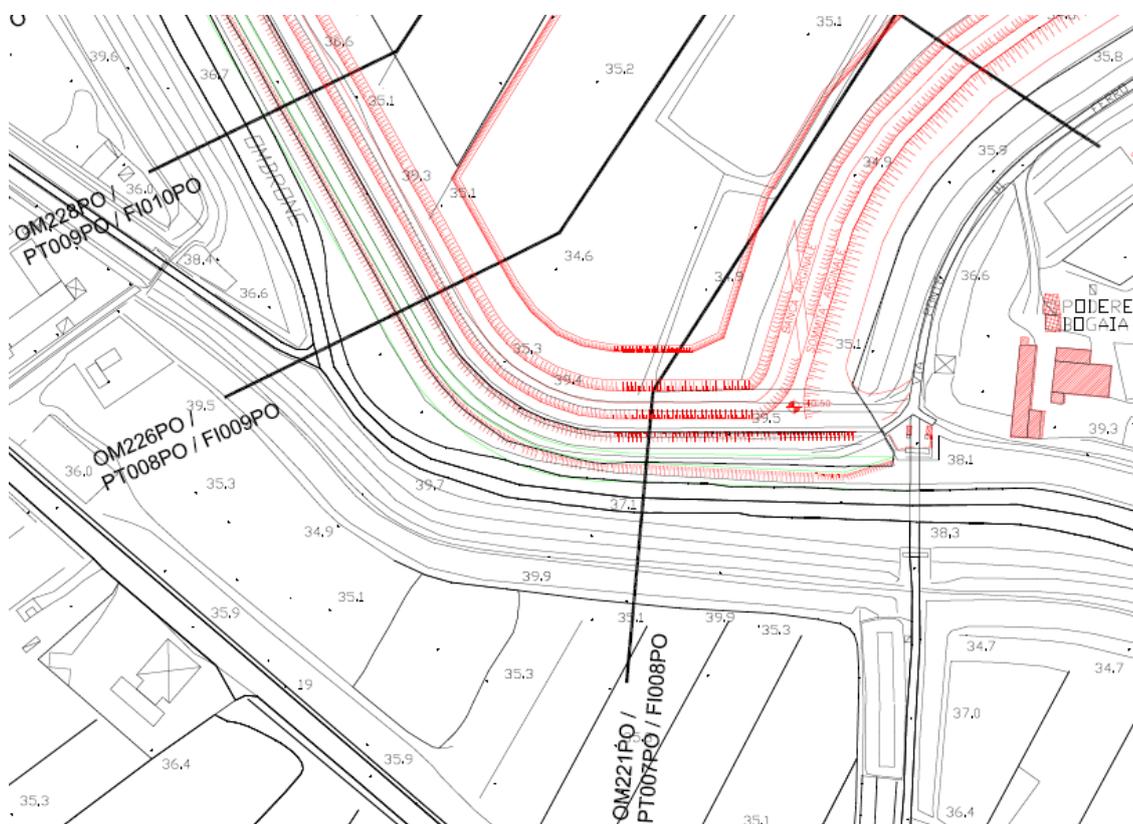
4.4) CONCLUSIONI

Visti i risultati delle analisi geognostiche condotte si ritiene che i terreni indagati siano compatibili con le opere in progetto, in particolare le opere di fondazione previste sono di carattere modesto, viste le dimensioni contenute delle opere e i modesti carichi in gioco, sia sotto il profilo statico che dinamico.

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Calano	--.37 di 42

5) INQUADRAMENTO IDRAULICO DELL'AREA

Anche in questo caso, le considerazioni idrologiche-idrauliche preliminari in merito alla fattibilità dell'intervento, sono state sviluppate a partire dalle analisi disponibili in merito, sviluppate per il progetto definitivo ed esecutivo della cassa di espansione da realizzarsi in Località Ponte a Tigliano, raccolta nel documento R3_TGL "Relazione Idrologica-Idraulica" e relativi allegati, facenti parte del Progetto Definitivo.



Estratto della planimetria di progetto allegata al Progetto Definitivo della cassa di espansione

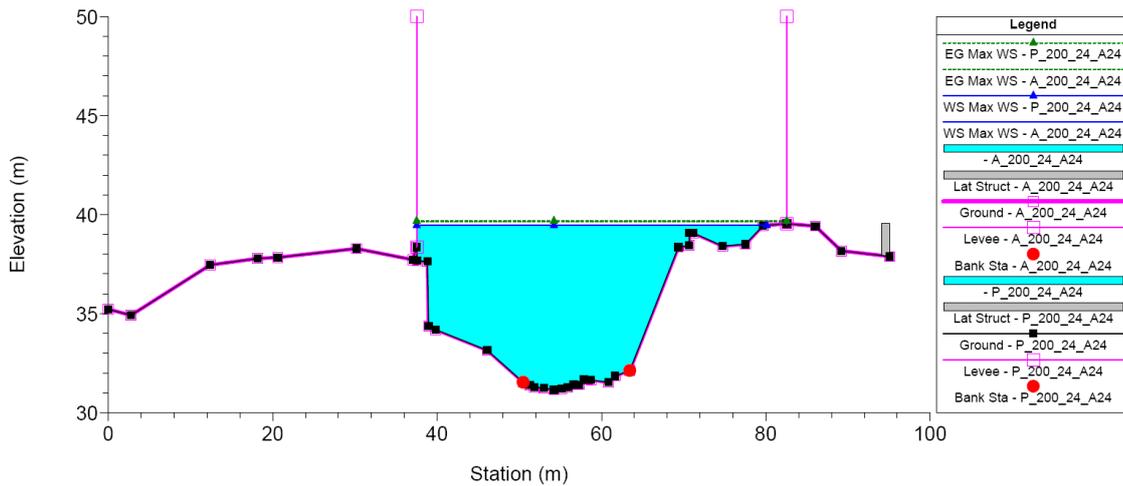
In particolare è stata sviluppata una verifica idraulica sul Torrente Ombrone nelle condizioni ante e post operam (relative al progetto della cassa di espansione) per dimostrare la non sussistenza di aggravamenti del rischio idraulico derivanti dalla realizzazione dell'opera. Sono stati analizzati scenari di piena di 8, 12 e 24 ore e tempo di ritorno pari a 30, 100 e 200 anni.

L'input idrologico è stato fornito dall'Autorità di Bacino del F. Arno; le simulazioni sono state svolte in regime di moto vario.

La sezione idraulica di seguito riportata corrisponde alla sezione in corrispondenza del Ponte Manetti ed è stata sviluppata insieme ad altre nell'ambito della modellazione idraulica del torrente attraverso il software di calcolo HEC-RAS sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center degli Stati Uniti d'America, allo scopo di valutare la variazione del rischio idraulico sopra descritta.

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Calano	--.38 di 42

Cassa Ponte a Tigliano Plan: 1) P_200_24_A24 2) A_200_24_A24
OM218PO



Modellazione della sezione idraulica in corrispondenza del Ponte Manetti

Per quanto inerente la realizzazione del nuovo ponte, dalla modellazione idraulica è emerso che nella sezione di interesse la massima quota del pelo libero raggiunta tra i vari scenari considerati, è pari a +39,50 m s.l.m.. Si è quindi progettato il nuovo ponte affinché l'intradosso dell'impalcato si trovi a +41,00 m s.l.m., per garantire un idoneo franco (di 1,50 m) rispetto alla massima quota di piena calcolata, tenendo così in conto sia delle incertezze di calcolo che del possibile transito di materiale flottante sulla superficie dell'acqua.

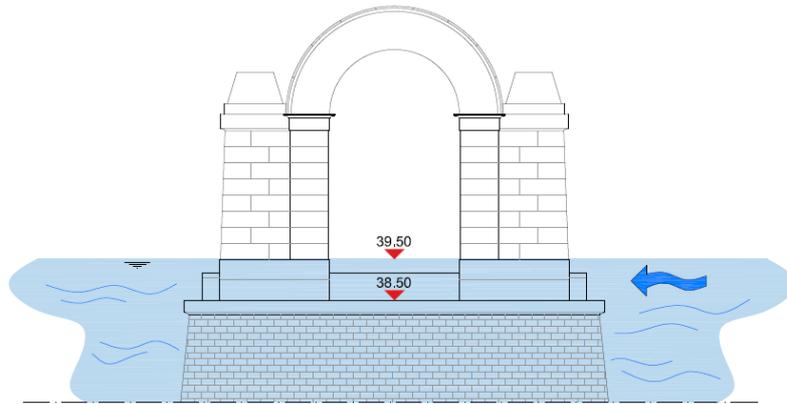
È previsto un rialzo delle sponde arginali in corrispondenza del ponte per poter garantire l'accesso all'impalcato progettato più in alto rispetto all'attuale quota del piano di campagna per le ragioni pocanzi esposte. I nuovi rilevati saranno comunque realizzati al di fuori dell'attuale alveo attivo, non sono previste quindi opere strutturali in alveo se non le opere di consolidamento dei rilevati arginali.

Si è inoltre considerato che durante la piena duecentennale le pile vengono sommerse dall'acqua per circa un metro. Si è stimata la spinta idrodinamica dell'acqua sulle pile, considerando cautelativamente una velocità della corrente di 10 m/s (stima eccessiva ma a favore di sicurezza) e si è verificato che in tale condizione le pile non fossero soggette a fenomeni di ribaltamento o a stati tensionali incompatibili con le caratteristiche meccaniche del materiale lapideo che le compone. La spinta idrodinamica dell'acqua può essere calcolata secondo l'espressione:

$$F = C_x \cdot 0.5 \cdot v^2 \cdot A_F \cdot \rho_{ACQUA}$$

Dove A_F è la superficie della pila su cui agisce la spinta, ρ_{ACQUA} è il peso specifico del fluido, v è la velocità della corrente e C_x un coefficiente di resistenza funzione del numero di Reynolds e della forma della pila.

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Calano	--.39 di 42



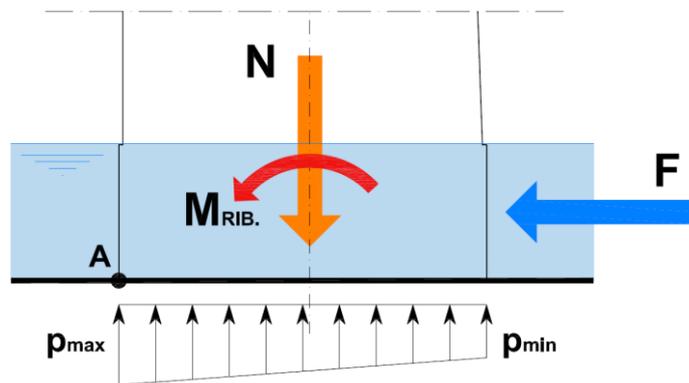
Spinta dinamica della corrente sulle pile in caso di piena duecentennale

La spinta sul maschio investito direttamente dalla corrente è pari a $F = 120$ kN. Il momento ribaltante indotto, calcolato rispetto allo spigolo interno del maschio (punto "A" di figura sottostante) è pari a:

$$M_{\text{rib.}} = F \times \text{braccio} = 120 \times 0,5 \text{ m} = 60 \text{ kNm.}$$

Il momento stabilizzante viene calcolato considerando il peso proprio del maschio $N = 700$ kN (pari alla metà del peso stimato per l'intero portale), senza tener conto degli ulteriori effetti stabilizzanti dovuti al peso del ponte. Si ha:

$$M_{\text{stab.}} = N \times \text{baccio} = 700 \times 1,35 \text{ m} = 945 \text{ kNm.}$$



Azioni sul maschio lapideo e diagramma delle compressioni risultanti

La pila risulta quindi ampiamente stabile rispetto alle sollecitazioni ricevute. L'azione di pressoflessione indotta sulla sezione di base del maschio dal peso considerato e al momento ribaltante lascia la sezione totalmente compressa essendo l'eccentricità modesta, pari a $M/N = 60/700 = 0,09$ m. e induce tensioni calcolabili con l'espressione $\sigma = N/A \pm M/W$. Risultano compressioni massime pari a circa $0,15$ N/mm² e minime pari a circa

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Calano	--.40 di 42

0,10 N/mm², giudicate pienamente ammissibili per le strutture lapidee. Si conclude quindi che i manufatti sono idonei a svolgere la funzione portante dell'impalcato anche in condizioni idrologiche critiche.

5) OPERE ACCESSORIE

5.1) DESCRIZIONE GENERALE DELLE OPERE ACCESSORIE

Il progetto del ponte si affianca alla realizzazione di rilevati e nuovi percorsi ciclo pedonali previsti nelle aree retrostanti entrambe le sponde, realizzati per garantire l'accesso al ponte e la fruibilità dell'area, nell'ambito di un progetto di valorizzazione della porzione di territorio prospiciente il ponte stesso.

Sono previsti quindi percorsi ciclabili e pedonali parzialmente realizzati su nuovi rilevati in terra, piccole piazze che fungono da punti di sosta e incontro, elementi di arredo del territorio e una passerella pedonali minori, della lunghezza di 17 metri circa, che attraverserà un piccolo vaso situato poco distante dall'imbocco del ponte, sul versante nel Comune di Poggio a Caiano.

5.2) VALUTAZIONI STRUTTURALI, GEOLOGICHE E IDRAULICHE DELLE OPERE ACCESSORIE

Tutte le opere descritte hanno un modesto impatto sul territorio e non si riscontrano problematiche particolari legate alla fattibilità tecnica delle stesse dal punto di vista strutturale-sismico, geotecnico e idraulico. Si sintetizzano per tipologia le considerazioni tecniche sviluppate in merito a tali opere:

5.2.1) RILEVATI IN TERRA E PISTE CICLABILI

Nello specifico il nuovo riassetto degli attuali percorsi prevede la realizzazione di rilevati in terra, sia per un modesto innalzamento del corpo arginale in prossimità del nuovo ponte, sia in posizione arretrata rispetto al torrente, per permettere di salire sulle arginature stesse e raggiungere il ponte attraverso percorsi pedonali e ciclabili. I rilevati determineranno aumenti di quota fino a un massimo di circa tre metri rispetto all'attuale profilo del terreno, e saranno sostenuti prevalentemente attraverso scarpate, secondo l'angolo di inclinazione naturale del terreno. In alcuni tratti è necessario realizzare dei sostegni artificiali, che saranno realizzati principalmente mediante muri di sostegno a gravità, si tratta di muri realizzati con gabbioni in rete metallica riempiti di pietrame che grazie al proprio peso e forma si oppongono naturalmente alla spinta del terreno. È prevista inoltre la realizzazione di un muro di sostegno in calcestruzzo armato per sostenere il rilevato in prossimità dell'imbocco al ponte lato Prato, sul lato opposto rispetto alla cassa di espansione in progetto. Si tratta di un muro avente sviluppo in pianta di circa 30 metri lineari, con altezza variabile in funzione di quella del rilevato, da un minimo di 3,8 metri a un massimo di 4,5 m circa dal piano di campagna.

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	--.41 di 42

La parete avrà spessore indicativo di 40 cm e sarà dotata di fondazione superficiale a ciabatta. Si tratta di un'opera di sostegno ordinaria che non presenta particolare complessità tecnica o realizzativa. La normativa di riferimento per il progetto dell'opera ed i parametri per il calcolo dell'azione sismica sono quelli già esplicitati nei paragrafi dedicati al nuovo ponte. In generale si può affermare che non sussistono problematiche geotecniche o strutturali alla realizzazione di tali modeste opere di sostegno. Analogamente non si ravvisano implicazioni di carattere idraulico, in quanto le opere di sostegno si trovano a non interferire con l'alveo attivo del torrente.

5.2.2) PASSERELLA PEDONALE

Come specificato si tratta di una passerella ciclopedonale che si inseriscono nella dinamica dei percorsi in progetto, con la funzione scavalcare un modesto invaso, profondo circa 2 metri, al fine di collegare il nuovo percorso che dalla Strada Statale 66 porta al ponte, con il percorso esistente, parallelo al nuovo che fiancheggia gli orti coltivati ed altre attività.

Le passerelle avranno lunghezza di circa 17 metri e larghezza di circa 2 metri e sarà riservato al solo passaggio dei pedoni. È prevista una struttura portante in acciaio, o legno-acciaio.

La passerella potrà essere montata in opera o prefabbricata e installata in sito. Le fondazioni saranno in calcestruzzo armato, di tipo superficiale. Sono previsti un appoggio intermedio per gli impalcati e appoggi laterali.

Anche in questo caso non si riscontrano particolari difficoltà tecniche alla realizzazione e montaggio dell'opera. Per quanto riguarda la normativa di riferimento, i carichi di progetto, le azioni di tipo statico e dinamico, si farà riferimento a quanto esposto nel dettaglio per il nuovo ponte.

Si tratta di un'opera modesta, non si ravvisano incompatibilità di carattere geotecnico e idraulico alla realizzazione della stessa.

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	19.Mar.2012	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Calano	--.42 di 42