

AREA DI LAMINAZIONE DEL TORRENTE SEVESO in Comune di Paderno Dugnano (MI) - MI-E-795

PROGETTO DEFINITIVO

NOVEMBRE 2014

PROGETTISTI:

ING. GAETANO LA MONTAGNA
ING. SARA MELONE

COLLABORATORI ALLA PROGETTAZIONE:

GEOM. MAURO MARCONE
DOTT. ALESSANDRO MORGESE

GEOLOGIA:

DOTT. CRISTIAN MORGANTI

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

ING. LUIGI MILLE

SUPPORTO ALLA 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. MARCO MIOLO

Dott. Geol. MARIO SPADA
Dott. Geol. GIAN MARCO ORLANDI
Dott. Geol. SUSANNA BIANCHI

Dott. Ing. ALESSANDRO BARBON

ETATEC S.R.L.

STUDIO PAOLETTI
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)



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



Landscape
Architecture
Nature
Development

TITOLO

SCALA

RELAZIONE TECNICA GENERALE

Revisioni

1

2

Numero
elaborato

TIPOLOGIA

PD

COMMESSA

MI-E-795

DOCUMENTO

AT

NUMERO

A.1

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE						Consulenti:	
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTING PARTNERS	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

INDICE

1.	PREMESSA.....	4
2.	CARATTERISTICHE IDROLOGICO-IDRAULICHE DEL TORRENTE SEVESO .	6
2.1	ASSETTO ATTUALE	6
2.2	MODELLAZIONE IDRODINAMICA DEL F. SEVESO	11
2.2.1	Parametri del modello	13
2.2.2	Tempo di ritorno di riferimento del progetto	14
2.2.3	Risultati del modello	15
2.3	EFFETTI DELLE POLITICHE DI “INVARIANZA IDRAULICA” E DI DRENAGGIO URBANO SOSTENIBILE (LAMINAZIONI E INFILTRAZIONI “URBANE” DIFFUSE E CONCENTRATE).	19
2.4	ASSETTO DI PROGETTO DEL F. SEVESO.....	20
2.4.1	Laminazioni golenali a Vertemate con Minoprio (volumi invasabili 120.500 m ³).....	25
2.4.2	Laminazioni golenali a Cermenate e Cantù (volumi invasabili 126.500 m ³)	26
2.4.3	Laminazione nella vasca in scavo di Lentate sul Seveso (volume invasabile 815.000 m ³).....	27
2.4.4	Laminazione nella vasca in scavo di Varedo (volume invasabile 1.500.000 m ³).....	28
2.4.5	Laminazione nella vasca in scavo di Paderno Dugnano (volume invasabile 930.000 m ³).....	29
2.5	PORTATA E VOLUME DI RIFERIMENTO PER IL DIMENSIONAMENTO DELL’INVASO DI LAMINAZIONE DI PADERNO DUGNANO	30
2.5.1	Analisi evento per T=100 anni.....	31
3.	CARATTERISTICHE TECNICHE DELLA VASCA DI LAMINAZIONE DI PADERNO DUGNANO	34
3.1	VASCA DI LAMINAZIONE	34
3.1.1	Caratteristiche dell’invaso	34
3.1.2	Quota di coronamento delle arginature perimetrali	37
3.2	OPERA DI PRESA	39
3.2.1	Configurazione dell’opera di presa nell’assetto attuale	41
3.3	CONDOTTO DI ALIMENTAZIONE DELL’INVASO.....	42

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTING PARTNERS	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

3.4	CANALE DI RECAPITO ALLA SEZIONE I DELL'INVASO	44
3.5	STAZIONE DI SOLLEVAMENTO PER LO SCARICO DEI VOLUMI INVASATI.....	45
3.6	OPERE CONNESSE ALL'INTERAZIONE TRA LA FALDA FREATICA E L'INVASO	47
3.7	OPERE DI VALORIZZAZIONE PAESAGGISTICA	49
4.	QUALITÀ DELLE ACQUE DEL T. SEVESO.....	50
4.1	CARATTERIZZAZIONE QUALITATIVA DEL T. SEVESO	50
4.1.1	Valutazione dei carichi inquinanti	54
4.1.2	Fauna ittica.....	55
4.2	CAMPAGNA DI MONITORAGGIO QUALITATIVO DEL T. SEVESO E DEL CSNO DA MARZO A SETTEMBRE 2014	55
4.2.1	Premessa	55
4.2.2	Siti di indagine	56
4.2.3	Stazioni di monitoraggio in continuo.....	56
4.2.4	Analisi della qualità dei campioni delle acque e dei sedimenti del T. Seveso e del CSNO.....	60
4.2.5	Analisi complessiva degli eventi monitorati.....	61
4.3	I METALLI NEI SEDIMENTI ACCUMULATI NEL CSNO.....	62
4.4	I METALLI NELLE ACQUE DEL T. SEVESO	67
4.5	CONSIDERAZIONI IN TEMPO ASCIUTTO	68
4.6	PRIME CONCLUSIONI	69
5.	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE-IDROGEOLOGICHE E GEOTECNICHE..	71
5.1	GEOMORFOLOGIA E STRUTTURA GEOLOGICA	71
5.2	DATI GEOLOGICI E STRATIGRAFICI PUNTUALI.....	72
5.3	PROBLEMATICHE AMBIENTALI "AREA EX SNIA"	73
5.4	ASSETTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA ED IMPATTO DELLE OPERE	75
5.5	POZZI AD USO POTABILE.....	78
5.6	INTERFERENZE TRA LE OPERE DI PROGETTO E L'ASSETTO IDROGEOLOGICO.....	80
5.6.1	Impermeabilizzazione delle vasche	80
5.6.2	Abbassamento della falda per i lavori – impatti idrogeologici.....	81
5.7	SISTEMA DI MONITORAGGIO DELLA FALDA NEL TEMPO	83
5.8	SONDAGGIO GEOGNOSTICO E PROVE IN FORO PRESSO LA VASCA DI VAREDO	84
5.9	ANALISI SISMICA LOCALE.....	85
5.10	MODELLO GEOLOGICO E GEOLOGICO TECNICO DEL SUOLO.....	87
5.11	STABILITÀ DELLE SCARPATE	89
5.11.1	Verifiche di Stabilità delle scarpate	90
5.11.2	Verifiche di scivolamento dei terreni di copertura del telo bentonitico	91
6.	PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	93

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					
		A.T.P.:			Consulenti:		
 Agenzia Interregionale per il fiume Po	 STUDIO PAOLETTI	 INGEGNERI ASSOCIATI	 WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTING PARTNERS	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

6.1	CABINA DI TRASFORMAZIONE	93
6.2	SALA QUADRI BASSA TENSIONE.....	93
6.3	CARATTERISTICHE PRINCIPALI	94
6.4	RETE DI TERRA	95
6.5	IMPIANTO DI RIVELAZIONE INCENDI E PULSANTE DI SGANCIO.....	96
7.	OPERE DI VALORIZZAZIONE PAESAGGISTICA	97
7.1	STRATEGIE DI PROGETTO.....	97
7.2	IL PROGETTO DI VALORIZZAZIONE PAESAGGISTICA	99
7.3	OPERE DI MITIGAZIONE.....	100
8.	STIMA DEGLI ONERI DI ESPROPRIO	101
9.	QUADRO ECONOMICO DEL PROGETTO	102
9.1	IMPORTO DEI LAVORI	102
9.2	SOMME A DISPOSIZIONE DELLA STAZIONE APPALTANTE.....	102
9.3	SINTESI DEL QUADRO ECONOMICO	103
10.	ELENCO ELABORATI DEL PROGETTO DEFINITIVO.....	105

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	Studio Associato Geologia Spada	Dott. Ing. A. Barbon	 LAND	Prof. Dott. V. Mezzanotte

1. PREMESSA

La presente relazione presenta sinteticamente tutti i vari aspetti che caratterizzano il Progetto Definitivo della vasca di laminazione del T. Seveso in Comune di Paderno Dugnano.

I precedenti studi e progetti posti a base della progettazione sono stati:

- “*Studio di Fattibilità della Sistemazione idraulica dei corsi d’acqua naturali ed artificiali all’interno dell’ambito idrografico di pianura Lambro – Olona*” approntato nel 2004 dall’Autorità di Bacino del fiume Po (d’ora in poi denominato *Studio-AdBPO-2004*);
- “*Studio idraulico del torrente Seveso nel tratto che va dalle sorgenti alla presa del Canale Scolmatore Nord Ovest (CSNO) in località Palazzolo in Comune di Paderno Dugnano (MI) e studio di fattibilità della vasca di laminazione del CSNO a Senago (MI)*” (d’ora in poi denominato *Studio-AIPO-2011*), redatto dalla società ETATEC STUDIO PAOLETTI s.r.l. su incarico di AIPO, poi approvato nell’ambito dell’Accordo di Programma relativo alla difesa idraulica del territorio milanese;
- “*Progetto definitivo della vasca di laminazione sul fiume Seveso in Comune di Senago (MI)*” in data ottobre 2014, redatto dalla RTP composta dalla società ETATEC STUDIO PAOLETTI s.r.l., STUDIO PAOLETTI Ingegneri Associati, Studio Associato di Geologia Spada e Dott. Ing. Chiara Tonetto su incarico di AIPO.

Poiché la vasca di laminazione di Paderno Dugnano di cui tratta il presente progetto è una componente fondamentale del sistema complessivo di controllo delle piene del Seveso previsto nei suddetti *Studio AdBPO-2004* e *Studio AIPO-2011*, articolato su una successione di vasche di laminazione poste lungo l’asta principale del Seveso e lungo il Canale Scolmatore Nord- Ovest, la progettazione è stata condotta in modo da rispettare i criteri e gli obiettivi generali ivi indicati, che vengono più oltre dettagliatamente richiamati.

È anche da ricordare che nello *Studio AIPO-2011* sono state individuate ulteriori possibilità di laminazione lungo il Seveso e lungo i suoi affluenti principali Certesa e Terrò. La corografia generale allegata al presente progetto indica pertanto sia le opere di laminazione strategiche, tra le quali rientra anche quella di Paderno Dugnano di cui trattasi, sia le altre ritenute non ottimali e/o comunque secondarie.

Sono in corso con il Comune di Paderno Dugnano analisi di alternative di localizzazione e configurazione delle opere che potranno portare ad eventuali modifiche progettuali, pur

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:	
			A.T.P.: 		Studio Associato Geologia Spada	Dott. Ing. A. Barbon		Prof. Dott. V. Mezzanotte

sempre coerenti con i criteri e gli obiettivi generali di riassetto idraulico del fiume Seveso indicati nello *Studio AdBPo-2004* e nello *Studio AIPO-2011*.

Nel capitolo 2 vengono presentate le caratteristiche idrologico-idrauliche del torrente Seveso e il connesso inquadramento dell'invaso di laminazione di Paderno Dugnano di cui al presente progetto.

Nel capitolo 3 sono analizzate le caratteristiche tecniche della vasca di laminazione in Comune di Paderno Dugnano e delle opere accessorie.

Nel capitolo 4 vengono riportate sinteticamente la descrizione e le considerazioni relative alle analisi chimico-fisiche effettuate per valutare lo stato qualitativo delle acque del torrente Seveso al fine di quantificare l'impatto che l'accumulo di tali acque potrebbe generare sulle zone di invaso.

Nel capitolo 5 sono riassunti i ragionamenti ed i calcoli effettuati per la progettazione degli impianti elettrici a servizio delle opere accessorie della vasca di laminazione.

Nel capitolo 6 vengono descritte le opere di valorizzazione paesaggistica inserite nel progetto definitivo al fine di rendere ambientalmente compatibili la vasca di laminazione e le opere accessorie e, allo stesso tempo, rendere fruibile l'area occupata anche per scopi secondaria quello di protezione idraulica del territorio.

Nel capitolo 7 è sintetizzata la procedura che è stata utilizzata per la stima degli oneri di esproprio e viene riportata la quantificazione finale di tali oneri.

Nel capitolo 8 viene infine riportato il quadro economico del progetto, il quale viene analizzato e commentato nelle sue diverse parti.

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

2. CARATTERISTICHE IDROLOGICO-IDRAULICHE DEL TORRENTE SEVESO

Vengono qui riportate in modo riassuntivo le analisi idrologico-idrauliche e le simulazioni modellistiche dettagliatamente esposte nello “*Studio idraulico del torrente Seveso nel tratto che va dalle sorgenti alla presa del Canale Scolmatore Nord Ovest (CSNO) in località Palazzolo in Comune di Paderno Dugnano (MI) e studio di fattibilità della vasca di laminazione del CSNO a Senago (MI)*” (d’ora in poi denominato Studio-AIPO-2011), redatto dalla società ETATEC STUDIO PAOLETTI s.r.l. su incarico di AIPO, poi approvato nell’ambito dell’Accordo di Programma relativo alla difesa idraulica del territorio milanese.

2.1 ASSETTO ATTUALE

Il torrente Seveso nasce alle falde del Monte Pallanza nel territorio del comune di San Fermo della Battaglia (CO), nelle vicinanze del confine svizzero con il Canton Ticino, sul versante Meridionale del Sasso Cavallasca, in provincia di Como, circa a quota 490 metri sul livello del mare, tocca vari centri abitati della Brianza ed entra in Milano fino ad unirsi con il Naviglio della Martesana all'interno della città di Milano in prossimità di via Melchiorre Gioia.

Nel panorama generale dell’ambito idrografico Lambro – Olona, il torrente Seveso si caratterizza per l’entità del grado di vincolo presente nella zona terminale dell’asta. Essendo posto infatti al centro della zona urbana milanese (a differenza di Lambro e Olona che scorrono in zone più periferiche) ed attraversando una porzione di territorio che ha subito uno sviluppo urbanistico senza paragoni in Lombardia negli ultimi 50 anni, il torrente Seveso risulta caratterizzato dal seguente assetto idraulico:

- la dimensione del bacino drenato. Il torrente Seveso ha un bacino di oltre 200 km², superiore al bacino dei corsi d’acqua delle Groane, che presentano la medesima caratteristica di immettersi al di sotto della città di Milano;
- il bacino ha origine nella zona delle prealpi e pertanto le onde di piena che interessano il corso d’acqua hanno una base di tipo “naturale” con volumetrie dell’onda superiori a quelle derivanti dagli ambiti collinari e urbani che caratterizzano gli altri corsi d’acqua limitrofi (Groane, Bozzente ed anche Lura);
- il corso d’acqua, fin dall’ingresso nel territorio comunale di Milano, è tombinato con

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:				
 AIPO <small>Agenzia Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	A.T.P.:		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>		

capacità di deflusso (stimata in 30÷40 m³/s e limitata da vincoli a valle) assai inferiore rispetto all’apporto di monte;

- la capacità idraulica sopra riportata è appena sufficiente al drenaggio delle acque meteoriche urbane dell’hinterland per eventi che non superino i 2 anni di tempo di ritorno;
- il corso d’acqua, nel percorso in Milano, non presenta sezioni a cielo aperto;
- la rilevanza del grado di urbanizzazione attorno all’asta; tutto il tratto terminale del corso d’acqua da Lentate sul Seveso a Milano presenta aree urbanizzate di vaste proporzioni ed inoltre in buona parte di tale tratto (da Lentate sul Seveso a Cusano Milanino) il corso d’acqua si presenta incassato di parecchi metri rispetto al piano campagna;
- il sistema spondale per ampi tratti è costituito dai muri stessi delle case realizzate ai margini dell’alveo che in alcuni casi ne riducono la capacità di deflusso;
- lo sviluppo urbanistico dei Comuni dell’hinterland a monte ha indotto alla progressiva impermeabilizzazione di vaste aree con conseguente aumento delle portate scaricate dal reticolo fognario. Le potenzialità di scarico di detto reticolo sono in grado di saturare la capacità di deflusso del corso d’acqua già per eventi associati a modesto tempo di ritorno, pur in assenza di afflussi da monte.

L’insieme delle citate particolarità fa sì che gli eventi alluvionali del torrente Seveso in Milano assumano una frequenza di più volte l’anno.

Secondo i dati disponibili, a Milano dal 1976 ad oggi si sono avute ben 104 esondazioni (in media 2,7 esondazioni all’anno). Negli ultimi anni sono stati particolarmente critici il 2010, durante il quale si sono verificate 8 esondazioni (03/05, 14/05, 23/07, 05/08, 12/08, 18/09, 01/11, 16/11), di cui particolarmente grave quella del 18 settembre, e il 2014, in quanto nel periodo 25 giugno ÷ 16 novembre si sono manifestate 8 esondazioni tra cui particolarmente gravose quelle dell’8 luglio e del 15-16 novembre nel corso delle quali si sono generate portate defluenti prossime a 100 anni di tempo di ritorno, che hanno causato diverse gravi situazioni di allagamento non solo a Milano – Niguarda ma anche in altri comuni lungo l’asta del Seveso

Nelle foto seguenti si riportano alcune situazioni di allagamento in Milano nella zona di Niguarda negli anni ’70 e oggi (8 luglio 2014).

PROGETTISTI	SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

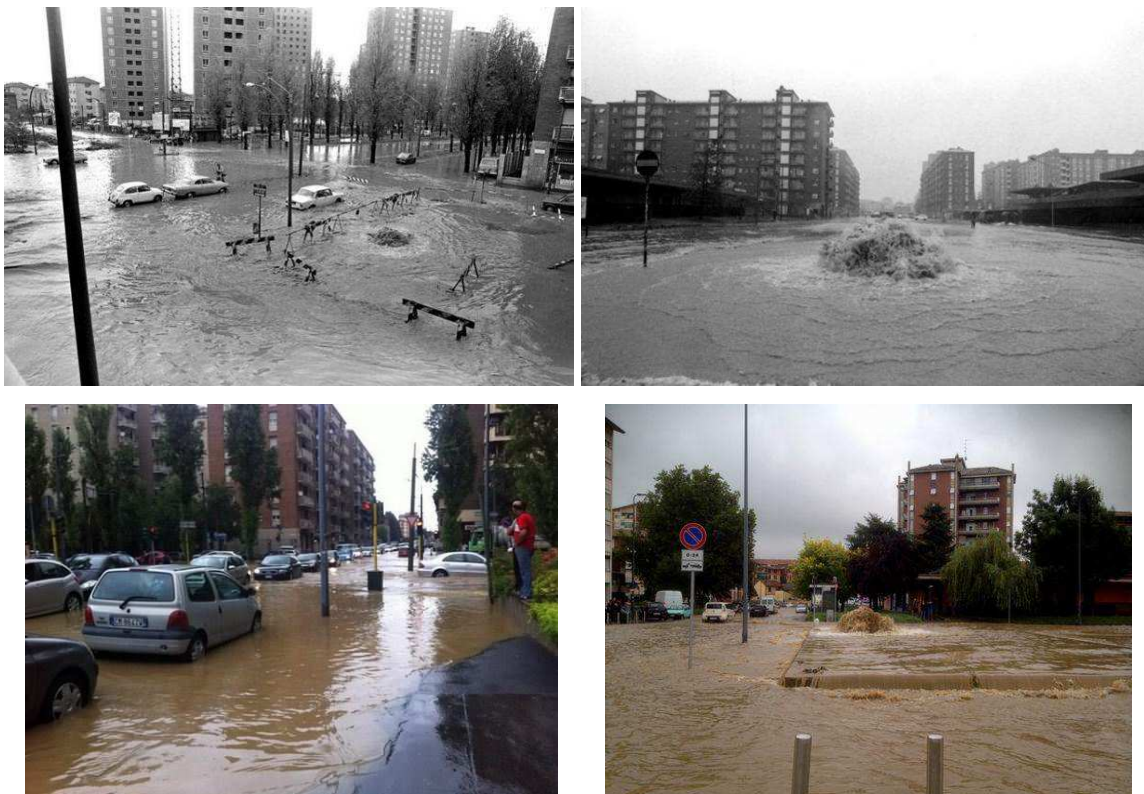


Figura 1 – Allagamenti a Milano (sopra: anni '70; sotto: 8/7/2014)

Entrando più nel dettaglio, l'intero bacino idrografico del Seveso può essere suddiviso sostanzialmente in quattro parti:

- la prima parte più settentrionale, denominata “*Seveso naturale*”, afferente all'asta del torrente Seveso dalla sorgente al comune di Lentate sul Seveso, presenta versanti acclivi o mediamente acclivi ed è caratterizzato da urbanizzazione ridotta comunque tale da non produrre modifiche rilevanti rispetto al processo di piena naturale;
- la seconda parte, denominata “*Certesa naturale*”, ad est della precedente e afferente al torrente Certesa (o Roggia Vecchia), principale affluente del Seveso, si estende dalle sorgenti fino alla confluenza con il torrente Terrò ed è caratterizzato da versanti acclivi e da scarsa urbanizzazione;
- la terza parte, denominata “*Certesa urbano*”, anch'essa afferente al Torrente Certesa, dalla confluenza con il Torrente Terrò fino alla confluenza nel torrente Seveso, presenta versanti poco acclivi e vaste aree urbanizzate (Mariano Comense, Cabiato e Meda);
- la quarta parte, denominata “*Seveso urbano*”, afferente direttamente al torrente Seveso, da

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO <small>Agazia Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	A.T.P.:		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

Lentate sul Seveso all'ingresso nel tratto tombato nel comune di Milano, presenta versanti pressoché pianeggianti ed un'elevata urbanizzazione (Barlassina, Seveso, Cesano Maderno, Bovisio Masciago, Varedo, Paderno Dugnano, Cusano Milanino, Cormano Bresso e Cinisello Balsamo).

Tali quattro parti in cui è stato suddiviso il bacino idrografico del Seveso possono essere raggruppate, in relazione alla tipologia di funzionamento idrologico di formazione delle piene: i deflussi delle zone *Seveso naturale* e *Certesa naturale* dipendono esclusivamente dalle caratteristiche geomorfologiche del bacino, mentre i deflussi delle zone *Seveso urbano* e *Certesa urbano*, eccetto gli apporti di alcuni piccoli affluenti (Comasinella), risultano influenzati principalmente dalla capacità di smaltimento delle reti di drenaggio urbano.

La superficie complessiva del bacino del Seveso, chiuso all'ingresso nel tratto tombato di Milano in via Ornato è pari a circa 226 km², 100 dei quali di aree urbane (44%). Il sottobacino idrografico del torrente Certesa, affluente principale del Seveso, è pari a circa 72 km².

Se si considera poi come sezione di chiusura la presa del CSNO, ubicata a Palazzolo (Comune di Paderno Dugnano, ove vengono scolmate le portate di piena del T. Seveso, il bacino idrografico ha un'estensione di circa 190 km², 76 dei quali di aree urbane (40%). Come differenza si ha che il bacino idrografico del T. Seveso compreso tra la presa del CSNO e Milano è pari a 36 km², di cui 24 di aree urbanizzate (67%).

Nella Figura 2 è riportata la planimetria del bacino idrografico del T. Seveso, fino alla sezione di chiusura di Milano.

La lunghezza dell'asta del torrente Seveso fino a Milano (da ospedale S. Anna di Como) è pari a circa 39 km, 32 dei quali fino alla presa del CSNO in località Palazzolo, Comune di Paderno Dugnano.

<p>PROGETTISTI</p>	<p>SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE</p>					
<p>AIPo Agenzia Interregionale per il fiume Po</p>	<p>ETATEC STUDIO PAOLETTI</p>	<p>STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI</p>	<p>A.T.P.: BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</p>	<p><i>Studio Associato</i> Geologia Spada</p>	<p><i>Dott. Ing.</i> A. Barbon</p>	<p>Consulenti: LAND <i>Prof. Dott.</i> V. Mezzanotte</p>

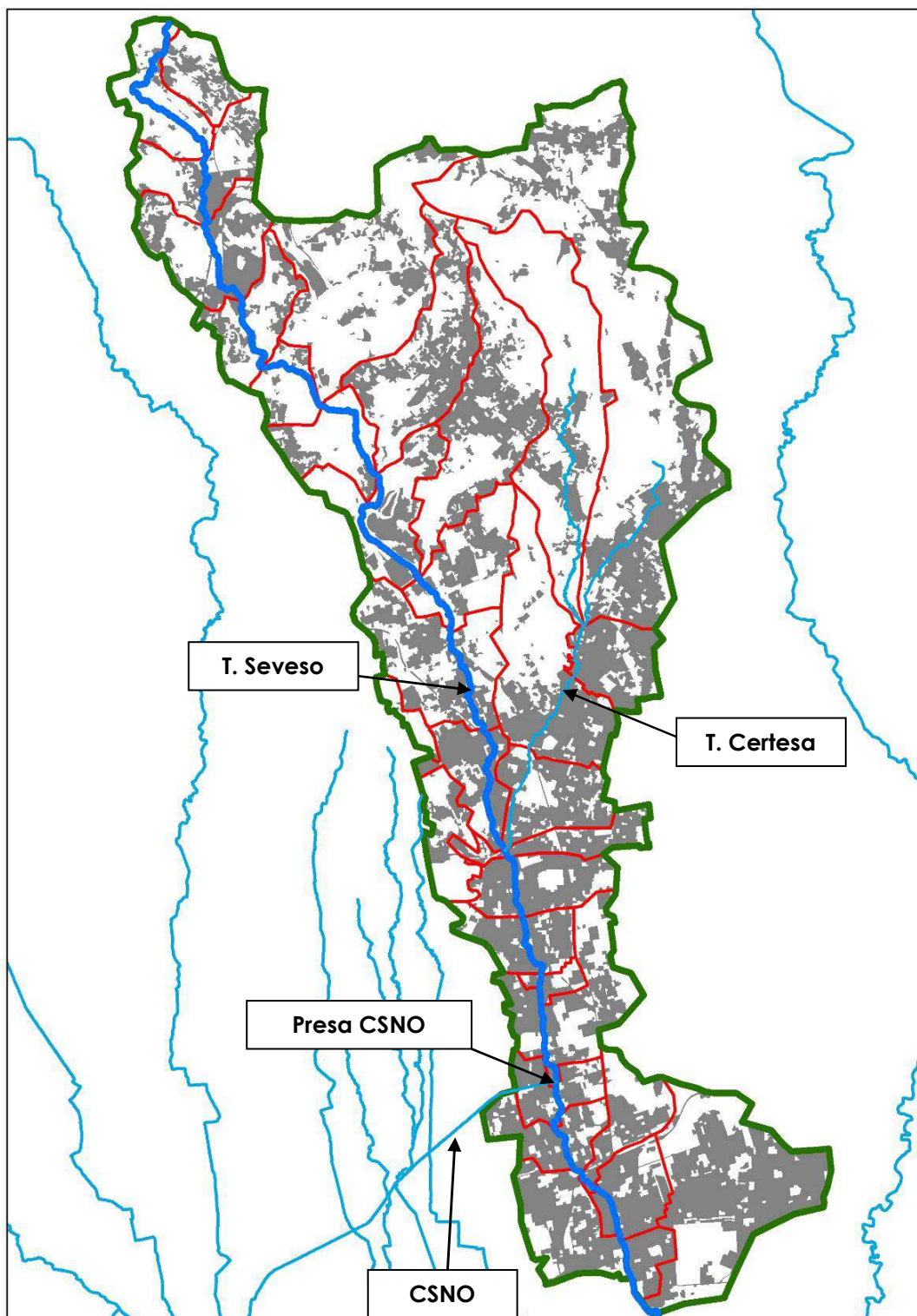


Figura 2 – Bacino idrografico del T. Seveso (in rosso sono indicati i sottobacini del modello idrologico, mentre in grigio sono indicate le aree urbanizzate aggiornate al 2007)

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:	
				<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>			<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

2.2 MODELLAZIONE IDRODINAMICA DEL F. SEVESO

Per poter rappresentare al meglio gli aspetti della dinamica fluviale che si sviluppa nell'asta principale del T. Seveso e nel CSNO in occasione delle piene, si è utilizzato il modello messo a punto nello Studio-AIPO-2011 basato sul codice di calcolo MIKE 11 del Danish Hydraulic Institute. Esso, infatti, comprende moduli idonei al caso in oggetto, in funzione del livello di conoscenza, peraltro assai elevato data l'ampiezza delle operazioni topografiche di campo incluse nello studio, della reale geometria dei manufatti e delle aree e sulle sue particolari calibrazioni attinenti sia agli aspetti inerenti la formazione delle piene nei sottobacini urbani e extraurbani sia ai processi idrodinamici di propagazione e invaso lungo il reticolo idrodinamico e le aree di esondazione e di laminazione.

Il modello elabora la formazione delle piene in modo distribuito seguendo una suddivisione del bacino complessivo in 26 sottobacini (fino alla presa del CSNO) e utilizzando moduli di calcolo adatti sia alle caratteristiche dei deflussi urbani, con le limitazioni legate al comportamento delle reti fognarie urbane, sia alle caratteristiche dei bacini extraurbani.

Nella successiva Tabella 1 sono riportati i diversi sottobacini con i dati relativi a: superficie complessiva, estensione delle aree extraurbane, estensione delle aree urbanizzate, note (es. comuni interni al sottobacino, nome affluente). All'interno delle note è inoltre riportato il caso in cui il sottobacino contribuisce agli afflussi del T. Seveso solo per la componente urbana, attraverso la rete di drenaggio urbano e non contribuisce per la componente extraurbana, a causa dell'assenza di reticolo superficiale di recapito nel Seveso e di ridotte pendenze del piano campagna.

Tabella 1 – Sottobacini del modello idrologico e loro caratteristiche principali

Nome sottobacino	Superficie totale [km²]	Superficie extraurb. [km²]	Superficie urbanizzata [km²]	Note
SEV 1a	2.97	1.84	1.13	Cavallasca, San Fermo della Battaglia
SEV 1b	4.69	4.18	0.51	San Fermo della Battaglia, Montano Lucino
SEV 1c	3.00	1.57	1.43	Como, Montano Lucino
SEV 1d	2.49	1.78	0.71	Montano Lucino, Villa Guardia
SEV 2	6.89	3.27	3.62	Villa Guardia, Grandate Luisago, Casnate con Bernate
SEV 3	4.72	2.99	1.73	Casnate con Bernate Fino Mornasco

PROGETTISTI 	SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE A.T.P.: <div>      </div>						Consulenti:  
---	--	--	--	--	--	--	--

ACQ	15.80	12.04	3.76	Affluente Rio Acquanegra
SEV 4	2.68	2.17	0.51	Fino Mornasco Vertemate con Minoprio
ANT	7.37	2.65	4.72	Affluente Valle Antonio
SEV 5	4.25	3.26	0.99	Vertemate con Minoprio
SEV 6	6.33	3.92	2.41	Carimate
SER	8.73	3.62	5.11	Affluente Rio Serenza
SEV 7	11.38	9.15	2.23	Carimate, Novedrate, Figino Serenza
SEV 8	8.78	4.62	4.16	Lentate sul Seveso
SEV 9	4.03	1.03	3.00	Barlassina, Seveso <i>Solo contributo urbano</i>
CER 1	35.51	23.80	11.71	Affluente Certesa Mariano Comense
TER	16.20	13.67	2.53	Terrò
CER 2	4.20	0.84	3.36	Affluente Certesa Mariano Comense, Cabiato <i>Solo contributo urbano</i>
CER 3	11.30	6.70	4.60	Affluente Certesa Meda
CER 4	5.10	1.59	3.51	Affluente Certesa Meda, Seveso <i>Solo contributo urbano</i>
SEV 10	2.90	0.80	2.10	Cesano Maderno <i>Solo contributo urbano</i>
COM	4.34	3.26	1.08	Affluente Comasinella
SEV 11	4.74	1.14	3.60	Cesano Maderno <i>Solo contributo urbano</i>
SEV 12	3.75	0.87	2.88	Bovisio Masciago <i>Solo contributo urbano</i>
SEV 13	0.96	0.40	0.56	Varedo <i>Solo contributo urbano</i>
SEV 14	7.44	3.46	3.98	Varedo, Paderno Dugnano <i>Solo contributo urbano</i>
Totale	190.55	114.62	75.93	

Il modello dell'asta principale del torrente Seveso è stato implementato attraverso 485 sezioni, atte a caratterizzare tutte le diverse situazioni di alveo (concentrato, con allargamenti e invasi golenali, con aree di laminazione, ecc.) e tutti gli attraversamenti con le loro esatte geometrie, di cui:

- 203 ricavate dai rilievi condotti nello “*Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro – Olona*” dell'Autorità di Bacino del fiume Po, relativi all'anno 2002;
- 25 sezioni a monte del tratto rilevato nell'ambito del suddetto studio di fattibilità, ricavati da altri studi e da rilievi condotti sul campo da parte degli scriventi;
- 80 sezioni poste a rappresentare l'alveo a valle dei ponti, delle briglie e delle traverse (per

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE						Consulenti:	
									

i ponti, copia delle sezioni d'alveo rilevate a monte del manufatto, mentre per le briglie e le traverse copia delle sezioni di monte ma abbassate in funzione del salto di quota rilevato);

- 80 sezioni rappresentanti la forma del passaggio sotto i ponti e del ciglio delle briglie e delle traverse;
- 14 sezioni per rappresentare il comportamento di alcune aree di allagamento (schema quasi-bidimensionale);
- 11 sezioni per rappresentare il torrente Certesa, affluente principale del T. Seveso;
- 72 sezioni per rappresentare il CSNO, in parte ricavate dai disegni "as built" degli interventi di raddoppio del CSNO tra l'opera di presa e il ponte di Via Marzabotto, ed in parte dal progetto della Provincia di Milano *"Lavori di adeguamento funzionale del canale scolmatore di Nord Ovest nel tratto compreso tra Senago e Settimo Milanese"*.

In generale si riscontra la notevole influenza dei manufatti di attraversamento sulla dinamica fluviale. In tutto il tratto oggetto di studio (32 km) si contano 48 attraversamenti, di cui solo 17 con franco adeguato e ben 15 con funzionamento in pressione o con sormonto. Tale caratteristica determina per ampi tratti un profilo idrico di rigurgito che spesso induce un effetto di crisi catena: il ponte a valle con il proprio effetto di rigurgito porta alla crisi il ponte a monte.

In corrispondenza dell'opera di presa e di regolazione del C.S.N.O. a Palazzolo il modello rappresenta la derivazione dal torrente Seveso di una portata massima di circa 30 m³/s nella situazione attuale e di 60 m³/s nella situazione di progetto. Allo stato attuale un primo tratto del C.S.N.O. risulta già potenziato e quindi in grado di convogliare verso valle portate dell'ordine di 60 m³/s, ma siccome tale valore non può essere convogliato verso valle, l'opera di presa del C.S.N.O. viene regolata in modo tale da limitare l'apporto dal Seveso.

2.2.1 Parametri del modello

I parametri inseriti nel modello per rappresentare le perdite idrologiche e i tempi di risposta dei singoli sottobacini urbani ed extraurbani sono dettagliatamente esposti nel sopracitato *Studio AIPO-2011*, al quale si rimanda. Essi corrispondono alle scelte effettuate nell'ambito dello Studio di fattibilità dell'Autorità di Bacino del F. Po di cui allo *Studio AdBPo-2004*.

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

2.2.2 Tempo di ritorno di riferimento del progetto

Anche la scelta dell'evento di riferimento progettuale è aderente a quanto definito dall'Autorità di Bacino del F. Po di cui allo *Studio AdBPo-2004*. In particolare per il bacino Seveso- Olona l'Autorità di Bacino ha definito come evento di riferimento quello centennale contemporaneo su tutte le aste del reticolo del suddetto bacino.

In merito alla suddetta contemporaneità di eventi centennali su tutte le aste del bacino, una ipotetica scelta di eventi di riferimento aventi dinamiche non contemporanee potrebbe comportare un incremento del livello di rischio, scelta che comunque sarebbe rimessa alla competente responsabilità dell'Autorità di Bacino.

Inoltre nelle dinamiche reali degli eventi di massima intensità, che effettivamente avvengono normalmente con dinamiche non contemporanee, possono aversi effetti anche più gravi dell'evento contemporaneo, a parità di tempo di ritorno. Ciò avviene quando l'evento piovoso si muove nel bacino da monte a valle in fase con la propagazione dell'onda. Quindi un evento centennale contemporaneo non può assolutamente definirsi a priori come più o meno catastrofico di un evento centennale non contemporaneo.

Si ricorda anche che la ricostruzione dell'evento del Seveso del 7-8 luglio 2014 ha accertato che le precipitazioni avvenute nel bacino sono state commisurate a tempi di ritorno differenziati nei diversi pluviometri da 20 a 50 anni di tempo di ritorno, mentre l'onda di piena generatasi nel Seveso a Palazzolo ha avuto caratteri simili a quella di progetto per $T = 100$ anni sia come portata al colmo ($Q_{max} = \text{circa } 150 \text{ mc/s}$) che come volume complessivo (il volume dell'onda al di sopra della portata di 30 mc/s derivabile dal CSNO è stato pari a circa $4,0 \text{ Mmc}$). Ciò è dipeso dalle condizioni di saturazione del bacino provocate dalle precipitazioni del periodo precedente con conseguenti maggiori valori dei coefficienti di deflusso. Si è quindi trattato di un evento in cui, per particolari condizioni iniziali del bacino, a piogge di un dato valore medio del tempo di ritorno ha corrisposto una piena di maggior valore del tempo di ritorno. E, al contrario, negli eventi reali può anche capitare che, per condizioni iniziali particolarmente asciutte del bacino, ad un dato valore del tempo di ritorno delle precipitazioni corrispondano piene di minor valore del tempo di ritorno.

Pertanto la scelta di un evento di riferimento progettuale in cui si ammette che coincidano i tempi di ritorno delle piogge e delle corrispondenti piene e che le condizioni iniziali del

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:					
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND				
						<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>						

bacino siano di tipo standard, è da considerarsi come una scelta legata alla necessità di adottare una definizione dell'evento di riferimento progettuale, comunque a carattere cautelativo, quale strumento per i calcoli da effettuarsi.

In conclusione si ritiene che l'evento contemporaneo centennale, adottato dall'Autorità di Bacino e nel presente progetto, sia compatibile con un adeguato livello di protezione idraulica del territorio, ferma restando la possibilità di condizioni di rischio idraulico residuo in presenza di eventi estremi di maggior valore del tempo di ritorno.

Tuttavia, in relazione all'intensificazione di eventi estremi conosciuta nel periodo più recente (come ad esempio l'eccezionale evento del 15 – 16 novembre 2014) e tale da poter richiedere in avvenire una rielaborazione statistica delle curve di possibilità pluviometrica, può essere necessario prendere in considerazione nelle successive pianificazioni e progettazioni eventi ancora più gravosi di quello centennale preso a riferimento nel presente progetto. Ciò necessariamente implicherà che:

- gli interventi previsti nel presente progetto siano da considerare commisurati al livello di protezione idraulica del territorio corrispondente al tempo di ritorno 100 anni;
- ulteriori futuri interventi atti ad un più elevato livello di protezione idraulica del territorio potranno essere decisi da successive pianificazioni e progettazioni in relazione ad una eventuale nuova ridefinizione di un evento di progetto di maggior tempo di ritorno.

2.2.3 Risultati del modello

In sintesi l'assetto idraulico attuale del Seveso è riassunto nella seguente Tabella 2 ove si riporta, per tratti, la capacità idraulica dell'alveo a confronto con la portata centennale, risultante dalla modellazione, in arrivo nella sezione anche attraverso lo scorrimento laterale o il superamento di manufatti. In tabella i valori risultano arrotondati ai 5 m³/s, mentre tra parentesi è riportato il valore "di modello".

Nella medesima tabella sono riportati i valori della portata idrologica, intesa come la portata teorica presente in alveo, senza la presenza di restringimenti (ponti, tratti tombinati, ecc.), senza fenomeni di allagamento e senza alterazioni derivanti dall'azione di particolari manufatti idraulici (es. derivazione nel CSNO). E' evidente come tale portata sia molto maggiore rispetto alla portata che effettivamente può transitare in alveo (portata idraulica).

PROGETTISTI 	SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE A.T.P.: <div>        </div>						
---	--	--	--	--	--	--	--

Tale differenza mette in evidenza il notevole impatto che le opere interferenti e le aree di esondazione hanno nei confronti della formazione delle piene. Appare pertanto improponibile un'analisi delle portate lungo l'asta principale del Seveso attraverso l'utilizzo di modelli puramente idrologici, ma occorre condurre una modellazione idrologico – idraulica che coniughi i modelli idrologici adottati per calcolare le onde di piena confluenti dai sottobacini contribuenti con il modello idraulico dell'asta principale.

Tabella 2: Confronto tra la portata idraulica e la portata compatibile in alveo

Sezione	Descrizione	Portata compatibile stato attuale	Portata idraulica stato attuale (T=100)
SV97	Ponte autostrada A9	30 ₍₂₉₎ (T=100)	30 ₍₂₉₎
SV93	Ponte S.S. 35	40 ₍₃₈₎ (T=100)	40 ₍₃₈₎
SV91	Ponte comunale di Casnate	15 ₍₁₅₎ (T=10)	40 ₍₄₂₎
SV87	Ponte S.P.27 (Como)	50 ₍₄₉₎ (T=100)	50 ₍₄₉₎
SV84	Ponte Abbazia Vertemate – Valle confluenza Acquanegra	30 ₍₂₇₎ (T=10)	80 ₍₇₈₎
SV77	Ponte S.P.34 (Como) - Idrometro di Cantù Asnago	35 ₍₃₅₎ (T=10)	60 ₍₅₉₎
SV73	Ponte FFSS Milano Chiasso a Carimate – Valle confluenza Valle Antonio	35 ₍₃₆₎ (T=10)	65 ₍₆₄₎
SV68	Ponte S.P.32 (Como) – confluenza Serenza	35 ₍₃₆₎ (T=10)	65 ₍₆₅₎
SV64	Ponte linea FF.SS. Milano-Chiasso a Lentate sul Seveso	80 ₍₇₇₎ (T=100)	80 ₍₇₇₎
SV57	Ponte di Camnago di Lentate sul Seveso	80 ₍₈₁₎ (T=100)	80 ₍₈₁₎
SV54	Ponte di Via Marconi - Barlassina	55 ₍₅₅₎ (T<100)	85 ₍₈₄₎
SV53	Ponte Superstrada Milano-Meda a Barlassina	85 ₍₈₃₎ (T=100)	85 ₍₈₃₎
SV42	Ponte FNM Seregno-Saronno	85 ₍₈₇₎ (T=100)	85 ₍₈₇₎
SV40	Ponte comunale Cesano Maderno – Valle confluenza T.Certesa	160 ₍₁₆₁₎ (T=100)	160 ₍₁₆₁₎
SV34	Ponte comunale Bovisio Masciago	175 ₍₁₇₆₎ (T=100)	175 ₍₁₇₆₎
SV32	Ponte comunale Bovisio Masciago	85 ₍₈₃₎ (T=10)	165 ₍₁₆₃₎
SV27	Ponte attraversamento Canale Villoresi – a monte presa CSNO	165 ₍₁₆₅₎ (T=100)	165 ₍₁₆₅₎
SV24	Paratoia CSNO – a valle opera di presa	135 ₍₁₃₄₎ (T=100)	135 ₍₁₃₄₎

Mediante la suddetta analisi idrologico-idraulica condotta nell'ambito dello Studio-AIPO-2011 ha portato a definire in corrispondenza dell'opera di presa del CSNO gli idrogrammi di piena relativi all'assetto attuale, per tempi di ritorno 100, 10, 5 e 2 anni, di seguito

rappresentati.

La Figura 3 presenta l'idrogramma di piena per $T = 100$ anni, che risulta caratterizzato da un valore della portata al colmo pari a circa $150 \text{ m}^3/\text{s}$ e da un volume dell'onda pari a circa $6,7 \text{ Mm}^3$.

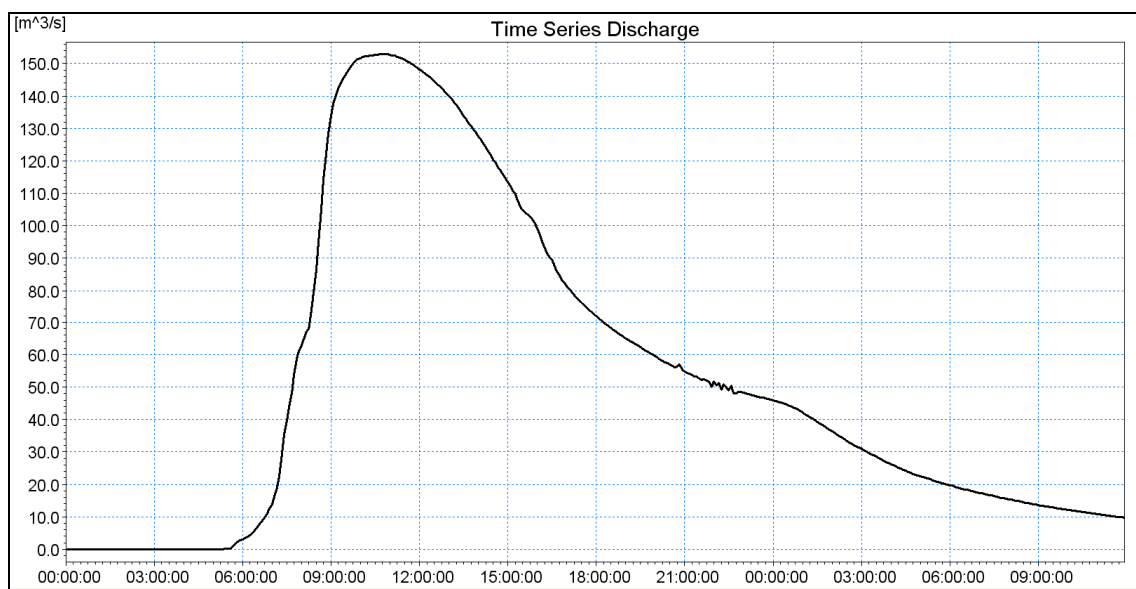


Figura 3 – Idrogramma $T=100$ anni in corrispondenza della sezione SV 24 a monte del CSNO

La Figura 4 presenta l'idrogramma di piena per $T = 10$ anni, che risulta caratterizzato da una portata al colmo pari a circa $120 \text{ m}^3/\text{s}$ e da un volume dell'onda pari a circa $5,0 \text{ Mm}^3$.

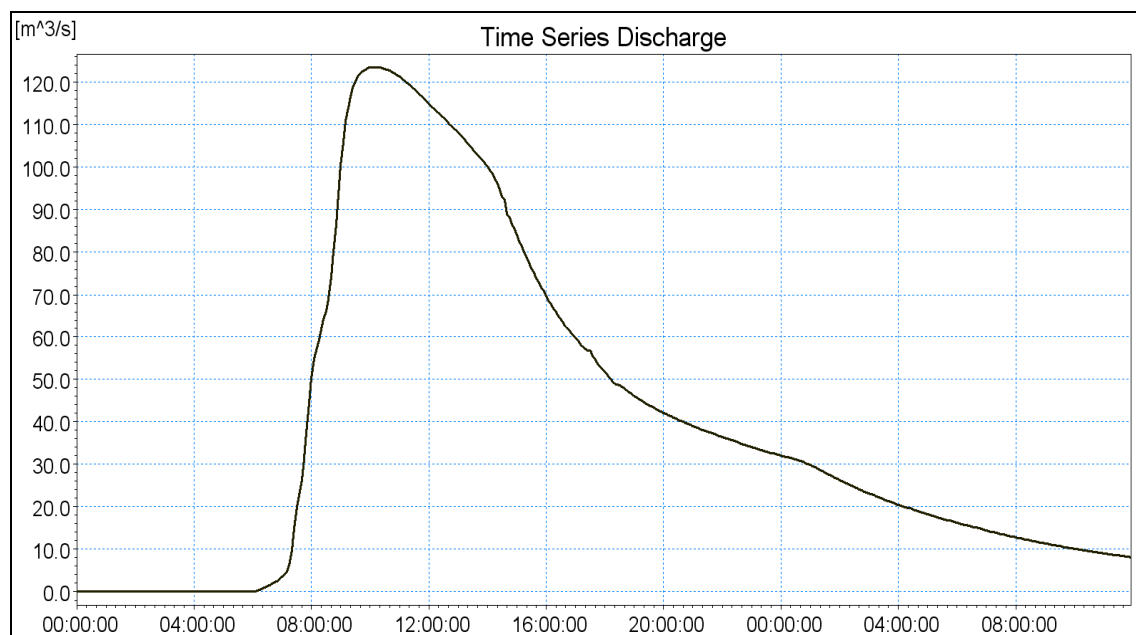


Figura 4 – Idrogramma $T=10$ anni in corrispondenza della sezione SV 24 a monte del CSNO

La Figura 3 presenta l'idrogramma di piena per $T = 5$ anni, che risulta caratterizzato da una portata al colmo pari a circa $100 \text{ m}^3/\text{s}$ e da un volume dell'onda pari a circa $4,3 \text{ Mm}^3$.

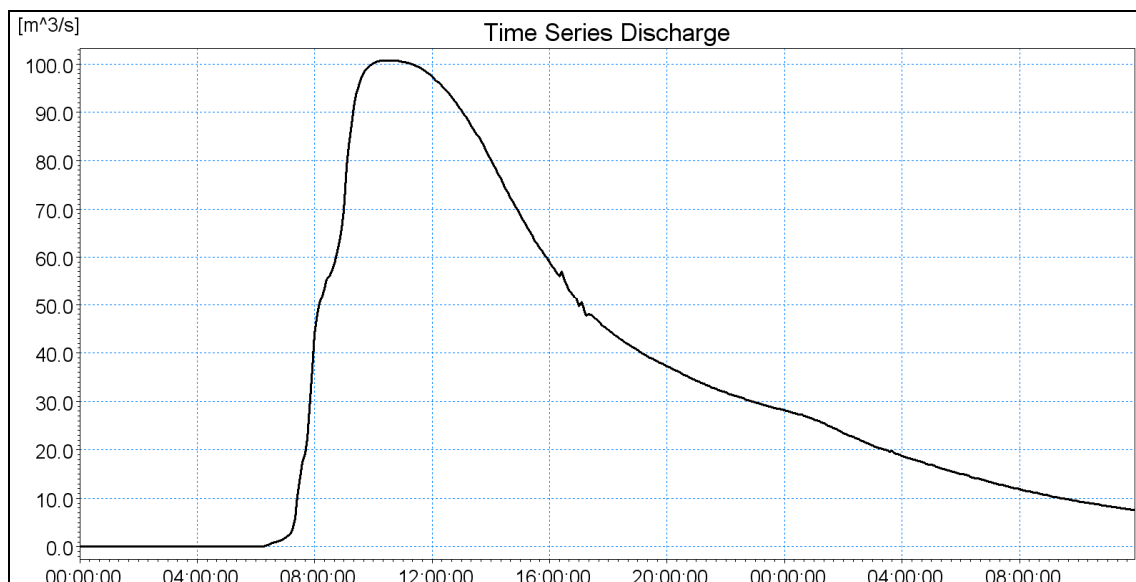


Figura 5 – Idrogramma $T=5$ anni in corrispondenza della sezione SV 24 a monte del CSNO

La Figura 3 presenta l'idrogramma di piena per $T = 2$ anni, che risulta caratterizzato da una portata al colmo pari a circa $65 \text{ m}^3/\text{s}$ e da un volume dell'onda pari a circa $2,9 \text{ Mm}^3$.

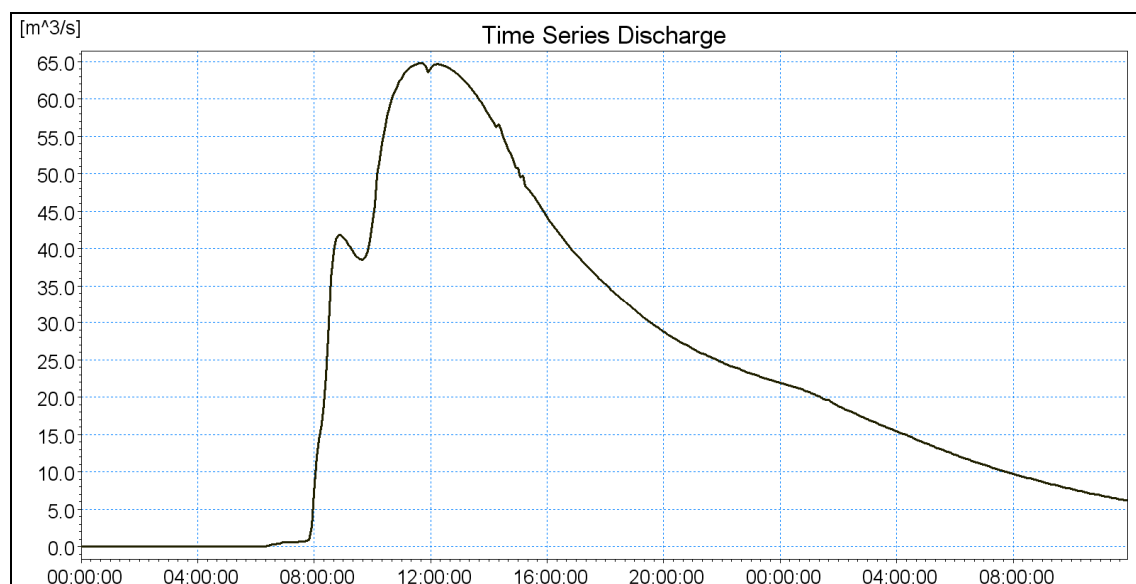


Figura 6 – Idrogramma $T=2$ anni in corrispondenza della sezione SV 24 a monte del CSNO

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	A.T.P.:					
		 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	 Studio Associato Geologia Spada	 Dott. Ing. A. Barbon	 LAND	 Prof. Dott. V. Mezzanotte

Considerando che:

- il tratto tombinato del Seveso in Milano, secondo lo “*Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del torrente Seveso nella tratta compresa tra Palazzolo e Milano nell’ambito idrografico di pianura Lambro – Olona*” (2011) condotto da Metropolitana Milanese S.p.A. per conto del Comune di Milano, è caratterizzato da una portata massima transitante pari a 40 m³/s;
- l’unica opera fondamentale di difesa idraulica del territorio nord-milanese e di Milano attualmente operativa è costituita dal Canale Scolmatore Nord Ovest (CSNO), il quale è in grado di derivare dal Seveso una portata pari a circa 30 m³/s;
- l’apporto meteorico nel Seveso proveniente dal territorio dei comuni della cintura nord-milanese a valle della presa del CSNO a Palazzolo può da solo superare, negli eventi più intensi, la suddetta capacità idraulica di portata del tratto tombinato in Milano del sistema Seveso-Redefossi,

si ha che il grado di insufficienza del Seveso, con particolare riferimento al tratto terminale in attraversamento della Città di Milano, è molto elevato, anche per ridotti valore del tempo di ritorno. Secondo i dati disponibili, a Milano dal 1976 ad oggi si sono avute ben 104 esondazioni (in media 2,7 esondazioni all’anno). Negli ultimi anni sono stati particolarmente critici il 2010, durante il quale si sono verificate 8 esondazioni (03/05, 14/05, 23/07, 05/08, 12/08, 18/09, 01/11, 16/11), di cui particolarmente grave quella del 18 settembre, e il 2014, in quanto nel periodo 25 giugno ÷ 16 novembre si sono manifestate 8 esondazioni tra cui particolarmente gravose quelle dell’8 luglio e del 15-16 novembre nel corso delle quali si sono generate portate defluenti prossime a 100 anni di tempo di ritorno, che hanno causato diverse gravi situazioni di allagamento non solo a Milano – Niguarda ma anche in altri comuni lungo l’asta del Seveso.

2.3 EFFETTI DELLE POLITICHE DI “INVARIANZA IDRAULICA” E DI DRENAGGIO URBANO SOSTENIBILE (LAMINAZIONI E INFILTRAZIONI “URBANE” DIFFUSE E CONCENTRATE).

Gli studi AIPO sul bacino del Seveso (lo Studio di Fattibilità 2011 e lo Studio Integrativo 2011 sull’Invarianza idraulica, ai quali si rimanda) dimostrano l’effetto benefico conseguente all’adozione di strategie politiche e regolamentari, quanto più possibile cogenti, di “*Invarianza idraulica*” e di drenaggio urbano sostenibile con laminazioni e infiltrazioni

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:					
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND				
						<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>						

urbane, diffuse o concentrate, a monte degli scarichi di piena nei corsi d'acqua ricettori.

Pertanto i medesimi studi dimostrano anche, con molteplici simulazioni modellistiche alle quali si rimanda, che tali strategie e politiche, pur avendo grande validità nel limitare i deflussi e gli allagamenti urbani, risultano avere una minore efficacia nella limitazione degli scarichi di piena fognari nei corsi d'acqua. Ciò è legato al fatto che le canalizzazioni fognarie (sia quelle dei sistemi fognari misti, sia quelle esclusivamente pluviali dei sistemi separati) sono progettate e realizzate, né può e deve essere altrimenti per non trasferire i problemi a valle, per tempi di ritorno ridotti, mediamente di 5 – 10 anni. Pertanto le portate massime immesse nel corso d'acqua dagli scaricatori di piena nel corso di eventi di elevato tempo di ritorno, come l'evento centennale di riferimento progettuale, sono già comunque limitate a causa di tali dimensionamenti ai quali consegue l'insorgere di sovraccarichi fognari ed esondazioni nelle aree urbane.

Dunque le auspicabili strategie di Invarianza Idraulica e di drenaggio urbano sostenibile con laminazioni e infiltrazioni urbane diffuse o concentrate potranno avere grande efficacia nel limitare le esondazioni e quindi il livello di rischio idraulico interno delle aree urbane, ma avranno ridotta efficacia nel limitare gli scarichi urbani di piena, che già oggi sono di fatto limitati, e quindi il loro contributo alla generazione delle piene del Seveso e degli altri corsi d'acqua.

Gli interventi di laminazione del Seveso di cui trattasi manterranno quindi pienamente la loro validità anche se in futuro diverranno auspicabilmente operative le suddette politiche di invarianza idraulica e di drenaggio urbano sostenibile.

2.4 ASSETTO DI PROGETTO DEL F. SEVESO

Sulla base delle analisi idrologica e idraulica relative allo stato di fatto sono state condotte mediante il medesimo modello MIKE 11 di cui allo *Studio AIPO-2011* le indagini volte ad individuare le migliori soluzioni progettuali idonee ad una completa sistemazione idraulica del corso d'acqua, supportando le scelte con analisi di fattibilità tecnica, economica ed ambientale delle opere.

Come già detto si tratta di interventi commisurati all'evento centennale adottato dall'Autorità di Bacino. Ulteriori futuri interventi atti ad un più elevato livello di protezione idraulica del territorio potranno essere decisi da successive pianificazioni e progettazioni in relazione ad

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

una eventuale nuova ridefinizione di un evento di progetto di maggior tempo di ritorno.

Gli interventi devono tenere in conto delle caratteristiche prevalentemente naturali del corso d'acqua nel tratto fino a Lentate sul Seveso e delle pesanti modificazioni antropiche intervenute nel tratto tra il comune di Lentate sul Seveso fino a nord di Milano.

Come già esposto nell'analisi dello stato di fatto, nel primo tratto le criticità presenti durante gli eventi di piena sono legate essenzialmente alla presenza di alcuni manufatti insufficienti che creano allagamenti localizzati in aree urbanizzate e all'interessamento di aree golenali destinate a coltivazioni.

Il criterio di progetto in tale zona è associato prevalentemente al mantenimento delle aree di allagamento naturale che interessano le zone golenali, ma migliorando, ove possibile, le capacità di laminazione dell'onda di piena, e nella difesa dagli allagamenti delle aree in cui tali fenomeni risultano incompatibili (centri abitati).

Il tratto compreso tra Lentate sul Seveso e Milano presenta ben maggiori livelli di problematicità, soprattutto con riferimento al tratto prossimo al capoluogo lombardo: l'alveo del Seveso, a causa della pressione antropica, ha assunto una conformazione tale per cui si ha una diffusa insufficienza delle sezioni e dei manufatti nei riguardi delle portate di piena, anche di non elevata entità, soprattutto nel tratto terminale, cioè quando il corso d'acqua si avvicina e si immette in Milano: la portata al colmo con tempo di ritorno pari a 100 anni in ingresso a Milano è pari a circa $150 \text{ m}^3/\text{s}$, mentre la portata compatibile con il tratto tombinato è pari a circa $30\div 40 \text{ m}^3/\text{s}$.

Poiché, come già messo in evidenza nello studio *AdBPo-2004*, l'apporto meteorico proveniente dal territorio dei comuni a valle del CSNO supera da solo tale capacità idraulica di portata del tratto tombinato del sistema Seveso-Redefossi, è necessario che gli interventi da prevedersi nell'assetto di progetto dell'intera asta del T. Seveso a monte della presa del CSNO consentano di annullare la portata nel Seveso a valle di tale opera di presa. Questo implica che la portata in arrivo da monte, convenientemente limitata per effetto di importanti laminazioni poste lungo l'asta del Seveso, deve poter essere totalmente deviata nel CSNO.

Più precisamente, dato che la portata di piena a 100 anni di tempo di ritorno nel T. Seveso a monte della presa del CSNO è pari a circa $150 \text{ m}^3/\text{s}$, mentre la capacità idraulica del primo tratto del CSNO è pari a $60 \text{ m}^3/\text{s}$ (dalla presa fino a monte dell'intersezione con il T. Garbogera, in funzione degli interventi di raddoppio già realizzati), occorre ridurre con

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	Studio Associato Geologia Spada	Dott. Ing. A. Barbon	 LAND	Prof. Dott. V. Mezzanotte

laminazioni la portata di piena del Seveso a monte di tale opera di presa.

Inoltre, considerato che il progetto definitivo relativo ai “*Lavori di adeguamento funzionale del Canale Scolmatore di Nord Ovest nel tratto compreso tra Senago (MI) e Settimo Milanese (MI) – M.I.E.781*” di AIPO e della Provincia di Milano (attualmente in fase di avvio dei lavori), ha come obbiettivo quello di garantire nel CSNO nella sezione immediatamente a monte dell’immissione del sfioro del T. Garbogera, una portata massima di 25 m³/s, occorre prevedere che anche lungo il primo tratto del CSNO siano disposte opere di laminazione in grado di ridurre la portata di piena centennale derivata dal Seveso fino a tale valore.

Per quanto concerne l’insieme delle caratteristiche influenti sugli interventi di progetto, sicuramente la zona di alveo canalizzato ed urbanizzato nel tratto tra Lentate sul Seveso fino al limite dello studio (presa del CSNO) rappresenta l’ambito dove gli interventi risentono maggiormente dei vincoli esistenti e dove pertanto risulta più difficile l’indicazione di soluzioni idonee. In particolare si è riscontrata l’estrema difficoltà di reperire aree di notevole estensione da adibire a cassa di espansione, a causa soprattutto della profondità del fondo alveo rispetto al piano campagna e della notevole pressione antropica che si spinge frequentemente sino alle sponde. Si è inoltre verificato come sia l’alto bacino del torrente Seveso (sino a Carimate) sia il bacino del torrente Certesa (sino a Meda) non presentino caratteristiche morfologiche tali da poter accogliere estesi sistemi di laminazione in grado di ridurre notevolmente le portate verso valle.

L’individuazione di laminazioni mediante volumi d’invaso esterni alla regione fluviale, in grado di fornire adeguati volumi di espansione per la riduzione delle portate in alveo, è stata impostata in base alla seguente valutazione.

Poiché l’onda di piena del T. Seveso (T=100 anni) a monte del CSNO è caratterizzata da un volume di circa 6,7 Mm³ e considerando di poter lasciar proseguire verso valle una portata massima di 25 m³/s (0 a valle della presa del CSNO e 25 m³/s nel CSNO a monte dell’immissione dello sfioro del T. Garbogera), il volume di laminazione complessivamente necessario è pari a circa 4,4 Mm³, come emerge dal grafico seguente in cui si è ammesso, per una valutazione preliminare, che il complesso delle laminazioni sia disposto in derivazione e con un effetto di “taglio” a portata costante (teoria della laminazione ottimale). Sono qui di seguito esposte le più precise determinazioni dell’effetto di laminazione realmente ottenibile, rimuovendo l’ipotesi di taglio a portata costante, con la successione degli invasi di

laminazione in progetto in relazione alle configurazioni adottate per le rispettive opere di presa.

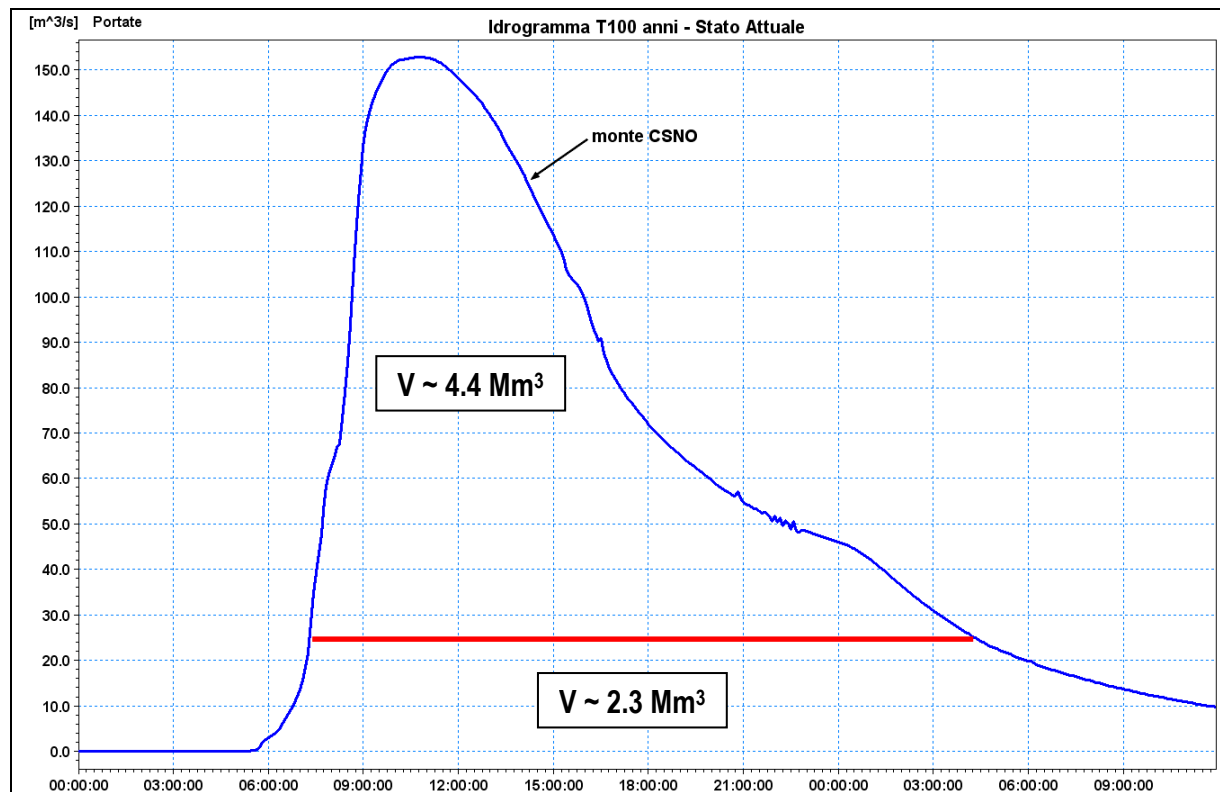


Figura 7 – Idrogramma di piena del T. Seveso a monte della presa del CSNO. La linea rossa rappresenta il limite della portata che può proseguire nel CSNO a valle di Senago (intersezione con il T. Garbogera)

In tale scenario, analizzando la situazione del medio bacino del torrente, si è riscontrato che l'unica consistente possibilità, data la limitazione degli spazi disponibili, è quella di realizzare i desiderati volumi di laminazione mediante scavi piuttosto profondi in aree da attrezzare e restituire alla fruizione pubblica come aree verdi. Solo tramite tali opere è infatti possibile recuperare le volumetrie necessarie, dal momento che l'eventuale diversa soluzione di reperire tali volumetrie "in elevazione", cioè mediante classiche casse di espansione con arginature e manufatti di regolazione, imporrebbe "de-urbanizzazioni" del territorio di tale entità (vastità delle superfici da asservire) da risultare di impossibile attuazione.

In particolare, a seguito di una vasta analisi dello stato del corso d'acqua e del territorio ad esso limitrofo, lo *Studio-AIPo-2011* giunge a porre alla base dell'assetto di progetto del T. Seveso le seguenti possibili aree di laminazione indicate nelle planimetrie della Figura 8 e

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

della Figura 9:

- a) aree esondabili di laminazione “golenale” a Vertemate con Minoprio, Cantù e Carimate (volume di laminazione complessivo pari a circa 220'000 m³);
- b) opere di laminazione in scavo lungo il T. Seveso a Lentate sul Seveso (850'000 m³ di invaso), Varedo (1'500'000 m³), Paderno Dugnano (950'000 m³);
- c) opere di laminazione in scavo lungo il CSNO a Senago (1'000'000 m³).

Naturalmente si evince che, dati i suddetti volumi invasabili, le quattro opere di laminazione indicate nei punti b) e c) assumono importanza strategica, dal momento che con esse si raggiunge l'obiettivo di poter trattenere un volume pari a 4,3 Mm³.

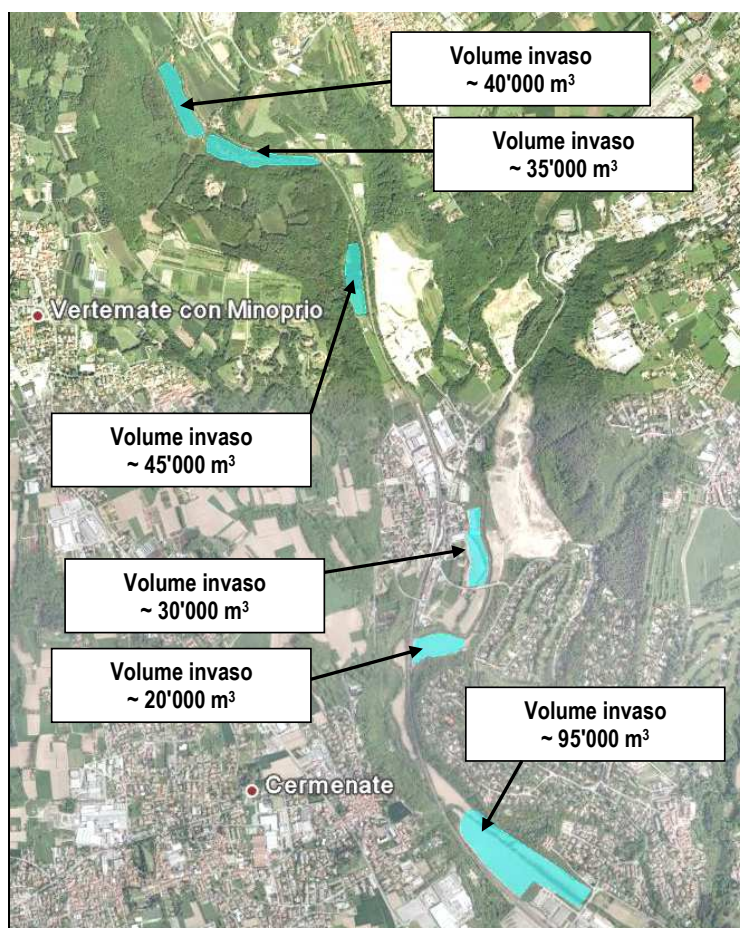


Figura 8 – Invasi di laminazione in aree golenali nei comuni di Vertemate con Minoprio, Cantù e Carimate

PROGETTISTI 	SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE A.T.P.: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div data-bbox="304 152 512 253">  </div> <div data-bbox="512 152 759 253">  </div> <div data-bbox="759 152 890 253">  </div> <div data-bbox="890 152 1023 253">  </div> <div data-bbox="1023 152 1155 253">  </div> <div data-bbox="1155 152 1326 253">  </div> <div data-bbox="1326 152 1495 253">  </div> </div>					
---	---	--	--	--	--	--

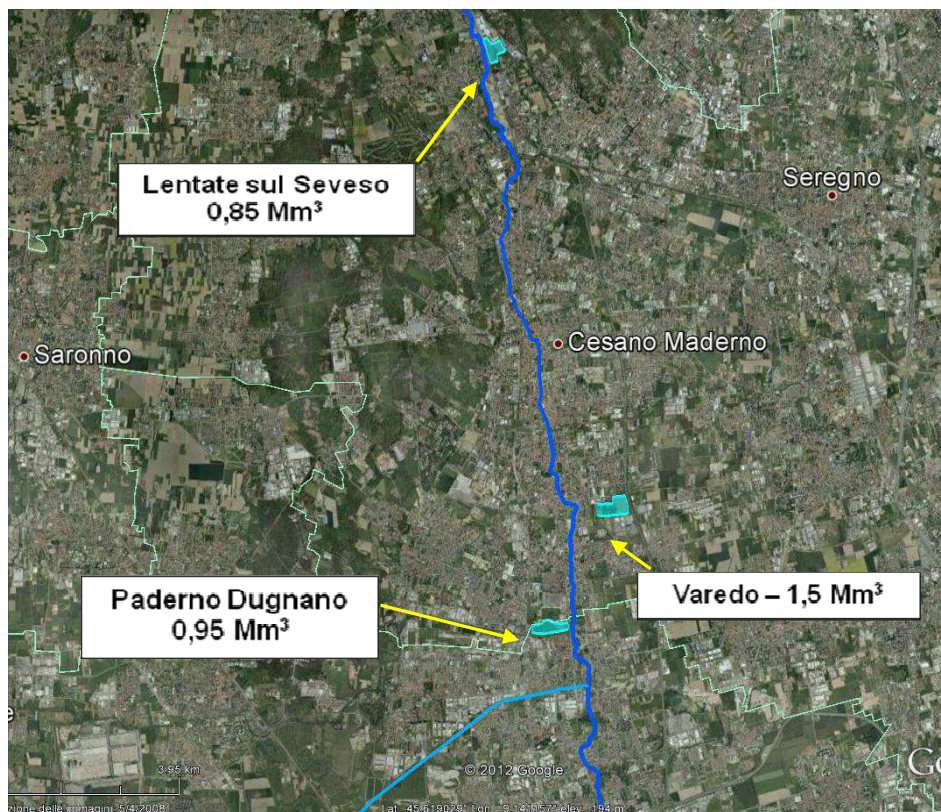


Figura 9 – Invasi di laminazione in scavo da Lentate sul Seveso al CSNO

In dettaglio, la successione degli effetti laminanti delle suddette opere di laminazione previste lungo l'asta del Seveso è misurabile attraverso l'analisi degli idrogrammi di piena risultanti dalla modellazione idrodinamica a monte e valle di ciascuna di esse.

2.4.1 Laminazioni golenali a Vertemate con Minoprio (volumi invasabili 120.500 m³)

Essendo previsto un funzionamento in derivazione con portata di inizio sfioro di circa 20 m³/s risultano gli idrogrammi di piena riferiti al tempo di ritorno 100 anni indicati in Figura 10:

- a monte delle aree di laminazione (stato attuale e stato di progetto coincidenti non essendo previste opere a monte): Q max (T=100): 57 m³/s
- a valle delle aree di laminazione: Q max (T=100): 43 m³/s

La figura mostra inoltre che lo sfioro avviene anche in presenza di eventi di tempo di ritorno di 10 e 5 anni, con conseguente laminazione dei medesimi.

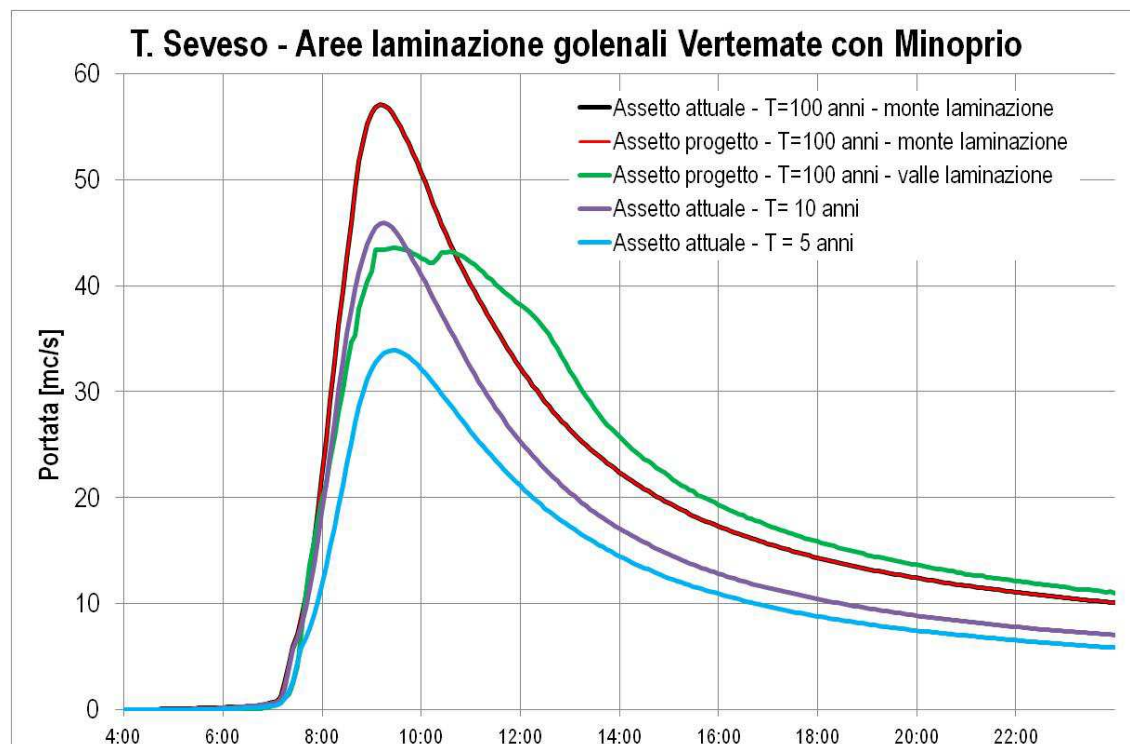


Figura 10 – Idrogrammi di piena a monte e valle delle aree golenali di laminazione di Vertemate con Minoprio

2.4.2 Laminazioni golenali a Cermenate e Cantù (volumi invasabili 126.500 m³)

Essendo previsto un funzionamento in derivazione con portata di inizio sfioro di circa 30 m³/s risultano gli idrogrammi di piena riferiti al tempo di ritorno 100 anni indicati in Figura 11:

- a monte delle aree di laminazione per lo stato attuale: $Q_{max} (T=100)$: 61 m³/s
- a monte delle aree di laminazione per lo stato di progetto: $Q_{max} (T=100)$: 55 m³/s
- a valle delle aree di laminazione: $Q_{max} (T=100)$: 47 m³/s

La figura mostra inoltre che lo sfioro avviene anche in presenza di eventi di tempo di ritorno di 10 e 5 anni, con conseguente laminazione dei medesimi.

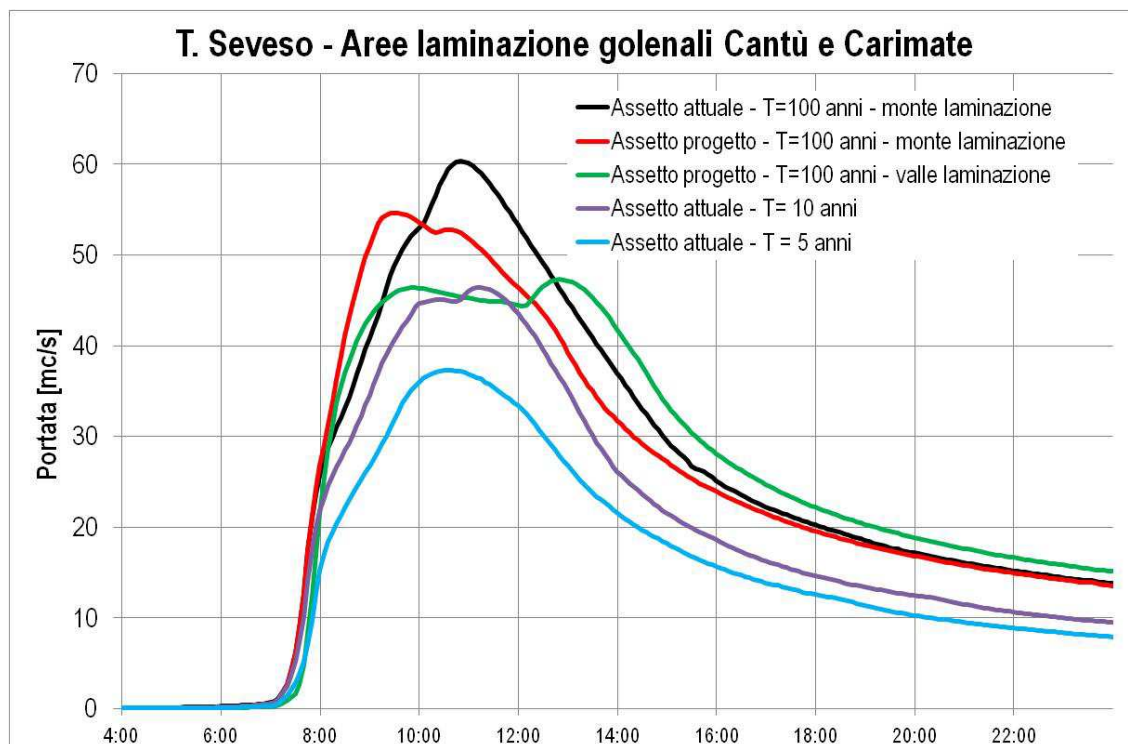


Figura 11 – Idrogrammi di piena a monte e valle delle aree golenali di laminazione di Cermenate e Cantù

2.4.3 Laminazione nella vasca in scavo di Lentate sul Seveso (volume invasabile 815.000 m³)

Essendo previsto un funzionamento in derivazione con portata di inizio sfioro di circa 25 m³/s risultano gli idrogrammi di piena riferiti al tempo di ritorno 100 anni indicati in Figura 12:

- a monte delle aree di laminazione per lo stato attuale: $Q_{\max} (T=100)$: 77 m³/s
- a monte delle aree di laminazione per lo stato di progetto: $Q_{\max} (T=100)$: 73 m³/s
- a valle delle aree di laminazione: $Q_{\max} (T=100)$: 40 m³/s

La figura mostra inoltre che lo sfioro avviene anche in presenza di eventi di tempo di ritorno di 10 e 5 anni, con conseguente laminazione dei medesimi.

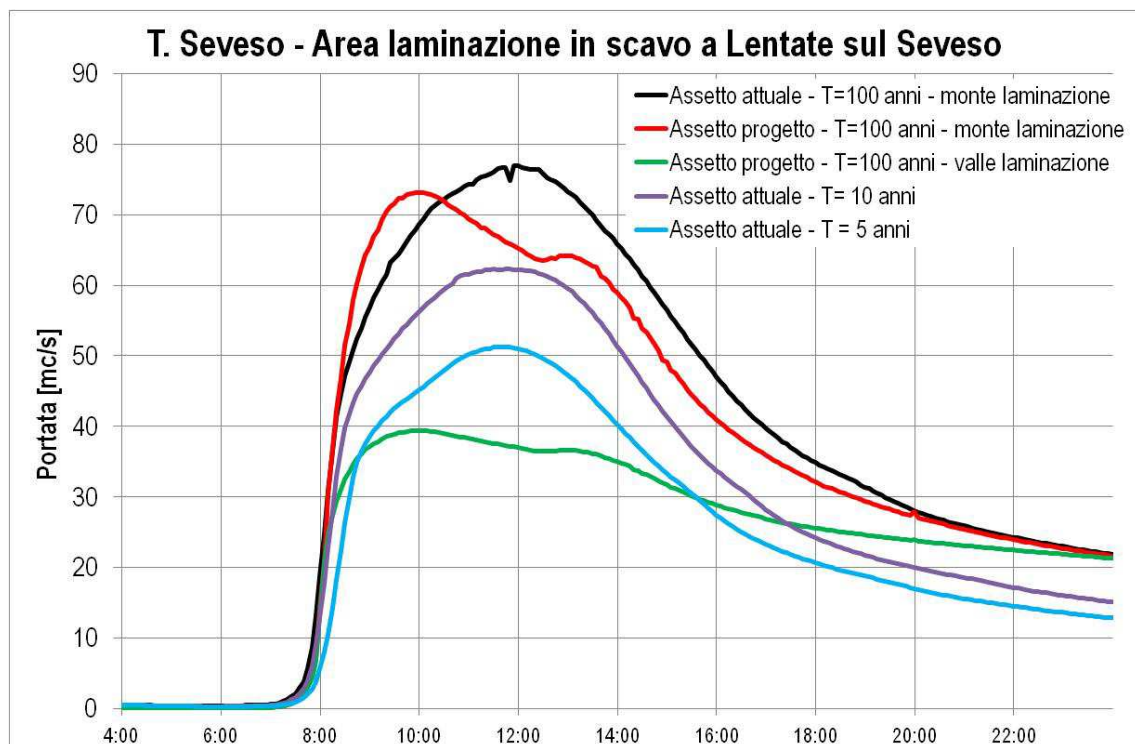


Figura 12 - Idrogrammi di piena a monte e valle della vasca di laminazione di Lentate sul Seveso

2.4.4 Laminazione nella vasca in scavo di Varedo (volume invasabile 1.500.000 m³)

Essendo previsto un funzionamento in derivazione con portata di inizio sfioro di circa 25 m³/s risultano gli idrogrammi di piena riferiti al tempo di ritorno 100 anni indicati in Figura 13:

- a monte delle aree di laminazione per lo stato attuale: $Q_{max} (T=100): 150 \text{ m}^3/\text{s}$
- a monte delle aree di laminazione per lo stato di progetto: $Q_{max} (T=100): 132 \text{ m}^3/\text{s}$
- a valle delle aree di laminazione: $Q_{max} (T=100): 71 \text{ m}^3/\text{s}$

La figura mostra inoltre che lo sfioro avviene anche in presenza di eventi di tempo di ritorno di 10 e 5 anni, con conseguente laminazione dei medesimi.

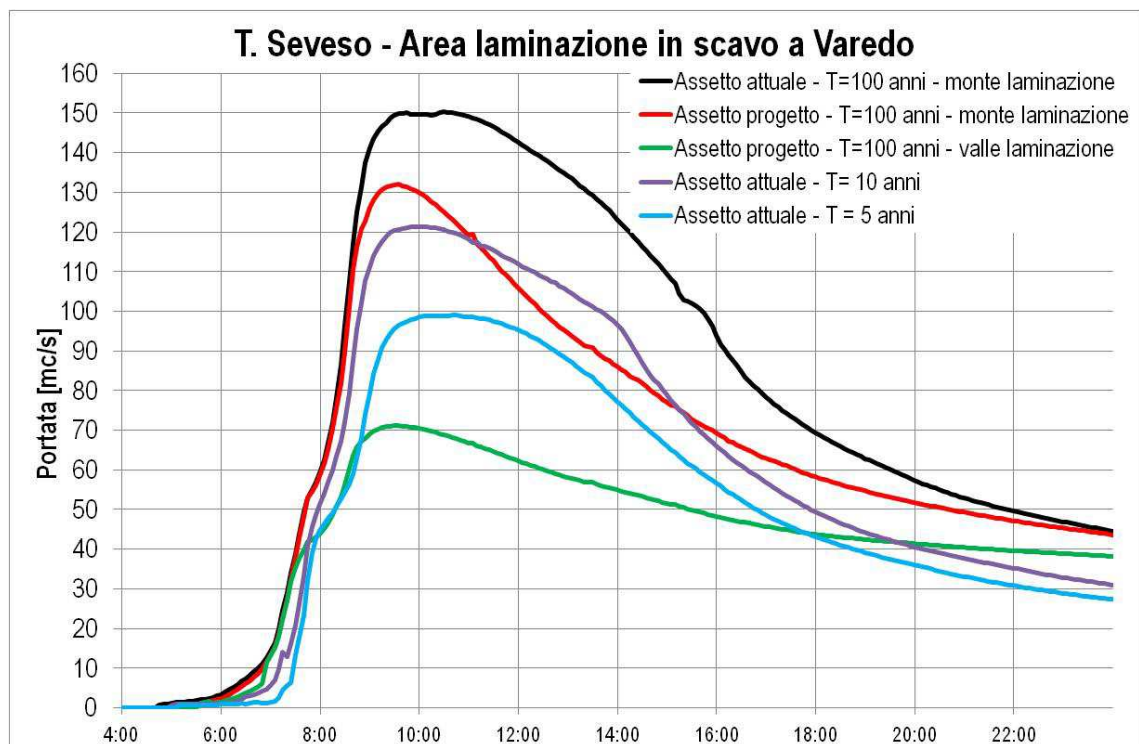


Figura 13– Idrogrammi di piena a monte e valle della vasca di laminazione di Varedo

2.4.5 Laminazione nella vasca in scavo di Paderno Dugnano (volume invasabile 930.000 m³)

Essendo previsto un funzionamento in derivazione con portata di inizio sfioro di circa 22 m³/s risultano gli idrogrammi di piena riferiti al tempo di ritorno 100 anni indicati in Figura 14:

- a monte delle aree di laminazione per lo stato attuale: Q max (T=100): 153 m³/s
- a monte delle aree di laminazione per lo stato di progetto: Q max (T=100): 75 m³/s
- a valle delle aree di laminazione: Q max (T=100): 48 m³/s

La figura mostra inoltre che lo sfioro avviene anche in presenza di eventi di tempo di ritorno di 10 e 5 anni, con conseguente laminazione dei medesimi.

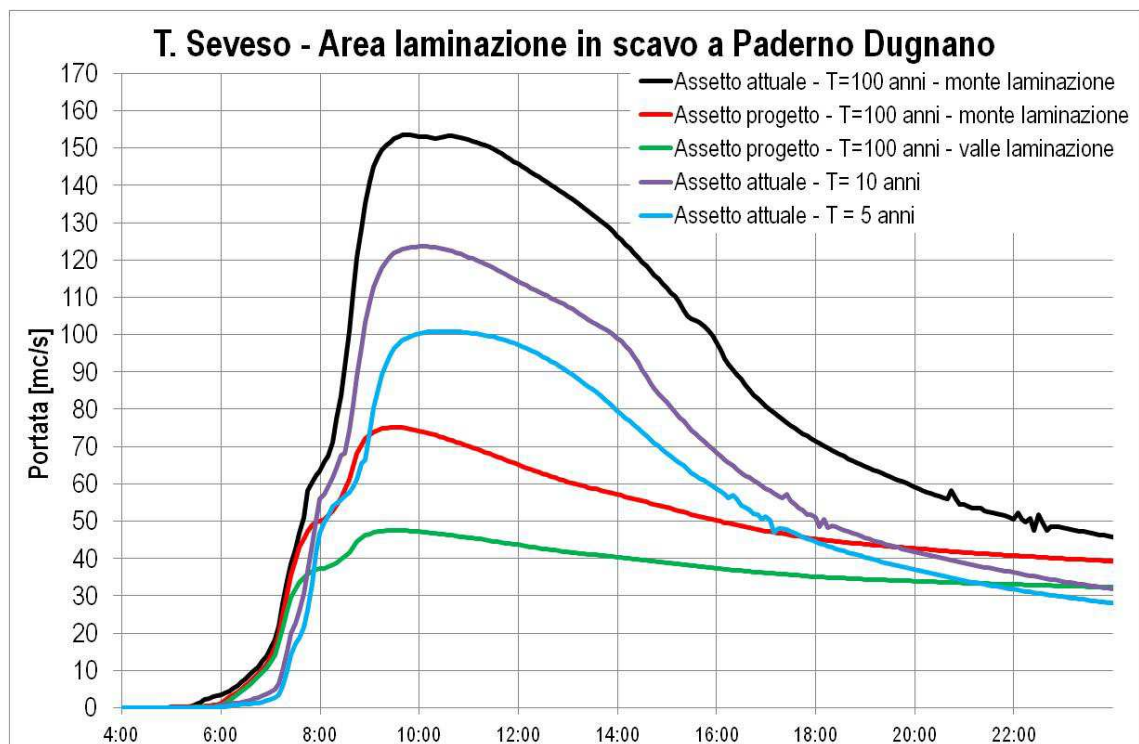


Figura 14 – Idrogrammi di piena a monte e valle della vasca di laminazione di Paderno Dugnano

L'effetto complessivo della successione dei suddetti invasi di laminazione è quindi tale da ridurre a circa 48 m³/s la portata centennale di piena in arrivo presso la presa del CSNO a Palazzolo, in una misura pertanto compatibile con la totale deviazione della stessa nel CSNO.

2.5 PORTATA E VOLUME DI RIFERIMENTO PER IL DIMENSIONAMENTO DELL'INVASO DI LAMINAZIONE DI PADERNO DUGNANO

Per quanto riguarda l'invaso di laminazione in Comune di Paderno Dugnano e oggetto del presente progetto definitivo, sono state valutate diverse configurazioni ma la ridotta disponibilità di aree non edificate e i forti vincoli al contorno (presenza edifici residenziali e industriali, localizzazione della pista ciclabile in rilevato di recente realizzazione, presenza di terreni inquinati che necessitano di bonifica, quote del terreno, ecc.), hanno fortemente vincolato le scelte progettuali, portando alla scelta della configurazione riportata nella seguente **Errore. L'autoriferimento non è valido per un segnalibro..**

PROGETTISTI  Agenzia Interregionale per il fiume Po	SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE A.T.P.: <div data-bbox="304 152 512 248">  STUDIO PAOLETTI </div> <div data-bbox="512 152 759 248">  INGEGNERI ASSOCIATI </div> <div data-bbox="759 152 890 277">  WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS </div> <div data-bbox="890 152 1023 277"> Studio Associato Geologia Spada </div> <div data-bbox="1023 152 1155 277"> Dott. Ing. A. Barbon </div> <div data-bbox="1155 152 1326 277"> Consulenti:  </div> <div data-bbox="1326 152 1497 277"> Prof. Dott. V. Mezzanotte </div>				
--	---	--	--	--	--

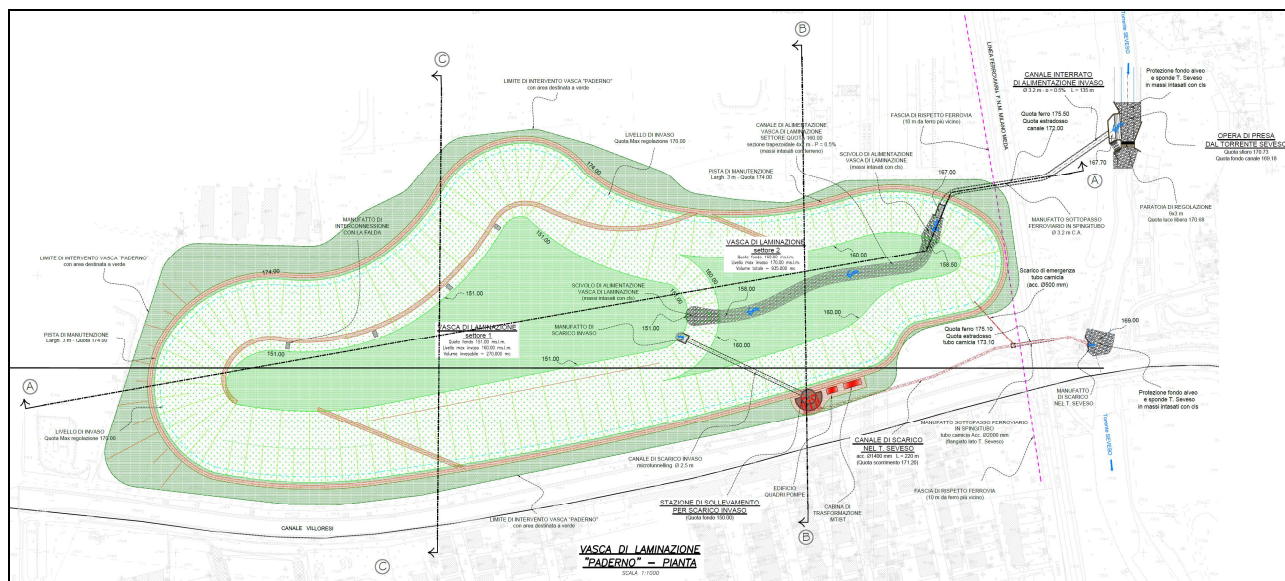


Figura 15 – Schema Planimetrico vasca di Paderno Dugnano

2.5.1 Analisi evento per T=100 anni

L'invaso di laminazione di Paderno Dugnano è localizzato 2 km a valle di quello di Varedo e circa 1 km a monte rispetto al manufatto di presa del CSNO a Palazzolo Milanese.

A monte di esso è prevista la realizzazione della serie già richiamata di aree di laminazione in zone esondabili (Vertemate con Minoprio, Cantù e Carimate) e delle ulteriori due vasche di laminazione in scavo (Lentate sul Seveso e Varedo).

Le prime permettono una ridotta, ma comunque importante, laminazione dell'onda di piena del Seveso, soprattutto con riferimento ai tratti di alveo posti immediatamente a valle delle stesse. Appena a valle dell'ultima laminazione infatti la portata centennale al colmo nell'assetto di progetto è pari a circa $47 \text{ m}^3/\text{s}$, mentre il valore calcolato nel modello nello stato di fatto è pari a $57 \text{ m}^3/\text{s}$, con un volume complessivamente sottratto all'onda di piena centennale del T. Seveso pari a circa $245'000 \text{ m}^3$ (5% dell'intero volume di laminazione necessario per raggiungere gli obiettivi prefissati nell'assetto di progetto del T. Seveso).

L'effetto di laminazione generato da tali invasi tende ad affievolirsi procedendo verso valle. Si sottolinea però che, pur generando una limitata riduzione della portata di picco nelle zone più a valle, la presenza a monte delle vasche di laminazione in aree di esondazione risulta fondamentale in termini di volumi d'acqua trattenuti.

Le vasche di laminazione in scavo di Lentate sul Seveso e di Varedo svolgono invece una

<p>PROGETTISTI</p> 	<p>SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE</p> <p>A.T.P.:</p> <div>    </div> <div> <p><i>Studio Associato</i> <i>Geologia Spada</i></p> <p><i>Dott. Ing. A. Barbon</i></p> </div> <div> <p>Consulenti:</p>  <p><i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i></p> </div>					
--	---	--	--	--	--	--

funzione indispensabile in termini di riduzione sia della portata di picco sia dei volumi d'acqua trattenuti. In particolare, la vasca di Lentate è caratterizzata da un volume utile di invaso di circa 815'000 m³ mentre la vasca di Varedo è caratterizzata da un volume utile di invaso di circa 1'500'000 m³. L'effetto congiunto di tutte le vasche di laminazione in progetto a monte di quella di Paderno Dugnano permette di ridurre la portata di picco centennale alla sezione di presa di quest'ultima al valore di 75 m³/s, a fronte di una portata di picco centennale nella condizione di stato di fatto di 152.9 m³/s.

Si sottolinea come i valori di portata risultino elevati non solo con riferimento ad un evento di piena centennale, ma anche considerando eventi di piena caratterizzati da tempi di ritorno ben inferiori. Infatti, nell'assetto attuale, l'idrogramma di piena a monte del manufatto di presa della vasca di Paderno Dugnano relativo a 10 anni di tempo di ritorno è caratterizzato da una portata al colmo pari a circa 124 m³/s e, per 5 anni di tempo di ritorno, pari a circa 101 m³/s (**Errore. L'autoriferimento non è valido per un segnalibro.**).

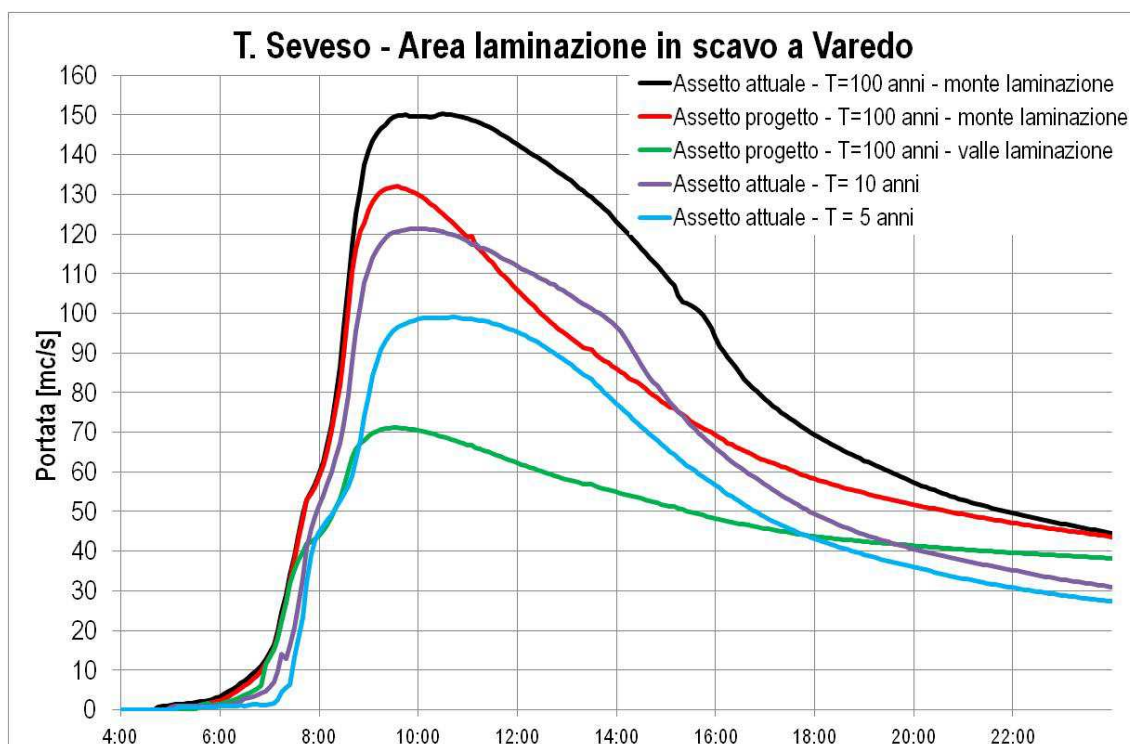


Figura 16 – Invaso di Varedo: idrogrammi di piena attuali e di progetto.

PROGETTISTI 	SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE A.T.P.: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div data-bbox="304 152 512 248">  </div> <div data-bbox="512 152 762 248">  </div> <div data-bbox="762 152 890 248">  </div> <div data-bbox="890 152 1023 248">  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div data-bbox="1023 152 1161 248">  </div> <div data-bbox="1161 152 1497 248"> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 10px;"> Consulenti: Prof. Dott. V. Mezzanotte </div> </div> </div> </div>					
---	---	--	--	--	--	--

Si riporta inoltre uno stralcio dello schema planimetrico di progetto del punto di sfioro del Torrente Seveso con indicata la suddivisione delle portate sfiorate e lasciate defluire in alveo, con riferimento ad un evento di tempo di ritorno centennale (Figura 17).

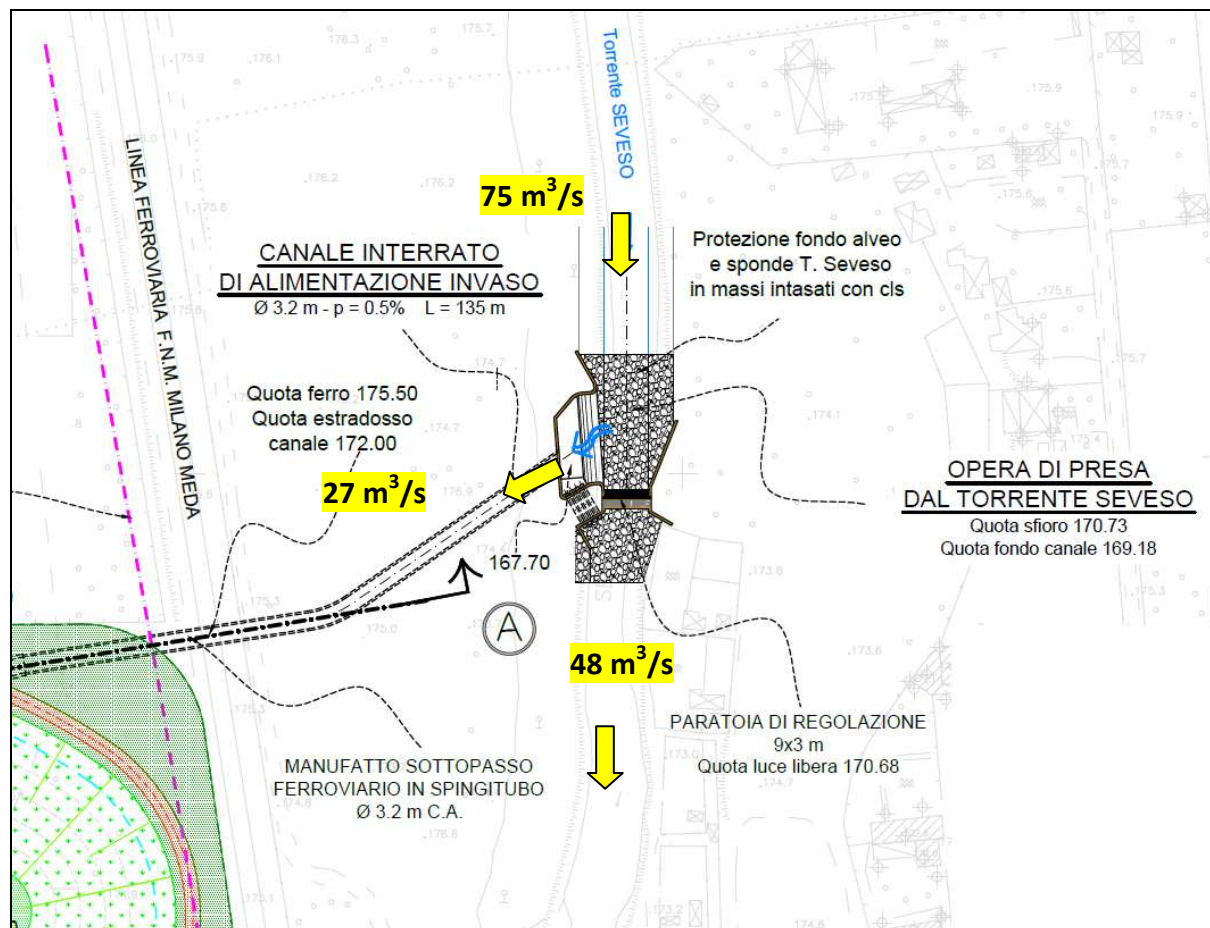


Figura 17 – Schema planimetrico del sistema idraulico della vasca di laminazione di Paderno Dugnano (T=100 anni)

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

3. CARATTERISTICHE TECNICHE DELLA VASCA DI LAMINAZIONE DI PADERNO DUGNANO

Vengono qui descritte sinteticamente le principali caratteristiche tecniche della vasca di laminazione del torrente Seveso in Comune di Paderno Dugnano. Per maggiori dettagli si rinvia alle relazioni specialistiche comprese nel presente progetto definitivo.

Le opere sono costituite da:

- Invaso di laminazione, suddiviso in n. 2 settori;
- Opera di presa dal torrente Seveso;
- Condotto di alimentazione dell'invaso e di attraversamento della linea ferroviaria FNM Milano-Meda;
- Canale aperto di convogliamento delle portate in ingresso alla vasca di laminazione verso il settore più profondo;
- Stazione di sollevamento delle acque invase non scaricabili a gravità e condotta di scarico comprensiva di attraversamento della linea ferroviaria FNM Milano-Meda;
- 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.).

3.1 VASCA DI LAMINAZIONE

3.1.1 Caratteristiche dell'invaso

La vasca di laminazione di Paderno Dugnano è un'opera di invaso delle piene del torrente Seveso realizzata in scavo (il fondo del settore I di invaso è a circa 24.0 m dall'attuale piano campagna, mentre il II settore ha un fondo a circa 15.0 m).

L'area interessata dalla realizzazione di tale opera, attualmente incolta ed i cui terreni necessitano di bonifica, è posta interamente all'interno del Comune di Paderno Dugnano in destra idraulica del torrente Seveso. Tra l'alveo del Seveso e l'area di ubicazione della vasca è presente il tracciato della linea ferroviaria FNM Milano-Meda, la quale deve essere attraversata tramite tecnica spingi tubo sia dal canale di alimentazione, sia dalla condotta di scarico.

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

Lungo tutto il lato meridionale della vasca scorre in direzione E-W il canale Volloresi mentre ad ovest di essa è localizzata una area a prevalente indirizzo residenziale.

Vengono di seguito riportati, in forma schematica, i principali dati peculiari dell'invaso di laminazione di Varedo, le cui caratteristiche sono descritte nelle relazioni allegate al presente progetto definitivo.

- Volume di invaso: 930'000 m³, alla quota di massima regolazione di 170,0 m s.m., suddiviso in n. 2 settori in serie, caratterizzati dai seguenti volumi:
 - I settore: unico ad invasarsi fino a volume in ingresso di 270'000 m³;
 - II settore: 660'000 m³ comprensivi anche della parte di settore I posta a quota superiore a 160.00 m s.m..
 - Superficie di invaso alla quota di massima regolazione: 83'570 m²;
 - Superficie di invaso alla quota di fondo dei settori: 30'890 m², di cui:
 - o I settore: 20'710 m²;
 - o II settore: 10'180 m².
 - Quota di fondo degli invasi di laminazione:
 - o I settore: 151.00 m s.m.;
 - o II settore: 160.00 m s.m.;
 - Quota di massima regolazione: 170.00 m s.m.;
 - Quota di massimo invaso: 173.90 m s.m.;
 - Quota di coronamento delle arginature perimetrali: 175.00 m s.m.;
 - Quota di fondo della stazione di sollevamento: 150.00 m s.m.;
 - Quota di recapito delle portate laminate: 169.18 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: 27 m³/s;
 - Portata massima del sistema di scarico: 5 m³/s;
 - Tempo di svuotamento dell'invaso: 52 ore;
- Le inclinazioni delle sponde dei settori dell'invaso sono:
- I settore:
 - o 1:2.5 (h:b) su tutta l'altezza delle sponde;

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

- II settore:

- o 1:2.5 (h:b) su tutta l'altezza delle sponde;

Per ottenere i suddetti volumi di invaso occorre effettuare scavi per un volume complessivo di circa 1'364'457 m³ (parte di tale quantitativo, pari a circa 100'520 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). La restante parte del materiale escavato verrà rivenduto.

Nella Tabella 3 sono riportate le principali caratteristiche geometriche di ciascun settore che compone l'opera di laminazione in progetto.

Tabella 3 – Caratteristiche dei settori I e II

Settore	Range volumetrico di invaso [m ³]	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 [m ²]	Superficie alla quota di fondo vasca [m ²]
I	Da 0 a 930'000	151.0	170.0	175.0	-	20'710
II	Da 270'000 a 930'000	160.0	170.0	175.0	-	10'180
Totale	930'000	-	-	-	83'750	30'890

Lo svuotamento dell'invaso avviene principalmente tramite sollevamento meccanico (888'000 m³) e, solo in caso di completo riempimento della vasca, parzialmente a gravità (circa 42'000 m³ corrispondenti al volume invasato tra le quote 169.5 m s.m. e 170.0 m s.m.) attraverso il manufatto di scarico secondario realizzato nei pressi dell'opera di presa attraverso 4 tubazioni DN800 in acciaio presidiate da valvola di non ritorno a clapet. Non essendo separati da alcun setto, lo svuotamento dei due settori avviene simultaneamente tramite stazione di sollevamento che preleva dal settore più profondo della vasca.

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO <small>Agencia Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	A.T.P.:		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND <small>LANDSCAPE DESIGN</small>	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

Scenario 2- Stato attuale (opere di laminazione previste a monte non realizzate) con effetto di laminazione per l'evento $T = 100$ anni.

In corrispondenza della sez. 27-0-1 del modello idrodinamico MIKE 11 il Seveso presenta allo stato attuale per l'evento centennale una portata al colmo di $152.9 \text{ m}^3/\text{s}$. In base al profilo di rigurgito provocato dal restringimento di alveo in progetto nella condizione prima citata di paratoia con luce libera alta 1.9 m il corrispondente livello di piena è pari a $173,90 \text{ m s.m.}$ rispetto al fondo alveo posto a quota $169,18 \text{ m s.m.}$ e a quote delle sponde di $174,0 \text{ m s.m.}$.

Imponendo la derivazione verso la vasca determinata dallo sfioratore laterale sopracitato, la portata massima sfiorata in corrispondenza del colmo di piena in arrivo è pari $27 \text{ m}^3/\text{s}$. Il conseguente riempimento della vasca provocato dall'onda sfiorata determina un massimo riempimento pari a:

- livello di massimo invaso di progetto = 170.00 m s.m. .

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

In corrispondenza della sez. 27-0-1 del modello idrodinamico MIKE 11 il Seveso presenta, nella situazione di progetto con opere di laminazione a monte realizzate, una portata al colmo di $75 \text{ m}^3/\text{s}$ per l'evento centennale. In base al profilo di rigurgito provocato dal restringimento di alveo in progetto nella condizione prima citata di paratoia con luce libera alta 1.5 m il corrispondente livello di piena è pari a $171,75 \text{ m s.m.}$ rispetto al fondo alveo posto a quota $169.18,0 \text{ m s.m.}$ e a quote delle sponde di $174,0 \text{ m s.m.}$.

Imponendo la derivazione verso la vasca determinata dallo sfioratore laterale sopracitato, la portata massima sfiorata in corrispondenza del colmo di piena in arrivo è pari a $27 \text{ m}^3/\text{s}$. Il conseguente riempimento della vasca provocato dall'onda sfiorata determina un massimo riempimento pari a:

- livello di massima regolazione di progetto = $170,0 \text{ m s.m.}$.

Poiché nella configurazione scelta l'opera di presa svolge anche la funzione di scarico di emergenza della vasca, il dimensionamento della quota delle arginature della vasca è stato condotto considerando le quote suddette. Il coronamento delle arginature di confinamento della vasca è quindi stato posto ad una quota pari a 175.00 m s.m. , garantendo quindi un franco di sicurezza pari a:

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	Studio Associato Geologia Spada	Dott. Ing. A. Barbon	 LAND	Prof. Dott. V. Mezzanotte

- nello scenario eccezionale 1 relativo allo stato attuale con colmo sopraggiungente dopo il completo riempimento della vasca (livello di massimo invaso di 173,9 m s.m.) = $175,0 - 173,9 = 1,1$ m
- nello scenario 2 relativo allo stato attuale (livello di massimo invaso di 171.0 m s.m.) = $175,0 - 171,0 = 4.00$ m
- nello scenario 3 nella configurazione di progetto (livello di massimo invaso di 171.0 m s.m.) = $175,0 - 171,0 = 4,00$ m.

3.2 OPERA DI PRESA

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 170.73 m s.m., avente una lunghezza pari a 18 m. In corrispondenza dello sfioratore il Seveso è caratterizzato da una sezione trapezia e da una quota di fondo pari a circa 169.18 m s.m., per cui l'altezza della soglia di sfioro sul fondo alveo è pari a 1.55 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 la condotta circolare di alimentazione dell'invaso di laminazione, posta a quota 168,70 m s.m..

Lungo il Seveso, dopo la soglia sfiorante è prevista la formazione di una sezione di controllo idraulico mediante l'interposizione di una paratoia rettangolare piana in acciaio inox di dimensioni 9.0 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 di progetto proveniente da monte pari a 75 m³/s, la portata sfiorata verso l'invaso di laminazione sia pari a 27 m³/s, così da ridurre la portata verso valle a 48 m³/s.

Il Seveso in corrispondenza del manufatto di sfioro è caratterizzato da una sezione naturale

PROGETTISTI 	SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE A.T.P.: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div data-bbox="304 152 512 248">  </div> <div data-bbox="512 152 762 248">  </div> <div data-bbox="762 152 890 248">  </div> <div data-bbox="890 152 1023 248">  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div data-bbox="1023 152 1161 248">  </div> <div data-bbox="1161 152 1497 248">  </div> </div>					
--	--	--	--	--	--	--

con forma pressoché trapezia. La sezione è assunta con scabrezza media di Strickler pari a $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, con base pari a circa 9.00 m e pendenza di fondo pari all'5%.

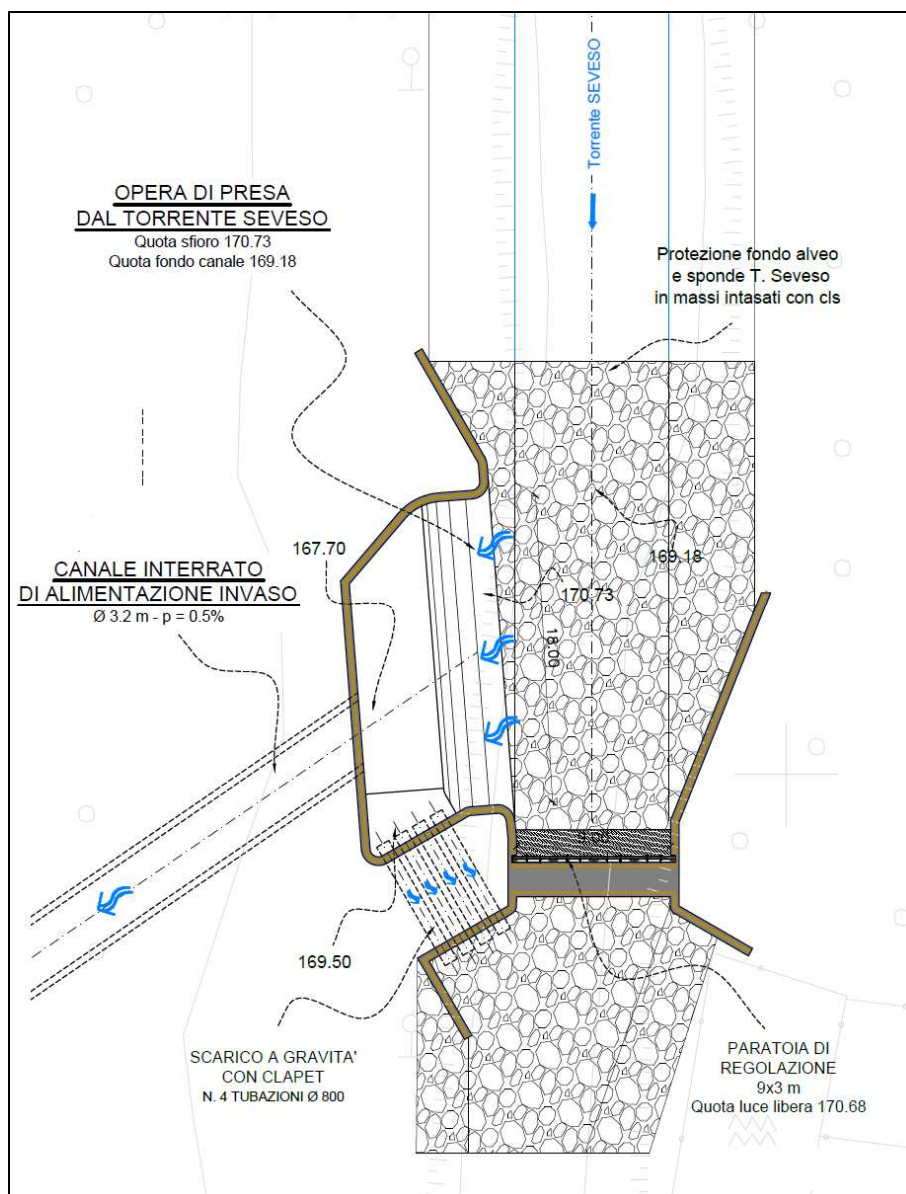


Figura 20 – Manufatto di presa della vasca di laminazione di Paderno Dugnano

Poiché la quota della sommità della soglia risulta più alta rispetto a quella di massimo invaso di progetto nella vasca di laminazione, al fine di permettere la restituzione di parte del volume invasato a gravità si è prevista la realizzazione di un sistema di scarico secondario. Questo è realizzato attraverso n.4 tubazioni DN800 in acciaio che mettono in comunicazione la vasca a

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:					
 AIPO <small>Agenzia Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	A.T.P.:		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND				
						<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>						

valle della soglia sfiorante con l'alveo del torrente Seveso a valle della paratoia di regolazione. Le tubazioni sono caratterizzate da quota di posa pari a 169.50 m s.m., la quale garantisce che esse si attivino solo per rigurgito dal canale di alimentazione a vasca piena e mantiene un franco minimo rispetto al fondo del Seveso pari a 30 cm.

La bocca di scarico è inoltre presidiata da una valvola di non ritorno a clapet, la quale impedisce il loro funzionamento in alimentazione della vasca di laminazione. La valvola utilizzata sarà realizzata appositamente per l'utilizzo in manufatti sfioratori e sarà quindi dotata di dispositivi anti intasamento.

La realizzazione di tale scarico secondario garantisce quindi la possibilità di restituire a gravità al torrente Seveso al termine dell'evento di piena il volume d'acqua invasato nei primi 50 cm di vasca, corrispondente a circa 42'000 m³.

3.2.1 Configurazione dell'opera di presa nell'assetto attuale

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 Paderno Dugnano 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.

Si è quindi analizzato il funzionamento dell'opera di presa in corrispondenza di una portata in arrivo da monte pari a 152.90 m³/s, corrispondente a quella dello stato di fatto.

Essendo l'opera dimensionata per il funzionamento ottimale in corrispondenza di una portata massima in arrivo da monte pari a 75,2 m³/s, si è verificato che nelle condizioni di stato di fatto essa deriverebbe verso la vasca di invaso una portata superiore a quella di progetto, portando al riempimento prematuro della vasca e quindi ad una possibile riduzione della protezione idraulica offerta dall'opera.

Per evitare ciò sono state valutate differenti configurazioni dell'opera e si è verificato che, prevedendo un rialzo della soglia di sfioro di 2.10 m (quota assoluta alla sommità pari a 172.83 m s.m.) e la rimozione di qualsiasi restringimento a valle della soglia stessa, la portata derivata in vasca può essere mantenuta pari a quella di progetto (27 m³/s).

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:	
 AIPO <small>Agazia Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	A.T.P.:		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND

Il rialzo della soglia è previsto attraverso l'utilizzo di panconi, facilmente reperibili in moduli di varie dimensioni.

Con il detto rialzamento l'opera di presa garantisce una buona efficacia anche in corrispondenza di eventi di entità minore di quello di tempo di ritorno 100 anni di progetto. Infatti, già per eventi con tempo di ritorno inferiore ai 5 anni, l'opera di presa permette di ridurre le portate di picco a valle e di invasare una parte del volume che altrimenti potrebbe contribuire a generare allagamenti.

Tale modifica permette di garantire il corretto funzionamento dell'opera anche nel caso essa fosse la prima realizzata tra tutte quelle in progetto, assicurando comunque, attraverso una semplice rimozione di opere non strutturali (panconi) ed una ricalibratura della luce della paratoia di regolazione, il ripristino della configurazione di progetto finale.

3.3 CONDOTTO DI ALIMENTAZIONE DELL'INVASO

Le portate derivate dal Seveso vengono recapitate nel settore II dell'invaso di laminazione di Paderno Dugnano attraverso un condotto interrato che svolge anche la funzione di attraversamento della adiacente linea ferroviaria FNM Milano-Meda.

Il condotto DN320 in c.a. ha una lunghezza di circa 135 m e pendenza pari al 5‰. La quota di fondo in corrispondenza della sezione iniziale (a valle dell'opera di presa del Seveso) è pari a 168.70 m s.m., mentre la quota di fondo nella sezione terminale (ingresso nel settore II dell'invaso) è pari a 168.0 m s.m.. Le curve verranno realizzate attraverso manufatti in c.a. gettati in opera.

La quota del canale può all'occorrenza essere ulteriormente abbassata, tenuto conto che la quota di fondo della sezione terminale è pari a 167.0 m s.m., 7.0 m al di sopra del fondo del settore II dell'invaso.

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

3.4 CANALE DI RECAPITO ALLA SEZIONE I DELL'INVASO

Il canale di alimentazione, per questioni di ingombri plano-altimetrici e di massimizzazione del volume di invaso, recapita le portate sfiorate dal torrente Seveso nel settore II della vasca di laminazione di Paderno Dugnano, la quale risulta anche quella più superficiale. Al fine di convogliare correttamente i primi volumi in ingresso alla vasca verso il settore I più profondo, è prevista la realizzazione di un canale di recapito che collega lo sbocco in vasca del canale di alimentazione al suddetto settore.

Tale canale, previsto a sezione trapezia con base minore larga 4 m, pareti con inclinazione di 1:1 e inclinazione del fondo pari al 5‰, è stato dimensionato nei confronti della massima portata di progetto pari a $27 \text{ m}^3/\text{s}$, ed è quindi caratterizzato da una altezza minima pari a 2.00 m. La realizzazione del canale è prevista in massi ciclopici intasati con terreno (con scabrezza pari a $35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) mentre per gli scivoli di raccordo con il canale di alimentazione dal torrente Seveso e con il settore I è prevista in massi ciclopici ammorsati nel calcestruzzo.

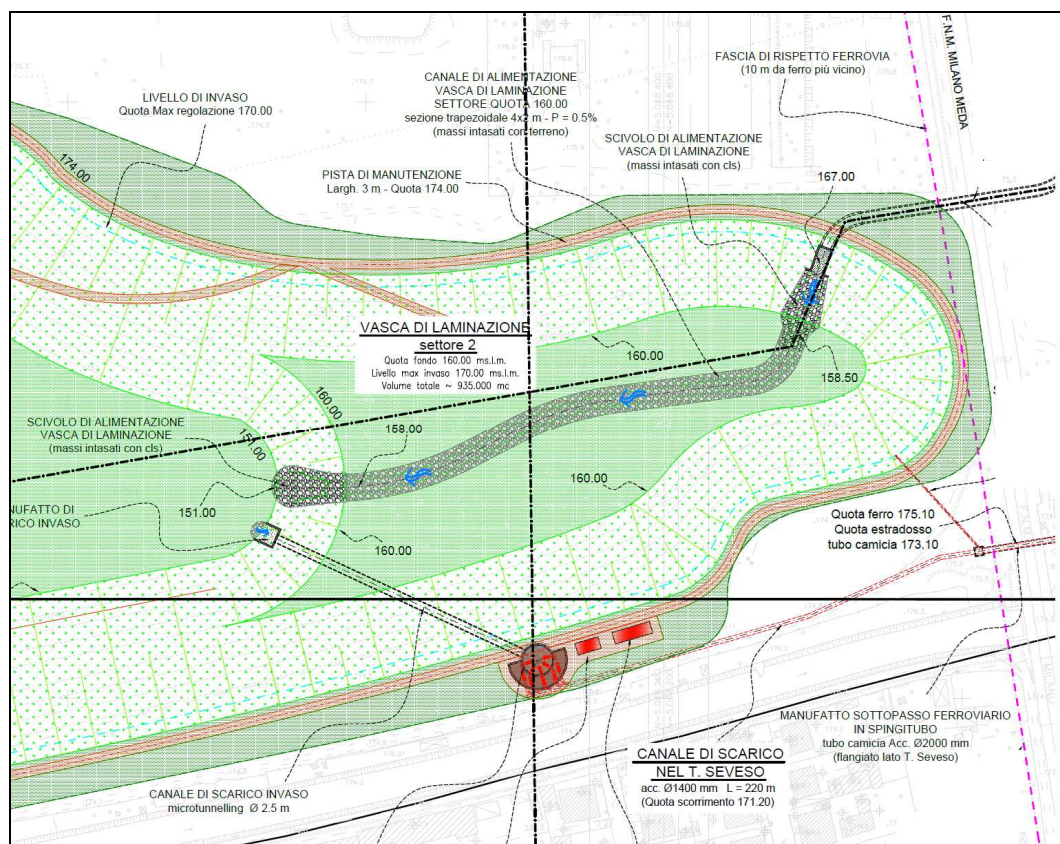


Figura 22 – Stralcio della planimetria della vasca di laminazione di Paderno Dugnano con indicazione delle opere idrauliche di raccordo tra settore I e II

PROGETTISTI 	SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE A.T.P.: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">    <div style="text-align: center;"> <i>Studio Associato Geologia Spada</i> </div> <div style="text-align: center;"> <i>Dott. Ing. A. Barbon</i> </div> </div>					Consulenti:  <div style="text-align: center;"> <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i> </div>
--	--	--	--	--	--	--

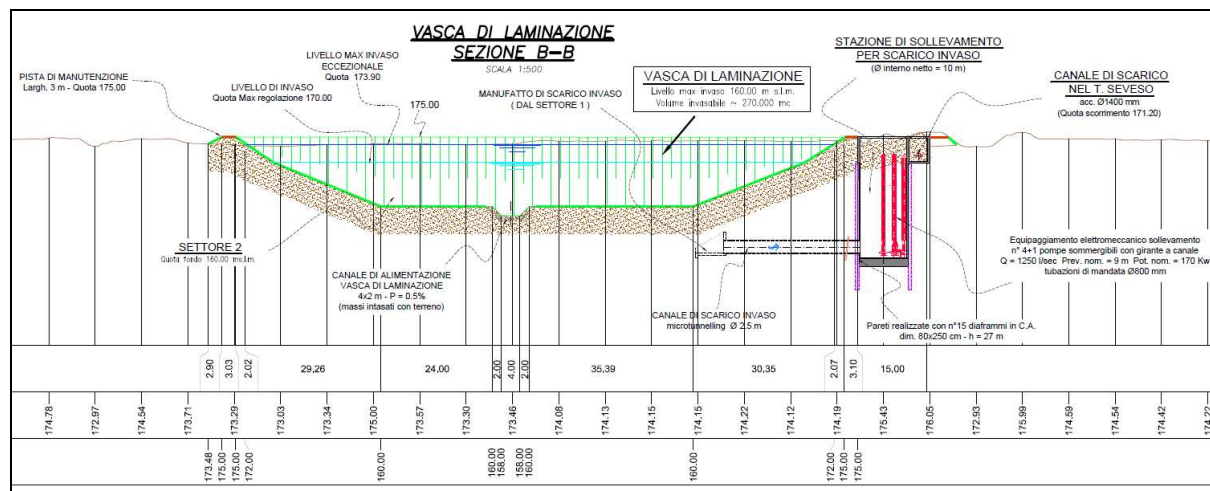


Figura 23 – Sezione del settore II della vasca con canale di raccordo tra settore I e II

3.5 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 Paderno Dugnano è realizzata completamente in scavo con fondo a quote fino a 20.0 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 principalmente per sollevamento meccanico (solo i primi 50 cm del massimo invaso possono essere scaricati a gravità per rigurgito dallo scarico secondario realizzato in prossimità dell'opera di presa con 4 condotti presidiati da valvole di non ritorno a clapet).

La stazione di sollevamento verrà realizzata lungo il lato meridionale della vasca di laminazione, individuando una localizzazione che permetta di contenere le lunghezze del canale di scarico dell'invaso verso il sollevamento e contemporaneamente della condotta di mandata dal sollevamento allo scarico nel torrente Seveso. Il fondo del sollevamento è stato posto alla quota di 150.0 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, valore oltre il quale si potrebbero presentare problematiche nel loro funzionamento.

Le opere elettromeccaniche sono state dimensionate in modo da permettere il completo svuotamento dell'invaso in un tempo di circa 48 ore. Si è scelto quindi di installare n.5 pompe (delle quali una con funzione di riserva) caratterizzate da una portata massima allontanabile di

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:	
 Agenzia Interregionale per il fiume Po	 STUDIO PAOLETTI	 INGEGNERI ASSOCIATI	 WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>			<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

1250 l/s ciascuna con una prevalenza nominale di 9 m.

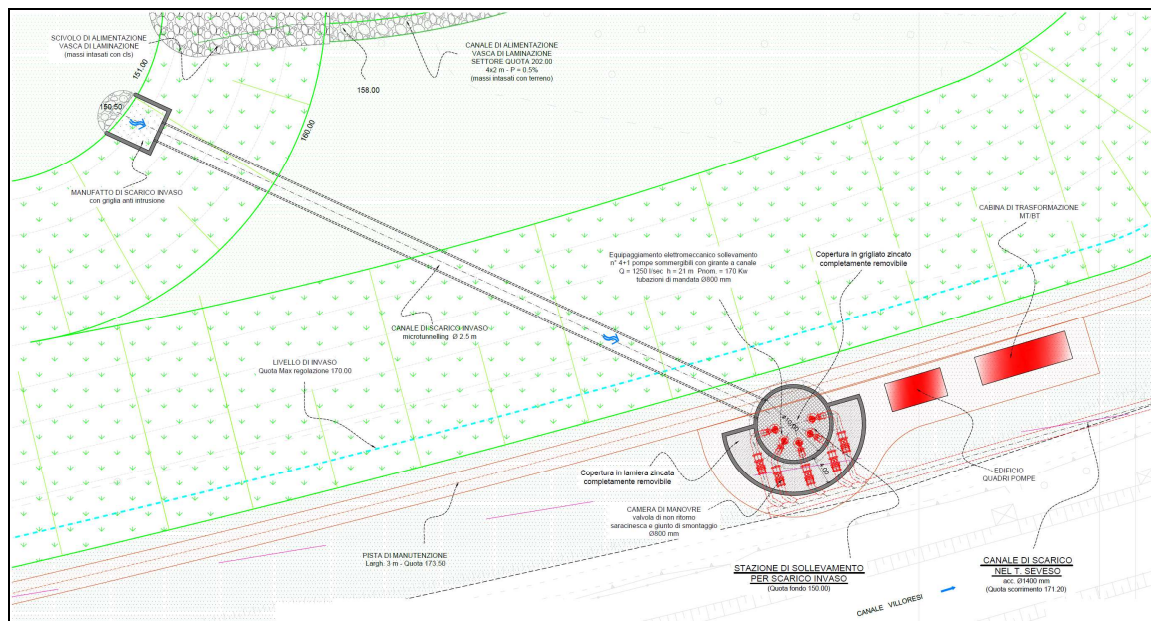


Figura 24 – Stralcio della planimetria della vasca di laminazione di Paderno Dugnano con indicazione del sollevamento meccanico

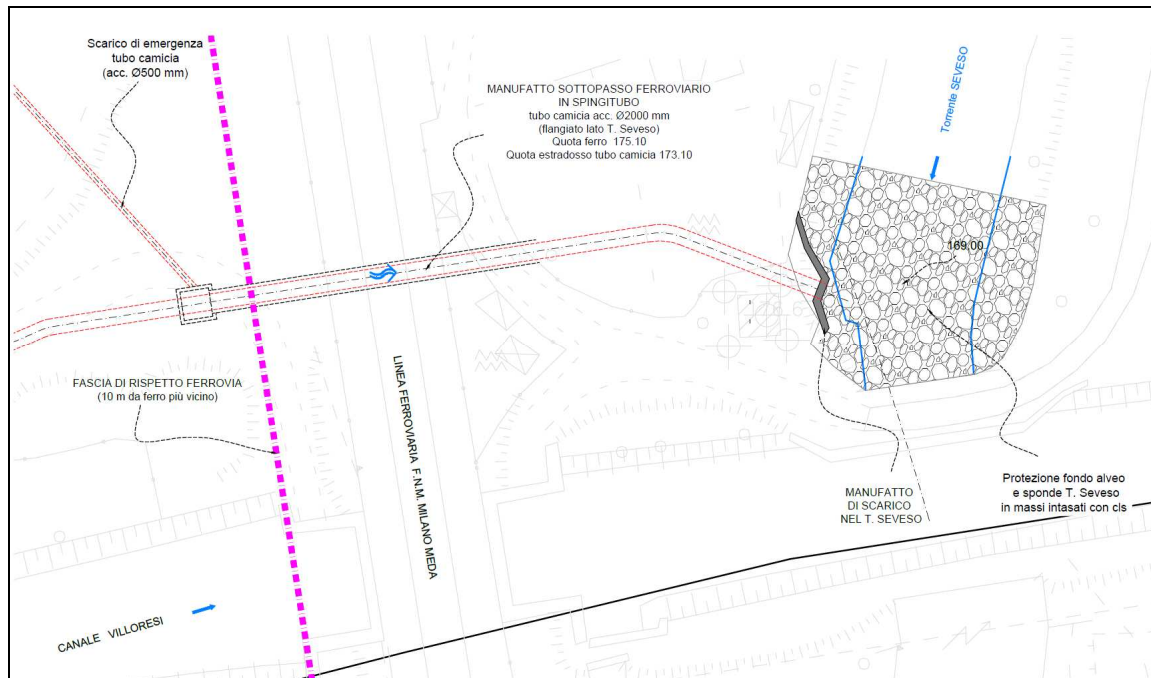


Figura 25 – Stralcio della planimetria della vasca di laminazione di Paderno Dugnano con indicazione del manufatto di attraversamento della linea ferroviaria e del manufatto di scarico

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	Studio Associato Geologia Spada	Dott. Ing. A. Barbon	 LAND	Prof. Dott. V. Mezzanotte

Le condotte di mandata sono dei DN800 in acciaio e, giunte alla quota 171.20 m s.m., appena all'esterno della stazione di sollevamento, convergono in una condotta DN1400 sempre in acciaio. Questa, dopo aver effettuato l'attraversamento perpendicolare della linea ferroviaria FNM Milano-Meda, 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. Inoltre lo spingi tubo verrà effettuato su di una tubazione DN2000 in acciaio a perdere che svolgerà la funzione di tubo-camicia per la reale tubazione di mandata. Il tubo-camicia verrà spinto mantenendo una lieve pendenza con punto di minimo all'estremo occidentale (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 a monte dell'attraversamento 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.

3.6 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);

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

- interferenze quantitative – idrogeologiche.

Fatte salve le valutazioni sulla qualità delle acque della prima falda e del fiume Seveso, contenute in apposite relazioni allegate al presente progetto, si è ritenuto di mantenere 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 tutti i settori delle vasche 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 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 quindi progettato un sistema in grado di garantire l'equiparazione tra i livelli della falda all'esterno ed all'interno delle 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.

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					
		A.T.P.:				Consulenti:	
 <small>Agencia Interregionale per il fiume Po</small>	 <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	 <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

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

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.

3.7 OPERE DI VALORIZZAZIONE PAESAGGISTICA

Per la descrizione dettagliata di tali opere si rimanda al relativo capitolo 7 della presente relazione.

PROGETTISTI 	SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE A.T.P.: <div>      </div>						Consulenti:  
---	--	--	--	--	--	--	--

4. QUALITÀ DELLE ACQUE DEL T. SEVESO

Nel presente capitolo vengono descritti sinteticamente i principali elementi emersi dalle analisi sulla qualità delle acque del torrente Seveso afferente alla vasca di laminazione in progetto. Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione A.2.2 “*Relazione sulla qualità delle acque del T. Seveso*”.

Si precisa che le analisi sono state effettuate per semplicità su campioni prelevati a valle della vasca di laminazione di Paderno Dugnano e di tutte quelle previste nello studio *Aipo2011* (ad esclusione di quella di Senago) e che quindi risultano significativi per tutte le vasche previste.

4.1 CARATTERIZZAZIONE QUALITATIVA DEL T. SEVESO

Considerando il tratto a monte di Milano, il Seveso riceve lungo il suo percorso gli effluenti trattati di diversi impianti di depurazione, come indicato in Tabella 4, ed alcuni scarichi industriali. Tra questi ultimi, i più consistenti risultano essere quelli di un’azienda alimentare, destinata alla produzione di carne in scatola, di una di imbottigliamento di bevande (alcoliche ed analcoliche) e di una cava.

Tabella 4 - Impianti di depurazione con scarico nel Seveso a monte della città di Milano

	Potenzialità impianto (AE)	Comuni serviti
Fino Mornasco	186.167	Casinate con Bernate (parte), Cavallasca (parte), Como (parte), Fino Mornasco (parte), Grandate (parte), Luisago, Montano Lucino, S. Fermo della Battaglia, Villaguardia (parte)
Carimate	131.736	Cantù (parte), Capiago Intimiano, Carimate, Casinate con Bernate (parte), Cucciago, Figino Serenza, Fino Mornasco (parte), Novedrate, Senna Comasco, Vertemate con Minoprio
Varedo	150.000	Varedo, Bovisio Masciago, Barlassina, Cesano Maderno, Seveso, Lentate sul Seveso, Meda, Cabiato
Mariano Comense	82.781	Albavilla (parte), Albese con Cassano, Alzate Brianza (parte), Arosio, Brenna, Cantù (parte), Carugo, Inverigo (parte), Mariano Comense (parte), Montorfano, Orsenigo (parte)
Bresso	340.000	Bresso, Cinisello Balsamo, Cormano, Cusano Milanino, Paderno Dugnano

La qualità delle acque è stata valutata calcolando il LIMeco, così come indicato nel D.M. 260/2010, sui dati ARPA del 2009, del 2010 e del 2011. Nella Tabella 5 e nella Tabella 6 sono riportati i parametri e i criteri di classificazione dei corsi d’acqua in base ai punteggi relativi ai parametri analizzati.

PROGETTISTI 	SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE A.T.P.: <div>    <div> <i>Studio Associato</i> <i>Geologia Spada</i> </div> <div> <i>Dott. Ing. A. Barbon</i> </div> </div>						Consulenti:  <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>
---	--	--	--	--	--	--	---

Tabella 5 - Soglie per l'assegnazione dei punteggi ai singoli parametri per ottenere il punteggio LIMeco (D.M.260/2010)

		Livello 1	Livello 2	Livello 3	Livello 4	Livello 5
	Punteggio*	1	0,5	0,25	0,125	0
Parametro						
100-O ₂ % sat.	Soglie**	≤ 10	≤ 20	≤ 40	≤ 80	> 80
N-NH ₄ (mg/l)		< 0,03	≤ 0,06	≤ 0,12	≤ 0,24	> 0,24
N-NO ₃ (mg/l)		< 0,6	≤ 1,2	≤ 2,4	≤ 4,8	> 4,8
Fosforo totale (µg/l)		< 50	≤ 100	≤ 200	≤ 400	> 400

* Punteggio da attribuire al singolo parametro

** Le soglie di concentrazione corrispondenti al Livello 1 sono state definite sulla base delle concentrazioni osservate in campioni (115) prelevati in siti di riferimento (49), appartenenti a diversi tipi fluviali. In particolare, tali soglie, che permettono l'attribuzione di un punteggio pari a 1, corrispondono al 75° percentile (N-NH₄, N-NO₃, e Ossigeno disciolto) o al 90° (Fosforo totale) della distribuzione delle concentrazioni di ciascun parametro nei siti di riferimento. I siti di riferimento considerati fanno parte di un database disponibile presso CNR-IRSA.

Tabella 6 - Classificazione di qualità secondo i valori di LIMeco (D.M.260/2010)

Stato	LIMeco
Elevato*	≥ 0,66
Buono	≥ 0,50
Sufficiente	≥ 0,33
Scarso	≥ 0,17
Cattivo	< 0,17

Si osserva che solo la stazione di Fino Mornasco, nel 2011, può essere classificata Sufficiente, ben lontana dall'obiettivo di Buono. Nei rimanenti casi, nei tre anni considerati, il livello di qualità è stato Scarso o Cattivo, come indicato in Tabella 7.

Tabella 7 - Classificazione LIMeco per le stazioni del Seveso monitorate da ARPA nel 2009, 2010 e 2011

	2009	2010	2011
Fino Mornasco	Scarso	Scarso	Sufficiente
Vertemate con Minoprio	Scarso	Scarso	Scarso
Lentate sul Seveso	Cattivo	Scarso	Cattivo
Bresso	Cattivo	Cattivo	Cattivo

Per quanto riguarda l'azoto totale, si osserva un aumento delle concentrazioni fino alla

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:					
 AIPO <small>Agencia Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	A.T.P.:		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND				
						<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>						

stazione di Paderno Dugnano ed una nuova diminuzione, nella stazione di Bresso, a valle dell'immissione dell'effluente dell'impianto di depurazione. Questo, in effetti, serve 300.000 AE ed ha quindi una portata elevata (circa 3.700 m³/ora), ed ha una buona efficienza di rimozione dell'azoto per cui il suo effluente ha concentrazioni inferiori a quelle rilevabili nel ricettore a monte dello scarico e ne consente una, pur limitata, diluizione. In tutte le stazioni si osserva una netta prevalenza delle forme ossidate (il rapporto tra azoto nitrico e azoto ammoniacale varia, nelle varie stazioni, tra 1,5 e 5,5), a conferma dell'influenza dello scarico degli impianti di depurazione piuttosto che di scarichi fognari non trattati. Per quanto riguarda il fosforo, invece, la concentrazione aumenta gradualmente dalla prima all'ultima stazione, dove la media delle concentrazioni risulta pari a 1 mg/l.

La concentrazione massima di ossigeno si rileva nella stazione di Vertemate, a valle dell'impianto di depurazione di Fino Mornasco, il cui effluente viene ozonato prima dello scarico ed è quindi ricco di ossigeno, e diminuisce successivamente fino al valore minimo nella stazione di Bresso, che comunque mostra una concentrazione media superiore a 7 mg/l. BOD₅ e COD tendono ad aumentare fino a Paderno Dugnano e, come l'azoto totale, diminuiscono poi nella stazione di Bresso.

Verificata la prevalenza dell'impatto degli scarichi degli impianti di depurazione rispetto a quella degli eventuali scarichi fognari non trattati, va osservato che il dato della carica di Escherichia coli è strettamente dipendente dall'efficienza della fase di disinfezione operata dagli impianti, ma può essere influenzato anche fortemente da scarichi civili non trattati anche di modesta portata nei quali la carica di batteri di origine fecale può essere molto elevata.

Per quanto riguarda, infine, le concentrazioni di metalli, le misure di ARPA non evidenziano alcun superamento degli standard di qualità indicati dalla Direttiva europea 105/2008 e recepita in Italia con il D.Lgs. 260/2010 rispetto ai quali, anzi, i dati del monitoraggio appaiono molto distanti. Nelle stazioni di Lentate sul Seveso e di Bresso il nichel raggiunge le sue concentrazioni massime, che comunque si attestano come valore medio, intorno a 17 µg/L, rispetto ad uno standard di 20 µg/L. Come spesso accade, le concentrazioni più elevate sono quelle dello zinco, data la sua presenza ubiquitaria.

Il monitoraggio condotto nel 2012 e nel 2013 ha riguardato un minor numero di stazioni e una serie più completa di parametri ed ha portato ad una classificazione migliore rispetto a quella precedente, e basata non solo sui parametri chimici ma anche, per due delle stazioni

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					
		A.T.P.:					
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

analizzate, su alcune (diatomee e macroinvertebrati) delle metriche biologiche previste dalle norme vigenti. Per il 2013 i dati non sono ancora stati elaborati ai fini della classificazione di qualità.

Per quanto riguarda l'ossigeno disciolto, il BOD₅ e il COD la situazione nel 2012 e nel 2013 è confrontabile con quella degli anni precedenti salvo per il valore del COD nell'ultima stazione che, nel 2013, è risultata superiore di circa 10 mg/l rispetto ai valori precedenti. Va peraltro ricordato che la stazione di Bresso è posta a valle dello scarico dell'impianto di depurazione e che una variazione di tale entità nell'effluente è da ritenersi normale. Anche i risultati delle analisi microbiologiche mostrano una situazione sostanzialmente costante nel tempo.

Le concentrazioni di nutrienti mostrano anch'esse valori simili a quelli riscontrati negli anni precedenti ma si rileva un'unica differenza sostanziale tra il 2012 e il 2013. Anche in questo caso si tratta della stazione di Bresso, che risente dello scarico dell'impianto di depurazione. Nel 2012 la concentrazione di azoto ammoniacale era nettamente superiore a quella dell'azoto nitrico. Tale situazione è da mettere in relazione ad una nitrificazione non ottimale che, evidentemente, ha ripreso a funzionare correttamente nell'anno successivo.

Il monitoraggio ha compreso anche la determinazione di numerosi inquinanti chimici inorganici (Piombo, Mercurio, Nichel, Arsenico, Cadmio, Cromo, Cromo VI, Rame, Zinco) e organici (Atrazina-desisopropil, AMPA, Glifosate, Simazina, Atrazina, Diclorobenzammide 2,6, Terbutilazina desetil, Bromacil, Terbutilazina, Atrazina_desetil, Etilbenzene, 1,2 Dicloroetano, Toluene, dibromoclorometano, Tetracloroetilene (percloroetilene -PCE), Tetraclorometano (Tetracloruro di carbonio), Pentaclorobenzene, ETBE, Triclorometano (Cloroformio), Benzene, 1,1,1 Tricloroetano, Diclorometano, Tribromometano, diclorobromometano, Tricloroetilene (TCE), 1,1,2,2 Tetracloroetano, Esaclorobutadiene, Xilene orto, Tensioattivi anionici, Tensioattivi totali, Tensioattivi cationici, Tensioattivi non ionici). Per nessuno di essi si è riscontrata una concentrazione superiore agli standard di qualità per le acque superficiali: da tale situazione deriva la classificazione di Buono Stato Chimico indicata per il 2012, che appare comunque applicabile anche per il 2013.

In generale, negli ultimi anni si osserva più chiaramente la tendenza all'aumento delle concentrazioni di sostanza organica e di nutrienti da monte a valle, in relazione al progressivo accumulo dei carichi immessi. Anche il numero ridotto di stazioni influisce comunque sulla maggior regolarità degli andamenti. L'aumento più marcato si ha a valle dell'impianto di

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:					
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND				
						<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>						

depurazione di Bresso. La distanza tra la stazione di Vertemate e lo scarico dell'impianto di Fino Mornasco è infatti sufficiente a consentire una certa autodepurazione, fenomeno che si verifica lungo l'intera asta del fiume ma la cui intensità non è sufficiente a controbilanciare l'effetto delle immissioni.

Va peraltro sottolineato il fatto che i campionamenti e le analisi vengono effettuati da ARPA in tempo asciutto e che, pertanto, consentono di delineare la situazione in tali condizioni ma non dicono nulla in merito a quanto si verifica durante le piogge. Di fatto, durante le piogge, all'aumento delle portate corrispondono qualità delle acque che possono nel transitorio prima peggiorare ulteriormente, in quanto condizionate alla prima onda nera scaricata dagli scaricatori di piena urbani, e poi passare a condizioni più accettabili, in funzione dell'effetto di diluizione. Come dimostrano i dati sperimentali della letteratura scientifica e tecnica, si tratta di processi tutt'altro che sistematici, ma molto variabili anche per lo stesso bacino, in relazione alle situazioni volta per volta presenti nelle diverse aree scolanti del bacino e nel corso d'acqua e alla dinamica del singolo evento meteorico. Tutto ciò aggiunge valore alla sperimentazione marzo-settembre 2014 più oltre descritta.

4.1.1 Valutazione dei carichi inquinanti

Le indagini condotte tra il 2005 e il 2011 nell'ambito del Contratto di Fiume Seveso promosso dalla Regione Lombardia ha evidenziato, tra gli affluenti, l'importanza del Torrente Certesa-Terrò, che è caratterizzato da un bacino piuttosto ampio (di 62 km² contro i totali 231 km² dell'intero bacino del Seveso) e presenta un contributo importante sia in termini di portata sia in termini di carico inquinante, cui contribuisce in misura significativa l'immissione dell'effluente dell'impianto di depurazione di Mariano Comense.

Da un'analisi delle fonti per individuare la suddivisione degli apporti, risulta che sia per i macrodescrittori che per i microinquinanti il contributo principale è dovuto agli scarichi dei depuratori, che mediamente pesano per oltre l'80% dei carichi totali del Seveso, come già osservato a proposito dei dati di qualità delle acque. Nel caso dei microinquinanti la fonte industriale ha un peso maggiore rispetto agli affluenti. E' invece da rimarcare l'effetto diluente che il Certesa-Terrò attua su tutti i microinquinanti.

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

4.1.2 Fauna ittica

La situazione della fauna ittica nel Seveso è descritta nella Carta Ittica della Provincia di Milano. La comunità ittica risulta essere poco diversificata, con specie tra le più comuni nel territorio milanese, peraltro presenti nella gran parte con popolazioni poco consistenti e mal strutturate. È chiaro che la qualità fisico-morfologica e soprattutto quella chimico-fisica incidono moltissimo sull'ittiofauna, non consentendo al fiume di esprimere la sua vocazione naturale, ma costringendolo ad una vocazione a Ciprinidi, peraltro non particolarmente sensibili. Riguardo alle caratteristiche fisico-morfologiche esso presenta numerose opere di artificializzazione delle sponde e dell'alveo, soprattutto in corrispondenza degli insediamenti abitativi. Nel torrente Seveso, sono poche le specie esotiche, così come sono poche le specie ittiche nel complesso.

4.2 CAMPAGNA DI MONITORAGGIO QUALITATIVO DEL T. SEVESO E DEL CSNO DA MARZO A SETTEMBRE 2014

4.2.1 Premessa

Le attività messe in atto da marzo a settembre 2014, ad integrazione di quelle già in capo ad ARPA, hanno avuto quindi lo scopo di caratterizzare più approfonditamente la qualità delle acque del T. Seveso, attraverso la misura in continuo di alcuni parametri qualitativi caratteristici (temperatura, conducibilità, torbidità, pH, ossigeno disciolto), e alla misura puntuale di altri parametri, quali nutrienti, BOD, COD, durante alcuni eventi di piena.

Ulteriori analisi sono state anche dedicate ai sedimenti di fondo del Seveso.

Si è inteso, con tali attività, studiare l'influenza delle piogge e, in particolare, analizzare gli andamenti delle caratteristiche delle acque nel tempo in relazione alle caratteristiche dell'evento considerato. È così possibile stimare i carichi e le concentrazioni che, in diverse condizioni idrologiche, verranno effettivamente immessi nella vasca di laminazione.

Tutte le attività relative alla campagna di monitoraggio e all'analisi degli aspetti qualitativi delle acque del T. Seveso sono state condotte dall'Associazione Temporanea incaricata, con la collaborazione della società MT.SEM s.r.l., nelle persone del Dott. Ing. G. Viviano e del Dott. L. Dal Bello, dell'IRSA-CNR, nella persona del Dott. G. Tartari, e della Prof.ssa V.

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:	
								

Mezzanotte del Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio e di Scienze della Terra dell'Università di Milano Bicocca.

4.2.2 Siti di indagine

Sono stati identificati due siti interessanti ai fini del monitoraggio delle acque del T. Seveso:

- Sito A: lungo il fiume Seveso a monte dell'opera di presa del Canale Scolmatore Nord Ovest, in sponda destra (Coordinate WGS84: 45.580114, 9.159558);
- Sito B: lungo il CSNO, in sponda destra, in prossimità del ponte di via Giuseppe di Vittorio (Coordinate WGS84: 45.570847, 9.131047).

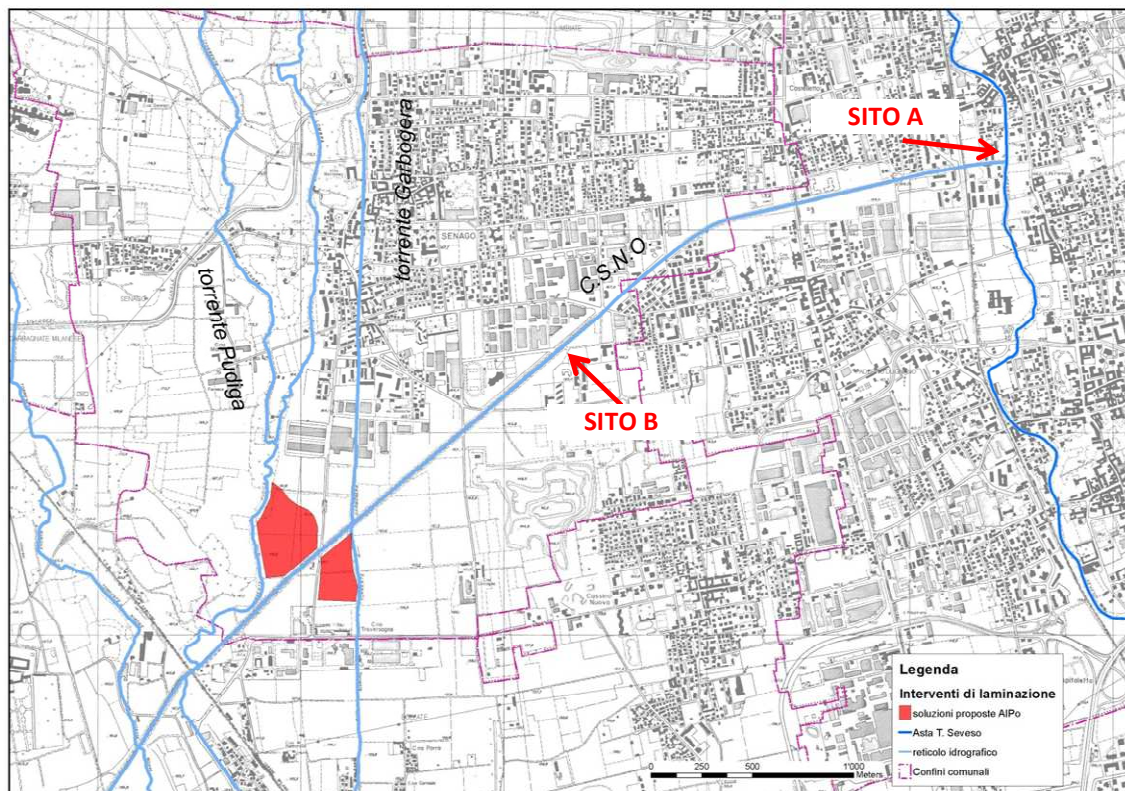


Figura 26 – cartografia con evidenziata la localizzazione dei siti di installazione della strumentazione di monitoraggio

4.2.3 Stazioni di monitoraggio in continuo

Le sonde multiparametriche scelte per questa sperimentazione sono strumenti per il monitoraggio in continuo (time step: 15 min) di livello, temperatura, pH/redox, conducibilità, torbidità e ossigeno disciolto. Per tale obiettivo abbiamo scelto due sonde YSI 6920 V2

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

realizzate da YSI Inc., di proprietà della società ETATEC Studio Paoletti S.r.l..

La sonda S/N 13M101703 è stata installata nel SITO A, mentre la sonda S/N 13M101704 è stata installata nel sito B. L'installazione delle sonde è stata effettuata nel mese di marzo 2014.



Figura 27 – Sonda multiparametrica YSI 6920 V2 della da YSI Inc.



<p>PROGETTISTI</p>	<p>SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE</p>					
		<p>A.T.P.:</p> 		<p>Studio Associato Geologia Spada</p>	<p>Dott. Ing. A. Barbon</p>	<p>Consulenti:</p>  <p>Prof. Dott. V. Mezzanotte</p>



Figura 28 – Installazione della sonda S/N 13M101704 all'interno del CSNO



PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE				Consulenti:	
				<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>



Figura 29 – Installazione della sonda S/N 13M101703 all’interno del T. Seveso

Lo stato di manutenzione del torrente e la gestione dell’opera di presa del CSNO non hanno consentito di osservare sostanziali differenze nei parametri monitorati tra il torrente e il canale. Durante il periodo di monitoraggio la paratia a valle dell’opera di presa è stata periodicamente chiusa in previsione di eventi meteorici e non solo a valle del raggiungimento della soglia di circa 1 m di battente a Milano. La chiusura dell’opera di presa e il conseguente innalzamento del battente idrico a monte nel T. Seveso, consentivano la derivazione nel CSNO delle acque del fiume anche in tempo asciutto. Al sopraggiungere dell’evento di pioggia, le acque del T. Seveso risultavano quindi essere le stesse monitorate nel CSNO non consentendoci di osservare importanti differenze. Questa pratica ha anche velocizzato il fenomeno di interrimento, ad opera dei sedimenti trasportati, dell’alveo del Seveso. Si è infatti osservato un innalzamento del fondo dell’alveo da marzo 2014, quando è stato pulito, a settembre 2014 di circa 70 cm portando il fondo del T. Seveso circa alla quota dell’opera di presa consentendo, nelle condizioni attuali, alle acque del Seveso di sfiorare nel CSNO anche in tempo asciutto e con paratoia aperta.

Le sonde sono state attentamente calibrate prima della loro installazione. Tutti i sensori sono

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

stati nuovamente calibrati tra il 7 e il 9 Maggio 2014. Questa nuova calibrazione non ha evidenziato particolari criticità nelle letture.

La strumentazione è stata periodicamente soggetta a interventi di manutenzione ordinaria ovvero pulizia dei sensori e download dei dati. Specialmente la sonda nel Torrente Seveso, in condizioni di paratoia chiusa, a causa della scarsa velocità della corrente è, infatti, soggetta a fenomeni di intasamento dovuti al materiale fine trasportato.

4.2.4 Analisi della qualità dei campioni delle acque e dei sedimenti del T. Seveso e del CSNO

Al fine di valutare la qualità delle acque del T. Seveso e del CSNO durante gli eventi di piena si sono effettuati campionamenti automatici delle acque del T. Seveso anche con autocampionatore (Figura 30) in corrispondenza della sezione di installazione della sonda multiparametrica. Durante gli stessi eventi precipitativi è stata inoltre installata una sonda spectro::lyser dell'azienda scan Messtechnik GmbH per l'acquisizione ogni 30 minuti di valori di N-NO₃ e di DOC. Per ciascun evento monitorato sono stati acquisiti 48 campioni da 1 litro (capacità delle bottiglie dell'autocampionatore) ogni 30 minuti al fine di avere un campione integrato orario di 2 litri che garantisca la possibilità di effettuare tutte le analisi proposte in fase di progetto (24 campioni in 24 ore).

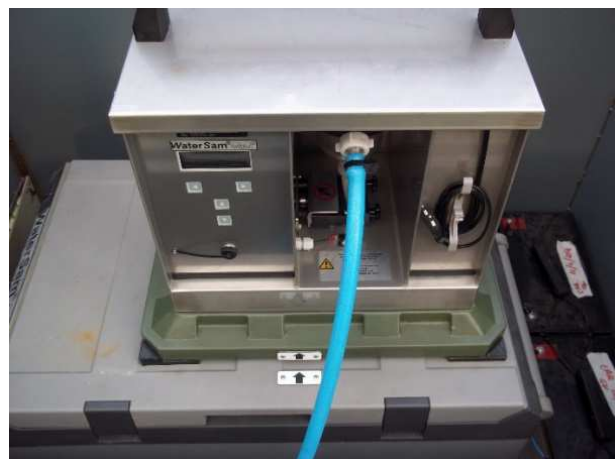


Figura 30 – Autocampionatore installato sul T. Seveso

I campioni prelevati sono stati analizzati in laboratorio con riferimento ai parametri: TDP, P-PO₄, SST, TP, TN, TDN, N-NH₄, N-NO₃, DOC, COD, BOD₅, Cr(VI).

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

4.2.5 Analisi complessiva degli eventi monitorati

Nel corso della campagna di monitoraggio sono stati registrati e campionati tre eventi che hanno comportato portate significative nel CSNO. I tre eventi sono avvenuti nelle date: 27-28 aprile, 14-15 giugno, 28-29-30 giugno.

Rinviando per ogni dettaglio alla Relazione sulla qualità delle acque (Atto n. 2.2), in Tabella 8 si analizzano congiuntamente i tre eventi mediante la valutazione dei valori medi, minimi, massimi e la deviazione standard calcolati sui parametri monitorati oltre all'altezza valore di pioggia cumulata e massima osservata per ciascun evento, in mm.

I tre eventi di piena monitorati sono caratterizzati da tre eventi precipitativi differenti. Il primo poco intenso ma con precipitazione diffusa nel tempo, il secondo poco intenso ma impulsivo, il terzo molto intenso e impulsivo (fenomeno della bomba d'acqua).

Tabella 8 - statistica descrittiva delle principali variabili monitorate nell'arco dei 3 eventi precipitativi incluse le analisi aggiuntive sui campioni ai 30 minuti

	<u>27-28 Aprile 2014 (24 campioni)</u>				<u>14-15 Giugno 2014 (30 campioni)</u>				<u>28-29-30 Giugno 2014 (39 campioni)</u>			
	Cumulata		Massimo nei 15 min		Cumulata		Massimo nei 15 min		Cumulata		Massimo nei 15 min	
Precipitazione Vertemate (mm)	40,4		2		24,2		3,8		130,4		21,5	
	Media	Min	Max	Dev.st	Media	Min	Max	Dev.st	Media	Min	Max	Dev.st
Q (m³/s)	12,99	4,09	34,64	8,56	12,07	3,53	42,48	10,73	-	-	-	-
SST (mg/l)	103,17	4,98	527,51	133,09	193,80	2,24	1586,11	331,84	506,20	3,24	2194,62	570,06
TP (µg/l)	1069,35	482,21	2752,13	642,71	1008,60	602,05	1812,51	332,08	715,65	344,38	1081,44	214,24
TDP (µg/l)	557,15	376,34	990,38	185,20	585,28	248,51	1035,50	235,28	303,41	134,65	705,92	181,84
P-PO4 (µg/l)	527,00	345,17	950,55	179,65	526,17	185,76	957,71	230,43	255,25	104,62	610,15	168,02
TN (mg/l)	6,30	3,18	13,05	2,85	7,15	3,71	13,55	2,46	5,32	3,47	7,38	1,16
TDN (mg/l)	4,28	2,69	6,69	1,20	5,17	3,67	8,67	1,50	3,82	2,63	6,78	1,13
N-NH4 (mg/l)	1,25	0,11	3,16	0,90	1,42	0,11	3,66	0,96	0,61	0,13	2,18	0,41
N-NO3 (mg/l)	3,03	2,38	3,98	0,51	3,74	1,43	8,04	1,56	3,21	2,01	4,86	0,95
BOD5 (mg/l)	14,08	0,00	45,00	13,28	16,73	0,00	35,00	11,04	12,73	1,30	32,50	9,36
COD (mg/l)	19,33	12,40	60,40	9,70	25,05	18,30	47,30	7,42	19,78	12,80	28,60	3,91
CrVI (µg/L)	-	-	-	-	9,97	5,41	21,54	3,65	5,87	2,37	11,50	2,19
Temp YSI Seveso (°C)	14,60	13,54	16,36	0,82	20,82	19,56	23,99	1,48	19,11	16,80	21,41	1,41
Cond YSI Seveso (µS/cm)25°C	456,15	337,50	627,50	89,75	484,32	297,00	943,00	200,90	273,24	148,00	499,00	118,96
DOsat YSI Seveso (%)	82,18	60,65	122,50	14,54	57,41	4,55	95,60	31,00	91,91	64,15	103,00	10,66
DO YSI Seveso (mg/l)	8,35	5,93	12,05	1,43	5,10	0,42	8,28	2,71	8,53	5,80	9,99	1,16
Depth YSI Seveso (m)	1,10	0,98	1,63	0,14	0,90	0,01	1,64	0,43	0,79	0,22	1,60	0,54
pH YSI Seveso	7,53	7,36	8,26	0,26	7,46	7,24	7,78	0,17	7,62	7,32	7,80	0,10
Orp YSI Seveso(mV)	201,92	112,90	274,20	60,40	212,88	147,20	286,65	41,16	421,63	403,80	437,40	6,75
Torbidità YSI Seveso(NTU)	61,53	3,65	320,35	75,91	462,62	5,50	3799,90	895,90	322,09	4,50	1332,70	365,82
NO3-Neq s::can (mg/l)	3,45	3,08	4,34	0,33	7,46	3,97	12,08	2,12	4,18	2,48	6,30	1,15
DOC eq s::can (mg/l)	3,10	1,66	6,01	1,14	4,36	3,07	5,83	0,55	4,97	2,13	8,07	2,14

Dall'analisi dei dati riportati in Tabella 8 è possibile osservare come ad un evento più intenso corrisponda una più elevata concentrazione di SST e quindi una maggior torbidità delle acque. Dissimile è invece l'andamento delle concentrazioni dei principali parametri analizzati.

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO <small>Agencia Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	A.T.P.:		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

Queste risultano infatti generalmente più basse negli eventi più intensi.

Questo fenomeno non è unicamente dovuto agli effetti di diluizione ma, come abbiamo visto durante la descrizione dei tre eventi, è strettamente connessa all'intensità dell'evento stesso e alle caratteristiche del corpo idrico antecedenti l'evento di pioggia. E' importante sottolineare che durante l'evento precipitativo si ha l'attivazione degli scolmatori fognari e il dilavamento delle superfici urbane e che a valle di un evento intenso si osserva generalmente una fase di miglioramento dello stato di qualità delle acque del fiume stesso. Se tra questo evento e quello successivo non si ha un prolungato periodo asciutto l'evento successivo veicolerà al fiume un carico inferiore di inquinanti/nutrienti poiché sarà inferiore l'accumulo nel bacino afferente al punto di monitoraggio, nonché nel sistema fognario.

Allo stesso tempo se un evento precipitativo risulta di forte intensità l'aumento di portata potrebbe essere così repentino da nascondere i fenomeni di first flush invece ben individuabili in eventi meno intensi.

Nel caso dei tre eventi monitorati, mentre per il primo evento è ben osservabile il fenomeno del first flush ovvero l'anticipo del picco dei nutrienti rispetto al picco di portata, SST e torbidità, nel secondo e terzo evento, di carattere più impulsivo, questo risulta poco evidente. In entrambi i casi solo analisi di approfondimento sui campioni ogni 30 minuti hanno permesso di riconoscere questo fenomeno, seppur in maniera non troppo evidente, specialmente per il terzo evento. Questo non dipende unicamente dal fatto che i due eventi siano stati più intensi del primo ma anche dall'assenza di un periodo di almeno qualche giorno di tempo asciutto prima degli eventi di pioggia, presente invece nel caso del primo evento analizzato.

4.3 I METALLI NEI SEDIMENTI ACCUMULATI NEL CSNO

Al fine di aumentare le conoscenze relative alla contaminazione da metalli pesanti (Cr, Cu, Ni) dei sedimenti trasportati dalle acque del T. Seveso e potenzialmente invasabili nelle vasche di laminazione di Lentate sul Seveso, sono stati condotti degli approfondimenti analitici su queste categorie di metalli presenti nel sedimento fine del CSNO e del torrente Seveso.

L'attenzione è stata focalizzata sul sedimento vista l'affinità dei metalli pesanti e di altri inquinanti per i materiali a granulometria fine ricchi in sostanza organica che, per le loro

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO <small>Agazia Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	A.T.P.:		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

caratteristiche fisico-chimiche e granulometriche, possono favorire la ritenzione e l'accumulo di sostanze potenzialmente tossiche. Nel corso della giornata del 30/06/2014 è stata condotta la campagna di raccolta del materiale fine sedimentato lungo il CSNO. Al fine di formulare un giudizio di qualità sufficientemente rappresentativo si è scelto di effettuare campionamenti integrati in 4 siti differenti del CSNO (Figura 31). I 4 punti di campionamento sono stati:

- A. in corrispondenza dell'opera di presa del CSNO dal Seveso (Figura 32);
- B. circa 240 m a monte del sito di monitoraggio in continuo e in corrispondenza della confluenza delle due tombinature ovvero nel punto di restringimento della sezione (Figura 33);
- C. in corrispondenza della strumentazione per il monitoraggio in continuo (Figura 34);
- D. circa a 400 m a valle del punto di monitoraggio e in corrispondenza del ponte che sovrasta il canale lungo Via Martiri di Marzabotto (Figura 35).

Occorre inoltre precisare che la gestione idraulica che contraddistingue il CSNO prevede azioni repentine di accumulo e rilascio di acqua, per far fronte a eventi improvvisi di piena del T. Seveso. Tali azioni comportano l'alterazione dei naturali meccanismi di accumulo e rimobilizzazione del sedimento fine; pertanto, risulta difficile definire i processi che portano all'immobilizzazione degli inquinanti nel sedimento e al loro rilascio in soluzione. Si può tuttavia affermare che la concentrazione totale dei contaminanti nel sedimento risulta solitamente strettamente correlata al carico inquinante derivante dalle attività produttive localizzate a monte del corpo idrico.

<p>PROGETTISTI</p>	<p>SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE</p>					
		<p>A.T.P.:</p> 		<p>Studio Associato Geologia Spada</p>	<p>Dott. Ing. A. Barbon</p>	<p>Consulenti:</p>  <p>Prof. Dott. V. Mezzanotte</p>



Figura 31 – Localizzazione delle quattro zone di prelievo del materiale sedimentato lungo il tratto del CSNO



Figura 32 – Prima zona di prelievo, in testa al canale scolmatore CSNO, in corrispondenza dell'opera di presa

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>



Figura 33 – Seconda zona di prelievo, a monte della strumentazione di misura



Figura 34 – Terza zona di prelievo, in corrispondenza dell'artefatto ospitante la sonda per il monitoraggio in continuo

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					
		A.T.P.:				Consulenti:	
							



Figura 35 – Quarta e ultima zona di prelievo, a valle della strumentazione di misura

In Tabella 9 sono confrontate le concentrazioni rilevate con i limiti di accettabilità per il suolo e per il sottosuolo in relazione alla specifica destinazione d'uso dei siti da bonificare e con gli standard di qualità proposti da MacDonald. Analizzando le concentrazioni dei tre metalli è possibile fare alcune considerazioni in merito alla loro distribuzione nelle 4 zone campionate. La contaminazione da rame tende a crescere percorrendo da monte a valle il CSNO. Il cromo mostra, invece un massimo nella seconda zona di monitoraggio con valori superiori ad 80 mg/Kg s.s. Nelle altre zone le sue concentrazioni risultano minori, oscillando tra valori di poco inferiori ai 40 mg/Kg s.s. (zona A) e leggermente superiori ai 50 mg/Kg s.s. (zona D). Per quanto riguarda il nichel i massimi si registrano nelle zone centrali (B e C) con valori tra i 40 e i 50 mg/Kg s.s..

Tabella 9 - Concentrazioni dei metalli indagati e concentrazioni soglia

	Sito A	Sito B	Sito C	Sito D	VALORI SOGLIA			
					Suolo A*	Suolo B*	MacDonald, 2000 **	
					Siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale	Siti ad uso Commerciale e industriale	cb-TEC	cb-PEC
Cu (mg/Kg s.s.)	52,47	74,62	76,55	85,00	120	600	31,6	149
Cr (mg/Kg s.s.)	37,19	81,80	44,79	53,66	150	800	43,4	111
Ni (mg/Kg s.s.)	31,79	47,30	45,27	36,07	120	500	22,7	48,6

Note:

* Concentrazione soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo riferiti alla specifica destinazione d'uso dei siti da bonificare D.Lgs. 152/2006 ex DM 471/99

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:				
 AIPO <small>Agencia Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	A.T.P.:		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>		

** MacDonald, Donald D., C. G. Ingersoll, and T. A. Berger. 2000. Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 39: 20-31

Dal confronto tra i valori registrati (Tabella 9) e i valori soglia indicati dalla normativa si nota che le concentrazioni di tutti i metalli indagati permangono ben al di sotto dei limiti fissati dall'Allegato 5 al Titolo V della Parte quarta tabella 1 del D.Lgs 152/2006. In tali condizioni, se considerassimo i sedimenti come un suolo, questi ricadrebbero come suoli di tipo A, definiti come suoli di buona qualità destinabili ai siti ad uso verde pubblico, privato e residenziali.

Confrontando le concentrazioni degli elementi indagati con gli standard di qualità proposti da MacDonald et al. (2000) emerge che, mentre i limiti di cb-TEC (consensus based Treshhold Effect Concentration, ossia la concentrazione al di sotto della quale è statisticamente probabile non avere effetti tossici) risultano quasi in tutti i siti e per i tre metalli leggermente superati, se invece prendiamo in considerazione i limiti definiti cb-PEC (consensus based Probable Effect Concentration, ossia la concentrazione al di sopra della quale è probabile avere effetti tossici) non vengono mai superati. Queste considerazioni ci permettono di affermare che, in prima analisi, i sedimenti del CSNO risultano scarsamente contaminati dai metalli pesanti investigati.

4.4 I METALLI NELLE ACQUE DEL T. SEVESO

Si è anche investigata la contaminazione delle acque da metalli quali Cromo, Cromo VI, Rame e Nichel. Per quanto concerne il Cr(VI) ogni campione raccolto negli ultimi due eventi precipitativi è stato analizzato. Per gli altri metalli considerati, le analisi sono state effettuate su di un campione integrato per ciascun evento.

In Tabella 10 sono riportati i valori osservati accostati a quelli soglia riportati rispettivamente dalla tabella 1/A e 1/B dell'allegato 1 al D.M. 260/2010, dalla direttiva 2013/39/EU e dalla tabella 2 e 3 del D.lgs. 152/2006. L'assenza di limiti normati per quanto concerne le concentrazioni di Rame e di Cromo esavalente nelle acque superficiali ci ha spinto ad introdurre i valori soglia per le acque sotterranee e per le acque reflue che scaricano in acque superficiali al fine di avere un termine di paragone per la contaminazione da questi metalli. Le

PROGETTISTI 	SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE A.T.P.: <div>        </div>						
---	--	--	--	--	--	--	--

concentrazioni registrate per Cu, Cr, Ni sono sempre inferiori ai limiti fissati dalla normativa mentre il Cr(VI) risulta avere valori medi e superiori ai limiti di legge imposti per le acque sotterranee (5 µg/l).

Per tutti i metalli analizzati le concentrazioni misurate nella seconda campagna appaiono decisamente inferiori a quelle determinate nella prima. Questo potrebbe essere imputabile ad una maggior diluizione dei carichi immessi dovuta al prolungarsi dei fenomeni precipitativi che hanno caratterizzato il periodo di analisi.

Tabella 10 - Concentrazioni dei metalli indagati nelle acque e concentrazioni soglia

			VALORI SOGLIA					
			260/2010 *	2013/39/EU		Tabella 2 152/06 **	Tabella 3 152/06 ***	
	14/15 giugno	28/30 giugno	Valore limite (µg/l)	AA-EQS (µg/l)	MAC-EQS (µg/l)	Valore limite (µg/l)	Scarico in acque superficiali (mg/l)	Scarico in rete fognaria (mg/l)
Cu (µg/l)	10.61	6.24	-	-	-	1000	≤ 0,1	≤ 0,4
Cr (µg/l)	2.40	0.87	7	-	-	50	≤ 2	≤ 4
Ni (µg/l)	4.34	1.25	20	4	34	20	≤ 2	≤ 4
CrVI (µg/l)	9.8	5.9	-	-	-	5	≤ 0,2	≤ 0,2

Note:

* Tabella 1/A e 1/B dell'Allegato 1

** Tabella 2 – Allegato 5. Concentrazione soglia di contaminazione nelle acque sotterranee.

*** Tabella 3 – Allegato 5. Valori limiti di emissione in acque superficiali e in fognatura.

4.5 CONSIDERAZIONI IN TEMPO ASCIUTTO

Di sicuro interesse al fine di una corretta interpretazione dei dati di qualità delle acque durante gli eventi precipitativi, risulta essere una analisi su dati raccolti in tempo asciutto.

A tal fine, nelle prime fasi di questa sperimentazione, nel corso della giornata del 18 Aprile 2014, sono stati raccolti campioni acquosi nel T. Seveso e nel CSNO. Inoltre, tra i campioni raccolti durante i tre eventi precipitativi si sono identificati i campioni riconducibili a condizioni di tempo asciutto, ovvero antecedenti l'evento precipitativo oppure prelevati dopo 6 ore dal termine dell'evento stesso. Questo valore è stato scelto sulla base del tempo di ritardo del bacino in oggetto stimato di circa 4 ore.

Come è possibile osservare in Tabella 11, le analisi condotte sui campioni raccolti il 18 Aprile mostrano valori del tutto simili tra Seveso e CSNO. Nonostante il prolungato periodo secco antecedente alla data di prelievo si rilevano concentrazioni di inquinanti/nutrienti addirittura superiori a quelle osservate durante gli eventi di pioggia.

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

Si osservano invece concentrazioni piuttosto basse dei parametri analizzati per il tempo asciutto identificato a valle del terzo evento precipitativo. Questi valori sono da imputarsi, oltre che alla diluizione operata dall'evento di pioggia, all'avvicinarsi di numerosi altri eventi precipitativi nel corso della stagione che hanno aumentato gli effetti di diluizione e dilavamento dell'intero bacino idrografico.

Tabella 11 – analisi delle acque in tempo asciutto

TEMPO ASCIUTTO	Seveso (18/4/2014)	CSNO (18/4/2014)	27/04/2014 12:30	30/06/2014 02:45	30/06/2014 03:45	30/06/2014 04:45	30/06/2014 05:45	30/06/2014 06:45
Q (m³/s)	-	-	4,09	-	-	-	-	-
SST (mg/l)	28,60	37,20	4,98	100,97	89,35	70,23	61,23	56,04
TP (µg/l)	1649,72	1738,60	943,62	480,21	426,28	372,35	372,35	344,38
TDP (µg/l)	1477,94	1502,90	913,66	232,53	214,55	244,51	206,56	224,54
P-PO4 (µg/l)	1358,81	1401,61	878,00	165,51	172,89	185,80	185,80	189,49
TN (mg/l)	11,20	10,42	3,94	4,78	3,67	3,71	3,78	3,80
TDN (mg/l)	9,54	9,22	3,89	3,00	3,29	3,60	3,67	3,40
N-NH4 (mg/l)	0,60	0,60	0,11	0,21	0,21	0,18	0,26	0,57
N-NO3 (mg/l)	-	-	3,78	2,80	3,08	3,43	3,41	2,84
BOD5 (mg/l)	-	-	15,00	2,10	2,70	3,20	2,70	4,30
COD (mg/l)	-	-	23,60	18,50	17,50	17,90	17,20	18,20
CrVI (µg/L)	-	-	-	6,93	4,80	4,20	5,41	2,98
Temp YSI (°C)	14,50	14,54	16,08	17,41	17,22	17,04	16,88	16,80
Cond YSI (µS/cm)25°C	1091,00	1045,00	601,00	229,00	242,50	256,50	267,00	278,50
DOsat YSI (%)	97,80	84,50	122,50	98,55	100,35	99,80	101,35	103,00
DO YSI (mg/l)	9,94	8,58	12,05	9,44	9,65	9,63	9,82	9,99
Depth YSI (m)	0,96	0,31	0,98	0,32	0,31	0,31	0,30	0,25
pH YSI	8,02	8,16	8,26	7,65	7,68	7,70	7,73	7,75
Orp YSI (mV)	248,70	197,50	274,15	420,45	419,65	418,45	416,70	415,55
Torbidità YSI (NTU)	18,60	11,60	3,65	129,40	98,00	78,95	65,10	54,05
NO3-Neq s::can (mg/l)	-	-	3,90	4,30	4,30	4,34	4,34	4,38
DOC eq s::can (mg/l)	-	-	1,66	7,10	7,22	7,34	7,50	7,53

4.6 PRIME CONCLUSIONI

In tempo piovoso le onde di concentrazione manifestano punte in leggero anticipo (effetto first flush) rispetto alle onde di portata. Durante tali eventi i valori medi delle concentrazioni confermano in generale la qualità scadente delle acque che quindi non dovranno infiltrarsi verso la prima falda, con ciò confermando la necessità dell'impermeabilizzazione delle vasche come da progetto.

Tuttavia tali valori non appaiono preoccupanti per azoto, fosforo, BOD₅, COD e Cr(VI) ai fini dell'ecosistema e del mantenimento del verde delle vasche, che anzi contribuirà all'assorbimento dei nutrienti.

Anche gli impatti sulle acque dei laghetti permanenti potranno essere assorbiti dai previsti sistemi di ricambio.

Al contrario i SST e la torbidità delle acque denunciano presenza elevata di sedimenti

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					
		A.T.P.:				Consulenti:	
 <small>Agazia Interregionale per il fiume Po</small>	 <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	 <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

trasportati dalle acque, peraltro con basse e non preoccupanti concentrazioni di metalli pesanti (Cr, Cu, Ni), come confermato anche dalle analisi sui sedimenti. Ne consegue la necessità di modalità di manutenzione atte a rimuovere periodicamente dalle aree verdi i sedimenti, peraltro classificabili, per quanto riguarda i metalli monitorati, in modo analogo ai suoli di tipo A destinabili ad uso verde pubblico, privato e residenziale. A rimuovere l'intorbidimento delle acque dei laghetti permanenti provvederanno i sistemi di manutenzione previsti in progetto.

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
		A.T.P.:							
									
						Dott. Ing. A. Barbon			
								Prof. Dott. V. Mezzanotte	

5. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE-IDROGEOLOGICHE E GEOTECNICHE

Nel presente capitolo vengono descritti sinteticamente i principali elementi emersi dalle analisi geologiche, idrogeologiche e geotecniche condotte nell'ambito del presente progetto definitivo. Per maggiori dettagli si rimanda alle relazioni A.2.3 “*Relazione geologica-idrogeologica*” e A.2.4 “*Relazione geologico-tecnica*” ed ai relativi allegati.

5.1 GEOMORFOLOGIA E STRUTTURA GEOLOGICA

Le opere di progetto sono localizzate nella porzione settentrionale del comune di Paderno Dugnano (MB), nei pressi del confine con Varedo (MB), in sponda idrografica destra del torrente Seveso.

In ampio la zona di intervento è localizzata nell'alta pianura Milanese, nelle vicinanze del confine tra le Province di Milano e di Monza e Brianza.

Nel territorio di Paderno Dugnano non è più riconoscibile la struttura terrazzata che caratterizza le zone più a nord: il territorio è sostanzialmente pianeggiante, leggermente digradante verso sud: la struttura è quella comune a tutta questa porzione di alta pianura Milanese.

Le quote dell'area di intervento variano tra 178 m. s.l.m. e 155 m. s.l.m., con un trend di decremento regolare verso sud.

L'assetto morfologico è costituito da estese piane fluviali e fluvioglaciali quaternarie, in cui non sono più riconoscibili particolari evidenze morfologiche.

La forte urbanizzazione ha ulteriormente contribuito a cancellare queste tracce ed a rendere il territorio omogeneo.

L'unità geologica più recente costituisce il fondovalle attuale del fiume Seveso, mentre i depositi più antichi si ritrovano nei terrazzi sopraelevati ancora riconoscibili ad W di Limbiate.

Le principali irregolarità morfologiche sono connesse all'attività estrattiva di sabbia e ghiaia, sia in essere che pregresse, che ha creato profondi avvallamenti e depressioni, ed ha mutato profondamente il territorio e portato localmente a giorno la falda freatica (laghetti artificiali).

Gli elementi di maggiore rilevanza sono ormai quelli connessi all'idrografia, tra cui spiccano:

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	Studio Associato Geologia Spada	Dott. Ing. A. Barbon	 LAND	Prof. Dott. V. Mezzanotte

- il torrente Seveso, che attraversa il territorio comunale in direzione N-S, con un percorso per la maggior parte incassato tra le urbanizzazioni, con alcune zone caratterizzate da fenomeni erosivi e gradini morfologici;
- il Canale artificiale Villorresi, che collega, con scopi irrigui, i fiumi Ticino ed Adda e che attraversa il territorio in senso est-ovest;
- il CSNO – Canale Scolmatore Nord-Ovest, che ha lo scopo di ridurre i fenomeni di piena del torrente Seveso, dall’opera di presa in località Palazzolo e che attraversa il territorio in senso NE – SW.

L’area interessata dal presente intervento è, come detto, ricompresa all’interno dell’ex area industriale SNIA, attualmente interessata da interventi di bonifica ambientale.

5.2 DATI GEOLOGICI E STRATIGRAFICI PUNTUALI

Come già illustrato nelle premesse la zona interessata dalle opere è ricompresa in un Sito Inquinato di Interesse Regionale denominato “Ex SNIA”.

In questa fase, sia per questa criticità ambientale del sito sia per la ridotta disponibilità di tempo non è stato possibile procedere ad indagini specifiche sulle aree, a carattere geologico, idrogeologico, litologico, ecc.

Nelle successive fasi sarà certamente fondamentale procedere ad una serie di approfondimenti specifici relativamente a tutti gli aspetti sopra indicati, in considerazione della fondamentale importanza della situazione geologica ed idrogeologica del sito soprattutto per opere come quella in esame, con elevatissimi volumi di scavo, fino a profondità notevoli dal p.c.

Sull’area di intervento in ampio è però stato possibile reperire alcuni dati di sondaggi, sia a carotaggio che a distruzione, effettuati proprio nell’ambito delle attività di caratterizzazione e bonifica ambientale.

Nell’elaborato A.2.3 “*Relazione geologica-idrogeologica*” sono riportati nel dettaglio i risultati di tali sondaggi. In sintesi i terreni fino a 24-25 metri da p.c. sono caratterizzati da ghiaie medie e grossolane, sabbiose limose e subordinati sottili livelli di sabbia e/o limo mentre al di sotto dei 34 metri i due piezometri hanno rinvenuto la presenza di conglomerati compatti.

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO <small>Agencia Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	A.T.P.:		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

5.3 PROBLEMATICHE AMBIENTALI “AREA EX SNIA”

La zona interessata dalle opere è ricompresa in un *Sito Inquinato di Interesse Regionale denominato “Ex SNIA”*.

Il sito, complessivamente, interessa i Comuni di Paderno Dugnano e Varedo ed ha ospitato, in passato, l’insediamento industriale SNIA BPD, in seguito suddiviso in diverse proprietà: SNIA s.r.l., Nylstar S.p.A., SELMA BPM, ecc.

Lo stesso è stato oggetto di attività di stoccaggio di acido solforoso (ceneri di pirite) e rifiuti vari.

L’area è stata sottoposta, a partire dal 1997-1998 ad indagini ambientali, per la caratterizzazione del suolo, sottosuolo e della prima falda, indagini che hanno evidenziato la presenza di ceneri rossastre violacee e materiali di riporto vari, per spessoriche, dai dati in possesso, sembrano comunque contenuti.

L’area è attualmente suddivisa in cui le varie porzioni, per la presenza di differenti proprietà (Nylstar, Casananda ed Imm. SNIA) e per una migliore gestione dei singoli interventi previsti, con diversi livelli di attuazione delle attività ambientali che vanno dalla caratterizzazione fino alla bonifica vera e propria.

L’immagine seguente, fornita da Regione Lombardia, mostra il quadro complessivo, dello stato riferito al settembre 2014, di avanzamento delle indagini e delle bonifiche per i diversi settori in cui l’area è stata suddivisa.

La bonifica risulta completata e certificata solamente su un’area; tre settori risultano non contaminati e di libera fruizione. Tutti gli altri settori mostrano diversi livelli di avanzamento.

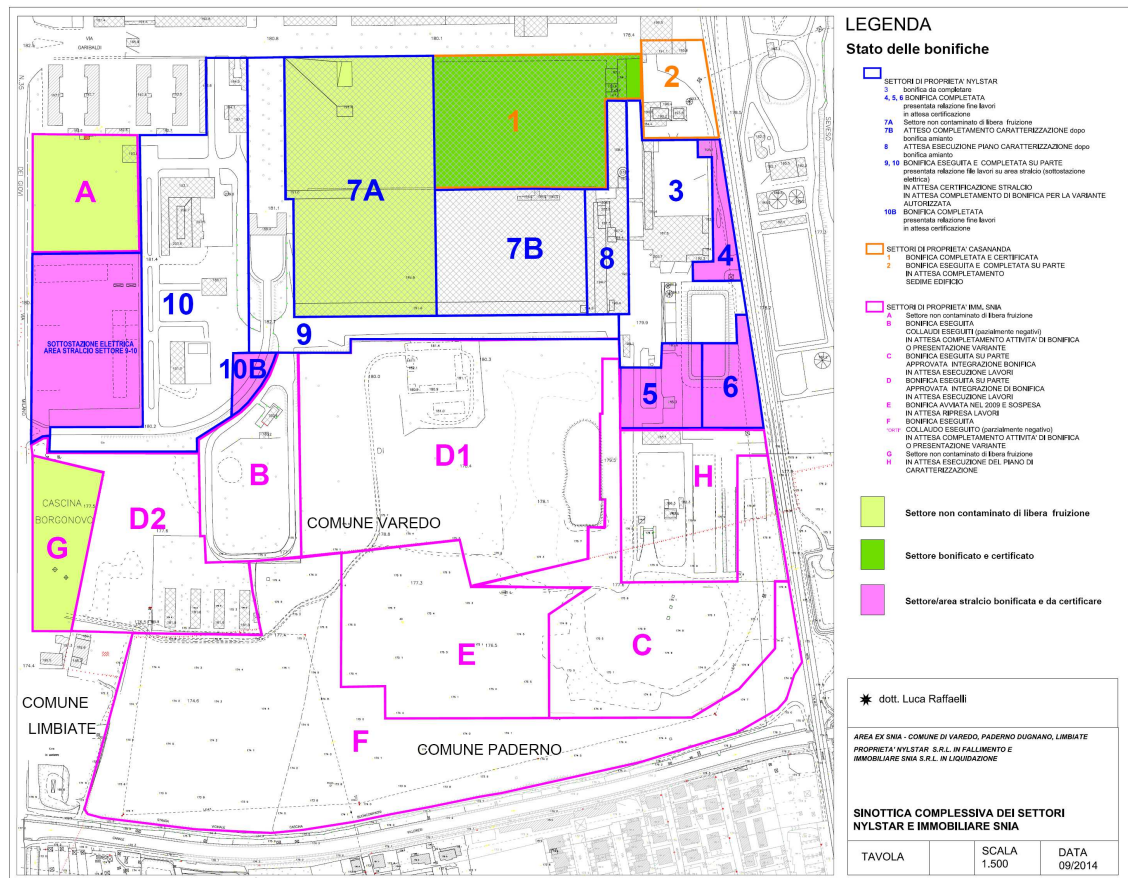


Figura 36 – Planimetria sinottica complessiva dei settori Nylstar e Immobiliare SNIA (dr: Luca Raffaelli – settembre 2014)

L'area interessata dai lavori di realizzazione della vasca ricade nei settori C – E – F; per tali settori sono disponibili le informazioni riportate in dettaglio nell'elaborato A.2.3 "Relazione geologica-idrogeologica".

Le attività risultano mediamente in fase avanzata nella zona delle vasche, con lavori almeno avviati, ma in nessuna delle aree si è giunti al collaudo positivo dei lavori né tantomeno alla certificazione di avvenuta bonifica.

Tutte le aree sono attualmente gravate ancora dal vincolo di legge, apposto sulle aree contaminate.

Alla luce di tutto quanto esposto, le valutazioni effettuate partono quindi dall'ipotesi che i lavori per la realizzazione della vasca avverranno solo dopo che le attività di bonifica siano state completate integralmente e quindi in un contesto ambientale corretto e non ulteriormente contaminato.

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

5.4 ASSETTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA ED IMPATTO DELLE OPERE

Sulla base della distinzione introdotta dallo studio congiunto Regione Lombardia – ENI - AGIP, utilizzando tutti i dati di sottosuolo disponibili, è possibile individuare nel territorio di studio le seguenti caratteristiche idrogeologiche.

Per quanto riguarda l'andamento complessivo della superficie della falda freatica, è possibile fare riferimento alle analisi ed ai dati della Provincia di Milano.

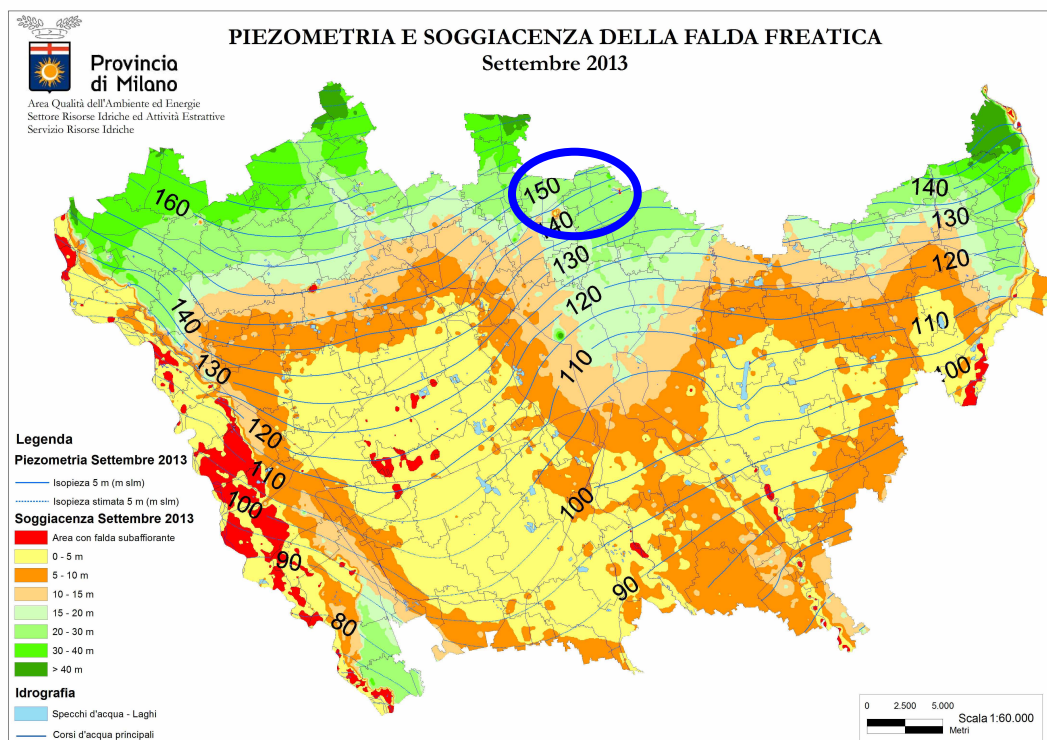


Figura 37 – Carta delle piezometrie e delle soggiacenze medie al settembre 2013 (tratto da “Sistema informativo falda – Provincia di Milano)

L'area di intervento è localizzata nella porzione occidentale del territorio di Monza e Brianza, in cui il sottosuolo risulta caratterizzato da una discreta / buona omogeneità litologica e strutturale, con i principali acquiferi che sviluppano una buona continuità areale.

- Gruppo acquifero A+B: In questa zona dell'alta pianura i due gruppi acquiferi A e B sono indistinti e coincidono, a tutti gli effetti, con l'"acquifero tradizionale". Nel dettaglio la porzione superiore di questa unità sabbioso ghiaiosa (acquifero A) potrebbe essere individuata fino a circa 25-30 metri da p.c., ma si tratterebbe di una distinzione fittizia, perché la zona è generalmente insatura e comunque il limite

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:						
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>				

sarebbe difficile da individuare con continuità. E' quindi corretto considerare tutta la zona superiore sabbioso ghiaiosa con l'accorpamento dei due gruppi, anche per continuità ed omogeneità con le distinzioni normalmente attuate nella pianura a sud dell'area. La distinzione tra i due gruppi diviene evidente ad ovest, verso il territorio di Senago, dove è possibile individuare dei livelli limoso argillosi a circa 35-40 metri dal p.c. di separazione tra i due gruppi. Questa unità accorpata è presente in tutto il territorio esaminato e costituisce la porzione più superficiale del sottosuolo, caratterizzata da depositi fluvioglaciali e fluviali. La stessa è composta da ghiaie e sabbie, con subordinati livelli argillosi, argilloso limosi e/o di ghiaie conglomerati, con differenti livelli di cementazione. I conglomerati sono molto diffusi soprattutto nella porzione inferiore dell'unità e sono localmente sede di una "seconda falda" semiconfinata (nella zona di intervento i carotaggi per i piezometri hanno individuato conglomerato compatto oltre i 34 metri da p.c.). La maggior parte dei pozzi presenti nell'area interessano questo gruppo ed il sottostante gruppo C. Il gruppo, complessivamente, costituisce il sottosuolo fino ad una profondità media di 70-100 metri. Nella zona di studio lo spessore è di circa 70 metri, con una soggiacenza della falda di circa 25 metri dal p.c..

- Gruppo acquifero C: è presente nel territorio esaminato al di sotto del Gruppo B e si sviluppa per uno spessore di almeno 50-60 metri. Lo spessore è difficile da definire sia per l'incertezza di posizionamento del limite con il sottostante gruppo D, sia per i pochi dati presenti (1 unico pozzo che interessa questo gruppo acquifero). Lo stesso è costituito da depositi sabbiosi, alternati ad argille ed argille limose, indice di un ambiente di deposizione marino e transizionale deltizio. La porzione più profonda è generalmente caratterizzata da prevalenza di depositi marini argillosi, che indicano il passaggio al sottostante gruppo D. Questa unità, per la presenza al suo interno di livelli sabbiosi, legati alla deposizione dei sistemi deltizi e litorali, è sede degli acquiferi confinati. Tali acquiferi, maggiormente protetti e tutelati, sono captati dai pozzi più profondi e più recenti, con utilizzo prevalentemente potabile, alimentare o per produzioni ad elevata tecnologia.

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO <small>Agenzia Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	A.T.P.:		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

- Gruppo acquifero D: è presente nel territorio esaminato al di sotto del Gruppo C ed è caratterizzato da una dominanza di depositi marini argillosi, con locali intercalazioni sabbiose. Il suo spessore non è definibile, per l'assenza di dati geologici (i pozzi potabili, anche quelli più profondi, non arrivano mai alla base del gruppo). Anche questo gruppo acquifero è sede di falde multistrato, ben protette e generalmente in pressione, particolarmente interessanti proprio per il livello di protezione nei confronti dei contaminanti.

L'andamento complessivo generale della falda nella zona di interesse è sufficientemente regolare o blandamente convergente, con quote comprese, nel territorio Comunale di Paderno Dugnano, tra 140 e 150 m. s.l.m.

Le direzioni di deflusso idrico sono mediamente comprese tra NNE-SSW e NE-SW.

Il gradiente idraulico è quello classico di questa porzione di pianura, variabile tra 0,5 e 0,3 %.

Nella zona di interesse la quota piezometrica al settembre 2013 è di circa 150 m. s.l.m.

Il suolo ha una quota di circa 175 m. s.l.m.: la soggiacenza è quindi di circa 25 metri da p.c.

La quota di minima soggiacenza della falda nella zona di intervento è un elemento di grande importanza, perché condiziona la quota zero di inizio dell'invaso di laminazione, nonché le eventuali opere in falda.

A tal fine si è ritenuto di procedere ad una serie di valutazioni ed analisi relativamente all'aspetto specifico e con lo scopo di ampliare al massimo il periodo di verifica dei livelli di falda, per avere indicazioni sugli andamenti sia di breve che di lungo periodo, si è effettuata la ricerca sul SIF Provinciale, dei pozzi e dei piezometri con il periodo di controllo più esteso temporalmente.

A tal fine sono stati individuati due pozzi, rispettivamente nel Comune di Bollate e nel Comune di Senago.

La superficie piezometrica evidenzia variazioni sia a carattere stagionale che con trend di lungo periodo.

Per quanto riguarda le variazioni stagionali, che possono raggiungere anche alcuni metri di escursione, sono generalmente caratterizzate da massimi nel periodo irriguo e da minimi invernali.

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO <small>Agenzia Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	A.T.P.:		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

Le variazioni di lungo periodo sono connesse prevalentemente alle condizioni meteorologiche, ma anche all'entità dei prelievi per lo sfruttamento della falda, che in quest'ultimo periodo si sono ridotti.

La quota attuale della falda è stimabile in circa 154 m. s.l.

I fondo vasca finito è a quota 151 m. s.l.m.

Allo stato attuale la vasca sarebbe interessata da un battente idraulico di 3 metri di falda sopra il fondo finito.

Inoltre per quanto riguarda l'andamento futuro non è possibile fare previsioni, ma non è possibile escludere ulteriori fenomeni di risalita della falda e diviene quindi necessario garantire la sicurezza e la stabilità delle opere di progetto anche nel caso di ulteriori risalite della falda.

Questa situazione implica la necessità di una serie di interventi, sia per la fase realizzativa delle opere che per il funzionamento a regime.

L' interferenza deve esser gestita sia dal punto di vista della qualità delle acque (impermeabilizzazione della vasca per una separazione totale delle acque invase da quelle del sottosuolo) che da quello quantitativo (abbassamento per i lavori, metodi per garantire la stabilità dell'impermeabilizzazione in base alla quota della falda).

Si è ritenuto di prevedere a progetto l'impermeabilizzazione delle vasche per impedire la percolazione, e più in generale il contatto, tra acque invase del fiume Seveso (che presentano caratteristiche qualitative scadenti), con quelle della prima falda.

Contestualmente il progetto prevede la realizzazione di un sistema che consente l'afflusso dell'acqua di falda nella vasca per gravità, in caso di innalzamento della stessa, onde evitare problemi di sottospinte sulle opere di impermeabilizzazione.

Il sistema è però monodirezionale e consente l'afflusso in vasca delle acque di falda, ma non l'immissione nel suolo di quelle invase, a tutela delle acque sotterranee.

5.5 POZZI AD USO POTABILE

La Carta Piezometrica allegata al presente progetto visualizza la distribuzione dei pozzi ad uso potabile dei Comuni di Varedo Paderno Dugnano e Senago, in relazione alla localizzazione della vasca ed alla direzione di flusso della falda.

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	Studio Associato Geologia Spada	Dott. Ing. A. Barbon	 LAND	Prof. Dott. V. Mezzanotte

La cartografia, cui si rimanda per tutti i dettagli, oltre a confermare la valutazioni sopra effettuate sull'andamento della superficie piezometrica, evidenzia chiaramente i seguenti elementi:

- la zona di intervento è esterna alle fasce di rispetto dei pozzi utilizzati a scopo idropotabile (fascia di rispetto disegnata come indicata negli studio geologici di supporto alla pianificazione comunale, con criterio geometrico o con criterio temporale);
- i pozzi del Comune di Varedo sono tutti localizzati a monte dell'area di intervento rispetto alla direzione di deflusso della falda. Il pozzo più vicino è il cod. 9-Va, che è ubicato a circa 800 metri verso nord;
- i pozzi del Comune di senago risultano localizzati ad ovest rispetto all'area i intervento e quindi laterali rispetto alla direzione di flusso. Il pozzo più vicino di Senago è il cod 2-Se, posto ad oltre 700 metri;
- *i pozzi utilizzati a scopo potabile più vicini alla zona di intervento, lungo la direzione di deflusso della falda, sono i pozzi cod. 4-PD e 6-PD del Comune di Paderno Dugnano posti a circa 450 metri a sud ed il pozzo 14-PD posto ad oltre 800 metri;*
- nella cartografia sono state individuate, con apposto resinatura, alcune aree ritenute critiche e/o comunque delicate per le acque sotterranee. Si tratta in primis della vastissima area industriale dismessa, localizzata tra Varedo e Paderno Dugnano, della SNIA-Viscosa, attualmente oggetto di interventi di caratterizzazione e bonifica ambientale di cui si è detto al par. 4.0, che include l'area delle vasche e si estende a nord. Nella carta sono anche state evidenziate alcune aree di cava, sia attiva che dismessa, che rappresentano sempre zone di grande vulnerabilità per la falda, a causa degli ampi scavi. Tali attività nel contesto specifico hanno portato la falda in affioramento diretto.

La vasche di progetto verranno completamente impermeabilizzate, al fine di separare, nell'utilizzo a regime, i due sistemi idrogeologici: acque invasate ed acque sotterranee.

Particolare valutazioni e attenzioni dovranno invece essere attuate per la fase realizzative, perché a causa della piezometria attuale vi è interazione diretta tra le operazioni di scavo e l'acquifero superiore.

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
		A.T.P.:							
									
						Dott. Ing. A. Barbon			
								Prof. Dott. V. Mezzanotte	

5.6 INTERFERENZE TRA LE OPERE DI PROGETTO E L'ASSETTO IDROGEOLOGICO

La quota attuale della falda nell'area di intervento è stimabile in circa 154 m. s.l.m.

I fondo vasca finito è a quota 151 m. s.l.m.

Allo stato attuale la vasca sarebbe interessata da un battente idraulico di 3 metri di falda sopra il fondo finito.

Inoltre per quanto riguarda l'andamento futuro non è possibile fare previsioni, ma sono da ipotizzare ulteriori fenomeni di risalita della falda e diviene quindi necessario garantire la sicurezza e la stabilità delle opere di progetto anche nel caso in cui avvengano queste risalite.

Questa situazione implica la necessità di una serie di interventi, sia per la fase di realizzazione delle opere che per il funzionamento a regime.

Gli interventi devono essere in grado di gestire questa interferenza, dal punto di vista qualitativo (impermeabilizzazione delle vasche per una separazione totale delle acque invase rispetto a quelle del sottosuolo) e da quello quantitativo (abbassamento per i lavori, metodi per garantire la stabilità dell'impermeabilizzazione in relazione all'altezza della falda, ecc.).

Di seguito si illustrano tali elementi.

5.6.1 Impermeabilizzazione 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 in precedenza discusse, nonché le analisi sulla qualità delle acque di piena del fiume Seveso, si è ritenuto progettualmente, fin dalle analisi dello studio di fattibilità, quando la falda era più profonda, di mantenere 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 tutti i settori delle vasche fino alla quota di massimo invaso.

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO <small>Agenzia Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	A.T.P.:		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND <small>LANDSCAPE ARCHITECTS</small>	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

La soluzione tecnica individuata è quella della messa in opera di un materassino bentonitico, ricoperto da circa 0,8 metri, in grado di garantire una permeabilità inferiore a $1 \cdot 10^{-8}$ cm/sec.

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

E' stato quindi 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 le vasche sostanzialmente neutre rispetto all'assetto idrogeologico, anche a regime, sia in presenza che in assenza di riempimento.

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.

5.6.2 Abbassamento della falda per i lavori – impatti idrogeologici

La prima fase di interferenza con la falda si porrà però, stante l'attuale livello piezometrico, durante la realizzazione della vasca di progetto.

Il fondo della vasca è previsto a quota 151 m. s.l.m., ma per poter realizzare tutte le opere necessarie all'impermeabilizzazione del fondo ed alla sua stabilizzazione, sarà necessario scavare fino a quota 150 m. s.l.m. circa.

La massima quota di falda presunta ad oggi, come sopra dettagliato, è pari a 154 m. s.l.m.

Per le valutazioni ed analisi del presente progetto si è ritenuto di considerare come falda di riferimento il massimo valore registrato + 1 metro di franco, quindi una quota di circa 155 m. s.l.m. presso il piezometro delle vasche di Senago.

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					
		A.T.P.:					
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

In queste condizioni di progetto, la parte finale dello scavo per la realizzazione della vasca avverrà in falda, con un battente massimo di circa 5 metri.

Sarà quindi necessario, durante il cantiere, operare un abbassamento della falda stessa per poter operare correttamente ed in sicurezza.

In aggiunta a ciò la posa del telo bentonitico presuppone l'assenza di falda affiorante sulla superficie ed è quindi necessario operare una sua depressione al di sotto del piano di lavoro.

Nelle successive fasi sarà quindi fondamentale effettuare una progettazione puntuale del sistema di "dewaterig" delle aree di cantiere al fine di intervenire correttamente, per es. con pozzi perforati e relativo sistema di emungimento.

Il primo passo sarà quello di investigare puntualmente l'assetto idrogeologico specifico, prevedendo almeno:

- 1 piezometri nell'area per poter monitorare costantemente le variazioni dei livelli della falda;
- prove di pompaggio, al fine di verificare la risposta del sistema e definire i principali parametri idrogeologici.

Il progetto dovrà essere in grado di garantire gli emungimenti e gli abbassamenti necessari a garantire le lavorazioni in asciutta ed in totale sicurezza.

Contestualmente andranno analizzati e valutati gli aspetti maggiormente critici, quali:

- verifica dell'impatto del sistema di pompaggio delle acque sull'idrogeologia locale, con affetti di alterazione del flusso ed impatti sui pozzi esistenti ed in particolare su quelli potabili;
- verifica della compatibilità dei cedimenti attesi a seguito dell'abbassamento dell'acqua.

Si tratta sicuramente di effetti transitori, che però sarà fondamentale analizzare con la massima attenzione, al fine di adottare tutte le necessarie soluzioni onde contenere gli impatti su livelli corretti (tipologia, profondità e distribuzione dei pozzi, quantità emunte dai singoli pozzi, controlli e verifiche sugli edifici e sul suolo, eventuali opere di compartimentazione dei settori di scavo, ecc.).

Altro aspetto fondamentale sarà il monitoraggio idrogeologico, prima, durante e dopo, sfruttando il sistema piezometrico da realizzare con i lavori e meglio descritto al successivo paragrafo.

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

5.7 SISTEMA DI MONITORAGGIO DELLA FALDA NEL TEMPO

La vasca sarà impermeabilizzata, come sopra illustrato, per garantire una separazione totale tra le acque invase e quelle della falda.

Resta comunque fondamentale garantire al massimo la tutela delle acque sotterranee ed a tal fine è stato progettato un apposito sistema di controllo e monitoraggio della falda, da realizzare con i lavori delle vasche.

Per il controllo quali – quantitativo della falda è stato previsto un sistema di piezometri di controllo, disposti monte - valle (secondo la direzione di deflusso della falda) rispetto alla vasca.

Nel caso specifico, considerando le interferenze con la falda anche in fase di cantieristica, il sistema verrà utilizzato anche per monitorare gli effetti delle attività di dewatering del cantiere.

Nello specifico sono stati previsti quattro piezometri: due a monte e due a valle.

Si è ritenuto di realizzare due piezometri a monte e due a valle al fine di garantire il monitoraggio sia dell'acquifero superiore (gruppo A + B) che di quello profondo (gruppo C).

Nella zona di intervento la separazione tra i due acquiferi è netta, ma come massima tutela si è ritenuto di prevedere il controllo di entrambi.

Per un livello massimo di controlli, stante l'importanza delle acque sotterranee, si è deciso di monitorare entrambi gli acquiferi separatamente:

- il primo piezometro ha una profondità indicativa di 50 metri ed interessa l'acquifero superiore libero. Sarà fenestrato da – 30 m fino a fondo foro;
- il secondo piezometro ha una profondità indicativa di 90-100 metri da p.c. Sarà interamente cementato ed isolato fino a circa 60-70 metri da p.c. (e comunque fino al massimo spessore del livello di argilla). Al di sotto sarà interamente fenestrato per poter monitorare l'acqua dell'acquifero confinato.

Tutti i piezometri avranno un diametro minimo di 4", per consentire i campionamenti ambientali, saranno quotati, dotati di specifica targhetta e sigillati con appositi pozzetti con boccapozzi, dotati di lucchetto e chiave.

Il sistema di piezometri verrà utilizzato per il monitoraggio cadenzato dei livelli della falda e dei principali parametri chimico fisici, sia naturali che di eventuale contaminazione.

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:	
								

Per le attività di monitoraggio da porre in essere è possibile utilizzare come riferimento iniziale le Linee Guida della Provincia di Milano per il Monitoraggio della falda per le attività di cava.

Tali linee guida prevedono le seguenti attività:

- misure piezometriche con cadenza almeno mensile
- n° 3 campionamenti per ogni piezometro all'anno, in concomitanza con le principali oscillazioni, di cui: 1 analisi tipo C3 (ex DPR 236/88) e 2 analisi tipo C2. Tali analisi sono integrate da: composti organoalogenati, idrocarburi aromatici, cromo, fenoli, antiparassitari. Eventuali inquinanti specifici potranno essere aggiunti in base ai risultati delle analisi sulle acque superficiali del fiume Seveso.

Questo standard di analisi potrebbe essere utilizzato per lo stato di fatto e per le fasi iniziali di funzionamento della vasca.

Lo stesso potrà essere modificato, aggiornato ed integrato in base ai risultati dei monitoraggi stessi (diversa distribuzione dei campionamenti, analisi da eseguire, ecc.).

Nelle fasi di cantiere, per le lavorazioni con impatti sulla falda, i monitoraggi andranno infittiti, sia per le oscillazioni della falda che per le caratteristiche della stessa.

Il piano dei controlli e dei monitoraggi andrà comunque discusso e concordato con gli Enti preposti a questo tipo di verifiche e controlli.

Anche il posizionamento di eventuali sonde di misura in continuo potrà essere definito con gli Enti, a seguito dei primi riscontri analitici, per individuare i parametri di maggiore sensibilità (sia nelle acque sotterranee che in quelle potenzialmente accumulate all'interno della vasca).

Le opere di monitoraggio previste devono comunque essere realizzate nelle fasi iniziali dell'intervento, al fine di consentire una verifica dello stato dei luoghi pre-intervento (che costituisce una sorta di "bianco" della situazione in essere), i controlli durante lo sviluppo del cantiere ed infine un monitoraggio del funzionamento delle opere nel tempo.

5.8 SONDAGGIO GEOGNOSTICO E PROVE IN FORO PRESSO LA VASCA DI VAREDO

Per ulteriori elementi sulle caratteristiche geologico tecniche del sottosuolo, si riportano, di seguito, i dati del sondaggio geognostico effettuato dalla Ditta Eurogeo di Paderno Dugnano nel mese di ottobre 2014, su commissione dall'A.T.P. che supporta la Scrivente.

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

La vasca è localizzata nella parte nord del territorio Comunale di Varedo, ma considerata la sostanziale omogeneità geologica del territorio tra le due zone, si reputa di poterlo utilizzare come riferimento di massima per l'assetto del sottosuolo.

Il sondaggio ha raggiunto la profondità di 27 metri dal p.c. ed è stato utilizzato per una serie di prove SPT in avanzamento. La stratigrafia è riportata nella relazione A.2.3 “*Relazione geologica-idrogeologica*”.

Il terreno superficiale coltivo è un limo sabbioso, inglobante ghiaia eterometrica e presenta uno spessore di circa 1,1 metri.

Al di sotto e fino alla massima profondità investigata, la situazione risulta sufficientemente omogenea, con netta dominanza di sabbie limose e/o debolmente limose, di colore nocciola, con ghiaia eterometrica e ciottoli, da arrotondati a subarrotondati e dimensione massima di 6-8 cm.

Localmente le ghiaie divengono dominanti rispetto alle sabbie e presentano anche deboli segni di cementazione.

Nel sondaggio, in fase di avanzamento, sono state eseguite le prove SPT per valutare il grado di compattazione e resistenza alla penetrazione dei terreni.

Le prove hanno evidenziato una possibile suddivisione in due livelli: da p.c. fino a 10/11 metri terreni con grado di addensamento da medio a discreto, al di sotto terreni addensati, con prove SPT spesso a rigetto.

La presenza di ciottoli e ghiaie anche grossolane è una condizione di criticità per le prove SPT, ma la costanza dei valori riscontrati, ed il confronto con la stratigrafia consente di confermare le valutazioni di cui sopra.

Nell'elaborazione dei principali parametri geotecnici si adotteranno comunque delle scelte cautelative, per considerare tale problematica.

5.9 ANALISI SISMICA LOCALE

Il Comune di Paderno Dugnano antecedentemente al 2003 non era classificato come comune “sismico”.

Le successive revisioni operate dalla recente O.P.C.M. 3274, hanno classificato il territorio comunale come **Zona Sismica 4**, quella con il grado di sismicità minore previsto dalla normativa.

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO <small>Agenzia Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	A.T.P.:		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

Il D.M. 14 gennaio 2008 prevede che la valutazione della pericolosità sismica venga definita attraverso un approccio “sito dipendente”, e non più con un criterio “zona dipendente”.

In prima battuta è assolutamente fondamentale identificare i possibili scenari di pericolosità sismica locale.

A tale scopo si è fatto riferimento allo studio effettuato dal dr. Geol. Ghezzi nel 2005 (agg. Maggio 2013) per il PGT di Paderno Dugnano.

Per l’area in esame, e più in generale per il territorio di Paderno Dugnano, gli studi escludono la presenza di possibili fenomeni di amplificazione litologica e geometrica (Z4a), per l’assenza di un substrato rigido entro i primi 30-40 m. di sottosuolo.

Entro tali profondità le velocità delle onde sismiche sono nettamente inferiori ad 800 m/sec (velocità del bedrock sismico) e quindi non sono prevedibili fenomeni di amplificazione.

Gli studi geologici escludono, per l’area specifica, la presenza di altri possibili elementi di criticità.

Nel caso specifico è quindi possibile escludere scenari di pericolosità sismica locale e/o di amplificazione sismica.

L’altro aspetto di grande importanza, relativamente alla pericolosità sismica, è quello dell’individuazione della categoria di sottosuolo di riferimento della nostra zona.

Il N.T.C. prevede, infatti, per la definizione dell’azione sismica di progetto, la valutazione dell’effetto della risposta locale, cioè delle modificazioni che subisce l’azione sismica nel passaggio dal substrato rigido alla superficie del sito.

Per questo tipo di valutazione la norma prevede un approccio di tipo semplificato che si basa proprio sull’individuazione della categoria di sottosuolo di riferimento.

Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (DM 14 gennaio 2008) il sito in esame rientra quindi nella **categoria di suolo C** corrispondenti a - : *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu30 < 250$ kPa nei terreni a grana fine)”*.

Tale classificazione è pienamente confermata anche dal sondaggio effettuato per il presente lavoro.

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

Il passaggio ad una eventuale classe B è legato alla quota di imposta delle strutture, in considerazione del progressivo aumento della densità dei terreni con la profondità.

L'utilizzo della classe C resta comunque cautelativo ed a favore della sicurezza dei calcoli.

5.10 MODELLO GEOLOGICO E GEOLOGICO TECNICO DEL SUOLO

L'assetto geologico dell'area di intervento è risultato sufficientemente omogeneo, sulla base delle indagini e delle analisi effettuate (vedi anche relazione geologica ed idrogeologica).

I principali elementi sono di seguito indicati:

- Tutta la zona rientra arealmente geologicamente nel Sintema di Cantù. L'Unità è costituita da ghiaie, a prevalente supporto clastico, con matrice sabbiosa; localmente prevalgono le sabbie e le sabbie limose, fino ad arrivare ai limi argillosi massivi. Si tratta di depositi fluvioglaciali recenti, che costituiscono un'ampia fascia pianeggiante, in sponda sinistra del torrente Seveso. Nella zona di intervento sono prevalenti, dal punto di vista litologico, le ghiaie e le ghiaie sabbiose, con elementi poligenica, da arrotondati a subarrotondati. Lo spessore dell'unità è valutabile indicativamente in una decina di metri da p.c.
- Al di sotto dell'unità precedente, nello stesso areale interessato dalla vasche, il sottosuolo è costituito dai depositi più antichi dell'Unità di Cadorago (Pliocene medio superiore). Anche questa unità è caratterizzata da ghiaia a supporto clastico o di matrice, con matrice sabbiosa; intercalazioni sabbiose; sabbie limoso argillose; limi con clasti sparsi. Si tratta di depositi fluvioglaciali che in precedenza erano stati attribuiti al Riss ed in parte al Wurm (fluvioglaciale e fluviale Riss e Wurm). Nell'area di intervento i depositi ghiaiosi sono dominanti. Il livello di addensamento è da buono a molto buono. Oltre i 30 metri è frequente il rinvenimento di livelli cementati e di conglomerati.
- I terreni sopra descritti appartengono idrogeologicamente all'acquifero superiore. Tale acquifero superiore è sede di una falda freatica che ha un gradiente tra 0,3 – 0,5% e la direzione di flusso è circa NNE-SSW. Nella zona di interesse la quota piezometrica stimata all'ottobre 2014 è pari a 154 m. s.l.m, circa 3 metri al di sopra del fondo della vasca (per maggiori dettagli sull'assetto idrogeologico dell'area e sulle modalità di

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

gestione delle interferenze con la falda stessa è possibile fare riferimento alla relazione geologica ed idrogeologica).

Il modello geologico-tecnico è diretta conseguenza di quello geologico, con l'integrazione degli elementi relativi alle caratteristiche di resistenza dei terreni stessi.

La struttura complessiva è omogenea e può essere schematizzata come di seguito dettagliato.

Livello 0

E' costituito dalla porzione più superficiale.

E' la porzione interessata maggiormente dai rimaneggiamenti legati all'utilizzo pregresso del sito, nonché alle attività ambientali e di bonifica.

Non viene considerata nelle presenti valutazioni, per i motivi di cui alle premesse ed al par. 4.0 della relazione geologica.

Livello 1

E' costituito dai depositi appartenenti al Sintema di Cantù, che costituiscono tutta la zona di intervento ed un significativo intorno, almeno fino alla massima profondità di circa 10 metri.

Si tratta prevalentemente di ghiaie sabbioso limose e sabbie limose e/o debolmente limose, di colore nocciola, con ciottoli, da arrotondati a subarrotondati e dimensione massima di 6-8 cm.

La permeabilità è elevata.

I principali parametri geotecnici possono essere stimati come di seguito indicato:

- peso di volume: 18,5 KN/mc
- densità relativa: 30-50 %
- angolo di attrito: 29°-33°
- coesione 0

Livello 2

E' costituito dai depositi appartenenti all'Unità di Cadorago, che costituiscono tutta la zona di intervento ed un significativo intorno, a partire dalla profondità di 10 metri e fino alla quota di fondo della vasca.

Si tratta prevalentemente di ghiaie sabbioso limose e sabbie limose e/o debolmente limose, di colore nocciola, con ciottoli, da arrotondati a subarrotondati.

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	Studio Associato Geologia Spada	Dott. Ing. A. Barbon	 LAND	Prof. Dott. V. Mezzanotte

La permeabilità è elevata.

Le caratteristiche di resistenza aumentano con la profondità e tutti i valori indicano un livello di addensamento da buono a molto buono.

I principali parametri geotecnici sono i seguenti:

- peso di volume: 19-20 KN/mc
- densità relativa: > 50 % fino al 100%
- Nspt > 30 / spesso rigetto
- angolo di attrito: > 35° (valore cautelativo)
- coesione 0

Falda

I terreni del livello 1 sono sede dell'acquifero superiore, freatico, con una direzione di flusso circa NE-SW ed una pendenza variabile tra 0,3 e 0,5%.

Nella zona di interesse la quota piezometrica stimata all'ottobre 2014 è pari a 154 m. s.l.m, circa 3 metri al di sopra del fondo della vasca (per maggiori dettagli sull'assetto idrogeologico dell'area e sulle modalità di gestione delle interferenze con la falda stessa è necessario fare riferimento alla relazione geologica ed idrogeologica).

5.11 STABILITÀ DELLE SCARPATE

Il riferimento normativo per l'esecuzione delle verifiche è rappresentato dalla NTC 2008.

La norma prevede le verifiche nei confronti degli Stati Limite Ultimi (SLU).

Nel presente lavoro le scarpate delle vasche verranno realizzate per la quasi totalità in scavo rispetto al p.c. attuale e per una piccola parte in riporto (argini di regolarizzazione della quota esterna).

Queste casistiche sono normate dal par. 6.8 delle NTC "opere in materiali sciolti e fronti di scavo".

Le NTC hanno introdotto, per i parametri geotecnici del terreno, il concetto di VALORE CARATTERISTICO: tale valore è associato al concetto di una prefissata probabilità di non superamento.

Per la definizione del valore caratteristico la norma prevede due differenti approcci:

- Approccio statistico
- Approccio geotecnico.

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO <small>Agencia Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	A.T.P.:		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

Nel caso specifico si ritiene di poter rientrare, per tipologia di problema, per entità dei volumi coinvolti e per omogeneità del contesto geologico, in questa ultima casistica e quindi per il valore caratteristico si è fatto riferimento ai valori geotecnici medi del paragrafo precedente.

Il passaggio successivo richiesto dalla NTC è quello della definizione dei parametri di progetto, derivati dai parametri caratteristici, con l'applicazione dei fattori riduttivi, riportati dettagliatamente nell'elaborato A.2.4 *“Relazione geologico-tecnica”*.

5.11.1 Verifiche di Stabilità delle scarpate

Le verifiche seguenti sono state condotte, sulla base dei parametri geotecnici e della combinazione delle NTC sopra illustrati, in considerazione dei seguenti elementi:

- verifica a lungo termine, con parametri drenati e coesione pari a zero;
- verifica della scarpata maggiormente critica. La vasca ha scarpate tutte uguali con una pendenza di circa 22° (rapporto 1:2,5). La scarpata maggiormente critica è quella di altezza maggiore, pari a circa 25 metri;
- assenza di interferenza idrauliche tra le operazioni di riempimento e svasso della vasca ed i terreni circostanti. Tale circostanza è garantita, oltre che dai tempi brevi di riempimento e svuotamento delle vasche, soprattutto dalla totale impermeabilizzazione delle vasche stesse con un telo bentonitico. Tale telo, che separa i due ambienti, garantisce una totale indipendenza idraulica ed impedisce l'instaurarsi di condizioni di flusso connesse.
- La falda è attualmente circa 3 metri al di sopra del piano finito. Il telo impermeabile garantisce la separazione dei sistemi idrogeologici. Gli eventuali innalzamenti della falda causano un proporzionale allagamento delle vasche, per la presenza di un sistema di compensazione monodirezionale. La presenza della falda causa quindi la saturazione dei terreni interessati, ma contemporaneamente vi è l'effetto di stabilizzazione al piede della scarpata per la presenza dell'acqua invasata all'interno. Non si verifica mai la condizione di svasso rapido proprio per la presenza del telo impermeabile di separazione e per la compensazione delle quote piezometriche dentro e fuori la vasca;
- *La condizione maggiormente critica di funzionamento per le vasche è quella in assenza di acqua. Questo perché con l'impermeabilizzazione, che impedisce qualunque*

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

saturazione dei terreni delle scarpate, in condizione di invaso l'acqua ha solamente una funzione di stabilizzazione della scarpata al piede;

- verifiche in condizioni sismiche, di tipo pseudo-statico, allo SLU (quindi SLV) con l'applicazione dei componenti sismici rispettivamente pari a: $K_h = 0,016$ – $K_v = 0,008$, calcolati in base a quanto previsto dalle NTC.;
- stante l'assenza di una superficie di scivolamento predefinita e/o di una struttura geologica che possa condizionarne la geometria, si è provveduto alla modellazione di migliaia di superfici, con differenti vertici e con differenti raggi di sviluppo, con l'ausilio del software SSAP 2010 ("Slope Stability Analysis Program" – ver. marzo 2014 – dr. geol. L. Borselli, Ph. D.);
- le simulazioni di calcolo sono state effettuate con il metodo di Calcolo di Morgenstern e Price (1965);
- le analisi hanno riguardato la stabilità complessiva del fronte di scavo, con superfici potenzialmente interessanti tutta la scarpata, che rappresentano la situazione di massima criticità. Ulteriori simulazioni sono state effettuate con superfici parziali, interessanti in modo limitato il pendio, anche a carattere superficiale (decorticamenti e/o scivolamenti del suolo), con differenti zone di inizio e di uscita delle superfici di scivolamento.

Oltre alla stabilità globale sono state verificate anche le superfici di scivolamento più superficiali, a simulare fenomeni tipo soil slip e decorticamenti superficiali.

Il Fattore di Sicurezza minimo è risultato sempre $F_s > 1,1$ come previsto dalle vigenti normative per tutte le situazioni verificate e quindi le scarpate di progetto sono verificate.

Le scarpate della vasca risultano quindi tutte ampiamente verificate ai sensi delle disposizioni normative vigenti.

5.11.2 Verifiche di scivolamento dei terreni di copertura del telo bentonitico

Il progetto prevede l'impermeabilizzazione della vasca con un geocomposito bentonitico con superficie irruvidita.

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					
		A.T.P.:				Consulenti:	
 <small>Agencia Interregionale per il fiume Po</small>	 <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	 <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

Il geocomposito sarà poi coperto con uno spessore di circa 80 cm di terreno, per garantire un adeguato livello di carico, nonché per facilitare il mantenimento delle condizioni di umidità e per consentire le operazioni di riverdimento superficiale.

Per garantire la stabilità applicando i fattori di sicurezza minimi richiesti dalla normativa (NTC08) *non risulta essere necessario aggiungere una forza stabilizzante mediante l'utilizzo di una geogriglia in grado di trasferire lo sforzo di trazione ad un ancoraggio in sommità della scarpata.*

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

6. PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Nel presente capitolo vengono descritti gli aspetti essenziali riguardanti i calcoli di progetto degli impianti elettrici.

L'alimentazione dell'intero impianto è prelevata da una linea Enel in media tensione a 20 kV, il cui punto di consegna è posto all'interno del fabbricato "Cabina di trasformazione", ubicato in adiacenza al pozzo delle pompe di sollevamento.

La richiesta massima di potenza elettrica è stimata in circa 900 kW, considerando tutte e 5 le pompe funzionanti (pur essendo una prevista in riserva) e gli altri carichi con un coefficiente di contemporaneità pari al 20%, vista la discontinuità di utilizzo.

La potenza installata complessiva è di circa 1100 kW.

Le tipologie e la quantità di utenze asservite sono costituite da:

- n.5 pompe di sollevamento dal pozzo principale, di cui n.1 di riserva, ognuna da 170 kW;
- n.1 paratoie di potenza 27,5 kW;
- n.2 idrometri fissi;
- impianto luce, impianto prese di forza motrice esterni ed interni ai fabbricati.

6.1 CABINA DI TRASFORMAZIONE

La cabina di trasformazione è costituita da un fabbricato in muratura comprendente l'arrivo della linea Enel, il relativo Quadro elettrico di MT a 20 kV, il locale contatori, il locale media tensione dell'utenza con il Quadro QMT-TR a 20 kV e un quadro di bassa tensione di appoggio per il collegamento al Quadro principale di bassa tensione QGBT1, due locali box trasformatori, di cui uno predisposto per un eventuale trasformatore futuro.

La cabina sarà inoltre dotata di un sistema di rivelazione fumi e di un pulsante di sgancio.

6.2 SALA QUADRI BASSA TENSIONE

In prossimità del pozzo di sollevamento acque è ubicato il fabbricato contenente la sala quadri di bassa tensione.

Il quadro di distribuzione principale sarà disposto all'interno del locale sala quadri e avrà un ingombro in pianta di circa 5 m di lunghezza per 1,40 m di profondità e 2,20 m di altezza.

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

Il locale sarà dotato di pavimento flottante di altezza minima pari a 40 cm per il passaggio cavi. All'interno del locale verranno posizionati anche l'armadio di rifasamento e un gruppo statico di continuità. Da questo quadro verrà distribuita l'energia elettrica a tutte le utenze dell'impianto.

Il quadro deve essere strutturato in modo da poter essere implementato e/o ampliato in futuro, con una alimentazione di soccorso proveniente da un gruppo elettrogeno da 250 kVA; dovrà essere quindi possibile realizzare un interblocco meccanico tra l'arrivo da trasformatore e l'arrivo da gruppo elettrogeno, nonché realizzare una commutazione automatica tra i due arrivi.

La potenza di 250 kVA è stata stimata per consentire il funzionamento di almeno una pompa principale di sollevamento, in condizioni di emergenza, mantenendo attivi servizi ausiliari essenziali (luce, prese etc.).

6.3 CARATTERISTICHE PRINCIPALI

Il punto di consegna Enel è caratterizzato dai seguenti parametri elettrici:

Tensione nominale: 20 kV

Frequenza: 50 Hz

Corrente di cto cto: 16 kA (1s), in effetti sarebbe solo 12,5 kA(1s), ma ormai lo standard costruttivo dei quadri si è allineato al valore di 16 kA richiesto da altri Distributori.

La trasformazione da MT a bt avverrà tramite un trasformatore in resina 20/0,4 kV da 1000 kVA (AN), dotato di barre ventilanti per aumentarne la prestazione di circa il 25% (1250 kVA AF).

La distribuzione in bassa tensione verrà realizzata a 400 V, frequenza 50 Hz., con un sistema TN-S.

I carichi elettrici da alimentare presentano le seguenti caratteristiche:

le pompe principali di sollevamento da 170 kW funzioneranno secondo la logica imposta dal processo in funzione delle misure di livello rilevate dagli idrometri; ogni pompa sarà dotata di avviamento graduale (soft starter) dato il valore di potenza elevato. L'ubicazione delle pompe all'interno del pozzo di sollevamento è relativamente prossima al locale dove è posto il quadro QGBT1, all'interno del quale verranno installati i relativi avviatori.

Delle 5 pompe installate una sarà sempre di riserva mentre le altre verranno avviate in

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	Studio Associato Geologia Spada	Dott. Ing. A. Barbon	 LAND	Prof. Dott. V. Mezzanotte

sequenza a seconda delle esigenze. La funzione di pompa di riserva verrà attribuita periodicamente, secondo un programma stabilito, alternativamente a una delle 5 installate. La massima condizione di assorbimento elettrico è costituita dal funzionamento in contemporanea di 4 pompe per complessivi 680 kW.

La paratoia localizzata all'imbocco della condotta di alimentazione della stazione di sollevamento sarà collegata direttamente al quadro QGBT1

L'alimentazione alla paratoia avverrà attraverso l'attuatore elettrico di cui è dotata; equipaggiato con una centralina di controllo che gestisce l'azionamento della paratoia stessa, i contatti di fine corsa, l'inversione delle fasi per la corretta movimentazione.

Il cavo di alimentazione verrà pertanto attestato alla morsettiera dell'attuatore utilizzando cavo in rame.

Il Quadro QGBT1 avrà al suo interno anche un PLC che verrà programmato per automatizzare il processo dell'intero impianto.

Il sistema di automazione gestirà infatti, secondo la logica di processo prevista per le pompe e per la paratoia ed in funzione dei segnali provenienti dagli idrometri, la sequenza di inserzione e distacco delle pompe, l'apertura e la chiusura della paratoia.

Il PLC sarà inoltre dotato di un sistema di controllo locale, tipo touch-screen, oltre alla possibilità di avere una comunicazione a distanza per il controllo di ogni parte dell'impianto.

Tutti i percorsi cavi esterni verranno realizzati con posa dei cavi direttamente interrata ad almeno 1 m di profondità dal piano campagna.

Per le caratteristiche delle apparecchiature elettriche e dei componenti si faccia riferimento alla raccolta di specifiche allegata al progetto.

6.4 RETE DI TERRA

L'impianto di messa a terra sarà costituito da una rete comprendente la maglia intorno alla cabina di trasformazione, la maglia intorno alla sala quadri di bassa tensione e dai collegamenti dei quadri e delle apparecchiature.

Per le utenze distanti dal fabbricato sala quadri bassa tensione verranno realizzati collegamenti ai quadri locali, tramite corda in ferro ramato direttamente posata nel terreno, lungo un percorso parallelo al cavo di alimentazione.

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO <small>Agazia Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	A.T.P.:		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

6.5 IMPIANTO DI RIVELAZIONE INCENDI E PULSANTE DI SGANCIO

Nella sala quadri verranno installati anche uno o più rivelatori fumi e la relativa centralina che riceverà il segnale anche dai rivelatori posti nella cabina di trasformazione, nella sala riunioni e nel locale uffici. L'impianto dovrà essere inoltre completo di pulsanti di allarme e rivelatori acustici, secondo la normativa vigente (UNI 9795).

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO <small>Agenzia Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	A.T.P.:		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

7. OPERE DI VALORIZZAZIONE PAESAGGISTICA

Nel presente capitolo vengono descritti sinteticamente gli aspetti essenziali riguardanti il progetto paesaggistico delle opere.

7.1 STRATEGIE DI PROGETTO

Il progetto di inserimento ambientale del sistema di vasche di laminazione mira alla *valorizzazione* del nuovo importante sistema idraulico territoriale, dando forza al rapporto tra la forma fisica del luogo e il contesto paesaggistico nel suo insieme, natura e cultura, quindi anche sociale, economico e culturale, valutando le esigenze di coloro che fanno uso di questo luogo in sinergia con altri progetti per lo sviluppo locale.

La ricerca di uno sviluppo equilibrato e sostenibile dello spazio e dei suoi legami con il territorio alla macroscale, considerandone aspetti naturali, culturali e di percezione sociale, corrisponde ai principi della Convenzione Europea del Paesaggio, ratificata dall'Italia nel 2006.

Il paesaggio è definito non come eccellenza, ma estendendo il suo valore a tutta la percezione della realtà, alla quotidianità, in un divenire continuo, intendendolo nel suo significato più ampio e di sistema, in tutti i suoi aspetti culturali, ecologici e percettivi.

Il presente progetto definitivo sviluppa quanto previsto nella precedente fase preliminare e rappresenta dunque un quadro d'insieme ed un modello di crescita e di sviluppo del territorio per promuovere processi che favoriscano anche il dialogo tra comuni limitrofi e stakeholder locali, cercando di fare sinergia delle potenzialità del territorio, a partire dalle sue eccellenze.

Le opere di inserimento paesaggistico del sistema di vasche, così come concepite nel presente progetto, potranno qualificare l'intero sistema come **Infrastruttura Verde** nell'ottica della Strategia della Commissione Europea (Comunicazione 249 del 6/5/2013): strumento quindi contro la frammentazione del paesaggio e degli ecosistemi e la riduzione di biodiversità. I benefici di questo approccio sono di tipo ecologico, economico e sociale e rappresentano un investimento lungimirante, durevole e sostenibile per il futuro dei nostri territori. Tra le I.V. si possono annoverare tutti i beni esistenti in natura, in ambiente terrestre, aereo e marino, con un occhio di riguardo alle tematiche energetiche e sociali (intendendo con queste ultime la socialità ma anche la questione lavorativa).

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO <small>Agenzia Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	A.T.P.:		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

Avendo affrontato già nelle prime fasi di impostazione dell'intervento la progettazione in forma integrata, si sono definite azioni che daranno spazio non solo alle funzioni da svolgere ed agli impatti ambientali da evitare, ma anche nel prestare continua attenzione alle peculiarità del territorio da tutelare e valorizzare nell'integrare il progetto di infrastrutturazione, nel complesso intreccio di elementi naturali del contesto, assecondando le vocazioni dei luoghi, mantenendone l'identità o tutelandone in modo attivo l'integrità nel tempo. Tutto ciò con l'obiettivo della mediazione tra esigenze, alla macroscala, di salvaguardia ambientale e sicurezza pubblica e quelle, alla microscala, espresse in varie sedi a livello locale.

Il paesaggio è una risorsa strategica per lo sviluppo sostenibile dei territori e per la qualità della vita delle comunità che li abitano. È una sintesi complessa tra natura e cultura, tra risorse, esigenze e opportunità locali e territoriali. Gli interventi nel paesaggio intrecciano temi e obiettivi diversi, collegati tra loro, allo scopo di sommarne gli effetti positivi di una **salvaguardia attiva** del territorio.

A partire dall'approfondita conoscenza dello stato dei luoghi, delle vicende che ne hanno caratterizzato l'evoluzione storica e del quadro di riferimento programmatico per le trasformazioni future, è possibile valorizzare la specificità delle singole componenti naturali ed antropiche dei luoghi in un'ottica 'paesaggistica' integrata: ambiti naturali, ambiti agricoli, ambiti urbani e infrastrutturali.

Il progetto si avvicina agli spazi residuali tipici della campagna urbanizzata ed il metodo del progetto è quello della rigenerazione e del ritrovamento del senso dello spazio pubblico attraverso una sorta di "colonizzazione" da parte della popolazione e della natura di un luogo con una identità scarsamente definita.

Il progetto di inserimento ambientale, oltre all'infrastrutturazione paesaggistica, favorisce forme di fruizione in sicurezza degli argini, con percorsi attrezzati, affacci suggestivi, sistemi di comunicazione dell'articolato impianto idraulico di gestione delle acque superficiali. , Filari, macchie boscate e fasce arbustive integrano quelle esistenti al contorno e permettono di prendere coscienza al cittadino della bellezza del paesaggio agricolo e fluviale.

Con l'approfondita conoscenza del territorio e nel pieno rispetto degli strumenti di programmazione territoriale, sono state affrontate le peculiarità dell'intero sistema e le potenzialità di fruizione, giungendo alla soluzione che meglio integri le esigenze idrauliche e

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	Studio Associato Geologia Spada	Dott. Ing. A. Barbon	 LAND	Prof. Dott. V. Mezzanotte

naturalistiche con l'assetto paesaggistico e fruitivo.

Tutte le soluzioni progettuali mirano a cercare uno stretto legame con il contesto, per un inserimento armonioso delle opere nel territorio.

La migliore integrazione perseguita degli interventi nel contesto permetterà di avviare un processo di appropriazione / riconoscimento dell'opera da parte dei cittadini/fruitori, a questo si aggiungeranno criteri di durabilità dei materiali ed agevole manutenzione delle opere al fine di assicurare la migliore evoluzione del sistema.

7.2 IL PROGETTO DI VALORIZZAZIONE PAESAGGISTICA

Il presente progetto appartiene ad un sistema più ampio di localizzazione di vasche di laminazione lungo il fiume Seveso atte alla gestione controllata delle piene.

Il sistema delle vasche di laminazione è concepito come opportunità per valorizzare ambiente e paesaggio, con l'ambizione di promuovere una cultura nuova nella realizzazione di questo tipo di opere, che generi ricadute positive e durevoli innervando di qualità il territorio interessato, promuovendone caratteri ambientali e paesaggistici.

La definizione della proposta per l'inserimento ambientale e paesaggistico delle vasche di laminazione è sviluppata, proprio in tal senso, al fine di individuare una immagine connotata e strategica che permetta di mettere a sistema le diverse componenti tecnologiche, con un approccio estremamente attento al territorio, dalla fase di progettazione fino alla fase di costruzione e poi di gestione a regime.

Pertanto le trasformazioni del territorio possono essere considerate non più causa di deturpamenti ambientali ma rappresentare l'occasione per la creazione di 'nuovi paesaggi', che valorizzino le risorse esistenti e rivitalizzino i paesaggi della quotidianità.

La strategia per le opere di inserimento paesaggistico mira quindi a definire in questa fase tutti gli interventi di carattere definitivo che gravitano attorno agli invasi.

Il progetto paesaggistico fa riferimento ai seguenti interventi:

1. MITIGAZIONE

- Messa a dimora di fasce arbustive
- Realizzazione di fasce alberate di valorizzazione paesaggistica
- Valorizzazione delle scarpate

2. FRUIZIONE

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:	
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	Studio Associato Geologia Spada	Dott. Ing. A. Barbon	 LAND Prof. Dott. V. Mezzanotte

- Percorso ludico-didattico
- Area giochi
- Spazio di servizio ed interventi di comunicazione didattica

3. CONTESTUALIZZAZIONE

- Percorsi ciclopedonali
- Connessione ed integrazione con sistemi di mobilità lenta limitrofi

7.3 OPERE DI MITIGAZIONE

Tali opere fanno riferimento all'obiettivo progettuale di inserire e al contempo di mitigare visivamente l'intervento idraulico nel e dal contesto.

A tal proposito gli argini dell'invaso saranno dotati di fasce arboree ed arbustive tali da integrare il manufatto all'interno del territorio di riferimento: un sistema organico di prati fioriti, fasce arboreo-arbustive e macchie boscate costituiscono l'infrastrutturazione ecologica in grado di contrastare la frammentazione degli ambienti naturali e promuovere al contempo la biodiversità a livello floristico e faunistico.

Gli interventi presentano caratteristiche e scelte di composizione vegetale differenziate, distinte sulla base delle esigenze funzionali e naturalistiche, nonché degli effetti paesaggistici attesi in termini di intervisibilità del territorio.

Per la definizione di dettaglio della composizione specifica di prati e siepi si valorizza la consolidata collaborazione con enti di ricerca per l'individuazione delle associazioni più idonee agli specifici ambiti in stretta relazione con le esigenze di sostenibilità ambientale in termini di evoluzione e gestione successiva.

In particolare per conservare la biodiversità si valorizza un uso sostenibile delle piante spontanee di origine locale, assicurando il mantenimento delle popolazioni naturali e scegliendo unicamente piante e sementi di specie spontanee della flora italiana, tutte di origine locale, in equilibrio tra tradizione e ricerca scientifica avanzata.

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

8. STIMA DEGLI ONERI DI ESPROPRIO

Per la realizzazione delle opere relative al Progetto Definitivo “*Vasca di laminazione sul fiume Seveso in Comune di Paderno Dugnano (MI)*”, interamente ricomprese nel territorio del Comune di Paderno Dugnano (MI), si rende necessario interessare aree per la maggior parte di proprietà privata e per una parte minore di Enti pubblici.

Le necessità complessive per l’acquisizione delle aree per la realizzazione delle opere in progetto risultano quindi le seguenti (per i dettagli relativi ai criteri e alla valutazione delle stime si rimanda al piano particellare di esproprio – Atto A.5):

- Indennità per esproprio ditta 1 - Immobiliare SNIA S.p.A.:	€	336'071,70
- Indennità per esproprio ditta 2 - Snia Viscosa Società Nazionale Industria Applicazioni Viscosa S.p.A.:	€	19'718,10
- Indennità per esproprio ditta 3 - Cap Holding S.p.A.:	€	2'080,00
- Indennità per esproprio ditta 4 – Ente urbano:	€	2'376,00
- Indennità per attraversamento linea ferroviaria:	€	10'000,00
- Imprevisti:	€	100'000,00
- Oneri accessori:	€	<u>29'754,20</u>
TOTALE	€	500'000,00

PROGETTISTI 	SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE A.T.P.: <div>        </div>						
---	--	--	--	--	--	--	--

9. QUADRO ECONOMICO DEL PROGETTO

9.1 IMPORTO DEI LAVORI

L'importo dei lavori è stato suddiviso in macro capitoli, come riportato di seguito:

	Opera	Importo
1.	PC01 - Invaso di laminazione	17'314'945.76
2.	PC02 - Opere di presa	858'431.10
3.	PC03 - Canale di alimentazione	455'392.19
4.	PC04 - Stazione di sollevamento	2'013'767.35
5.	PC05 - Canale di scarico	645'474.30
6.	PC06 - Opere civili e paesaggistiche - impianti elettrici	815'882.70
7.	Oneri della sicurezza specifici	700'000.00
8.	Totale lavori a misura (per aggotamento falda)	300'000.00
	TOTALE LAVORI A BASE D'APPALTO	€ 23'103'893.40

Pertanto l'importo a base d'appalto per la realizzazione dei lavori è pari a complessivi € **23'103'893.40**.

9.2 SOMME A DISPOSIZIONE DELLA STAZIONE APPALTANTE

L'importo delle somme a disposizione della Stazione Appaltante è stato valutato tenendo conto delle seguenti voci:

1. Imprevisti: importo stimato nella misura del 5% dell'importo dei lavori (senza la deduzione conseguente alla compensazione parziale), pari a € 1'155'194,67;
2. IVA sui lavori: importo valutato nella misura del 22% dell'importo dei lavori a base di appalto e degli imprevisti, quindi, pari a € 5'336'999.38;
3. Spese tecniche per progettazione preliminare, definitiva ed esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione, studio d'impatto ambientale, relazione paesaggistica, collaudo, supporto al RUP, assistenza alla Direzione dei Lavori e Coordinamento della Sicurezza in fase di Esecuzione, comprensive di IVA e oneri previdenziali (stimato nella misura del 7.5% dell'importo totale dei lavori): € 1'732'792,01;

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE				Consulenti:	
		A.T.P.:  					
		STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI		Studio Associato Geologia Spada		Dott. Ing. A. Barbon	
						Prof. Dott. V. Mezzanotte	

4. Fondo per acquisizione delle aree interessate dai lavori (indennità di esproprio, spese, ecc.): importo stimato pari a € 500'000,00;
5. Spese per accertamenti, indagini, prove di laboratorio: tale voce compensa il complesso di accertamenti specialistici ed indagini geognostiche e/o di diversa natura (es. analisi della qualità delle acque): importo comprensivo di IVA e oneri previdenziali, pari a € 150'000,00;
6. Spese per effettuare la bonifica bellica dell'area interessata dai lavori: importo stimato, comprensivo di IVA (22%), pari a € 150'000,00;
7. Spese per pubblicità, procedure di gara e oneri istruttori vari: importo stimato nella misura di circa lo 0,5% dell'importo dei lavori a base di appalto e, quindi, pari a € 115'519,47;
8. Oneri di cui all'art. 2, comma 1, della Deliberazione 26/01/2006 a favore dell'Autorità per la Vigilanza sui LL.PP.: importo pari a € 500,00;
9. Incentivo alla progettazione secondo l'art. 92 del D.L. 163/06 e s.m.i.: € 250'000,00;
10. Spese di allaccio alla rete Enel: € 100'000,00;
11. Arrotondamenti: € 5'101,08.

L'importo complessivo delle somme a disposizione della Stazione Appaltante è pertanto pari a **€ 9'496'106.60**

9.3 SINTESI DEL QUADRO ECONOMICO

L'importo a base d'appalto per la realizzazione dei lavori è pari a complessivi **€ 23'103'893.40**.

Le somme a disposizione dell'Amministrazione per spese tecniche, spese amministrative, imprevisti, espropri, IVA, ecc., è pari a **€ 9'496'106.60**.

Pertanto, l'importo complessivo del finanziamento necessario per la realizzazione delle opere relative alla vasca di laminazione di Paderno Dugnano ammonta a **€ 32'600'000,00**.

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa.

PROGETTISTI	SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE						Consulenti:
				<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

Tabella 12 – Quadro economico

A.1	TOTALE LAVORI A BASE D'APPALTO	23'103'893.40
B.1	Imprevisti	1'155'194.67
B.2	IVA sui lavori e imprevisti (su A.5+B.1)	5'336'999.38
B.3	Spese tecniche di progettazione preliminare, definitiva, esecutiva e coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e realizzazione, studio d'impatto ambientale, collaudo, supporto al RUP, comprensivo di spese, IVA e oneri previdenziali	1'732'792.01
B.4	Fondo per acquisizione delle aree	500'000.00
B.5	Spese per accertamenti, indagini, prove di laboratorio, comprensivi di IVA	150'000.00
B.6	Spese per bonifica bellica, comprensiva di IVA	150'000.00
B.7	Spese per pubblicità, procedure di gara e oneri istruttori vari (0.5% di A.5)	115'519.47
B.8	Oneri di cui all'art. 2, comma 1, della Deliberazione 26/01/2006 a favore dell'Autorità per la Vigilanza sui LL.PP.	500.00
B.9	Incentivo alla progettazione Art.92 del D.L. 163/06 e s.m.i.	250'000.00
B.10	Oneri per allaccio alla rete Enel di MT	100'000.00
B.11	Arrotondamenti	5'101.08
	TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE	€ 9'496'106.60
	TOTALE FINANZIAMENTO	€ 32'600'000.00

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

10. ELENCO ELABORATI DEL PROGETTO DEFINITIVO

Il presente progetto definitivo si compone dei seguenti elaborati:

ATTI	
A.1	Relazione tecnica generale
A.2.1	Relazione idrologico-idraulica
All-A.2.1	Studio idrologico-idraulico del T. Seveso
A.2.2	Relazione sulla qualità delle acque del T. Seveso
A.2.3	Relazione geologica-idrogeologica
A.2.4	Relazione geologico-tecnica
A.3	Relazione ambientale
A.4.1	Analisi dei prezzi a corpo
A.4.2	Stima delle opere
A.4.3	Quadro economico di progetto
A.4.4	Stima dei costi di manutenzione
A.5	Piano particellare di esproprio
DISEGNI	
D.1	Corografia generale di inquadramento
D.2.1	Carta geologica
D.2.2	Carta idrogeologica
D.2.3	Indagini eseguite
D.3	Planimetria dello stato attuale delle aree di interesse
D.4.1	Area di laminazione - inquadramento territoriale
D.4.2	Area di laminazione - planimetria di progetto
D.4.3	Area di laminazione - sezioni di progetto
D.4.4	Area di laminazione - sezioni tipologiche
D.5.1	Manufatto di interconnessione tra l'invaso e la falda
D.5.2	Manufatto di sollevamento
D.6.1	Inquadramento programmatico
D.6.2	Soluzioni tipologiche interventi di mitigazione

Milano, novembre 2014

I PROGETTISTI

Ing. Gaetano La Montagna

Ing. Sara Melone