

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

**TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI
PROGETTO ESECUTIVO**

Rilevato Tortona sistemazioni idrauliche Ponte canale a Pk 52+637

Tratto 0

Relazione idraulica

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio Cociv Ing. N. Meistro	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 4	E	C V	R I	R I 1 9 0 3	0 0 5	A

Progettazione:

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A03	Revisione per cambio lotto	E. Caruso <i>E.C.</i>	22/03/2017	A. Nastasi <i>All</i>	22/03/2017	A.Mancarella <i>AM</i>	22/03/2017	 Consorzio Collegamenti Integrati Veloci Dott. Ing. Aldo Mancarella Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R
A01	Emissione per revisione generale	E. Caruso <i>E.C.</i>	25/09/2014	A. Nastasi <i>All</i>	25/09/2014	A. Palomba <i>AP</i>	25/09/2014	
A02	Aggiornamento Cartiglio	E. Caruso <i>E.C.</i>	25/11/2015	A. Nastasi <i>All</i>	25/11/2015	A.Mancarella <i>AM</i>	25/11/2015	

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-04-E-CV-RI-RI19-03-005-A03.DOC Relazione idraulica</p> <p style="text-align: right;">Foglio 3 di 14</p>

INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	4
2.	CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA.....	4
3.	DATI IDROLOGICI.....	5
4.	CARATTERIZZAZIONE DELLE OPERE ESISTENTI.....	6
4.1.	Portate irrigue	6
5.	VERIFICA IDRAULICA	7
5.1.	Metodologia di calcolo.....	7
5.2.	Deflusso attraverso il canale in ingresso.....	7
5.3.	Deflusso attraverso i manufatti di attraversamento o di regolazione.....	8
5.4.	Tombini esistenti	8
5.5.	Piattaforma.....	8
6.	ATTRAVERSAMENTI DI LINEA ESISTENTI.....	9
6.1.	Sintesi dati canale esistente.....	10
7.	ATTRAVERSAMENTI DI LINEA IN PROGETTO	11
7.1.	Portata di progetto	11
8.	ALLEGATO 1 VERIFICHE IDRAULICHE	13

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-04-E-CV-RI-RI19-03-005-A03.DOC Relazione idraulica</p>	<p>Foglio 4 di 14</p>

1. INTRODUZIONE

La presente relazione descrive e verifica il funzionamento dell'attraversamento idraulico previsto alla PK 52+637 di dimensioni 2X2 m della ferrovia A.C. Milano-Genova si localizza in territorio piemontese all'interno del bacino idrografico del fiume Po.

Di seguito si sintetizzano i criteri di valutazione delle portate e di verifica dell'opera di attraversamento della linea ferroviaria.

2. CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA

In generale per quanto riguarda i corpi idrici esistenti e i successivi attraversamenti si tratta essenzialmente di fossi artificiali realizzati a scopo irriguo, talvolta muniti di manufatti per la ripartizione/regolazione della portata di alimentazione. Essi possono assolvere a diverse funzioni:

- a) adduzione delle portate necessarie all'alimentazione delle reti irrigue delle varie parcelle;
- b) distribuzione nelle singole parcelle dell'acqua fornita dai fossi di cui sopra;
- c) raccolta e smaltimento delle portate residue non utilizzate per le pratiche irrigue.

Alle finalità irrigue può sommarsi o meno la raccolta delle acque meteoriche defluenti dalle varie porzioni di territorio sotteso dal tracciato dei corpi idrici, in funzione della geometria delle sponde dei fossi stessi, che possono essere:

- pensili: ossia delimitate da modesti rilevati arginali con sommità superiore al piano campagna che di fatto impediscono la raccolta delle acque superficiali;
- a raso: ossia raccordate al piano campagna circostante che consentono quindi la raccolta delle acque superficiali.

In generale i fossi di tipo a) consentono il deflusso di portate significative, presentano pendenze di fondo prossime al limite superiore individuato (4-5 ‰) essendo orientati all'incirca secondo la massima pendenza del piano campagna e attraversano le infrastrutture presenti mediante manufatti con sezione di deflusso proporzionata a quella del fosso stesso.

I fossi di tipologia b) sono invece caratterizzati da sezioni di deflusso sensibilmente inferiori a quelle della tipologia a) ma comunque rilevanti in quanto assolvono alla funzione di invasare i volumi di acqua che successivamente vengono sollevati meccanicamente mediante sistemi di irrigazione mobile (pompe azionate da trattori che alimentano irrigatori a pioggia).

Proprio per la loro funzione di invaso, pur presentando sezioni di deflusso rilevanti, non sono interessati da portate elevate ed i relativi manufatti di attraversamento hanno in generale delle sezioni utili decisamente inferiori a quelle dei fossi stessi.

Per quanto riguarda la tipologia c), i fossi scaricatori presentano in generale sezioni di deflusso ampie e manufatti di attraversamento proporzionati a queste ultime, dovendo raccogliere, oltre alle portate irrigue residue, anche la quota parte delle portate meteoriche drenate dal reticolo idrografico.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RI-RI19-03-005-A03.DOC Relazione idraulica
	Foglio 5 di 14

Queste ultime non sono in genere elevate data la morfologia poco acclive (quasi orizzontale) dei bacini tributanti, nonché la netta rilevanza delle superfici inerbite e drenanti rispetto a quelle pavimentate e impermeabili.

Per tale motivo, pur non essendo presente una vera rete drenante e pur essendovi preponderanza di fossi con sponde pensili (quindi non in grado di raccogliere gli afflussi meteorici) non si segnalano allo stato attuale situazioni critiche, in termini di allagamento delle superfici, anche nel corso di eventi pluviometrici intensi.

3. DATI IDROLOGICI

I dati idrologici con tempo di ritorno 100 anni sono desumibili dalla *relazione pluviometrica del progetto definitivo* approvato, eseguita con la regionalizzazione dell'informazione pluviometrica intensa di durate inferiori all'ora su celle di area pari a 1 km². I parametri delle curve di possibilità pluviometrica

$$h = a t^{n'}$$

relative a TR=100 anni, sono riportati di seguito

Tratta di linea		Durata	a	n'
Da km	A km	(ore)	mm/ora	
44+200	53+840	1	75.37	0.276
		0.5	74.94	0.276
		0.25	73.90	0.276

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-04-E-CV-RI-RI19-03-005-A03.DOC Relazione idraulica</p> <p>Foglio 6 di 14</p>

4. CARATTERIZZAZIONE DELLE OPERE ESISTENTI

Di seguito si descrive la metodologia seguita per la definizione delle portate di progetto da assumersi per il dimensionamento delle opere idrauliche previste nell'ambito della realizzazione della linea ad Alta Capacità per i bacini minori.

Si è provveduto a definire separatamente i valori delle portate irrigue e/o smaltibili e di quelle di piena idrologica relative ad ogni corpo idrico indagato, definendo poi le portate di progetto, in relazione alle tipologie sopraesposte:

- portata di progetto uguale alla portata irrigua per i fossi destinati alla sola funzione irrigua
- portata di progetto pari alla portata di piena idrologica per i fossi aventi la sola funzione di drenaggio dei bacini circostanti;
- portata di progetto pari alla maggiore tra la portata irrigua e quella idrologica per i fossi aventi funzionalità mista.

Le portate di base per il calcolo delle portate di progetto da assumersi sono state determinate secondo i principi descritti di seguito.

Si consideri che il solo bacino scolante dell'area di progetto è lo scolmatore della Roggia Cerca, gli altri sono solo irrigui.

4.1. Portate irrigue

In assenza di precise indicazioni da parte degli enti gestori del sistema irriguo le portate sono state definite analizzando la capacità di deflusso dei corpi idrici e dei manufatti esistenti (come meglio illustrato al paragrafo seguente) studiando il reticolo per tratti omogenei, compresi generalmente tra due nodi, e verificando:

- la portata massima defluibile dal sistema di alimentazione del tratto (partitori, paratoie ecc.);
- la portata massima defluibile nelle differenti sezioni trasversali d'alveo lungo il tratto indagato;
- la portata massima defluibile nei manufatti di attraversamento esistenti.

Successivamente è stata assunta, quale portata irrigua, quella in arrivo alle opere in progetto assumendo di fatto che il sistema esistente sia dimensionato correttamente e venga gestito in modo tale da non creare situazioni di criticità per quanto riguarda il superamento della portata ammissibile e che l'eventuale acqua in più in arrivo si disperda nelle campagne.

Di seguito si descrivono in dettaglio le metodologie di calcolo utilizzate per la determinazione delle portate sopraesposte, con riferimento alle differenti tipologie di manufatti analizzati.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-04-E-CV-RI-RI19-03-005-A03.DOC Relazione idraulica</p> <p>Foglio 7 di 14</p>

5. VERIFICA IDRAULICA

5.1. Metodologia di calcolo

La metodologia utilizzata per la verifica dei tombini in progetto è quella di calcolare la portata in arrivo nel canale di monte, che poi si immette nel tombino in progetto. L'idea è quella di stimare la massima portata che affluisce al tombino attraverso il canale esistente. Infatti il tombino sotto la ferrovia dovrà essere in grado di smaltire l'acqua in arrivo dal canale mantenendo un franco pari al 30% della luce utile. L'ipotesi è che l'acqua portata dal canale a sezione piena transiti nel tombino, quella che eventualmente deborda prima di arrivare al tombino andrebbe ad impegnare le campagne circostanti. Questa metodologia è applicata ai fossi irrigui cioè laddove non si ha la possibilità di chiudere bacini scolanti.

Nel presente progetto esistono diversi casi in cui il fondo scorrimento dei tombini in progetto è incassato rispetto a quello del canale di valle che riceve le acque dal tombino sotto la ferrovia. Ciò perché esiste una dimensione minima accettata al di sotto della ferrovia e per questo motivo, la luce utile del tombino sarà inferiore rispetto a quella nominale. Una parte della luce non verrà considerata nella verifica idraulica, cioè non verrà considerata disponibile al deflusso. In definitiva, il gradino in uscita tra il fondo scorrimento del tombino e il fondo del canale sarà considerato inattivo. Il canale di valle non potrà ovviamente essere approfondito perché nella maggior parte dei casi le quote di recapito sono obbligate dall'esistente. Molto spesso le opere di valle sono di dimensione di molto inferiore a quelle delle opere in progetto, le quali rispondono al criterio del manuale di progettazione che prevede la dimensione minima di Ø1500 e non prevede l'utilizzo di scatolari ribassati.

Gli step di calcolo per la verifica dei tombini sono dunque i seguenti:

- Stima della portata transitante nel canale esistente in arrivo al tombino in progetto, a sezione piena al 90%
- Costruzione del tombino previsto e canale di uscita, con valutazione dell'eventuale gradino in uscita e valutazione dell'altezza della zona inattiva eventuale
- Calcolo della portata transitante nel tombino con la sola luce utile depurata dall'altezza inattiva
- Verifica del franco del tombino costruito con un non superamento del grado di riempimento del 70%, con la portata derivante dal canale in ingresso
- Verifica del canale in uscita con la medesima portata afferente

I dati utilizzati sono quelli di topografia disponibili da progetto definitivo e successive integrazioni.

5.2. Deflusso attraverso il canale in ingresso

La portata defluente nel canale in ingresso è stata calcolata con la formula di Chèzy dove:

- Q: portata in moto uniforme, in m³/s;
- Ω: area bagnata della sezione di deflusso, in m²;

$$Q = \frac{1}{n} \Omega R^{3/2} i^{1/2}$$

- R: raggio idraulico, in m;
- i: pendenza longitudinale del fondo scorrevole, in m/m.
- n è il coefficiente di scabrezza di Manning 35 m^{1/3}/s per i fossi in massi ed in terra, 66 per i canali in cls (0.028 m^{1/3} s e 0.015).

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RI-RI19-03-005-A03.DOC Relazione idraulica
	Foglio 8 di 14

Poiché si considerano tratti di canale sostanzialmente a pendenza costante il livello d'acqua utilizzato per la verifica è quello corrispondente al deflusso della portata in moto uniforme. La portata di progetto si considera dunque quella che transita nel canale in ingresso con un riempimento del 90%.

5.3. Deflusso attraverso i manufatti di attraversamento o di regolazione

La formulazione utilizzata per la determinazione della portata massima smaltibile dai manufatti di attraversamento o dalle paratoie dei manufatti partitori è quella dello stramazzo a larga soglia. Il metodo utilizzato prescinde dalla effettiva pendenza del fondo scorrevole dell'opera (che viene considerato orizzontale) e quindi si presta a rappresentare, in via cautelativa ma fedele, il funzionamento dei manufatti inseriti in un reticolo irriguo caratterizzato da manufatti di lunghezza molto esigua (generalmente dell'ordine di pochi metri) inseriti in un contesto di pendenze di fondo medie del sistema alquanto modeste.

5.4. Tombini esistenti

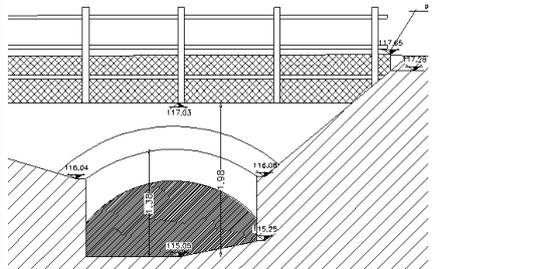
Per il calcolo della portata defluibile attraverso tombini scatolari o circolari viene utilizzata sempre la formula di Chezy sopra riportata.

5.5. Piattaforma

I contributi della piattaforma vengono calcolati nell'idraulica di piattaforma per la cui metodologia si rimanda alla relazione della singola WBS. Essi vengono gestiti da canalette e fossi in piattaforma

6. ATTRAVERSAMENTI DI LINEA ESISTENTI

Di seguito si riporta la foto e la dimensione dell'opera di attraversamento esistente manufatto GM3.

Caratteristiche geometriche manufatto di attraversamento			
<i>a</i> Ad arco			
Base b	2,10	m	
Altezza h	1,00	m	

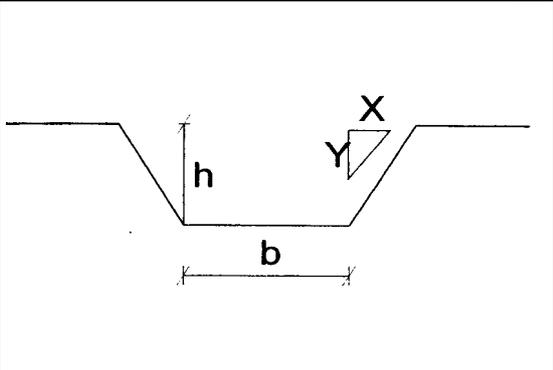


6.1. Sintesi dati canale esistente

Di seguito si riportano i dati e la foto relativi al fosso di uscita del tombino tombino. La denominazione del fosso è ripresa dal progetto definitivo. Attualmente non si hanno indicazioni in merito al fosso di arrivo al tombino esistente.

Fosso pensile 2A

Caratteristiche geometriche sezione tipo esistente		
Geometria	Trapezio	
Base b	2,10	m
Altezza h	1,70	m
Pendenza sponda (X/Y)	1/2	
Pendenza media di fondo alveo	0.2	m/m



Uscita del tombino esistente



Applicando la metodologia descritta precedentemente si arriva ai seguenti valori di portata per ciò che riguarda il fosso in uscita

PK	Provenienza acque	Fosso n.	Note	Sezione fosso in arrivo	I % m/m	Q fosso in uscita mc/s
52+637	Irriguo	2A		Trap 2.1X1.70	0.2	6.03

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RI-RI19-03-005-A03.DOC Relazione idraulica
	Foglio 11 di 14

7. ATTRAVERSAMENTI DI LINEA IN PROGETTO

RI19

T-R19-4: scatolare di dimensioni 2X2 m per l'attraversamento della linea in sostituzione del ponte canale esistente. Il tombino in progetto presenta un riempimento di 43 cm, in quanto per rispettare il vincolo della Roggia Cerca sottostante e rispettare le verifiche strutturali che la soletta della Roggia stessa impone, il fondo scorrimento del tombino sarà sopraelevato di 43 cm lasciando un'altezza utile di 1.57 m. Ciò da origine ad un'area inferiore di cui si tiene conto nelle verifiche idrauliche. Il tombino viene leggermente traslato rispetto alla sua sede esistente e poi ricollegato in uscita con un canale. L'imbocco è un canale rettangolare di base 2 m in cls e si sviluppa per 17 m. Il canale in uscita si sviluppa per 43 m in nuova sede e per 57 m in sede esistente.

7.1. Portata di progetto

Roggia Laciazzolo

Di seguito si riporta la portata di progetto utilizzata per la verifica del tombino in oggetto, calcolata valutando la portata che transita oggi nel tombino esistente, non avendo informazioni in merito al canale in arrivo. Il tombino di forma ad arco è stato assimilato a uno scatolare 2.1X1.0 m con pendenza 0.2% dedotta dai rilievi topografici e riempimento al 70%. La verifica del tombino in progetto è riportata in allegato 1.

Tombino	PK	Tipologia	Q progetto mc/s	Q piattaforma mc/s		
T.R19-4	52+637	2.1X1.0	2.46	0		

Tra la portata irrigua e quella di piattaforma, qualora l'attraversamento serva sia per dare continuità a un fosso irriguo sia che per lo scarico delle acque di piattaforma, in accordo con il PD, si considera per le verifiche la portata maggiore tra le due. Il canale in uscita avrà dimensioni 1.5X1 m di forma trapezia.

Roggia Cerca

La metodologia da utilizzare per il calcolo idrologico di piena è quella indicata nel P.A.I. dall'Autorità di bacino del fiume Po.

Il calcolo idrologico di piena è stato eseguito per tempi di ritorno di 50, 200, 500 anni.

Le interferenze idrauliche con la Linea A.C. è costituita da un bacino scolante denominato N. 23, che risulta essere parallelo alla linea attuale e si sovrappone al progetto di allargamento della piattaforma previsto.

Le principali caratteristiche fisiografiche dei bacini, sottesi alla Linea A.C., sono di seguito riportate.

Bacino n.23

S (km²)	3.45
Hmax (m slm)	127.00
Hmed (m slm)	121.00
Hsez (m slm)	116.00
L (km)	3.44
i asta (%)	0.2

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RI-RI19-03-005-A03.DOC Relazione idraulica
	Foglio 12 di 14

I valori di pioggia, provenienti dalla media delle celle regionalizzate su griglia 4 km², utilizzati sono i seguenti.

AG_50	NG_50	AG_200	NG_200	AG_500	NG_500
56.74	0.295	69.43	0.294	77.80	0.293

N°	Denominazione	Lunghezza asta	Pendenza asta	Superf.	Q50	Q200	Q500
[-]	[-]	[km]	[%]	[km ²]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
23	Scaricatore Roggia Cerca	3.44	0.20	3.45	5.14	6.28	7.03

Di seguito si riporta la verifica idraulica di ciascun elemento.

8. ALLEGATO 1 VERIFICHE IDRAULICHE

Verifica tombino esistente manufatto GM3 (ponte canale sotto ferrovia)

h	1							
B = m	2.1			s = 0	B/H			h1
n =	0.0150			i = 0.00200			0.100	h2
Passo = m	0.10000			Q 0	Risolti			l
					0.16			
hu	A	R	X	V	Q	Fr	E	
m	m2			m/s	m3/s		m	
0.00	0.00	0.00	23.21	0.04	0.000	0.331	0.00	
0.10	0.21	0.09	44.86	0.61	0.131	0.612	0.12	
0.20	0.42	0.17	49.58	0.91	0.387	0.648	0.24	
0.30	0.63	0.23	52.35	1.13	0.718	0.659	0.37	
0.40	0.84	0.29	54.26	1.31	1.104	0.659	0.49	
0.50	1.05	0.34	55.68	1.45	1.529	0.654	0.61	
0.60	1.26	0.38	56.80	1.57	1.986	0.647	0.73	
0.70	1.47	0.42	57.71	1.67	2.467	0.638	0.84	

Tombino esistente pieno al 70%

Di seguito si riporta la verifica dello scatolare 2X2 m

h	1.57							
B = m	2			s = 0	B/H			h1
n =	0.0150			i = 0.00200			0.100	h2
Passo = m	0.10000			Q 2.46	Risolti			l
					2,459.67			
hu	A	R	X	V	Q	Fr	E	
m	m2			m/s	m3/s		m	
0.73	1.46	0.42	57.75	1.68	2.460	0.627	0.88	

h= altezza di moto uniforme

A=area

R= raggio idraulico

X=scabrezza

V=velocità

Q=portata

Fr=numero di Froude

Il riempimento di seconda fase è di 43 cm quindi rimangono 1.57 m di altezza utile. Il riempimento è di $0.73/1.57=46\%$ quindi verificato..

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RI-RI19-03-005-A03.DOC Relazione idraulica
	Foglio 14 di 14

Verifica Roggia Cerca tratto ponte canale

h	1						
B = m	4		s = 0		B/H		h1
n =	0.0150		i = 0.00200			0.100	h2
Passo = m	0.50000		Q 6.28		Risolvi		l
					6,279.74		
hu	A	R	X	V	Q	Fr	E
m	m2			m/s	m3/s		m
0.78	3.10	0.56	60.51	2.02	6.280	0.733	0.98

Riempimento $0.78/0.87=89\%$. Si ritiene accettabile tale valore considerando che si tratta della portata duecentennale, largamente cautelativa per un'opera non collocata sotto la linea ferroviaria in progetto.