

AREA DI LAMINAZIONE DEL TORRENTE SEVESO

Comune di Lentate sul Seveso (MB)

PROGETTO PRELIMINARE - MI-E-795

AGOSTO 2015



RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

ING. LUIGI MILLE

PROGETTAZIONE:

PROFESSIONISTI INCARICATI:

Dott. Ing. GIOVANNI BATTISTA PEDUZZI

Prof. Ing. ALESSANDRO PAOLETTI

Dott. Ing. STEFANO CROCI

Dott. Ing. FILIPPO MALINGEGNO

Dott. Ing. CRISTINA PASSONI

Dott. Ing. MASSIMO COCCATO

Dott. Ing. ELISABETTA CUDINI

Dott. Geol. MARIO SPADA

Dott. Geol. GIAN MARCO ORLANDI

Dott. Geol. SUSANNA BIANCHI

Dott. Ing. ALESSANDRO BARBON

ETATEC

STUDIO PAOLETTI

S.R.L.

SOCIETA' DI INGEGNERIA

Via Bassini 23 20133 Milano | tel: +39 02 26681264 - fax +39 02 26681553

etatec@etatec.it - etatec@pec.etatec.it - www.etatec.it

STUDIO PAOLETTI

INGEGNERI ASSOCIATI

Via Bassini 23 20133 Milano | tel: +39 02 26681264 - fax: +39 02 26681553

Studiopaoletti@etatec.it - Studiopaoletti@pec.etatec.it



BETA Studio S.R.L.

Ponte San Nicolò (PD) 35020 - Via Guido Rossa 29/a

Tel +39.049.8961120 - Fax +39 049.8961090 - info@betastudio.it



Studio Associato di Geologia Spada

Via Donizetti 17 24020 Ranica (BG)

tel: +39 035 516090 - +39 035 513738

Vicolo Manzoni 3 27038 Robbio (PV)



Swiss
Certified
ISO 9001



CONSULENZE SPECIALISTICHE:

ASPETTI PAESAGGISTICI E AMBIENTALI:

Arch. ANDREAS KIPAR

Dott. Agr. GIOVANNI SALA

Arch. LUISA BELLINI

QUALITA' DELLE ACQUE:

Prof. Dott. VALERIA MEZZANOTTE

LAND Milano Srl



Via Varese 16 20121 Milano

tel: +39 02 806911.1 - fax: +39 02 806911.30 www.landmilano.com

GRUPPO LAND Milano Roma Cagliari Duisburg

Piazzale Aquileia 6 20144 Milano | tel: +39 02 4814701

TITOLO

RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA DELLE OPERE IN PROGETTO

Revisioni

1

2

Numero
elaborato

TIPOLOGIA

PP

COMMESSA





250-24

DOCUMENTO

AT

NUMERO

A.2

A.T.P.:				Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>
			<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		

INDICE

1.	PREMESSA.....	2
1.1	DATI CARATTERISTICI DEGLI INVASI DI LAMINAZIONE	2
2.	SINTESI DELLE PORTATE E DEI VOLUMI PER IL DIMENSIONAMENTO DELLE AREE DI LAMINAZIONE.....	7
2.1	AREA DI LAMINAZIONE GOLENALE.....	7
2.2	AREA DI LAMINAZIONE IN SCAVO.....	9
3.	DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO.....	17
3.1	GENERALITÀ	17
3.2	AREA DI LAMINAZIONE GOLENALE	17
3.3	AREA DI LAMINAZIONE IN SCAVO.....	19
3.3.1	Caratteristiche generali dell'invaso	19
3.3.2	Quota di coronamento delle arginature perimetrali	20
3.3.3	Opera di presa	22
3.3.4	Canale di alimentazione dell'invaso	26
3.3.5	Sfioratore di emergenza	28
3.3.6	Stazione di sollevamento per lo scarico dei volumi invasati	29
3.3.7	Opere connesse all'interazione tra la falda freatica e l'invaso	31
3.3.8	Opere di valorizzazione paesaggistica	33

A.T.P.:				Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

1. PREMESSA

L'Agenzia Interregionale per il fiume Po (AIPo) con contratto n.3871 di repertorio del 26.03.2015, ha incaricato l'Associazione Temporanea di Imprese e Professionisti ETATEC STUDIO PAOLETTI S.r.l. (capogruppo firmataria), lo STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI (mandante), la società BETA STUDIO S.r.l. (mandante), lo STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA SPADA (mandante), il Dott. Ing. Alessandro Barbon (mandante) di svolgere le attività di *progettazione preliminare e supporto alla progettazione definitiva degli interventi denominati "Aree di laminazione del Torrente Seveso", nei comuni di Paderno Dugnano (MI), Varedo e Bovisio Masciago (MB), Lentate sul Seveso (MB) ed "Adeguamento delle Aree golenali del Torrente Seveso" nei comuni di Carimate, Vertemate con Minoprio e Cantù (CO) – MI-E-795".*

La presente progettazione preliminare ha per oggetto principale i lavori di realizzazione dell'area di laminazione del torrente Seveso in Comune di Lentate sul Seveso (MB). Si tratta di un'area di laminazione in scavo (volume di invaso di circa 808'000 m³), posta esternamente all'alveo di piena del T. Seveso, con funzionamento in derivazione.

Nel progetto è prevista anche un'area di laminazione golenale (volume di invaso di circa 20'000 m³), sempre con funzionamento in derivazione, all'interno di un'area che già allo stato attuale è interessata da fenomeni di allagamento.





La presente relazione, relativa al Progetto Preliminare delle aree di laminazione del T. Seveso in Comune di Lentate sul Seveso, espone le principali caratteristiche tecniche delle opere in progetto.

1.1 DATI CARATTERISTICI DEGLI INVASI DI LAMINAZIONE

Vengono di seguito riportati, in forma schematica, i principali dati peculiari degli invasi di laminazione previsti in Comune di Lentate sul Seveso, le cui caratteristiche saranno meglio descritte nei successivi capitoli e nelle relazioni allegate al presente progetto.

Le principali caratteristiche dell'area di laminazione in scavo in progetto sono:

- Volume di invaso: 808'000 m³;
- Superficie di invaso alla quota di massima regolazione: 69'500 m²;

A.T.P.:					Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

- Quota di fondo dell'area di laminazione: 201.80 m s.m.;
- Quota di massima regolazione: 220,80 m s.m.;
- Quota di massimo invaso (assetto di progetto): 221,90 m s.m.;
- Quota di coronamento delle arginature perimetrali: 223.50 m s.m.;
- Quota di recapito delle portate laminate: 218.40 m s.m.;
- Portata al colmo sfiorata nell'invaso con riferimento ad un tempo di ritorno pari a 100 anni: 21 m³/s (assetto di progetto a monte), 34 m³/s (assetto attuale a monte);
- Portata massima del sistema di scarico: 5 m³/s;
- Tempo di svuotamento dell'invaso: 45 ore (1.9 giorni);
- Modalità di svuotamento dell'invaso: per pompaggio;
- Stazione di sollevamento: n. 4+1 elettropompe sommergibili, ciascuna con le seguenti caratteristiche:
 - Portata max: 1250 l/s
 - Prevalenza max: 21 m
 - Potenza nominale: 190 kW

Nella Figura 1 è riportato lo schema planimetrico dell'invaso di laminazione in scavo previsto a Lentate sul Seveso.

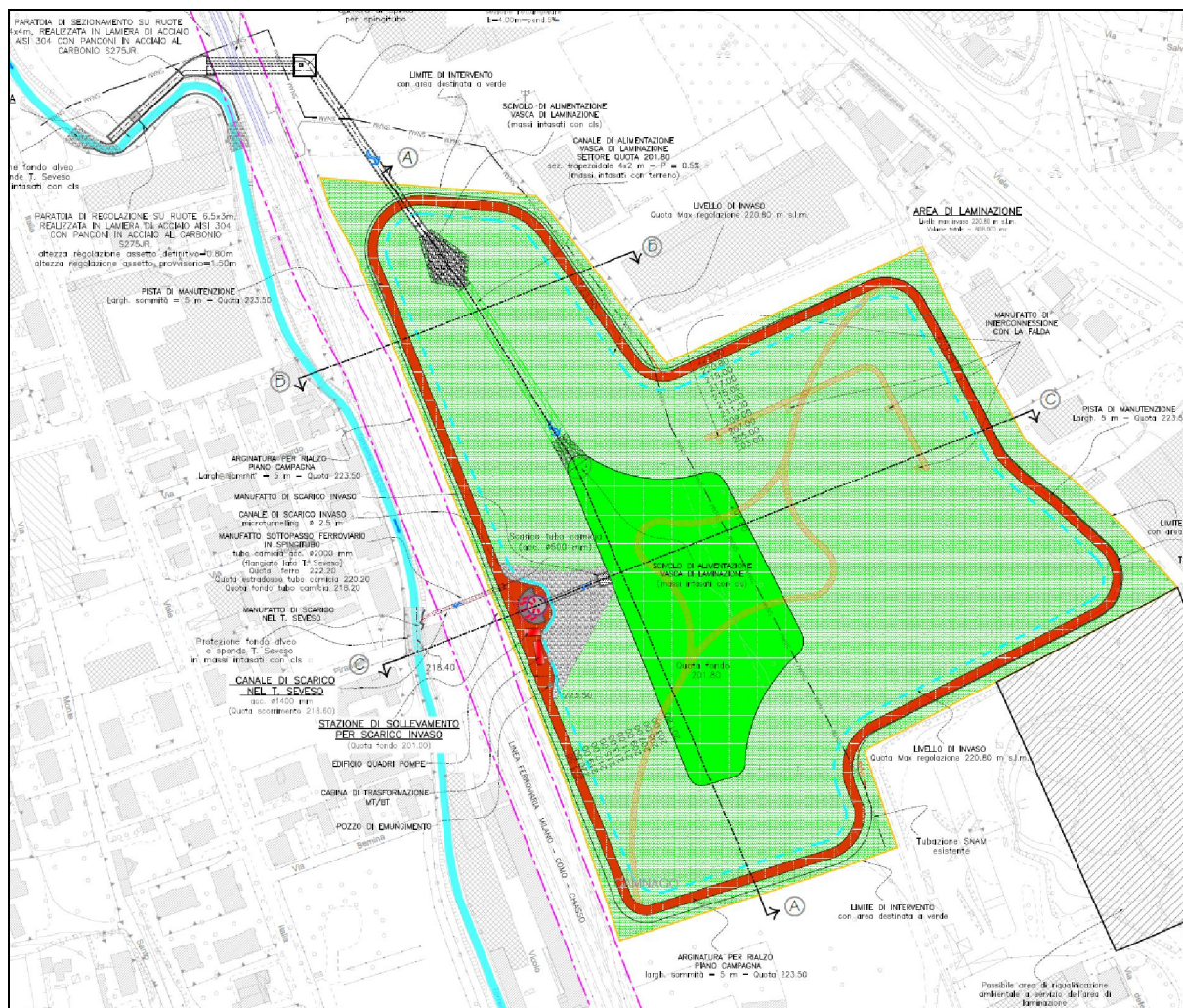






Figura 1 – Schema planimetrico dell'area di laminazione in scavo di Lentate sul Seveso

Di seguito, invece, vengono riportate le principali caratteristiche dell'area di laminazione golenale in progetto:

- Volume di invaso: 20'000 m³;
- Superficie di invaso alla quota di massima regolazione: 19'000 m²;
- Quota di fondo dell'area di laminazione: 227.00 ÷ 225.00 m s.m.;
- Quota di massima regolazione: 227,10 m s.m.;
- Quota di massimo invaso: 227,30 m s.m.;
- Quota di coronamento delle arginature perimetrali: 229.30 ÷ 228.30 m s.m.;
- Quota di recapito delle portate laminate: 224.00 m s.m.;
- Portata al colmo sfiorata nell'invaso con riferimento ad un tempo di ritorno pari a 100

A.T.P.:					Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

anni: 3 m³/s;

- Modalità di svuotamento dell'invaso: a gravità.

Nella Figura 2 è riportato lo schema planimetrico dell'invaso di laminazione in scavo previsto a Lentate sul Seveso.

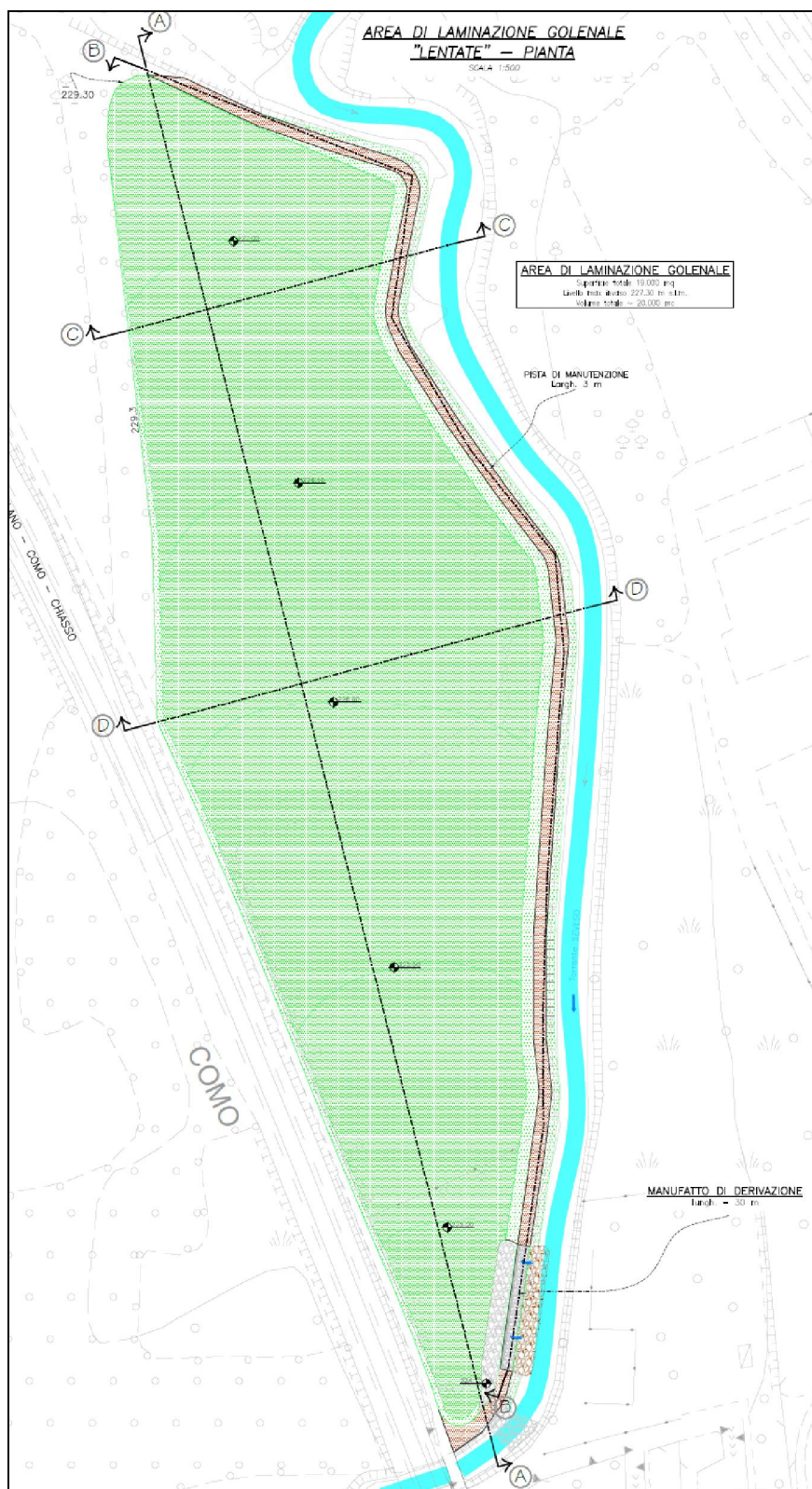


Figura 2 – Schema planimetrico dell’area di laminazione golenale di Lentate sul Seveso

A.T.P.:			Consulenti:		
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

2. SINTESI DELLE PORTATE E DEI VOLUMI PER IL DIMENSIONAMENTO DELLE AREE DI LAMINAZIONE

Nella relazione idrologico-idraulica del presente Progetto Preliminare (elaborato A.3.1) sono riportate le principali caratteristiche idrologico-idrauliche del torrente Seveso.

Per quanto riguarda gli invasi di laminazione in Comune di Lentate sul Seveso, oggetto del presente progetto preliminare, sono di seguito riportati gli idrogrammi di piena di riferimento per l'assetto di progetto (tempo di ritorno pari a 100 anni).

2.1 AREA DI LAMINAZIONE GOLENALE

Con riferimento all'area di laminazione golendale, prevista in sponda destra del T. Seveso a monte del ponte della linea ferroviaria Milano – Como-Chiasso, riportata in Figura 3 e Figura 4, l'idrogramma di piena di riferimento per il dimensionamento dell'area di laminazione golendale è riportato nella Figura 5.

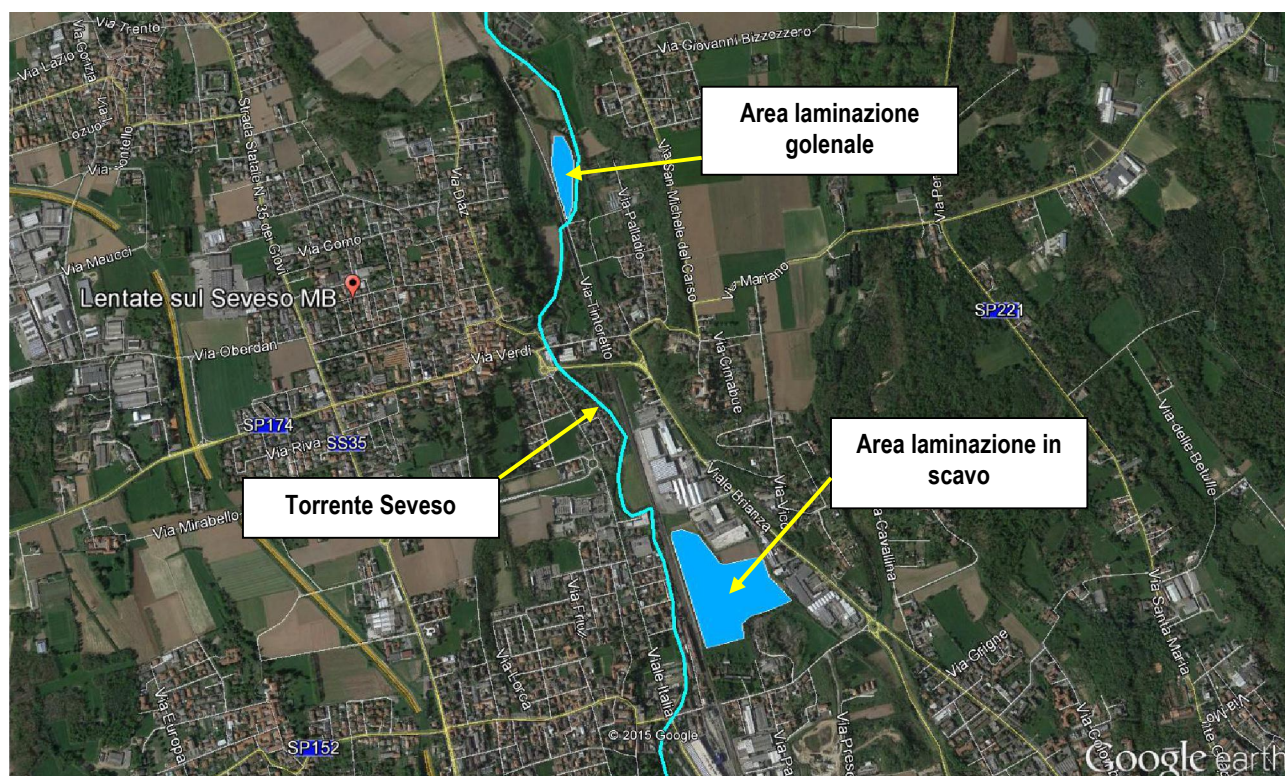


Figura 3 – inquadramento territoriale degli interventi di laminazione in progetto



Figura 4 – Foto aerea delle zone limitrofe all’invaso di laminazione in area golendale.

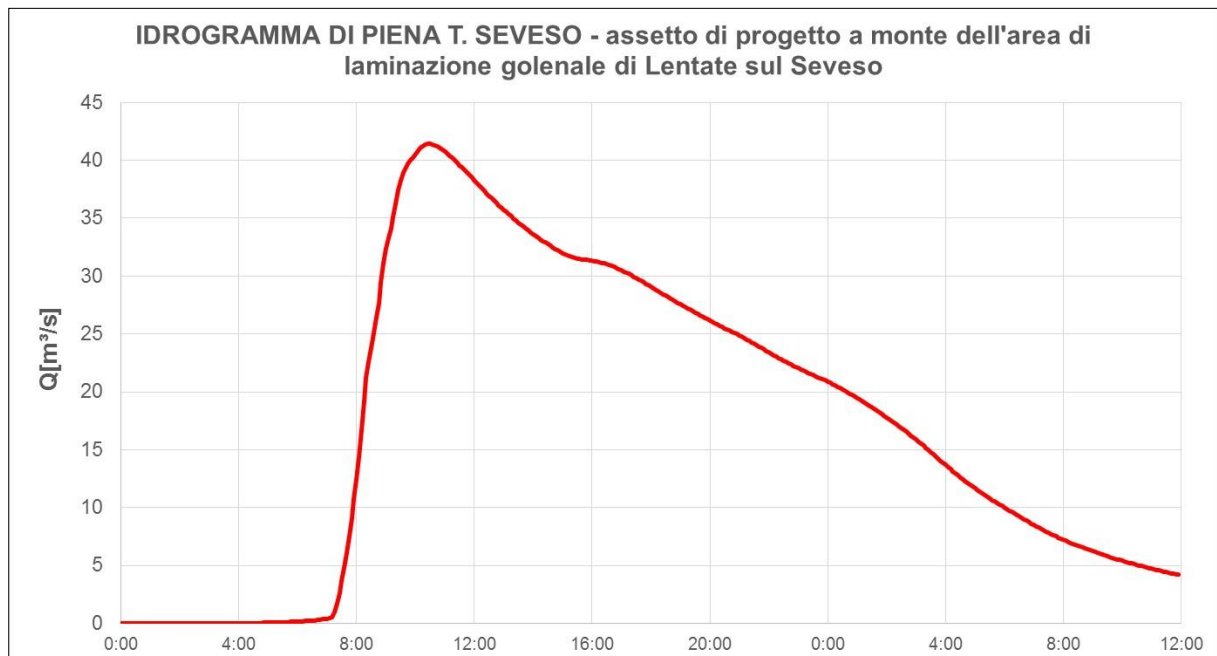
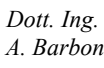



Figura 5 – Idrogramma di piena di progetto in corrispondenza dell’aree di laminazione golendale di Lentate sul Seveso

A.T.P.:			Consulenti:		
					

2.2 AREA DI LAMINAZIONE IN SCAVO

L'area di laminazione in scavo, già prevista in Comune di Lentate nell'ambito dello *Studio-AIPo-2011*, è ubicata in sponda sinistra del T. Seveso, nell'area agricola interclusa tra la linea ferroviaria Milano – Como-Chiasso, a ovest, l'area industriale in località Gattona, a nord e a est e la cava Gallese a sud (cfr. Figura 6 e Figura 7).

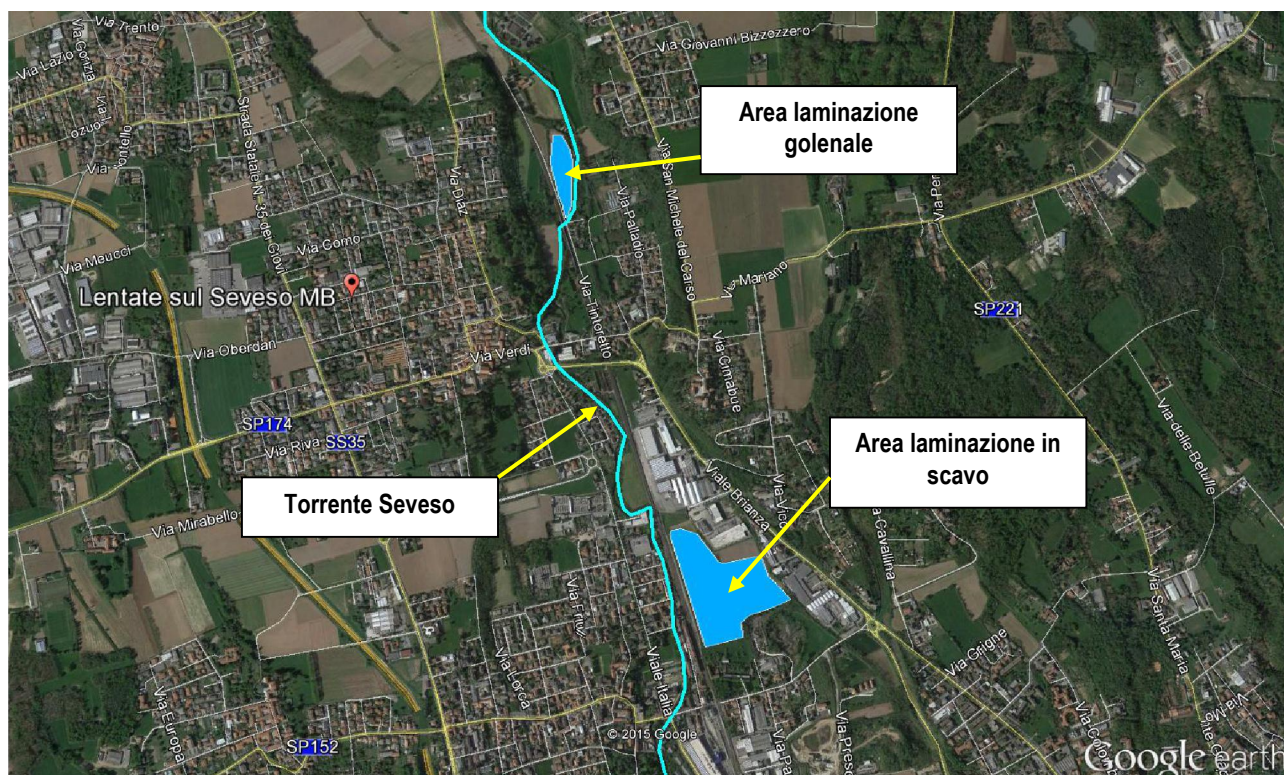






Figura 6 – inquadramento territoriale degli interventi di laminazione in progetto

A.T.P.::			Consulenti:		
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

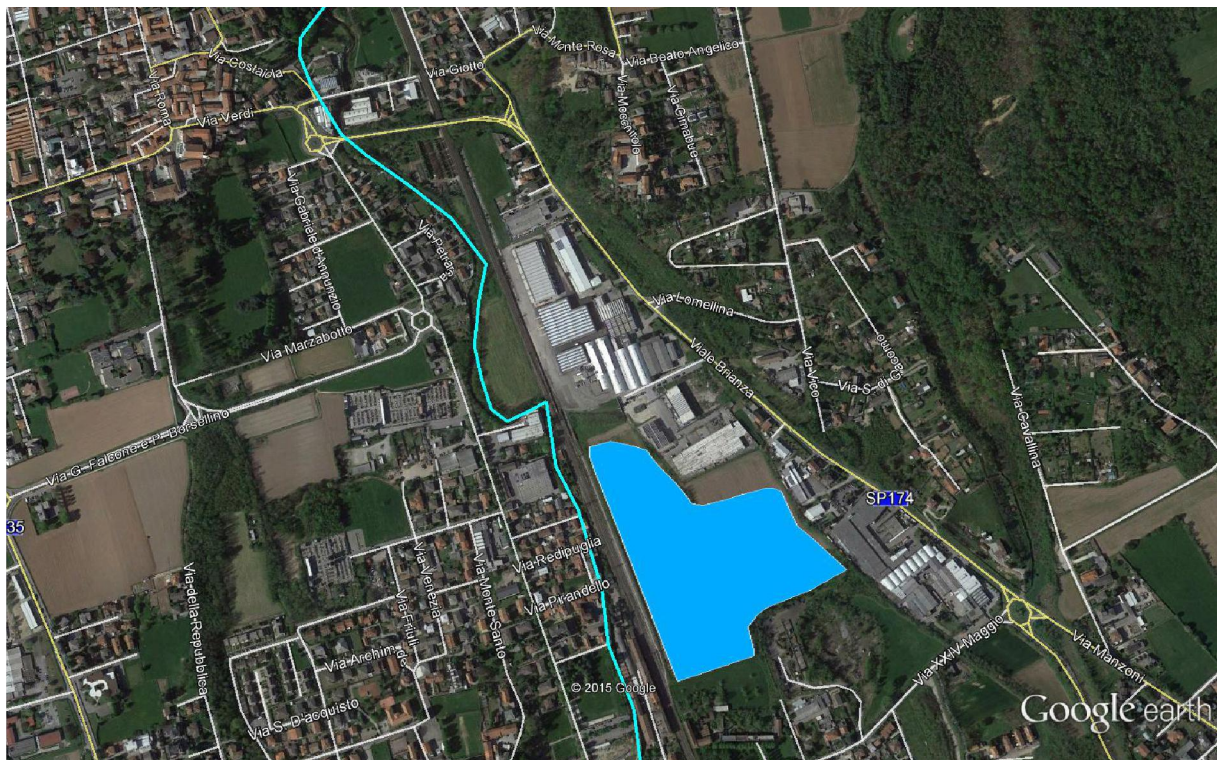


Figura 7 – Foto aerea delle zone limitrofe all’invaso di laminazione in scavo.

L'idrogramma di piena di riferimento è stato ottenuto sommando a quello riportato nella precedente Figura 5 (a valle area di laminazione), ottenuto in seguito all'effetto di tutti gli interventi di laminazione previsti a monte, il contributo residuo dei sottobacini afferenti al tratto compreso tra la sezione SV-64 e la sezione SV-60, posta immediatamente a valle dell'opera di presa della laminazione in scavo. L'idrogramma di progetto è riportato nella Figura 8.

Nella Figura 9, invece, è riportato l'idrogramma di piena centennale nell'assetto attuale (da *Studio-AIPo-2011*), in assenza di tutti gli interventi di laminazione previsti nell'assetto di progetto.

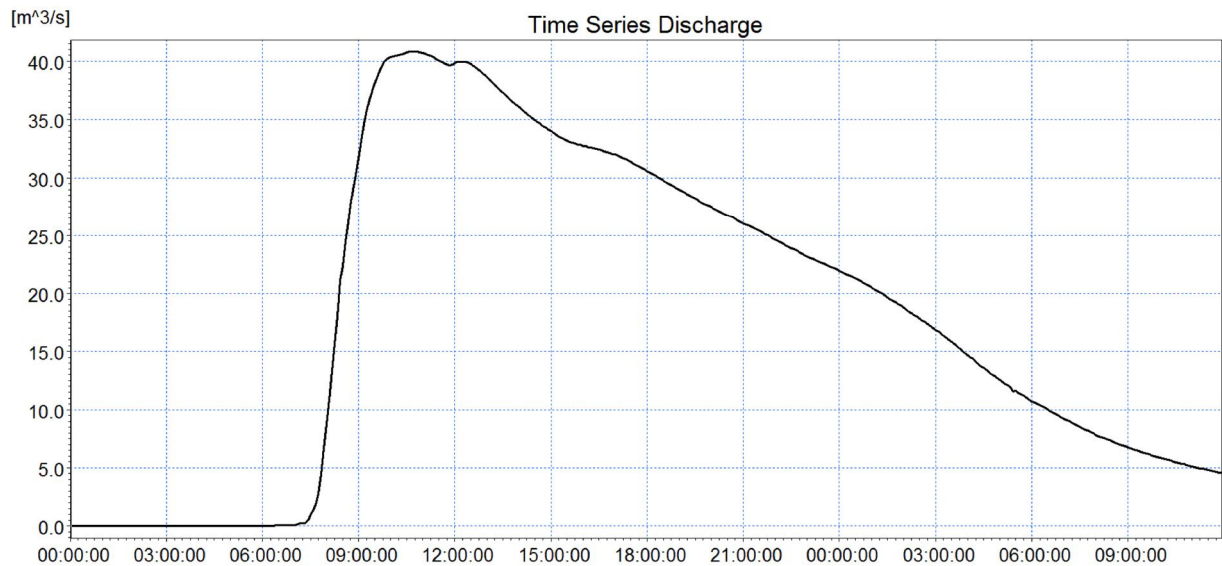


Figura 8 – Idrogramma di piena a monte dell'area di laminazione in scavo nell'assetto di progetto con tutti gli interventi di laminazione previsti a monte

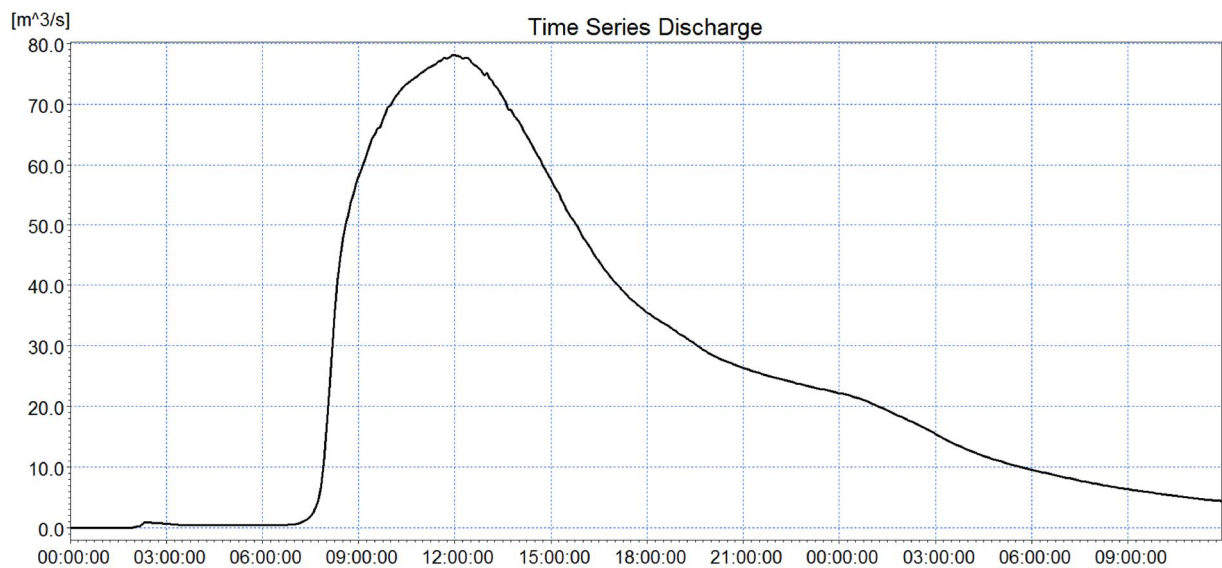


Figura 9 – Idrogramma di piena a monte dell'area di laminazione in scavo nell'assetto attuale senza gli interventi di laminazione previsti a monte

Pertanto, appena a monte del manufatto di presa della vasca di laminazione in scavo di Lentate sul Seveso, la portata centennale nella configurazione di progetto è stata valutata in circa 41 m³/s a fronte di una portata centennale nella situazione attuale di circa 78 m³/s, con una riduzione della portata di picco pari a circa 37 m³/s. Ciò rende molto diverso il

dimensionamento dell'opera di presa nei confronti della situazione di progetto o della situazione attuale.

Per analizzare il funzionamento dell'invaso di laminazione in scavo è stato implementato un modello idraulico quasi-bidimensionale, utilizzando il codice di calcolo MIKE11 del DHI, a partire dal modello implementato dagli scriventi nell'ambito dello *Studio-AIPo-2011*.

Di seguito si riporta lo schema planimetrico del modello, con indicata la suddivisione delle portate sfiorate e lasciate defluire in alveo, con riferimento ad un evento di tempo di ritorno centennale, nell'assetto di progetto (Figura 10) e nell'assetto attuale (Figura 11).

La differente ripartizione delle portate nei due differenti assetti di riferimento si ottiene attraverso un diverso grado di apertura delle paratoia di regolazione, in progetto, posta lungo il T. Seveso a valle della soglia di sfioro per l'alimentazione dell'area di laminazione in scavo.

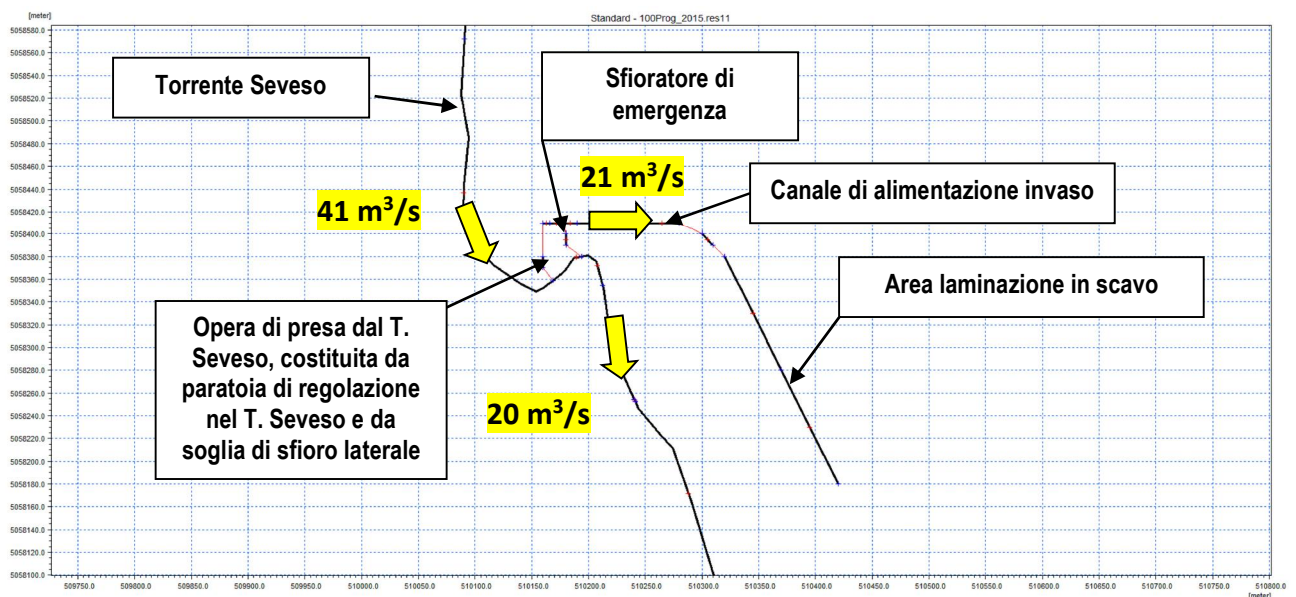


Figura 10 – Schema planimetrico del sistema idraulico della vasca di laminazione di Lentate sul Seveso (T=100 anni) – assetto di progetto

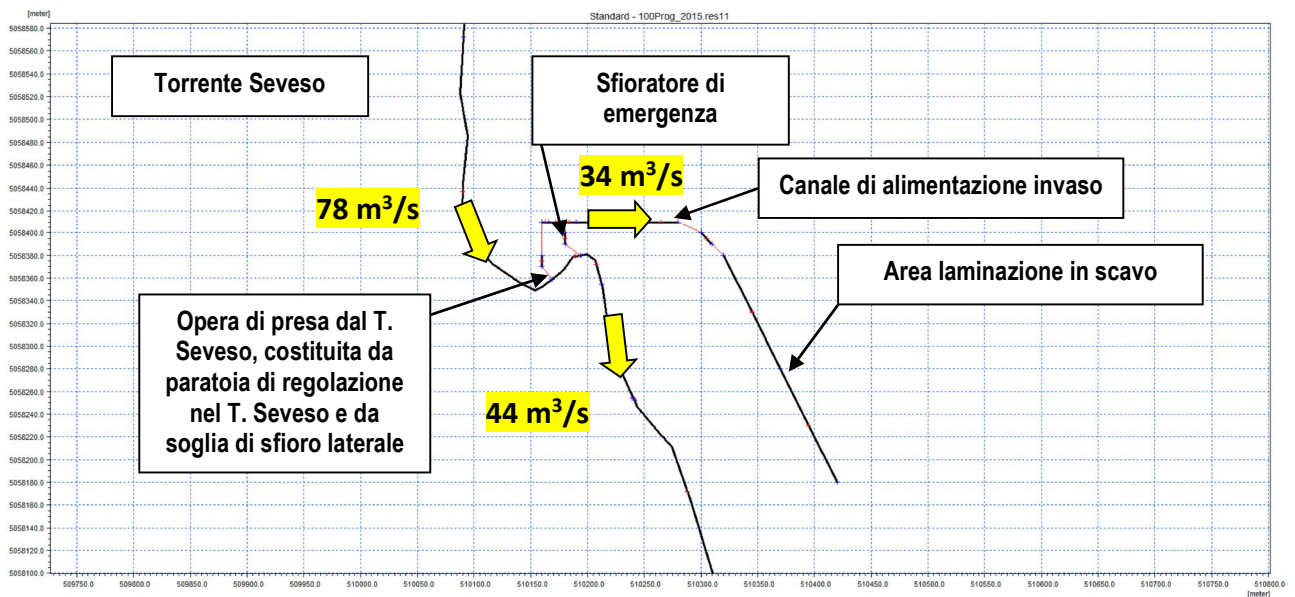


Figura 11 – Schema planimetrico del sistema idraulico della vasca di laminazione di Lentate sul Seveso (T=100 anni) – assetto attuale

Nelle figure seguenti (Figura 12 e Figura 13) sono riportati gli idrogrammi di piena, nelle due configurazioni, relativi alle tre sezioni di interesse: monte opera di presa, valle opera di presa e ingresso nell'area di laminazione. La ripartizione delle portate è stata effettuata in modo tale che, in entrambi gli assetti di riferimento, il volume dell'idrogramma sfiorato nell'area di laminazione fosse prossimo al volume di laminazione disponibile, pari a circa 808'000 m³.

Con tali valori di portata sono stati effettuati i calcoli di dimensionamento delle diverse opere idrauliche previste in progetto.

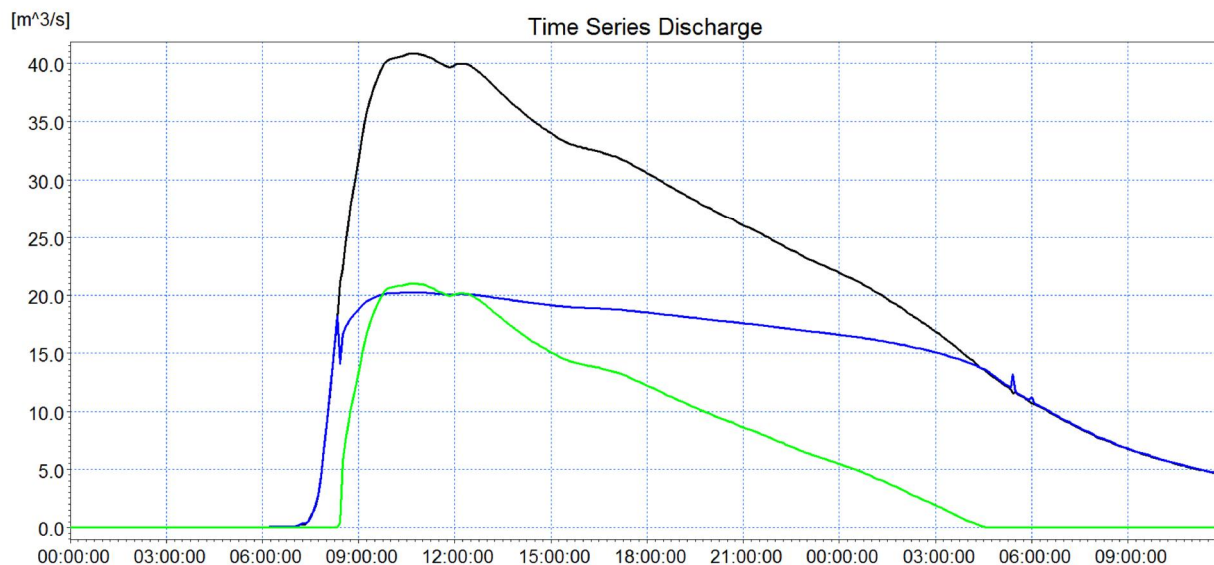


Figura 12 – Idrogrammi relativi al sistema idraulico della vasca di laminazione di Lentate sul Seveso (T=100 anni) – assetto di progetto a monte dell’area di laminazione (linea nera: monte opera di presa, linea blu: valle opera di presa, linea verde: ingresso area di laminazione – V= ~808'000 m³)

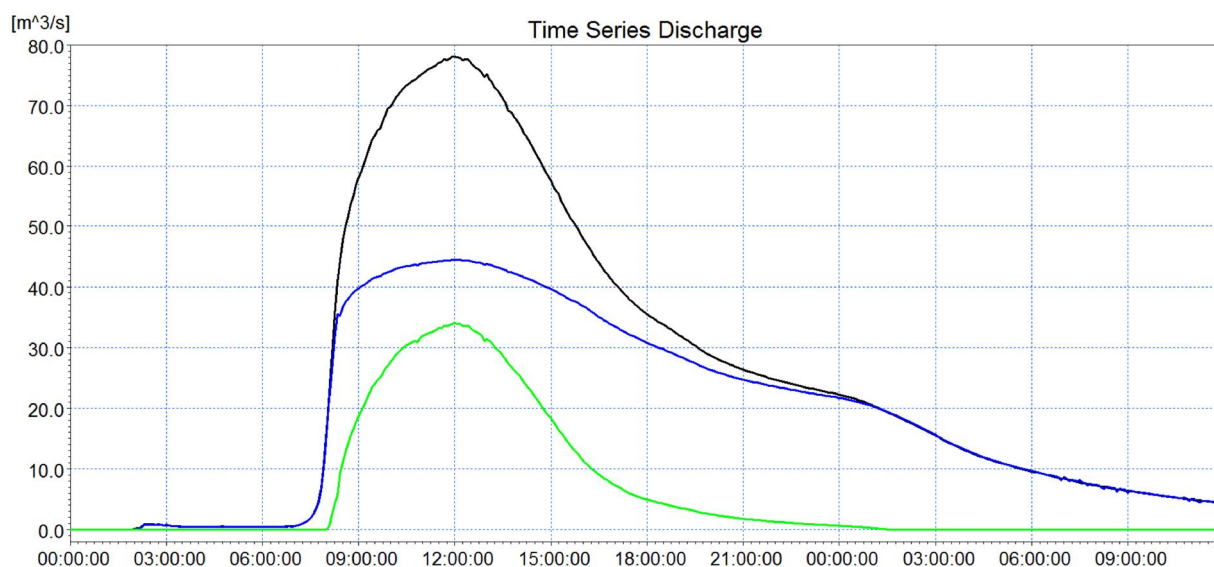






Figura 13 – Idrogrammi relativi al sistema idraulico della vasca di laminazione di Lentate sul Seveso (T=100 anni) – assetto attuale a monte dell’area di laminazione (linea nera: monte opera di presa, linea blu: valle opera di presa, linea verde: ingresso area di laminazione – V= ~808'000 m³)

Per verificare il funzionamento dell’opera di laminazione nei confronti di un evento eccezionale, al quale occorre riferirsi, ad esempio, per il dimensionamento delle arginature perimetrali all’area di laminazione (definizione della quota di coronamento), sono state

A.T.P.:				Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

effettuate ulteriori simulazioni idrauliche con il suddetto modello quasi-bidimensionale.

In particolare, si è ipotizzato che le precedenti onde di piena (con e senza interventi di laminazione a monte dell'area di laminazione in scavo) possano sopraggiungere in condizioni di area di laminazione già invasata fino al livello di massima regolazione (pari a 220.80 m s.m.).

Per evitare di alimentare l'invaso di laminazione quando questo è già pieno ed evitare che il livello idrico superi il livello di massima regolazione, è prevista in progetto l'installazione, lungo il canale di alimentazione dell'invaso, di una paratoia di sezionamento che si chiude automaticamente quando il livello nell'invaso è pari al livello di massima regolazione, in modo tale da evitare l'ulteriore innalzamento del livello di invaso oltre la quota 220.80 m s.m..

In tali condizioni, occorre che la portata deviata dal Seveso nel canale di alimentazione attraverso lo sfioratore dell'opera di presa, possa defluire nuovamente in Seveso. Per tale necessità è prevista un'ulteriore soglia di sfioro, detta di emergenza.

In particolare, tale sfioratore è posto lungo il canale di alimentazione dell'invaso, a valle della paratoia di regolazione dell'opera di presa, ma a monte della suddetta paratoia di sezionamento.

Nelle figure seguenti (Figura 14 e Figura 15) sono riportati gli idrogrammi di piena in tale scenario eccezionale, relativi a quattro sezioni di interesse: monte opera di presa, valle opera di presa, sfioratori (presa ed emergenza). In tali simulazione la portata in ingresso all'area di laminazione è nulla.

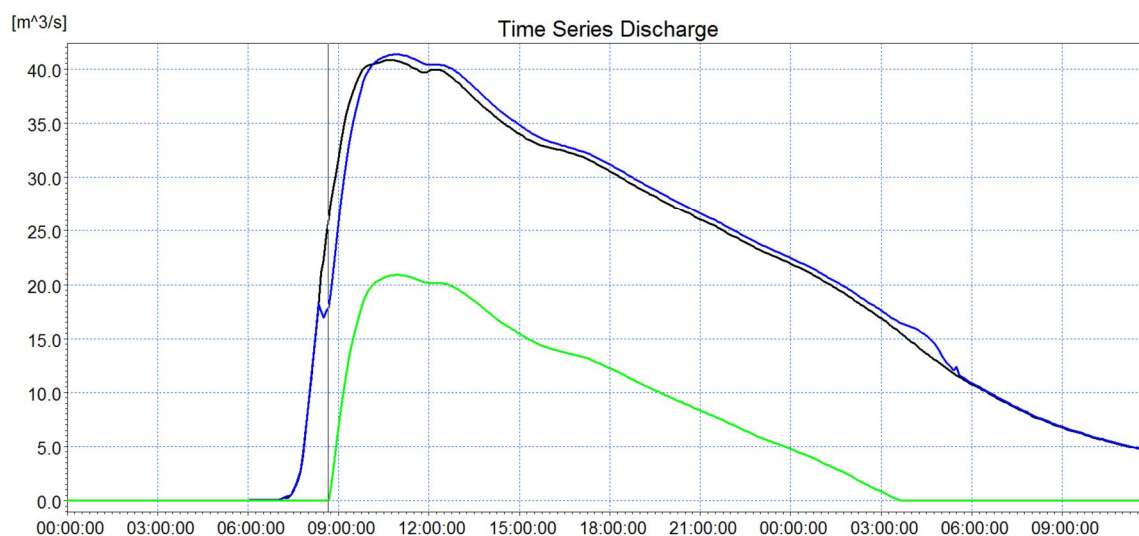


Figura 14 – Idrogrammi relativi al sistema idraulico della vasca di laminazione di Lentate sul Seveso (T=100 anni) – assetto di progetto a monte dell’area di laminazione – evento eccezionale (linea nera: monte opera di presa, linea blu: valle opera di presa, linea verde: portata defluente attraverso lo sfioro di emergenza)

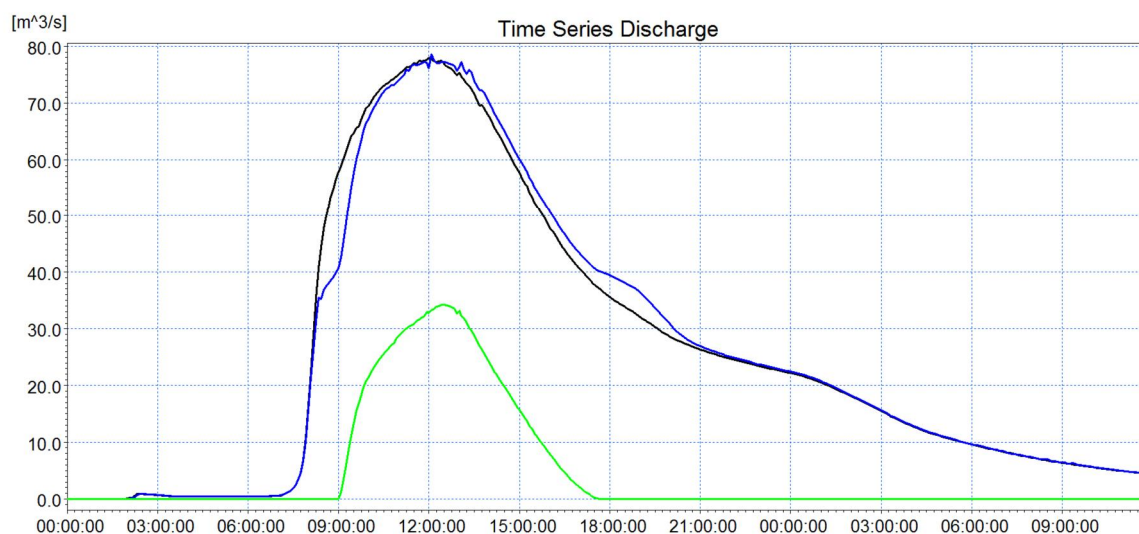


Figura 15 – Idrogrammi relativi al sistema idraulico della vasca di laminazione di Lentate sul Seveso (T=100 anni) – assetto attuale a monte dell’area di – evento eccezionale (linea nera: monte opera di presa, linea blu: valle opera di presa, linea verde: portata defluente attraverso lo sfioro di emergenza)

In caso di eventi eccezionali, però, non è da escludere che la paratoia possa non chiudersi e quindi il canale di alimentazione potrebbe continuare a mettere in comunicazione il T. Seveso con l’area di laminazione. In tal caso il livello di massimo invaso nell’area di laminazione si porterebbe ad un livello pari a quello nel canale di alimentazione in corrispondenza dello sfioratore di emergenza.

A.T.P.:				Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

3. DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

3.1 GENERALITÀ

Vengono qui descritte sinteticamente le principali caratteristiche tecniche delle aree di laminazione del torrente Seveso in Comune di Lentate sul Seveso. Per maggiori dettagli si rinvia alle relazioni specialistiche comprese nel presente progetto preliminare.

L'area di laminazione golenale è costituita da:

- Invaso di laminazione;
- Soglia di sfioro dal torrente Seveso
- Manufatto di restituzione delle portate laminate nel T. Seveso;
- Arginature perimetrali

L'area di laminazione in scavo è costituita dalle seguenti opere:





- Invaso di laminazione;
- Opera di presa dal torrente Seveso;
- Canale di alimentazione dell'invaso e di attraversamento della linea ferroviaria Chiasso-Milano;
- Stazione di sollevamento per lo svuotamento delle acque invase e condotta di scarico comprensiva di attraversamento della linea ferroviaria Chiasso-Milano;
- Opere connesse all'interazione tra la falda freatica e l'invaso;
- Opere civili e paesaggistiche;
- Impianti elettrici (cabina di consegna Enel, quadro MT, trasformatore, quadri BT, ecc.).

3.2 AREA DI LAMINAZIONE GOLENALE

L'area di laminazione golenale ha un volume totale invasabile di circa 20'000 m³.

L'invaso è ottenuto attraverso la formazione di rialzi/ringrossi di argini esistenti o la realizzazione di nuovi argini lungo la sponda destra del T. Seveso e mediante il rimodellamento dell'attuale piano campagna, da attuarsi attraverso lo scavo e l'asportazione di circa 40'000 m³.

Una soglia a massi (Figura 16) stabilizzerà il fondo alveo, necessario alla corretta derivazione d'acqua dal fiume verso l'area di laminazione. Un manufatto di derivazione (L = 30 m), posto a monte della soglia stabilizzante, garantirà la derivazione delle portate di progetto per la

	A.T.P.: 		Studio Associato Geologia Spada	Dott. Ing. A. Barbon		Consulenti: Prof. Dott. V. Mezzanotte
---	--	---	--	-------------------------	---	---

corretta laminazione del Torrente Seveso. In Figura 17 è rappresentata la sezione trasversale dello sfioratore per la derivazione delle portate di piena al colmo.

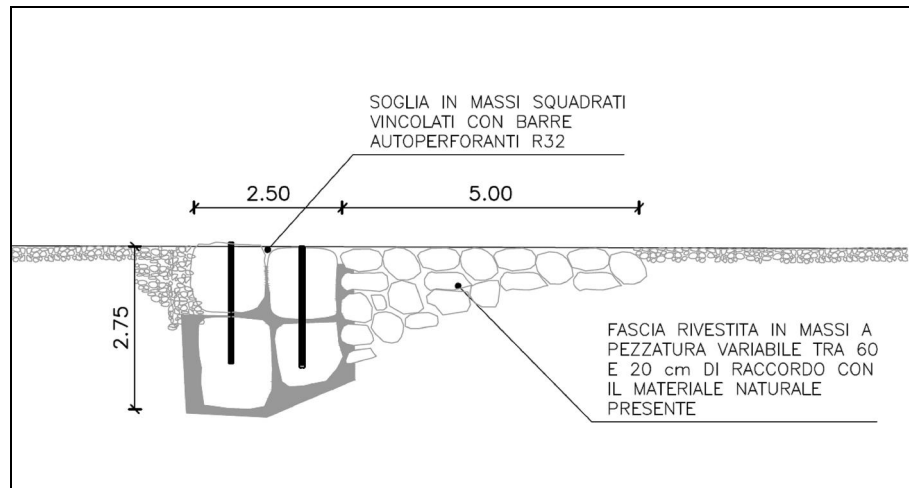


Figura 16 –soglia di fondo in massi

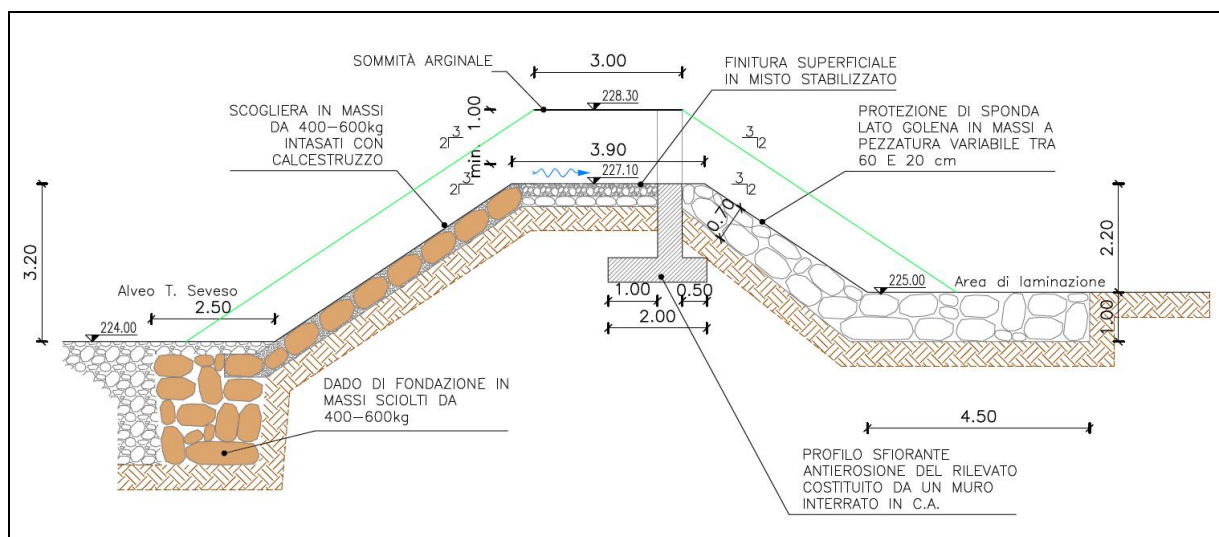






Figura 17 – Sfioratore per la derivazione delle portate di piena

Lo svuotamento dell'area di laminazione avverrà mediante manufatto idraulico di restituzione posto in posizione di valle rispetto all'area invasata. Tale manufatto (Figura 18) consiste in un tombotto di scarico a sezione rettangolare, transitante all'interno dell'argine, presidiato lato fiume da una porta vento (clapet) e lato golena da una paratoia.

L'apertura della paratoia, di tipo manuale, dovrà essere effettuata una volta terminato l'evento di piena lungo l'intero bacino del T. Seveso.

	A.T.P.:  	Studio Associato Geologia Spada	Dott. Ing. A. Barbon	Consulenti:  Prof. Dott. V. Mezzanotte
---	---	--	-------------------------	--

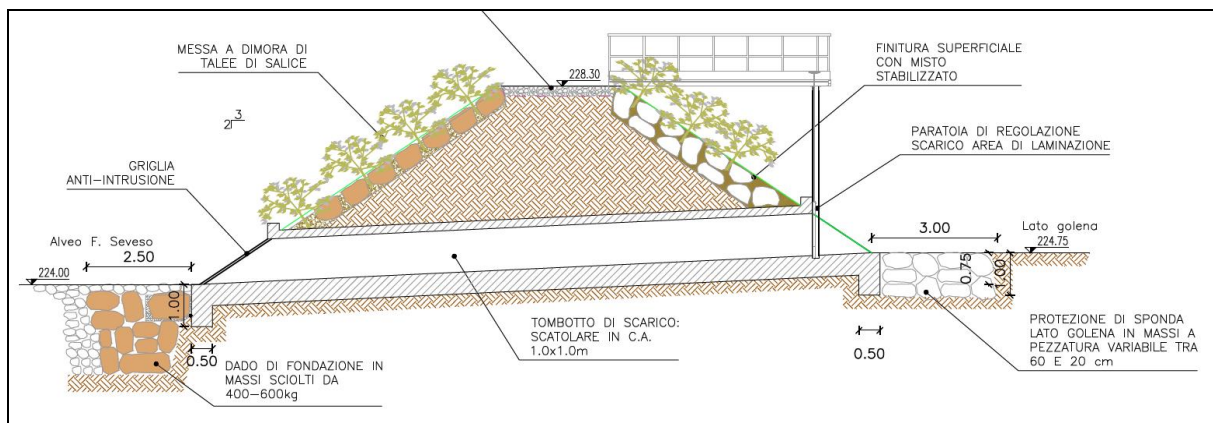


Figura 18 – Manufatto di restituzione

3.3 AREA DI LAMINAZIONE IN SCAVO





3.3.1 Caratteristiche generali dell'invaso

L'area di laminazione principale in Comune di Lentate sul Seveso è un'opera di invaso delle piene del torrente Seveso realizzata in scavo (il fondo è a circa 19.0 m dall'attuale piano campagna).

L'area interessata dalla realizzazione di tale opera, ad attuale utilizzo agricolo e posta interamente all'interno del Comune di Lentate sul Seveso, è posta in sinistra idraulica del torrente Seveso. Tra l'alveo del Seveso e l'area di ubicazione dell'invaso è presente la linea ferroviaria Milano – Como-Chiasso, la quale deve essere attraversata tramite tecnica in spingitubo sia dal canale di alimentazione, sia dalla condotta di scarico.

Vengono di seguito riportati, in forma schematica, i principali dati peculiari dell'invaso in oggetto, le cui caratteristiche sono descritte e rappresentate nelle relazioni e nelle tavole grafiche allegate al presente progetto preliminare.

- Volume di invaso: 808'000 m³, alla quota di massima regolazione di 220,80 m s.m.;
- Superficie di invaso alla quota di massima regolazione: 69'500 m²;
- Superficie di invaso alla quota di fondo: 11'900 m²
- Quota di fondo degli invasi di laminazione: 201.80 m s.m.;
- Quota di massima regolazione: 220.80 m s.m.;
- Quota di massimo invaso (assetto di progetto): 221,90 m s.m.;
- Quota di coronamento delle arginature perimetrali: 223.50 m s.m.;

A.T.P.:				Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

- Quota di fondo della stazione di sollevamento: 200.80 m s.m.;
- Quota di recapito delle portate laminate: 218.40 m s.m.;
- Corso d'acqua che alimenta l'invaso: Torrente Seveso;
- Ricettore finale delle acque laminate: Torrente Seveso;
- Portata al colmo sfiorata nell'invaso con riferimento ad un tempo di ritorno pari a 100 anni: 21 m³/s (assetto di progetto a monte), 34 m³/s (assetto attuale a monte);
- Portata massima del sistema di scarico: 5 m³/s;
- Tempo di svuotamento dell'invaso: 45 ore (1.9 giorni);

Le inclinazioni delle sponde dei settori dell'invaso sono:

- 1:2 (h:b) da quota 223.50 m s.m. (quota di coronamento del sistema arginale) a quota 220.80 m s.m. (massima quota di regolazione);
- 1:2.5 (h:b) da quota 220.80 m s.m. a quota 201.80 m s.m. (fondo invaso);

Per ottenere i suddetti volumi di invaso occorre effettuare scavi per un volume complessivo di circa 1'040'000 m³ (parte di tale quantitativo, pari a circa 108'000 m³, viene poi riutilizzato all'interno del cantiere per la formazione di arginature perimetrali, per il ricoprimento del telo di impermeabilizzazione e per operazioni di reinterro).

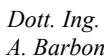

Nella Tabella 1 sono riportate le principali caratteristiche geometriche dell'opera di laminazione in progetto.

Tabella 1 – Caratteristiche area di laminazione

Volume di invaso [m³]	Quota di fondo [m s.m.]	Quota di massima regolazione [m s.m.]	Quota massima argini [m s.m.]	Superficie alla quota di massima regolazione [m²]	Superficie alla quota di fondo vasca [m²]
808'000	201.80	220.80	223.50	69'500	11'900

3.3.2 Quota di coronamento delle arginature perimetrali

La quota di coronamento arginale è stata fissata in funzione delle quote del massimo livello idrico raggiungibili in vasca, con riferimento all'evento centennale, in corrispondenza dei seguenti scenari di funzionamento:

A.T.P.:				Consulenti:	
					

Scenario 1 (eccezionale) - Stato attuale (opere di laminazione previste a monte non realizzate) e piena $T = 100$ anni con colmo successivo al completo riempimento della vasca.

Ammesso cautelativamente che il colmo di piena avvenga eccezionalmente dopo un completo riempimento della vasca che porti il livello di invaso alla stessa quota del livello nel canale di alimentazione per effetto del funzionamento dello sfioratore di emergenza (mancata chiusura della paratoia di sezionamento del canale di alimentazione), il livello che si avrà nell'invaso sarà pari, in relazione ai calcoli effettuati nel paragrafo precedente, a 222.9 m s.m.

Scenario 2 (eccezionale) – Assetto di progetto (opere di laminazione previste a monte completamente realizzate) e piena $T = 100$ anni con colmo successivo al completo riempimento della vasca..

Ammesso cautelativamente che il colmo di piena avvenga eccezionalmente dopo un completo riempimento della vasca che porti il livello di invaso alla stessa quota del livello nel canale di alimentazione per effetto del funzionamento dello sfioratore di emergenza (mancata chiusura della paratoia di sezionamento del canale di alimentazione), il livello che si avrà nell'invaso sarà pari, in relazione ai calcoli effettuati nel paragrafo precedente, a 221.9 m s.m.

Scenario 3 - Stato attuale (opere di laminazione previste a monte non realizzate) con effetto di laminazione per l'evento $T = 100$ anni.

In corrispondenza dell'opera di presa il Seveso presenta allo stato attuale per l'evento centennale una portata al colmo di 78 m³/s. Imponendo la derivazione verso la vasca determinata dal sfioratore laterale sopracitato, la portata massima sfiorata in corrispondenza del colmo di piena in arrivo è pari 34 m³/s. Il conseguente riempimento della vasca provocato dall'onda sfiorata determina un massimo riempimento pari a:

- livello di massimo invaso di progetto = 220.80 m s.m..

Scenario 4 - Stato di progetto (opere di laminazione previste a monte completamente realizzate) con effetto di laminazione per l'evento $T = 100$ anni.

In corrispondenza dell'opera di presa il Seveso presenta allo stato attuale per l'evento centennale una portata al colmo di 41 m³/s. Imponendo la derivazione verso la vasca determinata dal sfioratore laterale sopracitato, la portata massima sfiorata in corrispondenza del colmo di piena in arrivo è pari 21 m³/s. Il conseguente riempimento della vasca provocato

A.T.P.:					Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

dall'onda sfiorata determina un massimo riempimento pari a:

- *livello di massimo invaso di progetto = 220.80 m s.m..*

Il coronamento delle arginature di confinamento dell'invaso è quindi stato posto ad una quota pari a 223.50 m s.m., garantendo quindi un franco di sicurezza pari a:

- nello scenario eccezionale 1 relativo allo stato attuale (mancata realizzazione di tutti gli interventi di laminazione previsti a monte) con colmo sopraggiungente dopo il completo riempimento della vasca (livello di massimo invaso di 222,9 m s.m.) $= 223,50 - 222,90 = 0,60$ m
- nello scenario eccezionale 2 relativo all'assetto di progetto con colmo sopraggiungente dopo il completo riempimento della vasca (livello di massimo invaso di 221,9 m s.m.) $= 223,50 - 221,90 = 1,60$ m
- nello scenario 3 relativo allo stato attuale (livello di massimo invaso di 220.80 m s.m.) $= 223,50 - 220,80 = 2,70$ m
- nello scenario 4 nella configurazione di progetto (livello di massimo invaso di 220,80 m s.m.) $= 223,50 - 220,80 = 2,70$ m.

Si ricorda che negli scenari 1 e 2 si è anche considerata la mancata chiusura della paratoia di sezionamento del canale di alimentazione dell'invaso, che in caso di raggiungimento nell'invaso del livello di massima regolazione (220.80 m s.m.) chiude l'alimentazione dell'invaso.

3.3.3 Opera di presa





L'opera di laminazione in progetto viene alimentata dall'opera di presa posta sul torrente Seveso.

Questa è costituita da uno sfioratore laterale del tipo a stramazzo, composto da una soglia fissa in c.a con il ciglio posto alla quota di 220.50 m s.m., avente una lunghezza pari a 15 m. In corrispondenza dello sfioratore il Seveso è caratterizzato da una quota di fondo pari a circa 219.50 m s.m., per cui l'altezza della soglia di sfioro sul fondo alveo è pari a 1.3 m.

Il profilo trasversale della soglia sfiorante è curvilineo, del tipo *Creager-Scimemi*.

A valle della soglia di sfioro è prevista una platea di raccordo con il canale rettangolare chiuso di alimentazione dell'invaso di laminazione di Senago, posta a quota 218,30 m s.m..

Lungo il Seveso, dopo la soglia sfiorante è prevista la formazione di una sezione di controllo

	A.T.P.: 		Studio Associato Geologia Spada	Dott. Ing. A. Barbon	Consulenti: 	Prof. Dott. V. Mezzanotte
---	--	---	--	-------------------------	--	------------------------------

idraulico senza restringimenti laterali mediante l'interposizione di una paratoia piana in acciaio inox di dimensioni 6.5 x 3.0 m, finalizzata a creare un restringimento di sezione per limitare la portata defluente verso valle e rendere più efficiente il sopracitato sfioratore laterale dell'opera di presa.

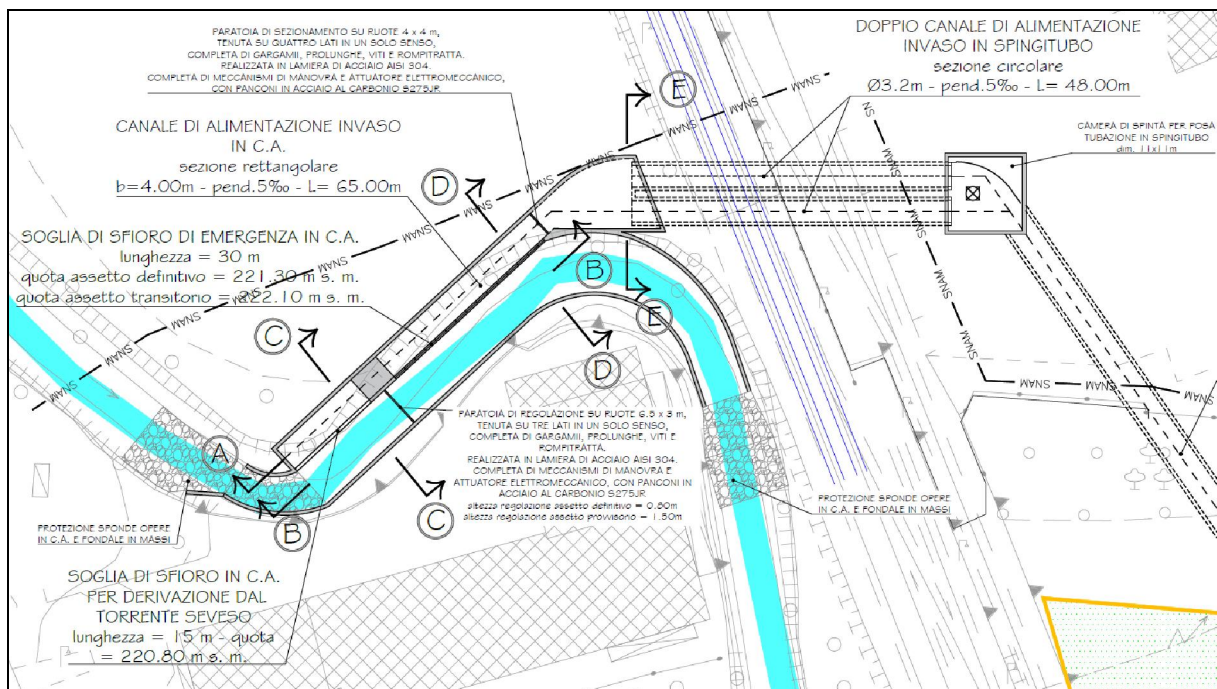






Figura 19 – Planimetria di progetto dell'opera di presa dal T. Seveso

	A.T.P.:  	Studio Associato Geologia Spada	Dott. Ing. A. Barbon	Consulenti:  Prof. Dott. V. Mezzanotte
---	---	--	-------------------------	--

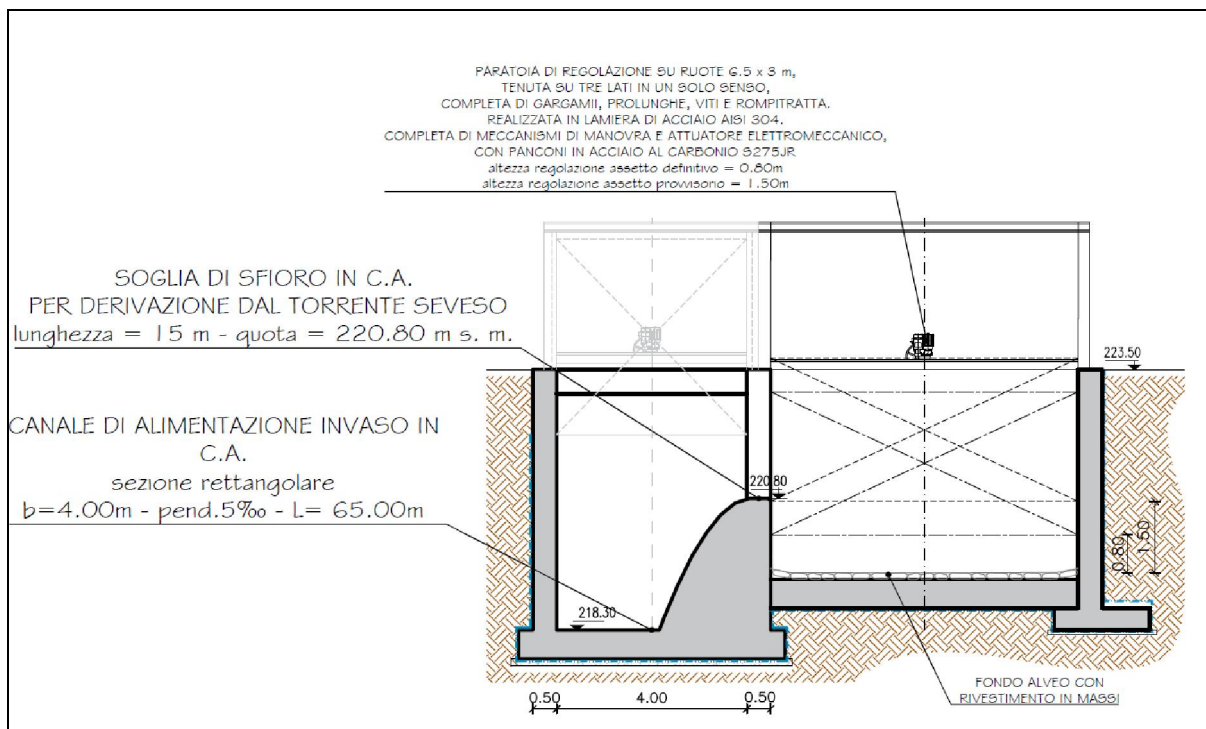


Figura 20 – Sezione trasversale di progetto (C-C) dell'opera di presa dal T. Seveso

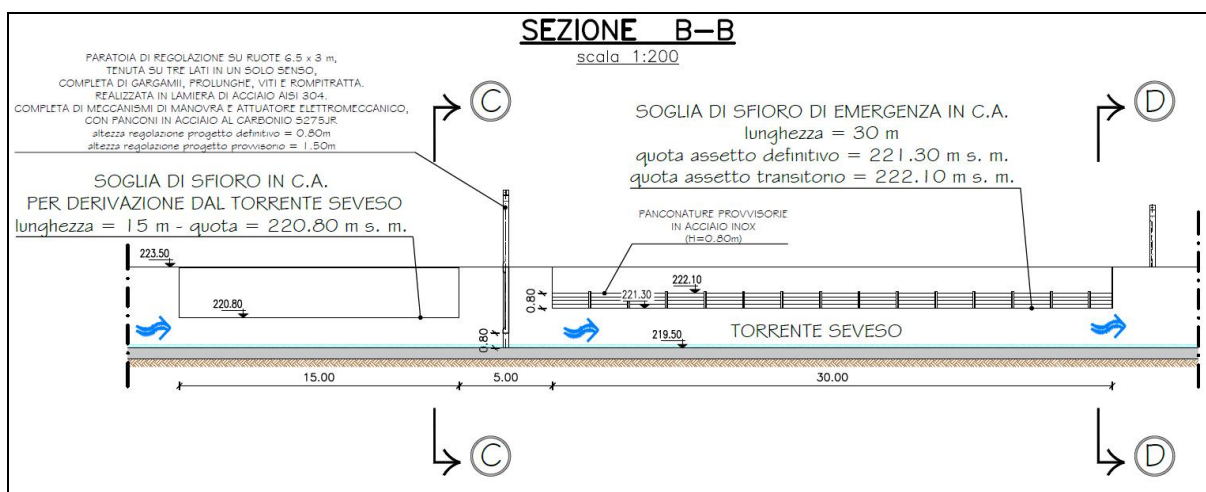


Figura 21 – Sezione longitudinale di progetto (B-B) dell'opera di presa dal T. Seveso

In presenza della portata di piena di riferimento, la paratoia determina un funzionamento di bocca a battente regolato dalla conservazione dell'energia tra la sezione rigurgitata a monte della paratoia e la sezione contratta a valle della stessa. Il dimensionamento della luce della paratoia con la corrispondente sezione contratta e il dimensionamento dello sfioratore laterale sono stati condotti in modo tale da realizzare quanto prima indicato e cioè che, con

A.T.P.:					Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

riferimento ad una portata di piena centennale di progetto proveniente da monte pari a 41 m³/s, la portata sfiorata verso l'invaso di laminazione sia pari a 21 m³/s, così da ridurre la portata verso valle a 20 m³/s.

Attualmente non è ancora ipotizzabile l'ordine con le quali verranno realizzate le diverse opere di laminazione previste nello studio AIPO 2011 a protezione dalle inondazioni del torrente Seveso.





Per tale motivazione si è proceduto ad effettuare una verifica del funzionamento del sistema idraulico della vasca di Lentate sul Seveso considerando che questa sia la prima opera realizzata e che il torrente Seveso risulti analogo alla situazione attuale in tutte le altre sezioni a monte di essa.

Anche in questo caso l'opera di presa è costituita da uno sfioratore laterale del tipo a stramazzo, composto da una soglia fissa in c.a. con il ciglio posto alla quota di 220.80 m s.m., avente una lunghezza pari a 15 m. In corrispondenza dello sfioratore il Seveso è caratterizzato da una quota di fondo pari a circa 219.50 m s.m., per cui l'altezza della soglia di sfioro sul fondo alveo è pari a 1.3 m.

A valle della soglia di sfioro è prevista una platea di raccordo con il canale a sezione rettangolare, di larghezza pari a 4 m, per l'alimentazione dell'invaso di laminazione di Lentate sul Seveso.

Lungo il Seveso, dopo la soglia sfiorante è prevista la formazione di una sezione di controllo idraulico senza restringimenti laterali mediante l'interposizione di una paratoia piana in acciaio inox di dimensioni 6.5 x 3.0 m, finalizzata a creare un restringimento di sezione per limitare la portata defluente verso valle e rendere più efficiente il sopracitato sfioratore laterale dell'opera di presa.

In presenza della portata di piena di riferimento, la paratoia determina un funzionamento di bocca a battente regolato dalla conservazione dell'energia tra la sezione rigurgitata a monte della paratoia e la sezione contratta a valle della stessa. Il dimensionamento della luce della paratoia con la corrispondente sezione contratta e il dimensionamento dello sfioratore laterale sono stati condotti in modo tale da realizzare quanto prima indicato e cioè che, con riferimento ad una portata di piena centennale nell'assetto attuale proveniente da monte pari a 78 m³/s, la portata sfiorata verso l'invaso di laminazione sia pari a 34 m³/s, così da ridurre la portata verso valle a 44 m³/s.

	A.T.P.: 		Studio Associato Geologia Spada	Dott. Ing. A. Barbon	Consulenti: 	Prof. Dott. V. Mezzanotte
---	--	---	--	-------------------------	--	------------------------------

3.3.4 Canale di alimentazione dell'invaso

Le portate derivate dal Seveso vengono recapitate nell'invaso di laminazione di Lentate sul Seveso attraverso un canale completamente interrato che svolge anche la funzione di attraversamento della adiacente linea ferroviaria Chiasso-Milano.

Il canale ha una lunghezza di circa 225 m. La quota di fondo in corrispondenza della sezione iniziale (a valle dell'opera di presa del Seveso) è pari a 218.30 m s.m., mentre la quota di fondo nella sezione terminale (ingresso nell'invaso) è pari a 217.20 m s.m..

La pendenza del canale è pari a circa il 5‰.

L'intero canale è previsto interrato, realizzato attraverso manufatti scatolari o gettati in opera, per consentire il sottopasso della linea ferroviaria Chiasso-Milano e non interferire con le attività svolte nei terreni privati attraversati.

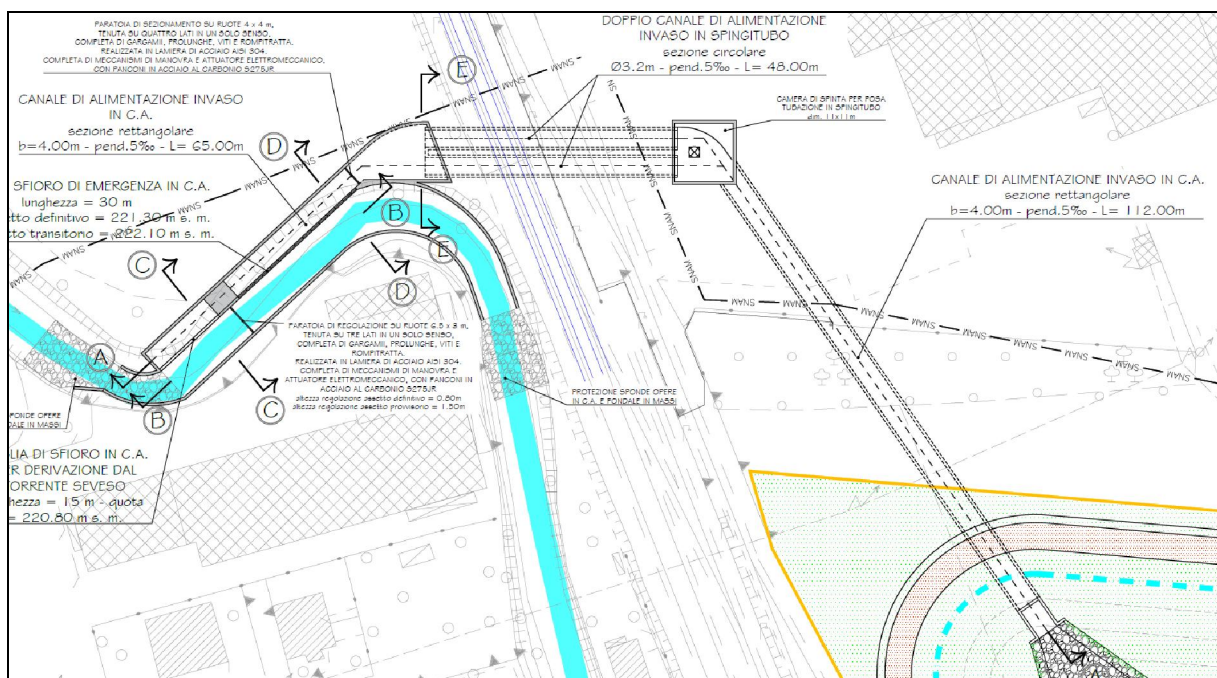






Figura 22 – Planimetria di progetto del canale di alimentazione dell'invaso

La sezione del canale è rettangolare, con base pari a 4.0 m ed altezza pari a circa 4.0 m, ad eccezione del tratto al di sotto della linea ferroviaria, dove è prevista la posa, in spingitubo, di due condotti circolari di diametro 3.2 m. Si è prestata particolare attenzione alla costruzione del profilo del canale al fine di rispettare i vincoli imposti dalle *Norme tecniche per gli attraversamenti e per i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con*

	A.T.P.:  	Studio Associato Geologia Spada	Dott. Ing. A. Barbon	Consulenti:  Prof. Dott. V. Mezzanotte
---	---	--	-------------------------	--

ferrovie ed altre linee di trasporto (Decreto Ministeriale n.2445 del 23/02/1971). In particolare si è garantito il minimo valore di 2 m quale distanza tra il piano del ferro e la generatrice superiore del canale chiuso. Non è stato possibile effettuare l'attraversamento perpendicolarmente alla linea ferroviaria per contenere il raggio di curvatura dei raccordi con la vasca a valle dell'attraversamento ma, come prescritto dalla suddetta normativa, si è mantenuto un angolo sull'orizzontale tra l'asse del canale e l'asse della linea ferroviaria maggiore di 45°.

Per evitare di alimentare l'invaso di laminazione quando questo è già pieno ed evitare che il livello idrico superi il livello di massima regolazione, è prevista in progetto l'installazione, lungo il canale di alimentazione dell'invaso, di una paratoia di sezionamento che si chiude automaticamente quando il livello nell'invaso è pari al livello di massima regolazione, in modo tale da evitare l'ulteriore innalzamento del livello di vaso oltre la quota 220.80 m s.m.. Nella Figura 23 è riportata la sezione del canale con la suddetta paratoia. Se tale paratoia non dovesse chiudersi, entrerebbe in funzione lo sfioratore di emergenza (par. successivo).

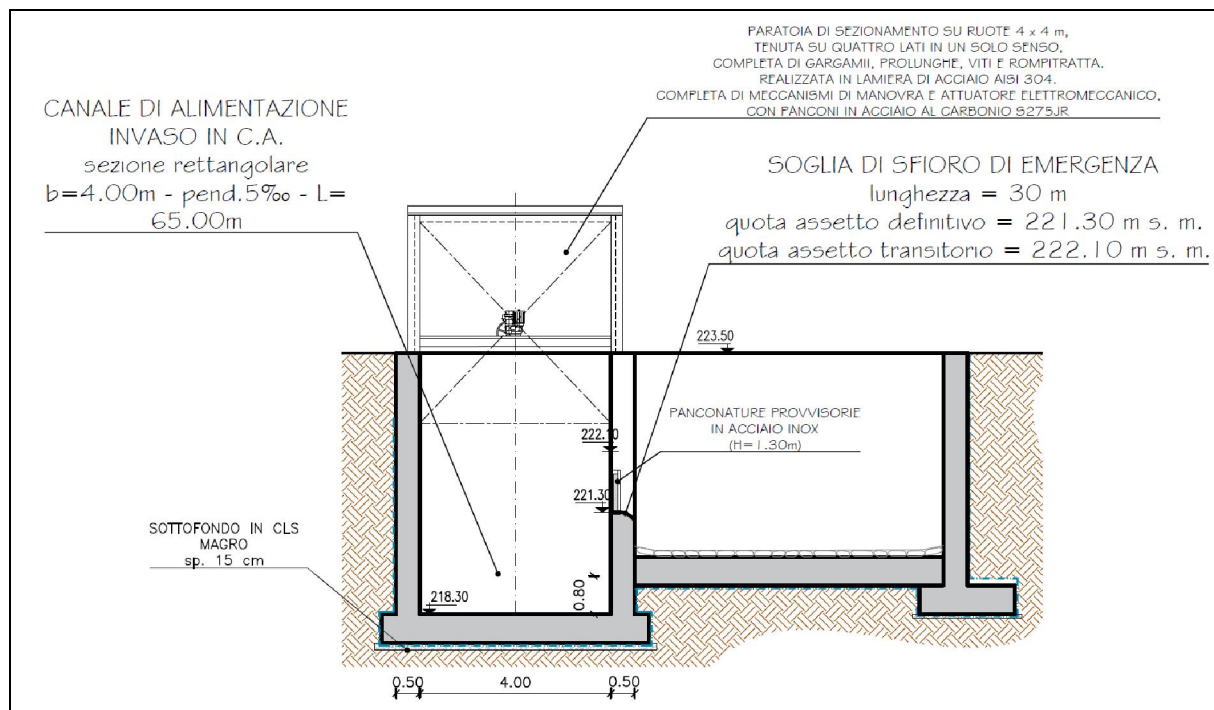


Figura 23 – Sezione trasversale del canale di alimentazione, nel tratto a monte dell'attraversamento della linea ferroviaria, con indicazione della paratoia di sezionamento

A.T.P.:		Consulenti:		
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	
			<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

Prima nell'ingresso nell'invaso, lungo il canale di alimentazione è prevista la realizzazione di una griglia per trattenere i materiali flottanti trasportati durante la piena dalla corrente del T. Seveso, come rappresentato nella figura sottostante.

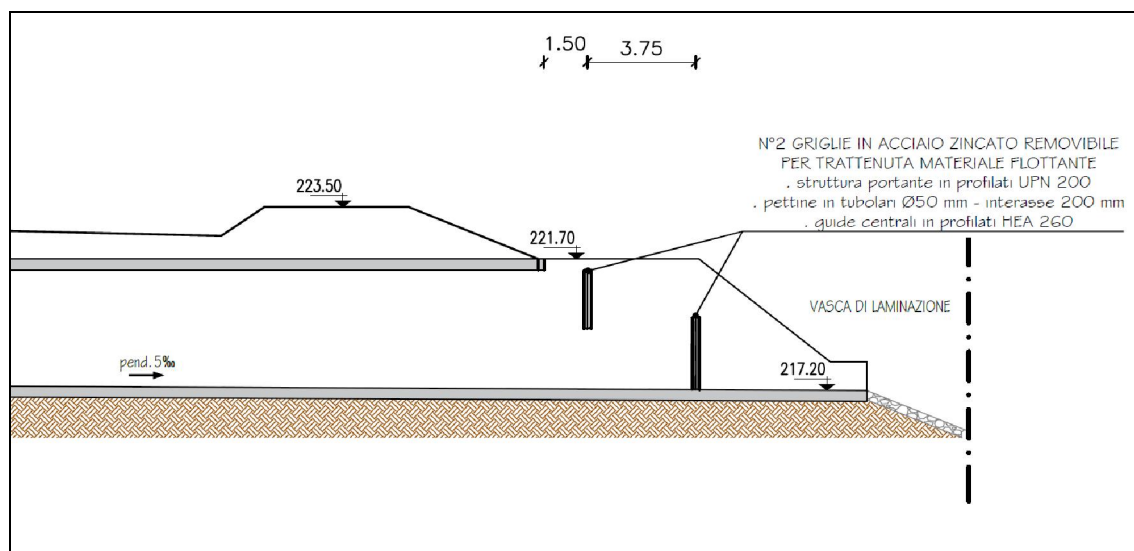


Figura 24 – Sezione longitudinale del tratto terminale del canale di alimentazione con indicazione della griglia per il materiale flottante

3.3.5 Sfiatore di emergenza

Lungo il canale di alimentazione dell'invaso, appena a valle della soglia di sfioro dell'opera di presa dal T. Seveso, è prevista la realizzazione di una soglia di sfioro di emergenza, per recapitare in Seveso, a valle della paratoia di regolazione dell'opera di presa, le portate di eventi eccezionali che vengono derivate anche quando l'area di laminazione ha già raggiunto la quota di massima regolazione.

Lo sfioro di emergenza è costituito da una soglia laterale in c.a. del tipo a stramazzo, con il ciglio posto alla quota di 221.30 m s.m. (0.1 m al di sopra del livello in Seveso a valle della paratoia di regolazione corrispondente ad una portata di 41 m³/s), avente una lunghezza pari a 30 m.

In corrispondenza dello sfioratore il canale di alimentazione è caratterizzato da una quota di fondo pari a circa 218.05 m s.m., per cui l'altezza della soglia di sfioro sul fondo del canale è

A.T.P.:			Consulenti:		
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

pari a 3.25 m.

La portata nella sezione terminale dello sfioro è nulla, in quanto si è supposto che l'invaso di laminazione sia già pieno e che si sia chiusa la paratoia di sezionamento posta lungo il canale di alimentazione (oppure il livello nell'invaso è pari al livello nel canale di alimentazione per effetto del funzionamento dello sfioratore di emergenza).

Qualora le opere di laminazione a monte di quella in oggetto non fossero ancora realizzate, occorre che lo sfioro di emergenza abbia una quota pari a 222.10 m s.m. (cfr. elaborato A.3.1 - relazione idrologico – idraulica).

Per rispettare entrambe le condizioni sopra esposte lo sfioro di emergenza verrà realizzato in c.a. fino alla quota definita nell'assetto di progetto, pari a 221.30 m s.m., e verranno posati dei panconi, con sommità fino alla quota 222.10 m s.m. qualora la vasca di laminazione di Lentate venga realizzata prima delle altre opere di laminazione previste a monte. Quanto sopra è rappresentato nella Figura 25.

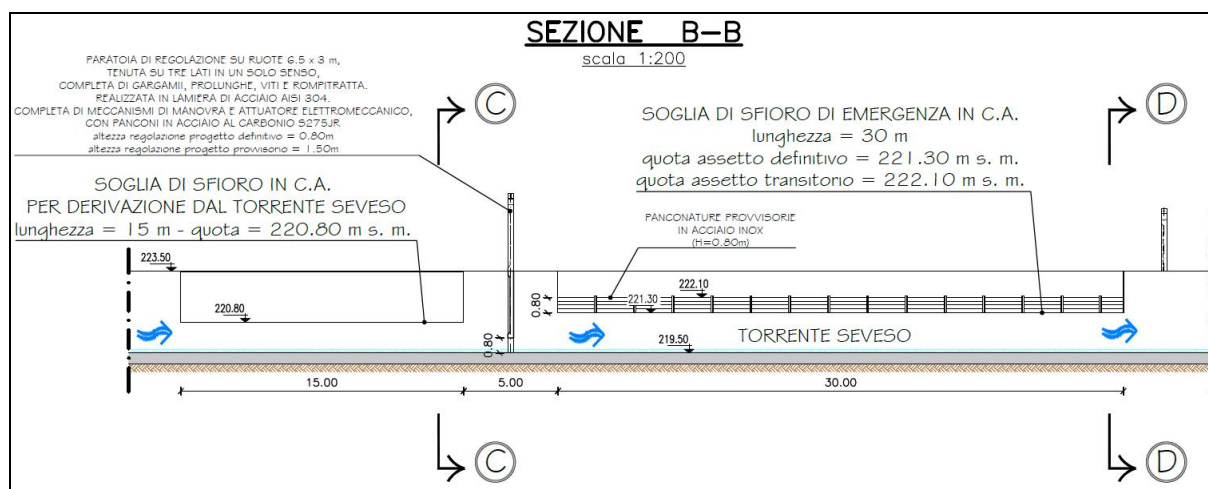






Figura 25 – Profilo longitudinale dell'opera di presa dal T. Seveso con riportato anche lo sfioro di emergenza

3.3.6 Stazione di sollevamento per lo scarico dei volumi invasati

A causa della configurazione del piano campagna e delle quote relative all'alveo del torrente Seveso, la vasca di laminazione di Lentate sul Seveso è realizzata per la quasi totalità in scavo con fondo a quote fino a 18.0 m inferiori rispetto a quelle dell'alveo del Seveso. Per tale motivazione, i volumi in essa invasati devono essere scaricati, al termine dell'evento di piena,

	A.T.P.: 		Studio Associato Geologia Spada	Dott. Ing. A. Barbon	Consulenti: 	Prof. Dott. V. Mezzanotte
--	---	--	--	-------------------------	---	------------------------------

per sollevamento meccanico.

La stazione di sollevamento verrà realizzata lungo il lato occidentale della vasca di laminazione ove il torrente Seveso scorre a poche decine di metri dal limite della vasca. Il fondo del sollevamento è stato posto alla quota di 200.80 m s.m. in modo da risultare di 1.0 m inferiore alla quota di massimo scavo della vasca e poter così allontanare la totalità dei volumi invasati ma limitando comunque il massimo battente sull'aspirazione delle pompe sommerse a 20.0 m.

Le opere elettromeccaniche sono state dimensionate in modo da permettere il completo svuotamento dell'invaso in un tempo massimo di 48 ore. Si è scelto quindi di installare n.5 pompe (delle quali una con funzione di riserva) caratterizzate da una portata massima di 1250 l/s ciascuna con una prevalenza massima di 21 m.

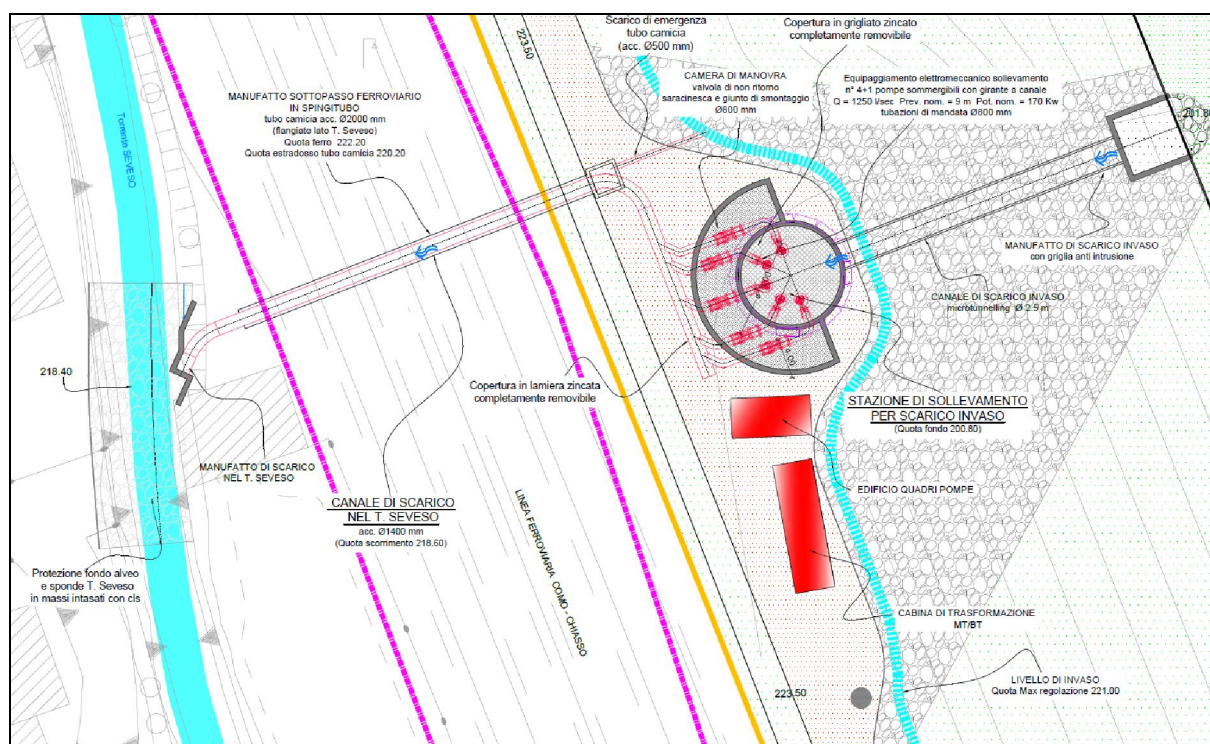


Figura 26 – Stralcio della planimetria della vasca di laminazione di Lentate sul Seveso con indicazione del sollevamento meccanico e delle opere di scarico

Le condotte di mandata sono dei DN800 in acciaio e, giunte alla quota 218.60 m s.m., appena all'esterno della stazione di sollevamento, convergono in una condotta DN1400 sempre in

A.T.P.:				Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

acciaio. Questa, dopo aver effettuato l'attraversamento perpendicolare della linea ferroviaria Chiasso-Milano, recapita le portate sollevate nel torrente Seveso attraverso un manufatto di scarico che le convoglia nel senso di scorrimento ordinario del torrente e protegge il fondo e le sponde dell'alveo dall'erosione localizzata.

L'attraversamento della linea ferroviaria verrà realizzato attraverso uno spingitubo al fine di non interferire in alcun modo con il normale traffico ferroviario mediante una tubazione DN2000 in acciaio a perdere che svolgerà la funzione di tubo-camicia per la tubazione di mandata. Il tubo-camicia verrà spinto mantenendo una lieve pendenza con punto di minimo all'estremo orientale (lato vasca) e l'estremo opposto verrà flangiato e sigillato. In tal modo eventuali perdite dalla condotta di mandata in corrispondenza dell'attraversamento verranno convogliate in un pozzetto di raccolta realizzato sul lato della vasca di laminazione e da qui ricondotte in vasca attraverso una tubazione di scarico DN500 in acciaio.

L'intero attraversamento rispetta le prescrizioni della normativa di riferimento per gli attraversamenti di linee ferroviarie con tubazioni trasportanti liquidi o gas, garantendo lungo tutto il suo sviluppo una distanza verticale minima tra estradosso superiore del tubo-camicia e piano del ferro di 2.0 m.

Nelle immediate vicinanze della stazione di sollevamento e completamente fuori terra verranno realizzati un edificio contenente i quadri elettrici di controllo delle pompe e una cabina di trasformazione MT/BT.

3.3.7 Opere connesse all'interazione tra la falda freatica e l'invaso

Nella relazione geologica-idrogeologica allegata al progetto (elaborato A.2.3) sono riportate le informazioni relative al livello della prima falda e alle possibili interazioni con le opere di laminazione in progetto. Allo stato attuale dei livelli della falda, la parte più profonda delle vasche presenta interferenze dirette con la prima falda, interferenze sia in fase esecutiva che durante il funzionamento a regime delle vasche.

Per il funzionamento a regime si pongono due elementi fondamentali:

- interferenze qualitative (qualità delle acque);
- interferenze quantitative – idrogeologiche.

Fatte salve le valutazioni sulla qualità delle acque della prima falda e del fiume Seveso, contenute in apposite relazioni allegare al presente progetto, si è ritenuto di mantenere

A.T.P.:					Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

completamente separati i due sistemi.

Nello specifico è stato ritenuto fondamentale impedire l'infiltrazione nel sottosuolo e nella falda delle acque di piena del fiume Seveso.

La scelta progettuale è quella di impermeabilizzare completamente l'area di laminazione fino alla quota di massimo invaso.

La soluzione tecnica individuata è quella della messa in opera di un materassino bentonitico con superficie irruvidita, ricoperto da circa 1 metro di spessore di terreno e da circa 0,5 metri di spessore di massi sul fondo vasca, in grado di garantire una permeabilità inferiore a 1×10^{-8} cm/sec.

Il geocomposito bentonitico è costituito da due geotessili tessuti in PP, che racchiudono uno strato di bentonite calcica ad elevata prestazione. Entrambi i geotessili di copertura sono rivestiti con uno strato ruvido ad elevato indice d'attrito per impedire lo scivolamento del telo e del terreno di copertura.

All'interno del geocomposito bentonitico è inserita una lamina poliolefinica dello spessore di 0,12 mm.

Allo stato attuale il telo non sarebbe assoggettato ad una sottospinta idraulica per il livello della falda.

Il ricoprimento è in grado di garantire, con gli adeguati margini di sicurezza, un dislivello tra fondo finito della vasca e livello dell'acqua di circa 1 metro.





E' stato comunque progettato un sistema in grado di garantire l'equiparazione tra i livelli della falda all'esterno ed all'interno della vasche.

Il sistema è costituito da una serie di tubazioni drenanti, poste alla base delle scarpate, che intercettano l'acqua di falda e la riversano all'interno del laghetto, al fine di omogeneizzare i livelli dell'acqua.

Tali tubazioni sono dotate di una valvola a clapet che consente l'ingresso in vasca dell'acqua di falda, ma non consente l'uscita delle acque delle vasche verso la falda.

Si tratta quindi di un sistema monodirezionale, studiato proprio per tutelare al massimo la falda stessa.

Questa soluzione di impermeabilizzazione e bilanciamento delle spinte dell'acqua rende la vasca sostanzialmente neutra rispetto all'assetto idrogeologico sia in presenza che in assenza di riempimento.

A.T.P.:				Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

Le acque invase non possono infiltrarsi in falda e quindi non ne alterano il flusso e l'alimentazione.

Viceversa la vasca si livella come la falda circostante e quindi non costituisce ostacolo al normale deflusso della stessa.

Per maggiori dettagli relativi ai manufatti di interazione con la falda, si rimanda alla tavola D.6.5 allegata al presente progetto preliminare.

3.3.8 Opere di valorizzazione paesaggistica

Per la descrizione dettagliata di tali opere si rimanda all'allegato alla presente relazione.

Milano, agosto 2015

I PROFESSIONISTI INCARICATI:

ETATEC STUDIO PAOLETTI s.r.l.

Dott. Ing. Giovanni Battista Peduzzi

STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI

Prof. Ing. Alessandro Paoletti

BETA STUDIO s.r.l.

Dott. Ing. Massimo Coccato

STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA SPADA

Dott. Geol. Mario Spada

Dott. Ing. Alessandro Barbon