

AUTOSTRADA (A1): MILANO - NAPOLI

MILANO SUD - LODI

AMPLIAMENTO ALLA QUARTA CORSIA

PROGETTO ESECUTIVO

NOTA TECNICA

RISCONTRO ALLA PRESCRIZIONE A.5.3.1

Rif. D.M. n. 0000385 del 31.12.2013	Prescrizione 5.3.1	
Oggetto	la localizzazione, l'assetto planimetrico e il dimensionamento del sistema di presidio idraulico; i presidi dovranno essere realizzati con una tipologia naturaliforme;	
Risoluzione nel progetto per C.d.S.	I presidi idraulici, ove previsti, sono costituiti da fossi al piede rivestiti con manufatto di controllo a setti terminale	
Risoluzione nel Progetto Esecutivo	Tutti i fossi recapitanti nei ricettori finali sono dotati di manufatto con setto disoleatore per il controllo qualitativo degli scarichi. I presidi sono stati sviluppati in calcestruzzo per garantirne la funzionalità e la durabilità.	
Elaborati di riferimento		Drenaggio di Piattaforma
	IDR 0051	Relazione idraulica di piattaforma
	IDR 0052	Planimetria idraulica drenaggio di piattaforma
	IDR 0053	Planimetria idraulica drenaggio di piattaforma
	IDR 0054	Planimetria idraulica drenaggio di piattaforma
	IDR 0055	Planimetria idraulica drenaggio di piattaforma
	IDR 0056	Planimetria idraulica drenaggio di piattaforma
	IDR 0057	Planimetria idraulica drenaggio di piattaforma
	IDR 0058	Planimetria idraulica drenaggio di piattaforma
	IDR 0059	Planimetria idraulica drenaggio di piattaforma
	IDR 0060	Planimetria idraulica drenaggio di piattaforma
	IDR 0061	Planimetria idraulica drenaggio di piattaforma
	IDR 0063	Particolari costruttivi sistema di drenaggio
	IDR 0064	Particolari costruttivi sistema di drenaggio
	IDR 0069	Manufatti di controllo
IDR 0070	Manufatti di controllo	
Eventuali pareri ufficiali		
Verifica di ottemperanza	Ottemperata	

PREMESSA

I presidi idraulici previsti in progetto sono costituiti dai fossi al piede dei rilevati. I fossi sono di due tipi: inerbiti e rivestiti. Ove il volume di invaso era tale da non consentire l'impiego del fosso o per ragioni di spazio, è stato previsto il canale rettangolare in cls. Tutti i fossi, nel punto di scarico nel ricettore finale, sono dotati di manufatto con setto disoleatore per il controllo qualitativo degli scarichi. I manufatti di controllo sono realizzati in cls.

Nei paragrafi successivi si illustra più nel dettaglio la geometria dei fossi e dei canali rettangolari e si spiega l'impiego di una tipologia piuttosto che di un'altra nei vari ambiti del progetto. Infine, si riporta il dettaglio dei manufatti di controllo.

SISTEMA DI LAMINAZIONE

1.1 FOSSI DI GUARDIA

I fossi di guardia e di laminazione sono stati dimensionati in modo tale da garantire la laminazione della portata di dilavamento meteorico convogliata dagli elementi di drenaggio e lo scarico controllato all'interno dei ricettori finali.

Sono previsti fossi inerbiti trapezi con sponde inclinate 3/2 (Figura 1), fossi rivestiti in cls trapezi con sponde inclinate 1/1 (Figura 2) e canalette rettangolari in cls (Figura 3), le dimensioni sono riportate in Tabella 1.

Da una attenta analisi degli strumenti urbanistici comunali vigenti è emersa la presenza di più pozzi idropotabili in prossimità del tracciato, in particolare in corrispondenza dell'area di servizio di San Zenone, per essi viene definita una fascia di rispetto di 200 m all'interno della quale non è possibile effettuare lo scarico delle acque tramite infiltrazione nel terreno, dato che potrebbero contaminare le acque di emungimento dei pozzi stessi. Al fine di evitare eventuali infiltrazioni dell'acqua presente nei fossi, quelli interferenti con le aree di rispetto dei pozzi dovranno quindi essere in ogni caso rivestiti.

Nella zona di interconnessione con la TEEM (tra le progressive 10+300 e 11+100) la piattaforma stradale è già predisposta per la quarta corsia, l'area impermeabile non verrà quindi aumentata rispetto all'esistente. Dove possibile, coerentemente con il progetto esecutivo in oggetto, sono previsti dei fossi di laminazione con i relativi manufatti. Nelle tratte in cui le quote dei recapiti non sono risultate compatibili con il in progetto saranno invece mantenuti i fossi esistenti poiché, non essendoci aumento dell'area pavimentata, l'invarianza idraulica è comunque assicurata.

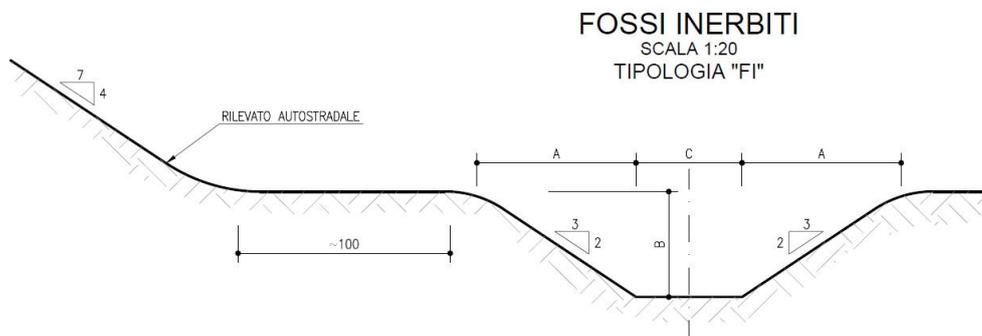


Figura 1 – Fossi di guardia inerbiti

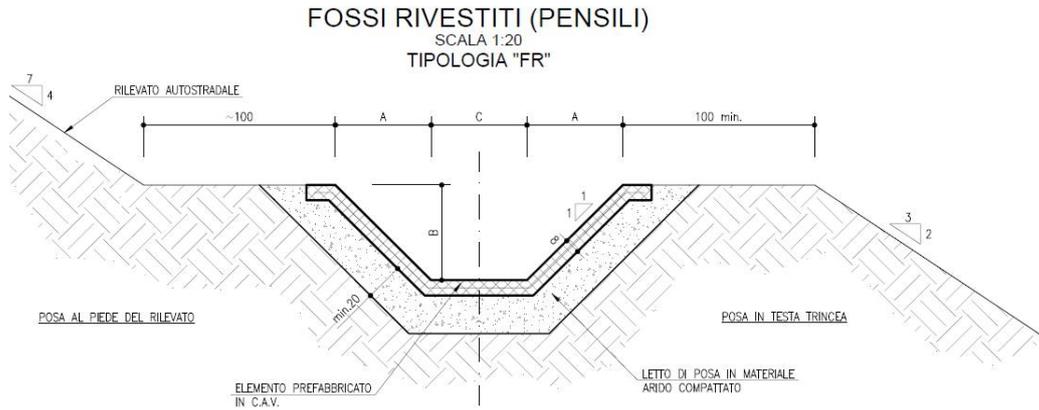


Figura 2 – Fossi di guardia rivestiti

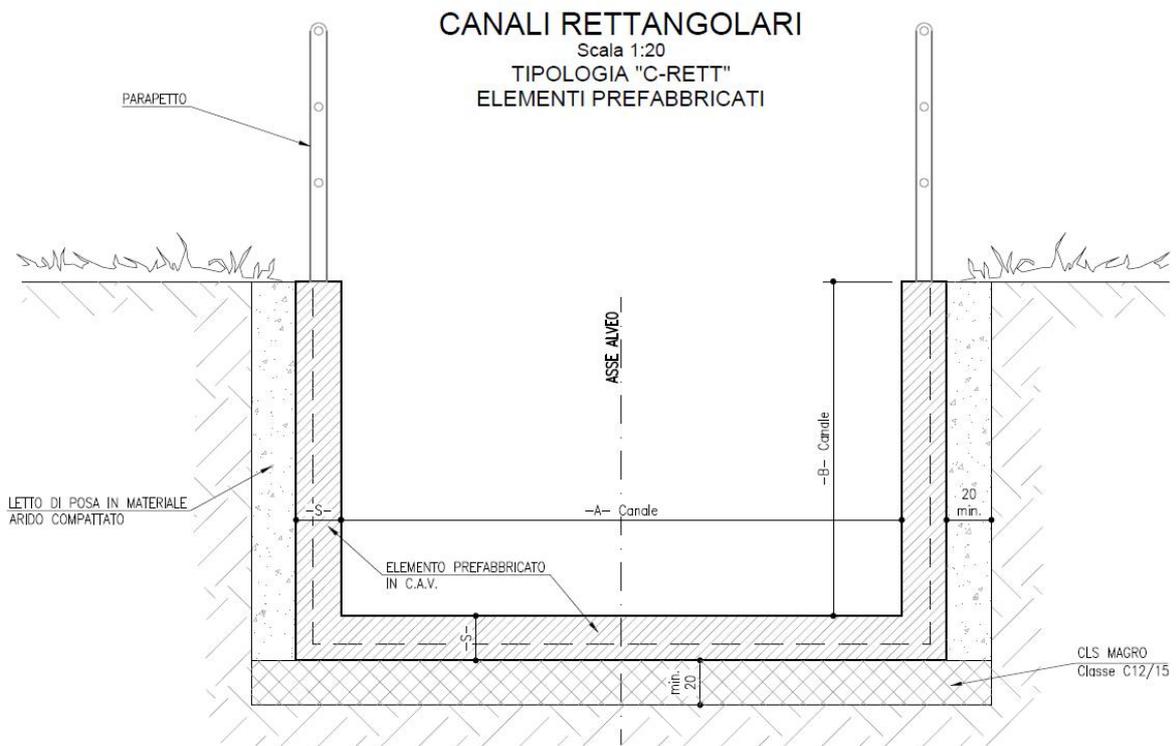


Figura 3 – Fossi di guardia rettangolari.

Tabella 1 – Dimensioni caratteristiche dei fossi di guardia

	A [m]	B [m]	C [m]
FOSSI INERBITI			
F11A	0.75	0.5	0.5
F11B	0.75	0.5	0.75
F12	1.125	0.75	0.75
F13	1.125	0.75	1
F14	1.5	1	1
FOSSI RIVESTITI			

FR1	0.5	0.5	0.5
FR2	0.75	0.75	0.75
FR3	1	1	1
FR4	1	1	1.25
FR5	1.20	1.20	1.20
CANALETTE RETTANGOLARI			
C-RETT1	1	0.5	
C-RETT2	1.5	0.75	
C-RETT3	2	1	
C-RETT4	3	1.2	
C-RETT5	3.75	1.2	
C-RETT6	3.75	1.4	

Con riferimento alla tipizzazione sopra riportata, la distribuzione lungo la tratta risulta la seguente:

Tabella 2 - Distribuzione percentuale assoluta dei fossi lungo la tratta

	Lunghezza (m)	Percentuale
FI	6488	32.61%
FR	11121	55.90%
C-RETT	2285	11.49%

Come si può vedere c'è una preponderanza di fossi rivestiti in calcestruzzo, soprattutto di tipologia FR ovvero di sezione trapezia. La ragione principale di questa scelta progettuale è dettata dal fatto che, considerando il contesto territoriale in cui si inserisce l'infrastruttura, la maggior parte dei recapiti è costituita da fossi ad uso promiscuo sia di irrigazione che di bonifica e pertanto si è cercato di recapitare sempre al disopra del 90% del riempimento del ricettore finale di modo che, anche durante la stagione irrigua, ovvero quando il livello di invaso nei canali raggiunge il suo massimo, sia garantito il funzionamento del sistema di laminazione in assenza di fenomeni di rigurgito nel fosso autostradale. Tale aspetto è stato oggetto di approfondimento con il consorzio della Muzza e la soluzione è stata condivisa proprio per evitare sottrazione di volumi d'acqua all'interno dei fossi durante il periodo irriguo. Parimenti, con il consorzio della Muzza è stato approfondito il tema dei limiti allo scarico che ha portato a definire i volumi di laminazione, per evitare esondazione dei ricettori anche quando questi ultimi sono a riempimento massimo.

Con questi presupposti e considerando che in un contesto pianeggiante come quello del progetto la dimensione e la profondità della maggior parte dei recapiti sono paragonabili a quella dei presidi autostradali, è stato necessario rendere la maggior parte dei fossi pensili sul piano campagna. Pertanto, al fine di garantire la tenuta idraulica, la durabilità e le operazioni di manutenzione e pulizia (rimozione dei sedimenti), si è scelto di prevedere il rivestimento in calcestruzzo per tutti i fossi pensili. Con il consorzio della Muzza è stato anche condiviso il problema dei roditori che danneggiano e scavano le sponde di fossi e canali in terra, danno ancora più grave se il fosso si presenta sopra piano campagna, per cui anche questo fattore ha fatto pendere per il rivestimento dei fossi pensili.

Oltre ai criteri sopra menzionati, si può notare come per circa 350m i fossi ricadono all'interno della fascia di rispetto di alcuni pozzi idropotabili, ove quindi è stato necessario progettare fossi rivestiti in calcestruzzo a tutela dell'acquifero.

I canali rettangolari in calcestruzzo C-RETT sono stati invece utilizzati con le stesse finalità dei fossi a sezione trapezia ma in quei punti nei quali lo spazio risulta limitato, come ad esempio in affiancamento all'Alta Velocità oppure nei pressi dell'area di servizio San Zenone.

Rivedendo quindi le quantità dei fossi/presidi, eliminando i canali rettangolari e circa 350m di fosso rivestito dovuto alla presenza dei pozzi idropotabili, si hanno le seguenti incidenze.

Tabella 3 - Distribuzione percentuale ponderata dei fossi lungo la tratta

	Lunghezza (m)	Percentuale
FI	6488	37.59%
FR	10771	62.41%
C-RETT	0	0.00%
Totale	17259	

1.1.1 Dimensionamento dei fossi di guardia con scarico nei fossi privati

I fossi di guardia che recapitano le acque di piattaforma nei fossi privati sono stati dimensionati in maniera tale che possano garantire l'invarianza idraulica ovvero dovranno laminare la portata meteorica relativa alla quarta corsia autostradale in progetto. La portata scaricata sarà quindi la stessa che attualmente viene scaricata dall'autostrada a tre corsie.

1.1.2 Dimensionamento dei fossi di guardia con scarico nei fossi del consorzio Muzza – Bassa Lodigiana

Per i fossi di guardia che scaricano nei canali per i quali il consorzio Muzza – Bassa Lodigiana ha fornito le portate massime, la portata in uscita è stata impostata ed è stato calcolato di conseguenza il volume di laminazione necessario.

Qui si riporta una tabella riassuntiva dove per ognuno dei fossi di competenza del Consorzio Muzza – Bassa Lodigiana vengono riportate:

- Q_{max} : portata massima scaricabile fornita dal Consorzio,
- $Q_{invarianza}$: portata scaricata dell'area pavimentata esistente (tre corsie);
- $Q_{scaricata}$: portata scaricata a valle della laminazione.

Tabella 4: Riassunto delle portate di riferimento e scaricate per i fossi di competenza del Consorzio Muzza – Bassa Lodigiana.

	Progressiva	Q_{max} [m ³ /s]	$Q_{invarianza}$ [m ³ /s]	$Q_{scaricata}$ [m ³ /s]	FOSSI ASSE NORD	FOSSI ASSE SUD
CAVO LORINI MAROCCO	13+262,44	0.29	-	-	-	-
ROGGIA MAESTRA	13+777,67	0.08	0.03	0.03	FN42	FS53
ROGGIA S.MARIA NUOVA	14+704,33	0.08	0.24	0.08	FN48	FS41
ROGGIA BADIA	17+176,35	0.12	0.29	0.12	FN55	F49 - FS50
ROGGIA ASTESANA	17+319,37	0.08	0.42	0.08	FN56 – FN57	FS51 - FS52
ROGGIA TRIULZA	17+759,47	0.06	0.15	0.03	FN58	-
CAVO SILLARO SALERANO	18+432,94	0.26	0.31	0.26	FN63 – FN64	FS57 – FS58
ROGGIA BALZARINA	19+892,09	0.05	0.15	0.05	FN68	FS66 – FS67
CAVO SILLARO BARGANA	19+993,62	0.05	0.15	0.05	FN69 – FN70	FS68
ROGGIA URBANA	20+075,08	0.09	0.12	0.09	FN71	FS69
ROGGIA DENTINA	20+237,00	0.05	0.04	0.04	FN72	-
ROGGIA VITALONA	20+645,98	0.10	0.53	0.10	FN73	FS70
CAVO MUZZINO RAMO S.BASSIANO	20+802,71	0.10	0.19	0.10	FN74	FS71
ROGGIA BARBAVARA	21+327,10	0.33	0.75	0.32	FN76 – FN77 – FN78	FS74 – FS75 – FS76

Si nota come la $Q_{invarianza}$, che corrisponde alla portata scaricata nel caso di recapito nei fossi privati, non soddisfi quasi mai la Q_{max} imposta dal Consorzio. Gli unici corsi d'acqua per cui la portata ottenuta applicando il criterio dell'invarianza idraulica sono la Roggia Maestra e la Roggia Dentina.

1.1.3 Dimensionamento dei fossi di guardia con scarico nel Fiume Lambro

I fossi che recapitano la portata meteorica nel Fiume Lambro sono stati dimensionati in modo tale da garantire lo stoccaggio dell'intero volume meteorico di dilavamento dell'autostrada durante le piene del Fiume Lambro. Inoltre, in condizioni di funzionamento normale la portata in uscita è stata posta pari a 20 l/s per ettaro impermeabile per l'intera area impermeabile.

I fossi sono stati dimensionati in modo da avere un volume tale da consentire l'accumulo dell'evento meteorico con Tr di 25 anni per le 4 ore di esondazione del Fiume Lambro. I manufatti di scarico, descritti nel successivo paragrafo saranno dotati di una paratoia automatizzata per l'isolamento dei fossi in occasione degli eventi di piena del Lambro.

Per questi fossi è stata assunta una pendenza dello 0.05% e un riempimento massimo del 90% in modo tale da massimizzare il volume di invaso minimizzando le dimensioni dei fossi.

L'idrogramma di piena utilizzato per il dimensionamento dei fossi è stato calcolato mediante il metodo della corrivazione considerando un evento meteorico di durata 4 ore e i parametri delle LSPP relativi ad un periodo di ritorno di 25 anni.

Nella seguente tabella sono riassunti i risultati ottenuti per i fossi in zona Lambro in particolare:

- Lunghezza del fosso [m],
- Superficie pavimentata afferente [m²],
- Superficie permeabile afferente [m²],
- $W_{METEO\ MAX}$ Volume meteorico da stoccare durante gli eventi di piena [m³],
- Tipo di fosso,
- Area media utile del fosso [m²],
- Pendenza del fosso [%],
- Volume utile fosso [m³].

Tabella 5 – Tabella riassuntiva dei fossi di guardia che scaricano nel Lambro.

	SPONDA LAMBRO	Lunghezza fosso	Superficie pavimentata	Superficie permeabile	W METEO MAX	FOSSO	Area media utile fosso	i fosso	W UTILE FOSSO
		[m]	[m ²]	[m ²]	[m ³]			[%]	[m ³]
FN33 bis	DESTRA	PARZIALMENTE ESISTENTE							
FN34.1	DESTRA	213	5887	639	461.2	C-RETT5	3.54	0.05	754.8
FN34.2	DESTRA	185	5113	55	378.5	FR5	2.35	0.05	434.6
FN35.1	SINISTRA	85	5085	680	404.0	C-RETT6	4.8	0.05	408.0
FN35.2	SINISTRA	220	5020	1100	417.8	FR5	2.35	0.05	516.8
FN36	SINISTRA	229	4800	2015.2	442.0	FR5	2.35	0.05	537.9
FN37	SINISTRA	120	5700	900	458.9	C-RETT5	4.01	0.05	481.5
FS27	DESTRA	500	13350	1750	1059.1	FR5	2.14	0.05	1068.1
FS28	SINISTRA	105.5	4500	1899	414.8	C-RETT5	4.01	0.05	423.3
FS29	SINISTRA	176	4800	2640	469.5	C-RETT4	3.17	0.05	557.0
FS30	SINISTRA	187	4400	1589.5	393.8	FR5	2.36	0.05	442.3

In destra idraulica del Fiume Lambro sono stati studiati i seguenti fossi:

- FN33bis Esistente: viene utilizzato il fosso esistente, ripristinato per i primi 190 m, e viene posizionato un manufatto di controllo prima dello scarico. La portata laminata viene convogliata, attraverso il tombino esistente, al fosso F27 e quindi al Lambro.
- FN34.1 e FN34.2: si tratta di un unico fosso tra le pk 11+236 e 11+634 Asse Nord suddiviso in una prima parte di monte rettangolare di tipo C-RETT 5 e lunghezza 213 m, in modo tale da adattarsi al terreno esistente, e da un tratto di valle con sezione trapezoidale di tipo FR5 e lunghezza di 185. A valle del manufatto

di controllo è collocato un tratto di fosso rivestito che termina in un mezzo-tubo in acciaio zincato ondulato DN1000 che convoglia la portata laminata al fosso affluente al Fiume Lambro riducendo l'energia della corrente.

- FS27: si tratta di un fosso di tipo FR5 lungo 500 m. A valle del manufatto di controllo la portata laminata viene convogliata tramite un tratto di fosso di tipo FR5 e lunghezza di circa 26 m ad un manufatto dove viene effettuato il salto di quota necessario. Lo scarico finale avviene attraverso un mezzo-tubo in acciaio zincato ondulato DN1000.

In sinistra idraulica del Fiume Lambro sono presenti dei fossi irrigui da ripristinare in adiacenza al rilevato stradale, inoltre il terreno non è regolare ma presenta delle banche con salti di quota di 2/3 m. Si è reso quindi necessario studiare un sistema in cui i fossi di guardia e di laminazione scaricano nei fossi irrigui ripristinati e quindi nel Lambro. In corrispondenza dei salti di quota sono stati collocati degli appositi manufatti di salto.

In condizioni normali, ovvero non in corrispondenza di piena del Lambro i fossi sopra descritti funzionano come normali fossi di laminazione dove:

- come area pavimentata di progetto è stata considerata l'intera area pavimentata da cui viene calcolata la $Q_{\text{laminazione}} = 20 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$ considerando un valore del coefficiente di deflusso ϕ pari a 1
- come area esistente è stata considerata la superficie permeabile da cui viene calcolata la $Q_{\text{esistente}}$ considerando un valore del coefficiente di deflusso ϕ pari a 0.6
- la portata in uscita è quindi data da $Q_{\text{laminazione}} + Q_{\text{esistente}}$

1.2 MANUFATTI DI CONTROLLO

In prossimità dello scarico dei fossi di guardia e di laminazione sono presenti dei manufatti disoleatori in calcestruzzo per il controllo qualitativo e quantitativo della portata meteorica scaricata nei ricettori finali.

Tale manufatto è dotato di una bocca tarata, con funzionamento sotto battente, che permette di regolare la portata in uscita limitandola al valore massimo consentito dal gestore del recapito. Grazie alle condizioni di calma che si instaurano all'interno del fosso a causa dell'accumulo imposto dalla laminazione, le sostanze sedimentabili si depositano sul fondo del presidio e le sostanze leggere si dispongono in superficie per gravimetria e vengono quindi intercettate e trattenute dalla lama disoleatrice.

I manufatti sono costituiti da due comparti:

- un primo tratto di lunghezza 1.20 m e altezza e larghezza variabili in base al fosso in arrivo, per il trattamento qualitativo delle acque di scarico,
- un secondo tratto di lunghezza 1.75 m con gli elementi necessari per lo scarico controllato della portata meteorica nel ricettore finale.

La sezione tipologica dei manufatti è illustrata in Figura 4.

In corrispondenza dei fossi che scaricano nel Fiume Lambro al manufatto viene aggiunta una paratoia di dimensioni 0.50x0.50 m appena prima dell'imbocco del collettore di scarico in modo tale da garantire l'isolamento dei fossi durante l'evento di piena del fiume così come illustrato in Figura 5.

Le paratoie saranno automatizzate e comandate a distanza in modo tale da poterle collegare al sistema di allerta in modo tale da azionarle in concomitanza degli eventi di piena del Lambro. La loro chiusura sarà quindi comandata dalla lettura di livello effettuata da un sensore a ultrasuoni collocato in corrispondenza dell'intradosso di monte del Lambro. Nel caso in cui tale sensore legga un livello pari a 74.60 m s.l.m., ovvero 5 cm al di sotto del livello soglia definito nel paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** (pari a 74.41 m s.l.m. per una portata di 300 m³/s con Tr = 200 anni) le paratoie si dovranno chiudere in modo tale da isolare il sistema di scarico delle acque di piattaforma dell'autostrada. Le paratoie dovranno riaprirsi quando il livello scenderà sotto i 74.31 cm (10 cm al di sotto del livello soglia).

Il tratto disoleatore è dotato di un setto ferma rifiuti dell'altezza di 65 cm e di un setto disoleatore in cls. Il setto consente di trattenere gli elementi grossolani che possono essere trasportati attraverso il fosso fino al pozzetto (rami e simili), in maniera tale da non ostruire la luce di scarico disposta più a valle.

La lama disoleatrice è costituita in maniera tale da avere una apertura di 50 cm sul fondo: quando il livello sale sopra i 50 cm gli oli, più leggeri dell'acqua, si dispongono al livello massimo, rimanendo trattenuti dal setto; quando il livello è più basso dei 50 cm gli oli passano attraverso il fondo del setto ma non riescono a fuoriuscire dalla soglia sul fondo che è oculatamente posizionata ad una quota più alta, restando quindi trattenuti nel primo vano del manufatto di controllo.

Lo scarico della portata avviene tramite una bocca tarata circolare o rettangolare dimensionata come una luce sotto-battente in modo da garantire lo scarico della portata calcolata nel dimensionamento dei fossi di guardia:

$$Q_{out\ bocca} = \mu \cdot A \cdot \sqrt{2gh}$$

Dove: al coefficiente di contrazione μ può essere attribuito il valore di 0,6, $A[m^2]$ rappresenta l'area della luce (circolare o rettangolare), g l'accelerazione di gravità pari a $9.81\ m/s^2$ e h [m] il battente idrico.

La bocca tarata è stata considerata circolare fino a un diametro di 0.3 m altrimenti rettangolare. Le dimensioni teoriche ottenute sono state arrotondate in modo tale da facilitare la costruzione. Per dimensioni inferiori a 80 mm la bocca tarata verrà gestita tramite un regolatore di portata.

Al di sopra della bocca tarata è collocata una soglia di sfioro di sicurezza di altezza pari a:

$$h_{soglia} = 0.65 + 80\%h_{f_{osso}}\ [m]$$

A valle della bocca tarata la portata laminata viene convogliata al recettore finale tramite un collettore in PEAD con pendenza dell'1%, tranne che in corrispondenza del manufatto MCN12 dove è stata assunta una pendenza dello 0.2% e del manufatto MCS24 dove la pendenza è pari al 5%.

Nella seguente tabella è riportato un riassunto delle dimensioni utilizzate considerando un riempimento massimo dell'80%.

Tabella 6 – Dimensioni collettori di scarico e portata limite.

Qout	Diametro collettore out
[m ³ /s]	[mm]
0.11	315
0.21	400
0.4	500

Il dimensionamento dei fossi è stato condotto in modo tale da garantire, dove possibile, lo scarico ad una quota pari al 90% di riempimento del ricettore, in modo tale da evitare problemi di scarico durante la stagione irrigua. Nella maggior parte dei casi si è reso necessario diminuire tale valore in modo tale da rendere il sistema compatibile con le quote effettive dei recapiti e con il sistema di drenaggio delle acque di piattaforma. Si è quindi deciso di inserire una valvola a clapet in tutti i casi in cui il recapito avviene ad una quota inferiore al 70% di riempimento del recapito.

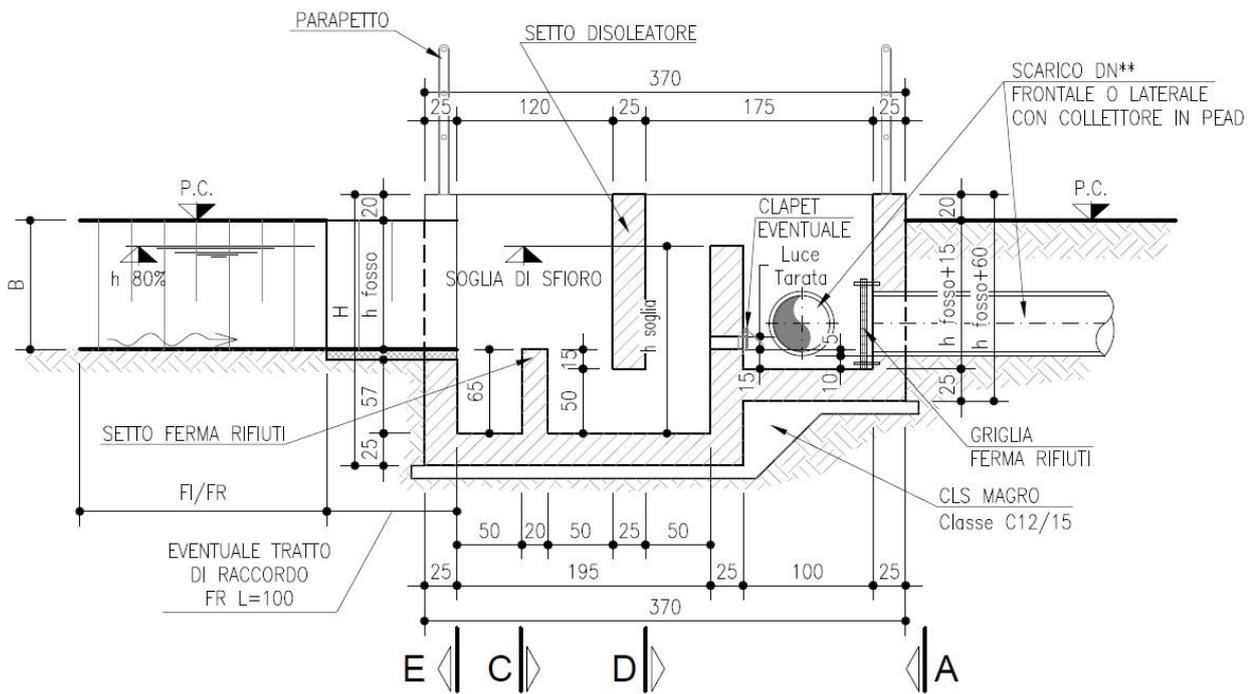


Figura 4 – Sezione tipologica del manufatto di controllo

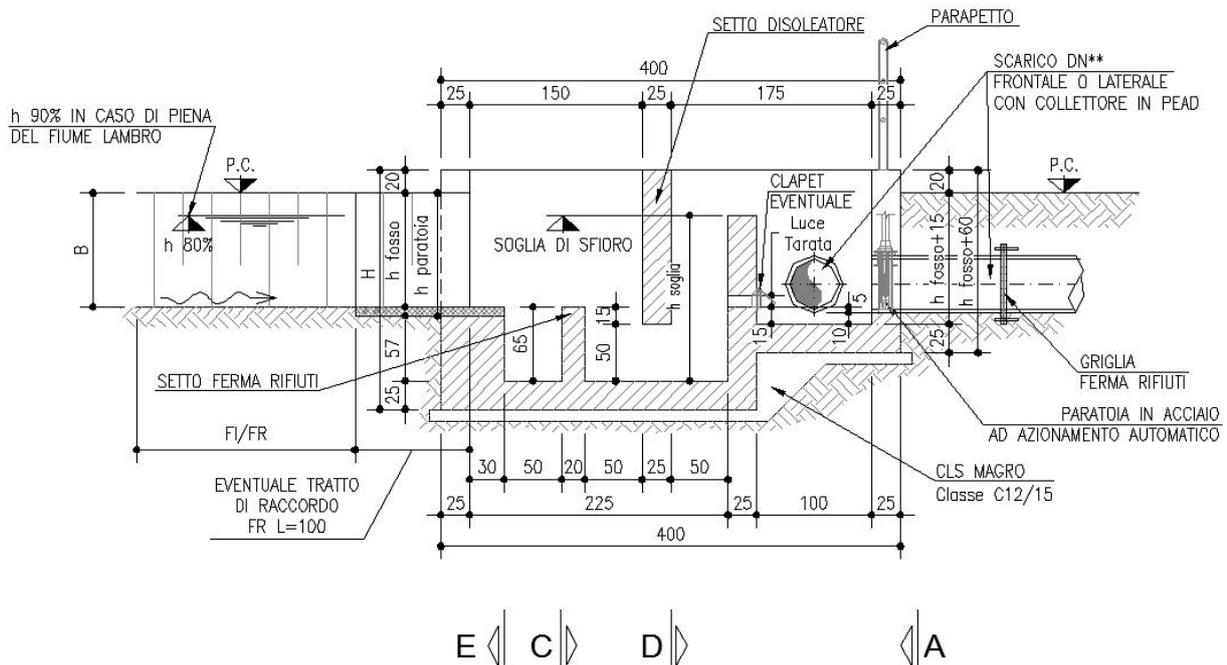


Figura 5- Sezione tipologica del manufatto di controllo in corrispondenza del Fiume Lambro.