

AREA 3
DIPARTIMENTO GRANDI OPERE, INFRASTRUTTURE E MOBILITA'
DIVISIONE INFRASTRUTTURE
SERVIZIO PONTI, VIE D'ACQUA E INFRASTRUTTURE

**RINATURALIZZAZIONE E MESSA IN SICUREZZA
DELLA SPONDA DESTRA DEL FIUME PO
TRATTO COMPRESO TRA C.SO MONCALIERI 310 E PISCINA LIDO**

PROGETTO ESECUTIVO

data: aprile 2024

revisione:

codice elaborato:

denominazione elaborato: RELAZIONE TECNICA PASSERELLA

UFFICIO DI PROGETTAZIONE

progettista coordinatore: ing. Lorenzo Peretti

coordinatore per la sicurezza in fase di progettazione: geom. Giorgio Gilli

RESPONSABILE DEL PROGETTO: ing. Amerigo STROZZIERO

TORINOCAMBIA
IL PIANO VA VELOCE.



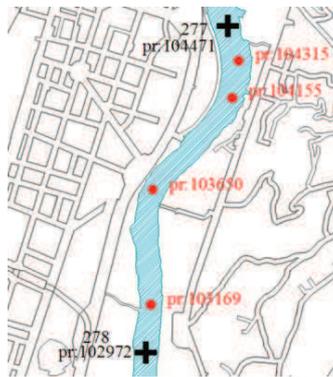
RINATURALIZZAZIONE E MESSA IN SICUREZZA
della sponda destra del Po
Tratto c.so Moncalieri civici 260 – 310

PASSERELLA SUL RIO PATTONERA
RELAZIONE TECNICA

1) Caratteristiche del rio Pattonera

La quota del profilo idraulico in corrispondenza dell'attraversamento della pista ciclabile è sostanzialmente identico a quello del fiume Po in piena.

Per tempo di ritorno $T_R=200$ anni tale quota si evince dal “Piano per la Valutazione e Gestione Rischio Alluvioni di Autorità di Bacino del Fiume Po” (2019) che nell'allegato “Profili di piena dei corsi d'acqua del reticolo principale” indica la quota per la progressiva di interesse pr: 104315, che risulta 220,50 m.



Progressive modello AIPO di interesse (fig. 1)

Dall'apposita relazione idraulica si evince, invece, che per tempo di ritorno $T_R=100$ anni il profilo di piena si stima a quota 220,00m.

A valle di c.so Moncalieri l'alveo del rio Pattonera è naturale, con uno sviluppo di c.a. 125m con quote di fondo scorrevole tra 217,6m (sezione di monte) e 213,7m (sezione di valle); la pendenza media del 3% è approssimativamente costante lungo lo sviluppo. In prossimità del punto di attraversamento la quota del fondo scorrevole è c.a. 214,5m.

La portata attesa del rio, per $T_R=200$ anni è c.a. 24 m³/s.

3) Compatibilità idraulica della passerella

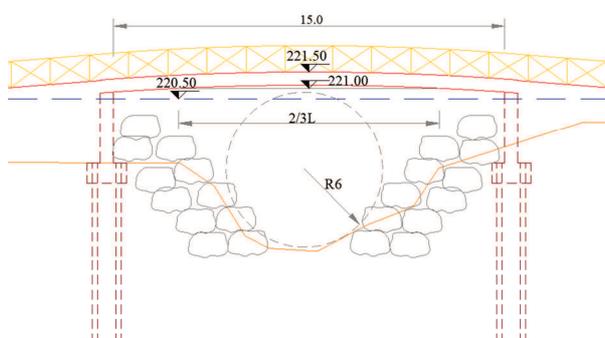
In caso di evento con $T_R=200$ anni la piena del Po (220,5m) si colloca ad un livello ben superiore al piano campagna per cui tutta l'area, fino a c.so Moncalieri, risulta allagata; in tale condizione la presenza della passerella risulta irrilevante e il flusso trasversale alla stessa ha velocità sostanzialmente nulla.

Risulta pertanto di inutile applicazione il vincolo previsto dalle N.T.C. al punto 5.1.2.3. in merito al franco di 1,5m tra il livello della piena duecentennale e l'intradosso del ponte, del quale si richiede una deroga all'autorità di Polizia Idraulica.

In ogni caso, si garantisce l'assenza di un aggravio al regime idraulico fino alla quota spondale dell'alveo attivo, oltre alla quale avviene l'allagamento di tutta l'area.

In particolare si intende garantire quanto previsto dalla Circolare applicativa 7/19 al punto 5.1.2.3 che raccomanda "che il dislivello tra fondo e sottotrave sia indicativamente non inferiore a $6 \div 7$ m".

In considerazione del fatto che il fondo scorrevole in corrispondenza dell'attraversamento è c.a. 214,50m, valutata una variabilità del fondo stesso, si inscrive un cerchio di raggio di 6m e si determina la quota dell'intradosso equivalente a quota 221,0m.



Progressive modello AIPO di interesse (fig. 2)

Si osserva che tale quota corrisponde ad un franco di 0,5m rispetto alla piena duecentennale del Po o al franco di 1m rispetto alla piena centennale, come già autorizzato dall'AIPO in relazione alla analoga passerella sul Rio Sappone.

Per la rampa di raccordo si può fare riferimento al D.M. del M. LL.PP. 236 del 14/06/89.

In realtà tale decreto ha quale ambito di applicazione il superamento di barriere architettoniche nei soli edifici e negli spazi esterni di pertinenza, tanto che non permette il superamento di dislivelli superiori a 3,20m con rampe (punto 8.1.11) e non è quindi applicabile per tracciati che seguono la morfologia del terreno dovendo superare qualsiasi dislivello.

Tale D.M. può però essere applicato, per quanto possibile, come buona tecnica di progettazione.

Il punto 8.1.11 specifica, all'uopo, che la pendenza massima delle rampe è del 8% e devono essere previsti dei pianerottoli di dimensione minima longitudinale di 1,5m ogni 10 m.

Ne risulta una lunghezza della rampa di c.a. 30m.

3) *Caratteristiche principali della passerella*

La passerella pedonale ha larghezza di 3,4m e luce di 15,0m; tale luce permette di disporre le fondazioni ad una adeguata distanza dalle sponde, non realizzare le spalle e percepire quindi l'alveo con una configurazione più naturale, per quanto si effettui una protezione delle sponde stesse tramite scogliera sciolta.

La struttura presenta una leggera monta, ottenuta tramite calandratura delle travi con raggio $R=100m$. La struttura è realizzata in elementi di acciaio S355, zincati a caldo.

Il piano di calpestio è realizzato con assito il legno trattato, sotto il quale è posto un graticcio in acciaio zincato tipo "Orsogril" con funzioni di "sottoponte". Al fine di disporre moduli interi di tale graticcio, usualmente di dimensioni commerciali 610mm x 1000mm, si dispongono profilati HEA100 longitudinalmente a passo 650mm.

Ne consegue il dimensionamento delle travi lignee, applicando lo schema di carico 4 previsto dalle vigenti N.T.C.: *"Schema di Carico 4: è costituito da un carico isolato da 10 kN con impronta quadrata di lato 0,10 m. Si utilizza per verifiche locali su marciapiedi protetti da sicurvia e sulle passerelle pedonali."*

Tra i formati commerciali più diffusi si adotta la sezione 100mm x 100mm in castagno; per tale essenza si richiedono le seguenti caratteristiche: $f_{m,k} = 28,0 \text{ MPa}$; $f_{v,k} = 4,0 \text{ MPa}$.

Si ottiene una trave continua su 5 appoggi di luci uguali, sollecitata da un carico concentrato; la variabilità di cedevolezza degli appoggi (costituiti dalle travi metalliche longitudinali) induce ad adottare lo schema statico semplificato, ma indubbiamente cautelativo, di trave appoggiata – appoggiata alle travi metalliche sottostanti.

Per tale schema il massimo momento flettente si ottiene per carico in mezzzeria; per la valutazione del massimo taglio si osserva, più dettagliatamente che:

- l'impronta del carico dello schema 4 ha estensione 10 cm;
- la diffusione degli sforzi a 45° dall'estradosso all'asse implica un aumento dell'impronta all'estradosso di 5cm per parte;
- per non ricadere sull'ala della trave sottostante, l'impronta così costituita deve avere il bordo a 5cm dall'asse trave;

quindi la risultante del carico di schema 4 deve essere collocato ad almeno 15 cm dall'asse trave che costituisce l'appoggio.

$$M_{sd} = \frac{1}{4} * (10 \text{KN} * 1,35) * 0,65 \text{m} = 2,2 \text{KNm}$$

$$V_{sd} = (10 \text{KN} * 1,35) * 0,5 \text{m} / 0,65 \text{m} = 10,4 \text{KN}$$

$$W = \frac{1}{6} * 10 \text{cm} * (10 \text{cm})^2 = 166,7 \text{cm}^3$$

$$\sigma = M / W = 2,2 \text{KNm} / 166,7 \text{cm}^3 = 13,2 \text{MPa}$$

$$k_h = \min[(150\text{mm}/h)^2; 1,3] = 1,3$$

$$f_{md} = k_h f_{m,k} k_{mod} / \gamma_m = 1,3 * 28,0\text{MPa} * 0,7 / 1,5 = 17,0 \text{ MPa}$$

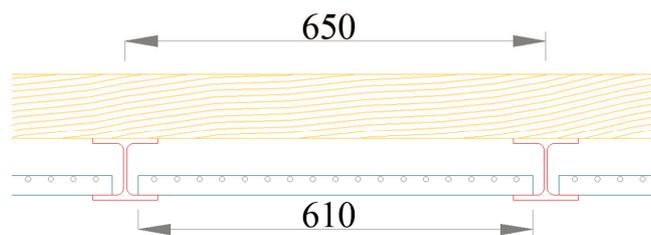
(k_{mod} ; γ_m da tab. 4.4.IV e tab. 4.4.III)

$$\sigma / f_{md} < 1$$

$$\tau = 3/2 * V_{sd} / A = 3/2 * 10,4\text{KN} / (10\text{cm} * 10\text{cm}) = 1,5 \text{ MPa}$$

$$f_{vd} = f_{v,k} k_{mod} / \gamma_m = 4,0\text{MPa} * 0,7 / 1,5 = 1,9 \text{ MPa}$$

$$\tau / f_{vd} < 1$$



Particolare impalcato (fig. 3)

Sempre al fine di non modificare i grigliati di dimensioni standard, la successione di tre di essi, considerate le dovute tolleranze, da una luce di 3060mm.

Si adottano profilati HEA100 in acciaio S355 zincati; la scelta di tali profilati non è dettata da necessarie prestazioni strutturali, ma ha finalità di fornire un adeguato piano di appoggio ai grigliati tramite le ali.

Nel caso il carico concentrato si trovi in mezzzeria, considerando la trave appoggiata – appoggiata, risulta:

$$M_{sd} = 1/4 * (10\text{KN} * 1,35) * 3,06\text{m} = 10,3\text{KNm}$$

$$V_{sd} = (10\text{KN} * 1,35) = 13,5\text{KN}.$$

$$W_{el} = 72,8 \text{ cm}^3; \quad J = 133,8 \text{ cm}^4 \quad b = 0,5 \text{ cm} \quad S_0 = 41,5 \text{ cm}^3$$

$$f_{yd} = 355\text{MPa} / 1,1 = 322,7\text{MPa}$$

$$M_{Rd} = W_{el} f_{yd} = 72,8 \text{ cm}^3 * 322,7\text{MPa} = 23,5 \text{ KNm} (> M_{sd})$$

$$V_{Rd} = (f_{yd} / \sqrt{3}) (bJ/S_0) = (322,7\text{MPa} / \sqrt{3}) (0,5\text{cm} * 133,8 \text{ cm}^4 / 41,5 \text{ cm}^3) = 30,0\text{KN} (> V_{sd})$$

I profilati HE100A sono inseriti tra le ali dei trasversi; si utilizza il profilo IPE180 al fine di poter effettuare e controllare le saldature tra i due profili.

Analisi dei carichi per trasversi – verifica s.l.u.

1	pavimentazione legno	60 KN/m ³	carico perm.	$\gamma_G=1,5$	$0,1\text{m} * 3,0\text{m} * 6\text{KN}/\text{m}^3 * 1,5 = 2,70\text{KN}/\text{m}$
2	graticcio "Orsogril"	0,3 KN/m ²	carico perm.	$\gamma_G=1,5$	$0,3 \text{ KN}/\text{m}^2 * 3,0\text{m} * 1,5 = 1,35\text{KN}/\text{m}$
3	HEA100	0,17 KN/m	carico proprio	$\gamma_G=1,35$	$0,17\text{KN}/\text{m} * 3\text{m} / 0,65\text{m} * 1,35 = 1,05\text{KN}/\text{m}$
4	IPE180	0,19 KN/m	carico proprio	$\gamma_G=1,35$	$0,19\text{KN}/\text{m} * 1,35 = 0,25\text{KN}/\text{m}$
	tot. carichi perm.				5,35KN/m
5	carico schema 5	5 KN/m ²	carico variabile	$\gamma_G=1,35$	$5\text{KN}/\text{m}^2 * 1,35 * 3,0\text{m} = 20,25\text{KN}/\text{m}$
6	carico schema 4	10 KN	carico variabile	$\gamma_G=1,35$	$10 \text{ KN} * 1,35 = 13,5\text{KN}$

$$M_{sdI} = 1/8 * 5,35\text{KN}/\text{m} * (3,6\text{m})^2 + 1/4 * 13,5\text{KN} * 3,6\text{m} = 20,8\text{KNm}$$

$$M_{sd2} = \frac{1}{8} * 5,35 \text{KN/m} * (3,6\text{m})^2 + \frac{1}{8} * 20,25 \text{KN/m} * (3,6\text{m})^2 = 41,5 \text{KNm}$$

$$V_{sd1} = \frac{1}{2} * 5,35 \text{KN/m} * 3,6\text{m} + 13,5 \text{KN} = 23,1 \text{KN}$$

$$V_{sd2} = \frac{1}{2} * 5,35 \text{KN/m} * 3,6\text{m} + \frac{1}{2} * 20,25 \text{KN/m} * 3,6\text{m} = 46,1 \text{KN}$$

$$M_{sd} = 41,5 \text{KNm} \quad V_{sd} = 46,1 \text{KN}$$

$$W_{el} = 146,3 \text{ cm}^3; \quad J = 1317,0 \text{ cm}^4 \quad b = 0,53 \text{ cm} \quad S_0 = 83,2 \text{ cm}^3$$

$$f_{yd} = 355 \text{MPa} / 1,1 = 322,7 \text{MPa}$$

$$M_{Rd} = W_{el} f_{yd} = 146,3 \text{ cm}^3 * 322,7 \text{MPa} = 47,2 \text{ KNm} (> M_{sd})$$

$$V_{Rd} = (f_{yd} / \sqrt{3}) (bJ/S_0) = (322,7 \text{MPa} / \sqrt{3}) (0,53 \text{cm} * 1317,0 \text{cm}^4 / 83,2 \text{ cm}^3) = 156,3 \text{KN} (> V_{sd})$$

I traversi in IPE180 sono inseriti tra le ali delle travi principali, previste in HE360A

1	pavimentazione legno	60 KN/m ³	carico perm.	$\gamma_G=1,5$	$0,1\text{m} * 1,8\text{m} * 6\text{KN/m}^3 * 1,5 = 1,60 \text{KN/m}$
2	graticcio "Orsogril"	0,3 KN/m ²	carico perm.	$\gamma_G=1,5$	$0,3 \text{KN/m}^2 * 1,8\text{m} * 1,5 = 0,80 \text{KN/m}$
3	HEA100	0,17 KN/m	carico proprio	$\gamma_G=1,35$	$0,17 \text{KN/m} * 3 * 1,35 = 0,70 \text{KN/m}$
4	IPE180	0,19 KN/m	carico proprio	$\gamma_G=1,35$	$0,19 \text{KN/m} * 1,8\text{m} / 3,2\text{m} * 1,35 = 0,15 \text{KN/m}$
5	HEA360	1,12 KN/m	carico proprio	$\gamma_G=1,35$	1,50 KN/m
	diagonali imp. C120	0,13 KN/m	carico proprio	$\gamma_G=1,35$	$0,13 \text{KN/m} * 4,8\text{m} / 2 * 2 / 3,05\text{m} * 1,35 = 0,30 \text{KN/m}$
6	parapetto	0,8 KN/m	carico perm.	$\gamma_G=1,5$	$0,8 \text{KN/m} * 1,5 = 1,20 \text{KN/m}$
	tot. carichi perm.				6,25 KN/m
5	carico schema 5	5 KN/m ²	carico variabile	$\gamma_G=1,35$	$5 \text{KN/m}^2 * 1,8\text{m} * 1,35 = 12,15 \text{KN/m}$

$$M_{sd} = \frac{1}{8} * 6,25 \text{KN/m} * (15,0\text{m})^2 + \frac{1}{8} * 12,15 \text{KN/m} * (15,0\text{m})^2 = 517,5 \text{KNm}$$

$$V_{sd2} = \frac{1}{2} * 6,25 \text{KN/m} * 15,0\text{m} + \frac{1}{2} * 12,15 \text{KN/m} * 15,0\text{m} = 138,0 \text{KN}$$

$$W_{el} = 1850 \text{ cm}^3; \quad J = 33090 \text{ cm}^4 \quad b = 1 \text{ cm} \quad S_0 = 1044 \text{ cm}^3$$

$$f_{yd} = 355 \text{MPa} / 1,1 = 322,7 \text{MPa}$$

$$M_{Rd} = W_{el} f_{yd} = 1850 \text{cm}^3 * 322,7 \text{MPa} = 597,0 \text{ KNm} (> M_{sd})$$

$$V_{Rd} = (f_{yd} / \sqrt{3}) (bJ/S_0) = (322,7 \text{MPa} / \sqrt{3}) (1,0 \text{cm} * 33090 \text{ cm}^4 / 1044 \text{ cm}^3) = 590,5 \text{KN} (> V_{sd})$$

Deformazioni struttura

Escursione termica

Per quanto previsto dalle NTC al punto 3.5.2., la temperatura esterna si considera variabile nell'intervallo: $-16^\circ\text{C} \div 41^\circ\text{C}$; il coefficiente di dilatazione termica per l'acciaio da carpenteria (punto 3.5.7) è $\alpha_T = 12\text{E-}6 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$; conseguentemente, per la lunghezza della struttura di 15m, l'escursione risulta:

$$\Delta L = 12\text{E-}6 \text{ }^\circ\text{C}^{-1} * 57^\circ\text{C} * 15000\text{mm} = 10\text{mm.}$$

Si mantiene pertanto un franco, da ogni lato, tra il para-ghiaia e la struttura metallica di 5mm.

Freccia in mezzeria

Lo spostamento sotto carico uniforme risulta:

$$y = \frac{q}{EJ} \left(\frac{x^4}{24} - \frac{lx^3}{12} + \frac{l^3x}{24} \right)$$

In mezzzeria la freccia risulta conseguentemente:

$$y = \frac{5}{384} \frac{ql^4}{EJ}$$

Per derivazione, si ottiene la rotazione sull'appoggio:

$$\alpha = \frac{1}{24} \frac{ql^3}{EJ}$$

Facendo riferimento ai carichi caratteristici (con coefficienti unitari):

1	pavimentazione legno	60 KN/m ³	carico perm.	$\gamma_G=1$	$0,1m*1,8m *6KN/m^3= 1,10KN/m$
2	graticcio "Orsogril"	0,3 KN/m ²	carico perm.	$\gamma_G=1$	$0,3 KN/m^2*1,8m= 0,55KN/m$
3	HEA100	0,17 KN/m	carico proprio	$\gamma_G=1$	$0,17KN/m*3= 0,50KN/m$
4	IPE160	0,19 KN/m	carico proprio	$\gamma_G=1$	$0,19KN/m*1,8m/3,2m= 0,10KN/m$
5	HEA360	1,12KN/m	carico proprio	$\gamma_G=1$	1,10KN/m
	diagonali imp. C120	0,13KN/m	carico proprio	$\gamma_G=1$	$0,13KN/m*4,8m/2*2/3,05m= 0,20KN/m$
6	parapetto	0,8 KN/m	carico perm.	$\gamma_G=1$	0,80KN/m
	tot. carichi perm.				4,35KN/m
5	carico schema 5	5 KN/m ²	carico variabile	$\gamma_G=1$	$5KN/m^2*1,8m= 9,0KN/m$

La freccia in mezzzeria varia tra 4,3 cm a trave scarica a 13,2 cm a trave carica.

Con la risoluzione dell'integrale curvilineo si verifica che la lunghezza della trave varia di 3mm da trave scarica a trave carica, per cui lo scorrimento dovuto all'applicazione del carico è su ciascun appoggio 1,5mm. L'angolo sull'appoggio varia da 9,1E-3 a trave scarica a 28,3E-3 a trave scarica.

La superficie di appoggio viene conseguentemente modellata con raggio :

$$R = \Delta x / \Delta \alpha = 80mm.$$

Verifica fondazioni

Si adotta una fondazione indiretta su pali infissi.

Verifica geotecnica dei pali infissi.

- portata alla punta:

$$Q_P = q_{lim} A_P$$

nel caso di sabbia o ghiaia si può assumere:

$$q_{lim} = 400[KPa] * N_{SPT}$$

- portata laterale:

$$Q_S = f_s A_S$$

con formulazione di Meyerhof (1976) si ha

$$f_s = 2[KPa] * N_{SPT} \quad (<120KPa)$$

Le verifiche vengono effettuate (punto 6.4.3.1. NTC) secondo l'Approccio 2, con la combinazione A1 U M1 U R3, con i seguenti coefficienti di sicurezza parziali:

- A1: i carichi sono moltiplicati per i coefficienti γ_G già utilizzati per il calcolo agli STU della struttura; in tale condizione, come già calcolato, il taglio massimo della trave metallica sull'appoggio è 138,0KN, ovvero la reazione sulla fondazione è $N = 276,0KN$.

- M1: i parametri geotecnici sono moltiplicati per coefficienti unitari;

- R3: la portata di base e quella laterale sono divisi per coefficienti $\gamma_b = \gamma_s = 1,15$; la resistenza caratteristica si calcola in funzione del numero di verticali indagate dividendo il valore medio per un coefficiente che ha il suo valore massimo (per una verticale indagata) $\xi = 1,7$.

Si adottano pali infissi in acciaio S355 De=219mm sp=8mm.

Dalla lettura del profilo geognostico riportato nella relazione geologico – geotecnica, pare opportuno raggiungere lo strato a maggiori prestazioni geotecniche a profondità di c.a. 10m.

Si ottiene pertanto:

- portata alla punta:

a favore di sicurezza si assume il valore SPT registrato al di sopra di tale strato con $N_{SPT} = 28$.

$$q_{lim} = 400[KPa] * N_{SPT} = 11.200KPa$$

$$q_k = q_{lim} / 1,7 = 6588 KPa$$

$$q_d = q_k / \gamma_b = 5229KPa$$

la superficie di base per D = 219mm è $A = \pi/4*(0,219m)^2 = 0,0376m^2$

$$Q_{bd} = 0,0376m^2 * 5229KPa = 215KN$$

- portata laterale:

il valore medio lungo la profondità di infissione è $N_{SPT} = 28$

$$f_s = 2[KPa] * N_{SPT} = 56KPa$$

$$f_{sk} = f_s / 1,7 = 33 KPa$$

$$f_{sd} = f_{sk} / \gamma_b = 28,6KPa$$

la superficie laterale per D = 219mm e L=12m è $A = \pi*0,219m*12m = 8,2m^2$

$$Q_S = 28,6KPa*8,2m^2 = 236KN$$

$$Q_T = 451KN$$

Quindi già un solo palo risulterebbe sovrabbondante per l'intero carico sulla fondazione.