

VASCA DI LAMINAZIONE SUL FIUME SEVESO

Comune di Senago (MI)
APRILE 2013

PROGETTO PRELIMINARE

MI-E-789



	NOME	FIRMA	DATA
REDAZIONE	S. Croci		
VERIFICA	G. B. Peduzzi		
APPROVAZIONE	A. Paoletti		

PROFESSIONISTI INCARICATI:

Dott. Ing. GIOVANNI BATTISTA PEDUZZI

Prof. Ing. ALESSANDRO PAOLETTI
Dott. Ing. STEFANO CROCI
Dott. Ing. FILIPPO MALINGEGNO
Dott. Ing. CRISTINA PASSONI

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

ETATEC S.R.L.
SOCIETA' DI INGEGNERIA

Via Bassini 23 20133 Milano | tel: +39 02 26681264 - fax +39 02 26681553
etatec@etatec.it - etatec@pec.etatec.it - www.etatec.it



Sistema Certificato
UNI EN ISO 9001
SC 06-647/EA 3



STUDIO PAOLETTI
INGEGNERI ASSOCIATI

Via Bassini 23 20133 Milano | tel: +39 02 26681264 - fax: +39 02 26681553
Studiopaoletti@etatec.it - Studiopaoletti@pec.etatec.it

Studio Associato di Geologia Spada

Via Donizetti 17 24020 Ranica (BG)
tel: +39 035 516090 - +39 035 513738



CONSULENZE SPECIALISTICHE:

ASPETTI PAESAGGISTICI E AMBIENTALI:

Arch. ANDREAS KIPAR
Dott. Agr. GIOVANNI SALA
Arch. LUISA BELLINI
Arch. SHIRLY MANTIN

QUALITA' DELLE ACQUE:

Prof. Dott. VALERIA MEZZANOTTE

LAND Milano Srl



UNI EN ISO 9001
certificato 0901-1617



Via Varese 16 20121 Milano

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

GRUPPO LAND Milano Roma Cagliari Duisburg

Landscape
Architecture
Nature
Development

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

TITOLO

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

SCALA

—

Revisioni	1		
	2		
Numero elaborato	TIPOLOGIA PP	COMMESSA 250-21	DOCUMENTO RT
			NUMERO A.1

INDICE

1.	PREMESSA.....	3
1.1	DATI CARATTERISTICI DELL'INVASO DI LAMINAZIONE	3
2.	IL SISTEMA IDRAULICO MILANESE DEL BACINO LAMBRO - OLONA.....	6
2.1	LE CRITICITÀ IDRAULICHE DEL BACINO LAMBRO - OLONA.....	8
2.2	LINEE DI INTERVENTO PROPOSTE.....	9
3.	CRITICITÀ DEL T. SEVESO E STUDI PRECEDENTI.....	13
4.	INTERVENTI DI LAMINAZIONE PREVISTI NELLO STUDIO-AIPO-2011	17
5.	ANALISI INTEGRATIVE DELLO STUDIO-AIPO-2011	23
6.	ANALISI DELLE ALTERNATIVE DI UBICAZIONE DELLA VASCA DI LAMINAZIONE DI SENAGO	25
7.	PRIORITÀ DI REALIZZAZIONE DELLE OPERE DI LAMINAZIONE. LA PRIORITÀ DELLA VASCA DI SENAGO.....	28
8.	SINTESI DELLE PORTATE E DEI VOLUMI PER IL DIMENSIONAMENTO DELLA VASCA DI LAMINAZIONE DI SENAGO	31
9.	DESCRIZIONE DI SINTESI DELLE OPERE IN PROGETTO.....	34
9.1	GENERALITÀ	34
9.2	VASCA DI LAMINAZIONE	34
9.3	OPERE DI PRESA	39
9.3.1	Opere di presa sul C.S.N.O.....	39
9.3.2	Opere di presa sul T. Garbogera	39
9.3.3	Opere di presa sul T. Pudiga.....	40
9.4	CANALE DI ALIMENTAZIONE DEL PRIMO SETTORE DI INVASO	40
9.5	SISTEMA DI SCARICO DELL'INVASO	40
9.6	OPERE CONNESSE ALL'INTERAZIONE TRA LA FALDA FREATICA E L'INVASO	42
9.7	SISTEMA DI FITODEPURAZIONE.....	43
9.8	OPERE DI ADEGUAMENTO DEL C.S.N.O.	43
9.9	APPARATI DI MONITORAGGIO FUNZIONALE E MODELLO DI GESTIONE DELL'INVASO.....	44
10.	OPERE DI VALORIZZAZIONE PAESAGGISTICA	45
10.1	L'APPROCCIO METODOLOGICO	45
10.2	IL PROGETTO DI VALORIZZAZIONE PAESAGGISTICA	48
10.3	L'OSSERVATORIO IDROLOGICO	50

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

10.4	OBBIETTIVO BIODIVERSITÀ	51
10.5	CONDIVISIONE E PROMOZIONE DELL'OPERA	53
11.	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE-IDROGEOLOGICHE	54
11.1	GEOMORFOLOGIA E STRUTTURA GEOLOGICA	54
11.2	ASSETTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA ED IMPATTO DELLE OPERE	55
11.3	CARATTERISTICHE DEI TERRENI DI SCAVO.....	57
11.4	MODELLO GEOLOGICO TECNICO DEL SOTTOSUOLO	59
12.	ASPETTI ECONOMICI E FINANZIARI DEL PROGETTO.....	61
13.	ELENCO ELABORATI DEL PROGETTO PRELIMINARE	63

1. PREMESSA

L'Agenzia Interregionale per il fiume Po, in data marzo 2013, ha affidato all'Associazione Temporanea costituita dalla società ETATEC S.r.l. – mandataria – e lo Studio Paoletti Ingegneri Associati e lo Studio Associato di Geologia Spada – mandanti – l'incarico per la redazione del Progetto Preliminare, Studio di Prefattibilità Ambientale e Progetto Definitivo I Lotto funzionale, relativo ai lavori di realizzazione della vasca di laminazione sul fiume Seveso in comune di Senago (MI) – MI-E-789.




La presente relazione, relativa al Progetto Preliminare della vasca di laminazione del T. Seveso in Comune di Senago, espone le principali caratteristiche delle opere in progetto.

1.1 DATI CARATTERISTICI DELL'INVASO DI LAMINAZIONE

Vengono di seguito riportati, in forma schematica, i principali dati peculiari dell'invaso di laminazione di Senago, le cui caratteristiche saranno meglio descritte nei successivi capitoli e relazioni allegate al presente progetto.

Le principali caratteristiche dell'invaso in progetto sono:

- Volume di invaso: 970'000 m³, suddiviso in n. 3 settori in serie, caratterizzati dai seguenti volumi:
 - I settore: 50'000 m³;
 - II settore: 580'000 m³;
 - III settore: 340'000 m³;
- Superficie di invaso alla quota di massima regolazione: 113'500 m², di cui:
 - I settore: 19'500 m²;
 - II settore: 59'000 m²;
 - III settore: 35'000 m²;
- Quota di fondo degli invasi di laminazione:
 - I settore: 155.5 m s.m.;
 - II settore: 146.0 m s.m.;
 - III settore: 146.0 m s.m.;
- Superficie dei laghetti permanenti alla quota del pelo libero (pari a 146.0 m s.m.):
 - II settore: 7'800 m²;

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

- III settore: 2'000 m²;
- Quota di fondo dei laghetti permanenti:
 - II settore: 145.0 m s.m.;
 - III settore: 145.0 m s.m.;
- Quota di massima regolazione:
 - I e II settore: 159.0 m s.m.;
 - III settore: 159.5 m s.m.;
- Quota di massimo invaso:
 - I e II settore: 160.0 m s.m.;
 - III settore: 160.5 m s.m.;
- Quota di coronamento delle arginature perimetrali, ove presenti (identica per tutti i settori dell'invaso): 161.80 m s.m.;
- Quota di recapito delle portate laminate: 155.25 m s.m.;
- Corsi d'acqua che alimentano l'invaso: T. Seveso (attraverso il C.S.N.O.), T. Garbogera e T. Pudiga;
- Ricettore finale delle acque laminate: C.S.N.O.;
- Portata al colmo sfiorata nell'invaso con riferimento ad un tempo di ritorno pari a 100 anni:
 - o dal T. Seveso attraverso il C.S.N.O.: 35 m³/s;
 - o dal T. Garbogera: 5 m³/s;
 - o dal T. Pudiga: 18 m³/s;
- Portata massima del sistema di scarico: 5 m³/s;
- Tempo di svuotamento dell'invaso: 54 ore (2.2 giorni);
- Modalità di svuotamento dell'invaso: a gravità (da quota 159.0 m s.m. a quota 155.5 m s.m.) e per pompaggio (da quota 155.5 m s.m. a quota 146.0 m s.m.):
 - o I settore: 50'000 m³ a gravità;
 - o II settore: 160'000 m³ a gravità e 420'000 m³ per pompaggio;
 - o III settore: 95'000 m³ a gravità e 245'000 m³ per pompaggio;
- Stazione di sollevamento: n. 4+1 elettropompe sommergibili, ciascuna con le seguenti caratteristiche:
 - o Portata: 1250 l/s
 - o Prevalenza: 9.2 m

- Rendimento totale: >72%
- Potenza nominale: 170 kW
- Sistema di fitodepurazione per una porzione delle portate di magra del T. Pudiga:
superficie pari a 3'500 m² e volume disponibile pari a 3'500 m³.

Nella Figura 1 è riportato lo schema planimetrico dell'invaso di laminazione di Senago.

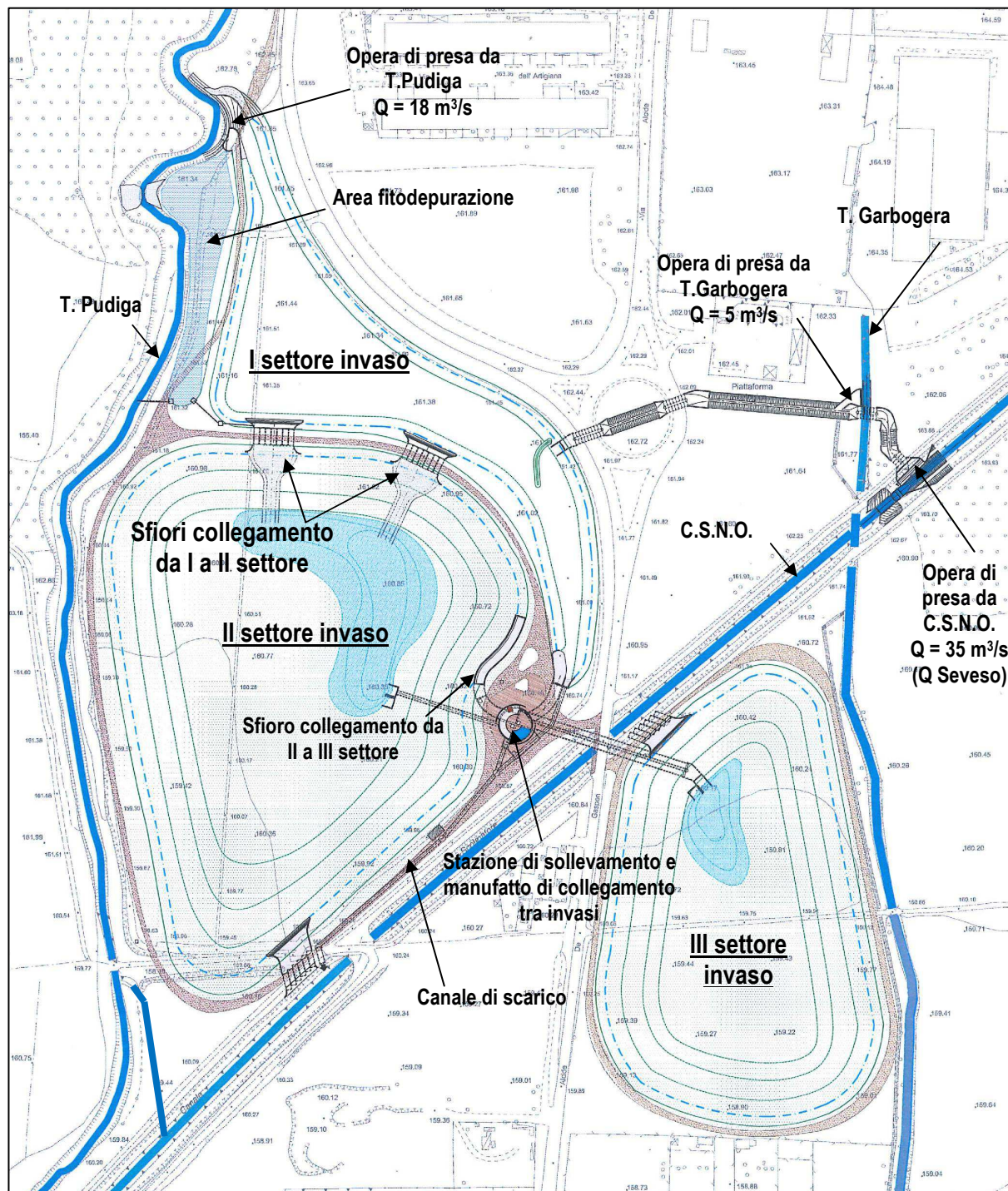


Figura 1 – Schema planimetrico del sistema idraulico della vasca di laminazione di Senago

2. IL SISTEMA IDRAULICO MILANESE DEL BACINO LAMBRO - OLONA

Il sistema idrografico del bacino Lambro – Olona è assai complesso (Figura 2). Nell’ambito “naturale” della parte montana e pedemontana l’antropizzazione del territorio è ancora relativamente modesta e i corsi d’acqua scorrono nei loro letti naturali ed in valli ben delineate morfologicamente. Gli altri ambiti, invece, sono fortemente urbanizzati, con un tessuto urbano sovente continuo e intensivo, in cui i corsi d’acqua sono artificializzati, canalizzati o costretti in tombinature, nonché interconnessi con gli altri reticoli irrigui e fognari che contraddistinguono il territorio.

In questi ambiti l’intervento dell’uomo ha infatti creato una fitta interconnessione di reticoli rispondenti a differenti finalità. Possono in particolare distinguersi cinque sistemi idraulici:

- il *sistema fluviale*, e cioè il sistema dei corsi d’acqua “naturali”, ancorché fortemente modificati non solo nell’assetto delle loro sezioni di deflusso, ma anche nel loro stesso tracciato. Le deviazioni dal tracciato naturale, già iniziate in epoca romana, hanno riguardato Olona, Bozzente e Lura, fiumi che presso Rho sono stati deviati verso Milano, con benefici in termini di approvvigionamento idrico nei secoli passati, e poi intubati nel corso del secolo scorso nell’attraversamento della città fino a farli riemergere a sud con il nome di Lambro Meridionale, a sua volta affluente del Lambro Settentrionale e quindi del Po. Con tale storica deviazione, pertanto, il fiume Olona a partire da Rho è divenuto un affluente del sistema Lambro Meridionale - Lambro Settentrionale, abbandonando il suo bacino naturale che raggiungeva direttamente il Po, in corrispondenza dell’attuale confluenza dell’Olona Inferiore, retaggio dell’antico Olona, in comune di San Zenone al Po.
- il *sistema prestigioso e monumentale dei Navigli*, creato a partire dall’alto medioevo e sviluppato nell’epoca rinascimentale, con lo scopo di creare vie d’acqua importantissime per il rifornimento idrico e la vita sociale, oltre che per i trasporti e il commercio. Il sistema dei navigli interessa il territorio compreso tra il Ticino, l’Adda, i laghi prealpini e il Po, ed è costituito da 140 km di canali: il Naviglio Grande, il Naviglio di Bereguardo, il Naviglio Martesana, il Naviglio di Paderno ed il Naviglio di Pavia.
- il *sistema dei canali scolmatori delle piene*, creati nel secolo scorso per difendere la città di Milano. Tale sistema è composto dal Canale Scolmatore di Nord Ovest (CSNO), costituito da due tronchi denominati “Ramo Seveso” e “Ramo Olona” e dal Deviatore Olona. Tale sistema ha la funzione di deviare parte delle acque di piena del torrente

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

Seveso, dei torrenti delle Groane, del torrente Lura e dell'Olona, che gravano sulla città di Milano, verso il Ticino (attraverso il CSNO) e verso il Lambro Meridionale (attraverso il Ramo Olona prima e il Deviatore Olona poi).

- il *sistema irriguo*, composto dalla fittissima rete di rogge e canali che si diramano non solo dai Navigli ma anche dal grande sistema irriguo del Consorzio del Canale Villoresi, importantissima arteria idraulica che trae alimentazione dalla presa sul Ticino presso lo sbarramento di Panperduto e percorre trasversalmente l'intero bacino con andamento ovest – est fino a sboccare in Adda nei pressi di Cassano d'Adda, ove recapita la portata residua. I reticoli irrigui alimentati dai Navigli e dal Villoresi approvvigionano l'intera pianura lombarda interclusa tra Ticino, Adda e Po e cioè uno dei territori agricoli più ricchi e produttivi d'Europa. Il sistema irriguo è anche un sistema di bonifica in quanto assume la finalità di raccolta e colo delle portate meteoriche drenate dalle aree agricole e dai numerosi centri urbani del territorio. Inoltre in molti casi il sistema costituisce il ricettore finale di grandi impianti di depurazione dei reflui urbani, con evidenti benefici di riuso a fini irrigui delle acque depurate.
- i *sistemi fognari e di drenaggio urbano* di tutte le aree abitate del territorio. La vastità delle aree urbanizzate e la loro densità abitativa conducono a valori delle portate fognarie immesse nei ricettori spesso preponderanti rispetto ai loro deflussi naturali.

Le molteplici interconnessioni tra i sistemi suddetti e i conseguenti scambi idrici che si alternano nel corso delle stagioni e degli eventi meteorici sono anche favoriti, in modo determinante, dall'andamento fortemente pianeggiante del territorio della pianura a sud di Milano tra Ticino e Adda. Ne consegue evidentemente che in tutto tale territorio i reticoli irrigui e fognari assumono rilevanza preponderante e i bacini idrografici propriamente detti perdono significato dal punto di vista dell'odierna organizzazione idraulica del territorio, fortemente dominata dai comprensori di irrigazione e di bonifica e dai sistemi di drenaggio urbano.

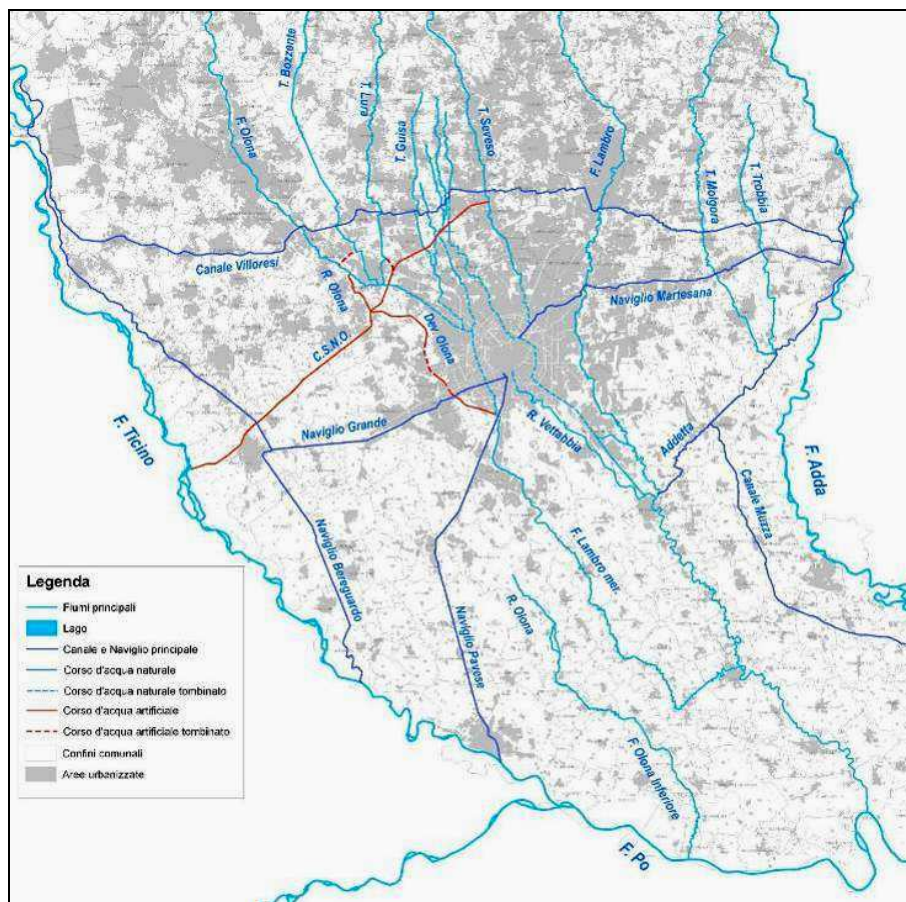


Figura 2 – Sistema idraulico Lambro – Olona

2.1 LE CRITICITÀ IDRAULICHE DEL BACINO LAMBRO - OLONA

L'Autorità di Bacino del fiume Po ha approntato nel 2004 lo “*Studio di Fattibilità della Sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali ed artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro – Olona*”. Esso si basa su un accurata ricostruzione del comportamento idraulico in piena, effettuata con una modellazione matematica atta a simulare i profili di pelo libero condizionati da tutti gli effetti localizzati compresi i rigurgiti e gli allagamenti superficiali, sia nello stato attuale sia con diversi scenari di soluzione atti a eliminare le rilevanti criticità in atto.

L'ambito idrografico Lambro-Olona presenta notevoli specificità che ne fanno un caso unico nel bacino del Po. In estrema sintesi le maggiori peculiarità possono essere così riassunte:

- i corsi d'acqua oggetto di studio presentano tutti indistintamente una conformazione consolidata con capacità di deflusso progressivamente inferiore da monte verso valle.

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

Come evidenziato dalle modellazioni già eseguite sul reticolo (Seveso, Lambro, Lura, Groane, Bozzente) e come storicamente noto, tutti i corsi d'acqua dell'ambito, convergendo sulla zona urbana di Milano e dell'hinterland, trovano alvei che per diversi chilometri (10÷15) hanno capacità di smaltimento inadeguata alle esigenze con tempo di ritorno modesto. Tali limitazioni al deflusso derivano da una consolidata conformazione d'alveo che si è venuta sviluppando nei secoli sino ad oggi e che è l'insieme di vincoli posti dalla dimensione dell'alveo, dalla successione ininterrotta di ponti e dalla discontinuità del sistema difensivo nell'attraversamento delle zone urbanizzate. Su normali corsi d'acqua infatti è possibile trovare sezioni puntuali (es. ponti) che inducono limitazioni anche pesanti al deflusso. Tali sezioni tuttavia sono puntuali e a valle delle stesse gli alvei riprendono caratteristiche di naturalità e di capacità di convogliamento simili o superiori a quelle di monte;

- l'urbanizzazione del territorio di fatto ha confinato tali tratti terminali dei corsi d'acqua in ambiti o in sezioni chiuse il cui ampliamento non risulta proponibile e già era escluso nei lavori del Comitato Coordinatore delle Acque della Provincia di Milano del 1937;
- le sezioni di deflusso sono caratterizzate da numerosi manufatti di attraversamento e da un sistema difensivo spondale discontinuo, sviluppatosi senza un criterio guida omogeneo, come conseguenza dei limiti imposti dalle urbanizzazioni;
- i soli contributi del sistema di allontanamento delle acque meteoriche dai centri urbani sono in grado di saturare il sistema "naturale" e generare condizioni di rischio idraulico spinto.

I risultati dello studio riferito allo stato attuale hanno messo in evidenza numerosissime e gravi criticità distribuite lungo tutte le aste del bacino. È da sottolineare che ognuna di tali criticità genera condizioni di rigurgito con corrispondenti esondazioni superficiali più o meno rilevanti in funzione della morfologia dei luoghi. I corrispondenti effetti di laminazione, inaccettabili perché incontrollati e pericolosi e quindi da eliminare negli scenari futuri, valgono tuttavia a ridurre le portate fluenti verso valle.

2.2 LINEE DI INTERVENTO PROPOSTE

Gli studi che si sono susseguiti nel tempo per la risoluzione dell'ambito milanese hanno sempre individuato soluzioni volte a ridurre pesantemente i deflussi alle porte della città (intesa ora come zona urbana milanese e non più solo come città di Milano). Ad esempio il

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

Comitato Coordinatore delle Acque della Provincia di Milano nel 1937 aveva individuato i seguenti interventi:

- necessità di scaricare le piene del bacino dell'alto Olona (sezione di p.te Gurone) nel lago di Varese e di qui nel lago Maggiore attraverso una galleria di lunghezza 2.400 m da p.te Gurone alla valle del torrente Riposino per una portata di 60 m³/s. Tale intervento, riproponendo la soluzione naturale esistente sul bacino del fiume Lambro con il lago di Pusiano o la soluzione del fiume Adige con lo scolmatore al lago di Garda, mirava a eliminare il contributo di tutto il bacino montano;
- necessità di deviazione delle piene dei torrenti delle Groane e del Seveso nel Lambro. Tale soluzione, allora fattibile per l'assenza di sviluppo urbanistico nella zona est milanese, oggi non è più praticabile;
- necessità di deviazione delle piene del Lambro sovrallacuale e della Bevera di Molteno nel lago di Annone e di qui nel lago di Como (ramo di Lecco). L'intervento oggi risulta scomponibile nei due proposti di gestione del lago di Pusiano e laminazione con casse di espansione del torrente Bevera.

E' evidente come già nel 1937 fosse ben chiaro il problema dell'insufficienza dei tratti vallivi dei citati corsi d'acqua e come tale problema dovesse essere risolto mediante l'azzeramento dei deflussi da monte mediante laminazioni (lago di Pusiano, lago Maggiore, ecc.) ovvero mediante scolmatori. E' tuttavia da osservare come nel 1937 i due corsi d'acqua principali (Lambro ed Olona) non fossero ancora inglobati nella cintura urbana milanese e pertanto non soffrissero dei vincoli oggi esistenti, che tendono sempre più ad omogeneizzarli con i corsi d'acqua che storicamente convergevano nel centro di Milano (Seveso, Groane).

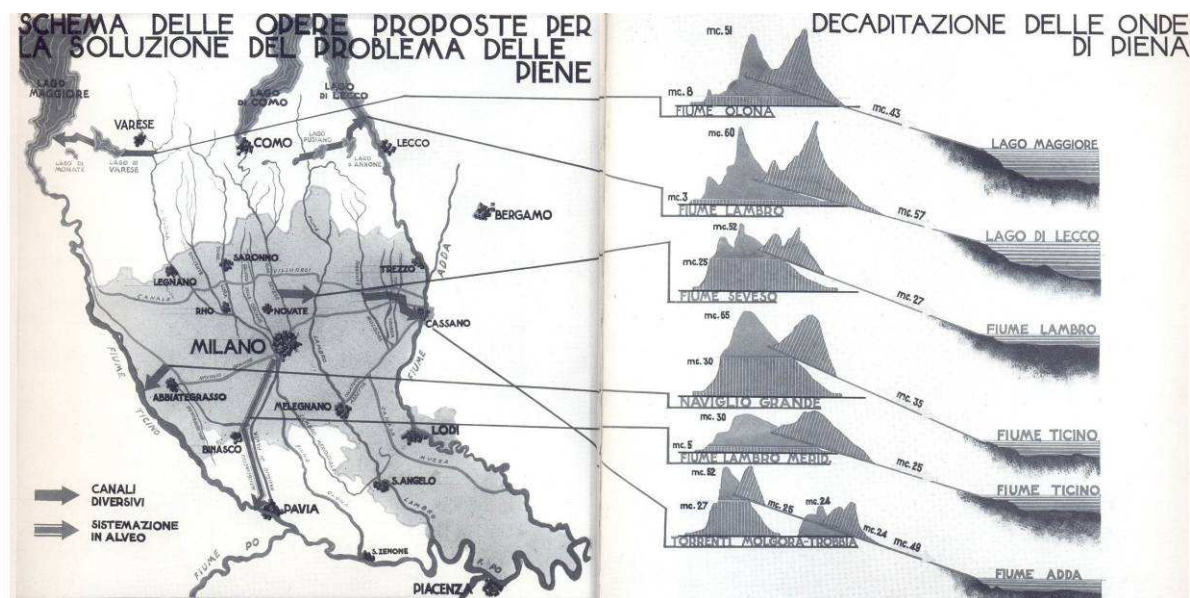


Figura 3 – Schema degli interventi previsti dal Comitato Coordinatore delle Acque della Provincia di Milano nel 1937

Successivamente gli interventi pensati ed in parte attuati sono stati volti alla deviazione delle portate mediante canali scolmatori verso ovest (CSNO esistente) e verso est. In particolare, verso est era stato ipotizzato uno scolmatore in grado di convogliare le portate eccedenti del Seveso al fiume Lambro attraverso il cosiddetto Canale Scolmatore di Nord-Est. Tale progetto prevedeva diverse soluzioni di tracciato, a seconda della localizzazione dell'opera di presa sul torrente Seveso, tra Paderno Dugnano e via Ornato a Milano. È poi emerso che tale intervento non era proponibile, sia per questioni di costo ed estese difficoltà di tracciato, sia per l'impossibilità del fiume Lambro, di per sé in condizioni di pesante rischio di piena, di ricevere tali portate aggiuntive.

Lo studio condotto AdBPo-2004 si concludeva con la proposta (Figura 4) di importanti opere di regimazione dei corsi d'acqua quali vasche di laminazione (indicate in figura con pallino rosso, lungo le diverse aste del reticolo sono previste 33 aree di laminazione per una capacità di invaso complessiva di $17'000'000 \text{ m}^3$, oltre a tutti gli interventi di laminazione urbana atti a rispettare la normativa regionale, $20 \text{ l/s/ha}_{\text{imp}}$ per le aree di nuova urbanizzazione od a $40 \text{ l/s/ha}_{\text{imp}}$ per le aree già urbanizzate), canali scolmatori, diversivi o by-pass importanti, etc., atti a ridurre significativamente la portata di progetto (commisurata al tempo di ritorno di 200 anni per il Lambro e di 100 anni per tutti gli altri corsi d'acqua).

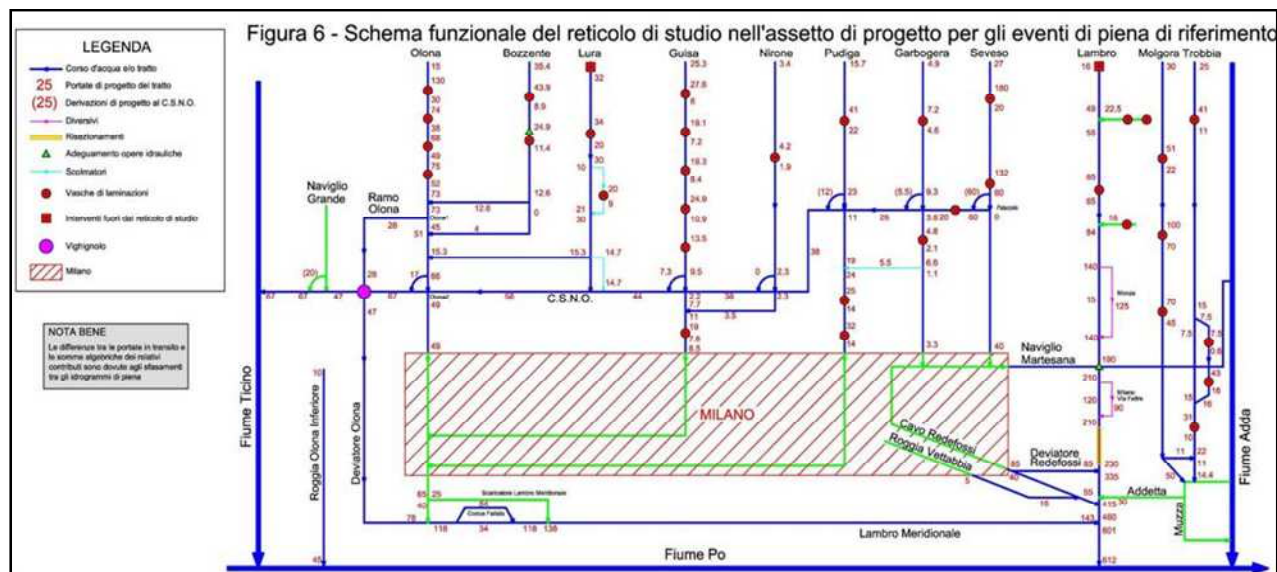


Figura 4 - Schema idraulico assetto di progetto bacino Lambro-Olona (Fonte: AdBPo, 2004)

Il vincolo dell'attraversamento della zona urbana di Milano ha imposto, ed impone oggi, lo sviluppo di pianificazioni di rischio idraulico che prevedono l'abbattimento ed in alcuni casi l'annullamento delle portate verso valle essendo l'assetto del corso d'acqua comunque vincolato (sin dalle zone a monte del bacino) alla conformazione ad imbuto del tratto terminale. Ma la pianificazione è influenzata fin dai tratti più a monte dalla necessità di riduzione delle portate di piena sia per tener conto dei vincoli presenti sul tracciato sia per contribuire con l'insieme di tutte le laminazioni in serie lungo il reticolo all'obiettivo di raggiungere in modo omogeneo il prefissato livello di riduzione del rischio idraulico.

Il grado di vincolo esistente sul sistema, la notevole insufficienza delle sezioni rispetto agli apporti, la sempre crescente pressione antropica sul territorio, portano inoltre a prevedere che tali soluzioni strategiche debbano essere dimensionate con margini di sicurezza ampi.

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

3. CRITICITÀ DEL T. SEVESO E STUDI PRECEDENTI

L'analisi delle caratteristiche idromorfologiche del Seveso e delle pesanti modificazioni generate negli anni dalla massiccia pressione antropica (soprattutto lungo il tratto fluviale che dal comune di Lentate sul Seveso raggiunge Milano) rende evidente come l'alveo del Seveso sia fortemente penalizzato da 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.

Le criticità risultano progressivamente sempre più gravi da monte verso valle.

Nel primo tratto, a monte di Lentate sul Seveso, 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). Si è tuttavia verificato come sia l'alto bacino del torrente Seveso (sino a Carimate) sia il bacino del torrente Certesa (sino a Meda) non presentino caratteristiche tali da poter impostare sistemi di laminazione in grado di determinare una riduzione sensibile delle portate provenienti da monte e defluenti a valle.

Il tratto successivo 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 è fortemente canalizzato e penalizzato dall'urbanizzazione ed 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 nel tratto tombinato all'interno della città di Milano (zona Niguarda), ove si verificano con elevatissima frequenza (più volte all'anno) inaccettabili fenomeni di esondazione. Lungo tale tratto del corso d'acqua è ancora più difficile reperire aree di notevole estensione da adibire a cassa di espansione. Sono infatti molto limitate le residue aree ancora libere dall'urbanizzazione ed ubicate in modo favorevole alla formazione di invasi di laminazione collegabili al fiume con le necessarie opere di adduzione e scarico delle acque di piena.

Per quanto riguarda poi il tratto tombinato del Seveso in Milano, secondo lo *“Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del torrente Seveso nella tratta compresa tra Palazzolo*

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

e Milano nell'ambito idrografico di pianura Lambro – Olona” (2011) condotto da Metropolitana Milanese S.p.A. per conto del Comune di Milano, d’ora in poi denominato *Studio-MM-2011*, con riferimento alla tombinatura del Seveso in Milano risulta che:

- la tombinatura è stata progettata e realizzata a partire dalla fine del ‘800 con condizioni idrologiche e idrauliche di progetto legate alle previsioni di inizio ‘900;
- è impossibile adeguare e potenziare la capacità idraulica del sistema tombinato Seveso – Redefossi in Milano e a valle;
- la portata massima transitante nel sistema Seveso – Redefossi all’interno della città di Milano è pari a 40 m³/s.

A fronte di tale veramente critica situazione l’unica opera fondamentale di difesa idraulica del territorio nord-milanese e di Milano attualmente operativa è costituita dal Canale Scolmatore Nord Ovest (CSNO) realizzato a partire dalla metà degli anni ‘50 e completato, almeno in un primo assetto funzionale, nel 1980. Il CSNO si stacca dal Seveso con un’opera di presa in corrispondenza della località Palazzolo a Paderno Dugnano e si sviluppa verso ovest aggirando la città di Milano per poi proseguire, dopo aver consegnato parte delle portate di piena nel Deviatore Olona, fino al suo termine nell’opera di sbocco nel F. Ticino ad Abbiategrasso (MI).

Poiché 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, è necessario che gli interventi individuati nell’assetto di progetto dell’intera asta del T. Seveso a monte della presa del CSNO consentano di ridurre la portata in arrivo a Palazzolo entro il valore limite derivabile nel CSNO, in modo da annullare la portata del Seveso a valle di tale opera di presa.

In altri termini la portata di piena in arrivo da monte, convenientemente limitata per effetto di importanti laminazioni da individuare lungo l’asta del Seveso, deve poter essere sempre e totalmente deviata nel CSNO. Questa regola deve quindi costituire la strategia fondamentale per la difesa idraulica del territorio nord-milanese e della città di Milano.

A tale proposito è da sottolineare che tale regola di gestione è già da tempo adottata e operante, giacché le paratoie poste sul Seveso appena a valle della presa del CSNO vengono chiuse completamente allorché nella sezione del Seveso a Niguarda (via Valfurva) il livello idrometrico supera una determinata soglia di allerta. Con tale manovra di chiusura, infatti, la

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

Provincia di Milano, attuale gestore del sistema, cerca di annullare la portata inviata nel Seveso verso valle nella speranza che, operando in tal modo, il Seveso, lungo il tratto successivo, possa essere ricettivo nei confronti delle portate scaricate dalle estesissime aree urbanizzate afferenti (da nord a sud, scarichi di piena delle fognature di Paderno Dugnano, Cusano Milanino, Cormano, Bresso, Cinisello Balsamo). Peraltro, pur con tale regola di gestione, la criticità resta molto elevata, come dimostrano i ricorrenti allagamenti della zona nord di Milano, per il perdurante effetto di due cause sostanziali, attualmente non eliminabili, che possono presentarsi o singolarmente o insieme:

- quando l'onda di piena in arrivo a Palazzolo presenta portate maggiori di quelle accettabili nel CSNO, il livello del Seveso a monte delle paratoie si porta su valori tali da tracimare al di sopra delle paratoie stesse. In tali casi, quindi, si inoltrano nel Seveso verso valle portate anche importanti;
- attualmente gli scarichi di piena delle suddette aree urbanizzate a valle di Palazzolo non sono a loro volta limitati con le aree di laminazione “urbana” previste dalla normativa regionale (PTUA 2006); conseguentemente, anche quando a paratoie chiuse a Palazzolo la portata immessa nel Seveso è pari a zero, l'eccesso di portata scaricata nel fiume dalle reti di drenaggio urbano può comportare comunque, in determinati eventi intensi, la formazione di una portata maggiore di quella compatibile nel tratto tombinato di Milano.

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 in data 2004 (di qui in poi denominato *Studio-AdBPo-2004*), analizzate tutte le suddette criticità, è stato determinato il quadro complessivo degli interventi di progetto, commisurati ad eventi di tempo di ritorno 100 anni assunto come riferimento per la messa in sicurezza del territorio, i quali possono essere aggregati in tre tipologie:

- formazione di espansioni in derivazione, recuperando siti di cave esistenti o dismesse, ovvero ipotizzando laminazioni in aree a destinazione a fini multipli idraulici, ambientali e di fruizione;
- formazione di vasche volano urbane;
- adeguamenti di opere di attraversamento.

Tali interventi concorrono alla definizione dell'assetto di progetto del torrente Seveso e sono tutti necessari al fine di ottenere la messa in sicurezza dell'intero sistema territoriale adiacente

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

all'asta fluviale.

Relativamente alla formazione di laminazioni in derivazione, lo *Studio-AdBPo-2004* aveva individuato nell'area fluviale critica a valle di Lentate sul Seveso tre ambiti in cui ubicare tali opere; in particolare:

- laminazione nella zona Meda, Barlassina, Lentate sul Seveso per un volume d'invaso utile di circa 1.700.000 m³;
- laminazione nella zona Varedo, Paderno Dugnano, Nova Milanese per un volume d'invaso utile di circa 1.200.000 m³;
- laminazione nella zona di Senago, Bollate per le portate derivate nel CSNO per un volume d'invaso utile di circa 2.200.000 m³.

È da osservare che in tali ambiti, data la limitazione degli spazi disponibili, i suddetti volumi di laminazione possono essere realizzati solo 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 accettazione e attuazione.

4. INTERVENTI DI LAMINAZIONE PREVISTI NELLO STUDIO-AIPO-2011

Nel recente *Studio-AIPO-2011* è stato effettuato nuovamente lo studio idraulico dell'intero bacino del Seveso con l'aggiornamento del quadro delle possibili soluzioni tecnicamente fattibili, idonee ad una completa sistemazione idraulica del corso d'acqua.

L'obiettivo dell'assetto di progetto che lo *Studio-AIPO-2011* ha configurato conferma pienamente la strategia fondamentale prima indicata dell'Autorità di Bacino (*Studio-AdBPo-2004*) tesa ad ottenere che, con le opportune aree di laminazione lungo l'asta del Seveso, la portata in arrivo a Palazzolo sia ridotta entro il valore limite derivabile nel CSNO in modo da annullare la portata del Seveso a valle di tale opera di presa.

La nuova modellazione idrologico-idraulica effettuata nello *Studio-AIPO-2011* ha condotto ad accertare che, nello stato attuale del bacino e dell'alveo del Seveso, l'onda di piena che raggiunge la sezione a monte della presa del CSNO a Palazzolo per 100 anni di tempo di ritorno è caratterizzata da un volume di circa $6,7 \text{ Mm}^3$ con un colmo di circa $150 \text{ m}^3/\text{s}$ (v. Figura 5). La portata limite compatibile del CSNO è pari a $60 \text{ m}^3/\text{s}$ nel primo tratto dalla presa di Palazzolo fino a monte dell'intersezione con il T. Garbogera in comune di Senago (in funzione degli interventi di raddoppio realizzati in epoca recente), mentre nel tratto successivo a valle dell'intersezione del T. Garbogera, essa si riduce a circa $30 \text{ m}^3/\text{s}$. Nella situazione attuale, pertanto, alla presa di Palazzolo il CSNO può ricevere una portata massima non maggiore di circa $30 \text{ m}^3/\text{s}$, per non determinare gravi criticità e allagamenti delle aree urbane poste lungo il CSNO a valle di Senago.

Tuttavia il citato raddoppio del primo tratto del CSNO da Palazzolo a Senago, già realizzato allo scopo di raddoppiare da 30 a $60 \text{ m}^3/\text{s}$ la portata derivabile, assume un'importanza decisiva per definire l'assetto di progetto complessivo. Infatti il progetto individuato sia dallo *Studio-AdBPo-2004* sia dallo *Studio-AIPO-2011* prevede la necessità di ubicare invasi di laminazione in Senago in grado di ridurre da 60 a $30 \text{ m}^3/\text{s}$ la portata di piena immessa nel tratto del CSNO a valle di Senago nell'evento centennale e, per ciò stesso, di rendere possibile l'innalzamento della portata derivabile dal CSNO a Palazzolo da 30 a $60 \text{ m}^3/\text{s}$.

In realtà il quadro progettuale individuato nello *Studio-AIPO-2011* tiene anche conto che la portata massima compatibile nel tratto a valle di Senago (precisamente a monte dell'immissione dello sfioro di piena del T. Garbogera) deve essere considerata pari a $25 \text{ m}^3/\text{s}$ (poco inferiore quindi a $30 \text{ m}^3/\text{s}$), nel rispetto di quanto indicato nel progetto definitivo di AIPO e della Provincia di Milano relativo ai "*Lavori di adeguamento funzionale del Canale*

Scolmatore di Nord Ovest nel tratto compreso tra Senago (MI) e Settimo Milanese (MI) – MI.E.78I” (attualmente in fase di avvio dei lavori di realizzazione) allo scopo di conseguire un maggior livello di sicurezza idraulica del CSNO.

In definitiva, poiché l’onda di piena del T. Seveso ($T=100$ anni) a monte del CSNO è (v. Figura 5) caratterizzata da un volume di circa $6,7 \text{ Mm}^3$ e considerando di poter lasciar proseguire verso valle una portata massima di $25 \text{ m}^3/\text{s}$ (0 nel Seveso a valle della presa del CSNO di Palazzolo, $60 \text{ m}^3/\text{s}$ nel CSNO dalla presa fino a monte dell’intersezione con il T. Garbogera, ove gli interventi di raddoppio sono già realizzati, e $25 \text{ m}^3/\text{s}$ nel CSNO dalla sezione posta a monte dell’immissione dello sfioro del T. Garbogera verso valle), lo *Studio-AIPo-2011* ha definito che il volume di laminazione globalmente necessario sul Seveso e sul CSNO è pari a circa $4,4 \text{ Mm}^3$.

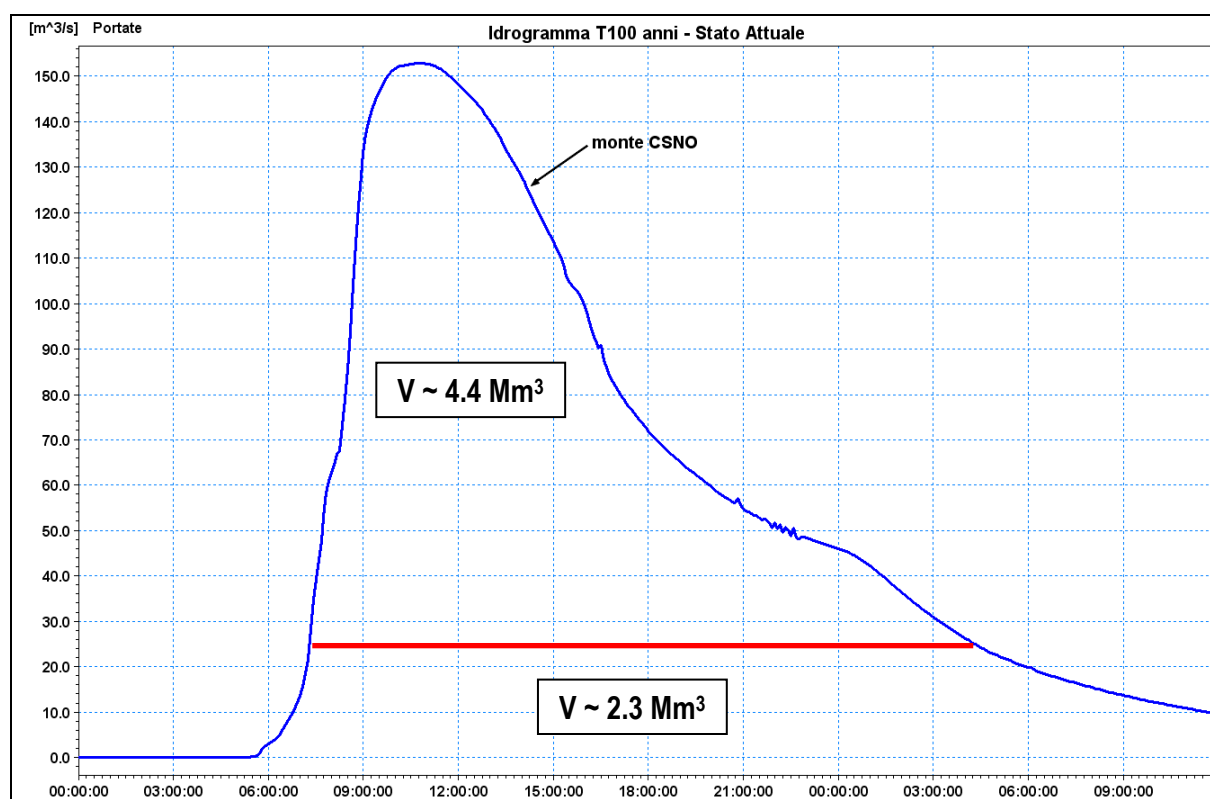


Figura 5 – Idrogramma di piena del T. Seveso a monte della presa del CSNO. La linea rossa rappresenta il limite della portata che può proseguire nel CSNO a valle di Senago (intersezione con il T. Garbogera)

In 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 6 e

della Figura 7:

- 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); nelle Figure 4, 5 e 6 sono mostrate le simulazioni planimetriche di queste aree di laminazione;
- 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.

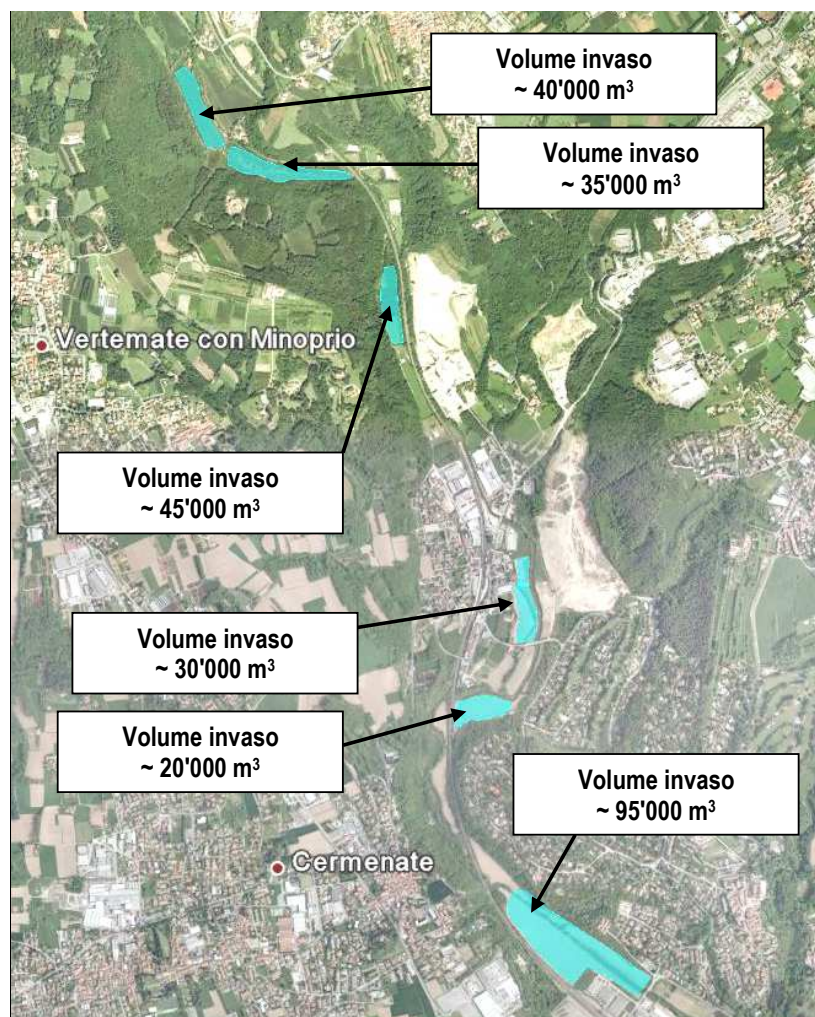


Figura 6 – Invasi di laminazione in aree golenali nei comuni di Vertemate con Minoprio, Cantù e Carimate

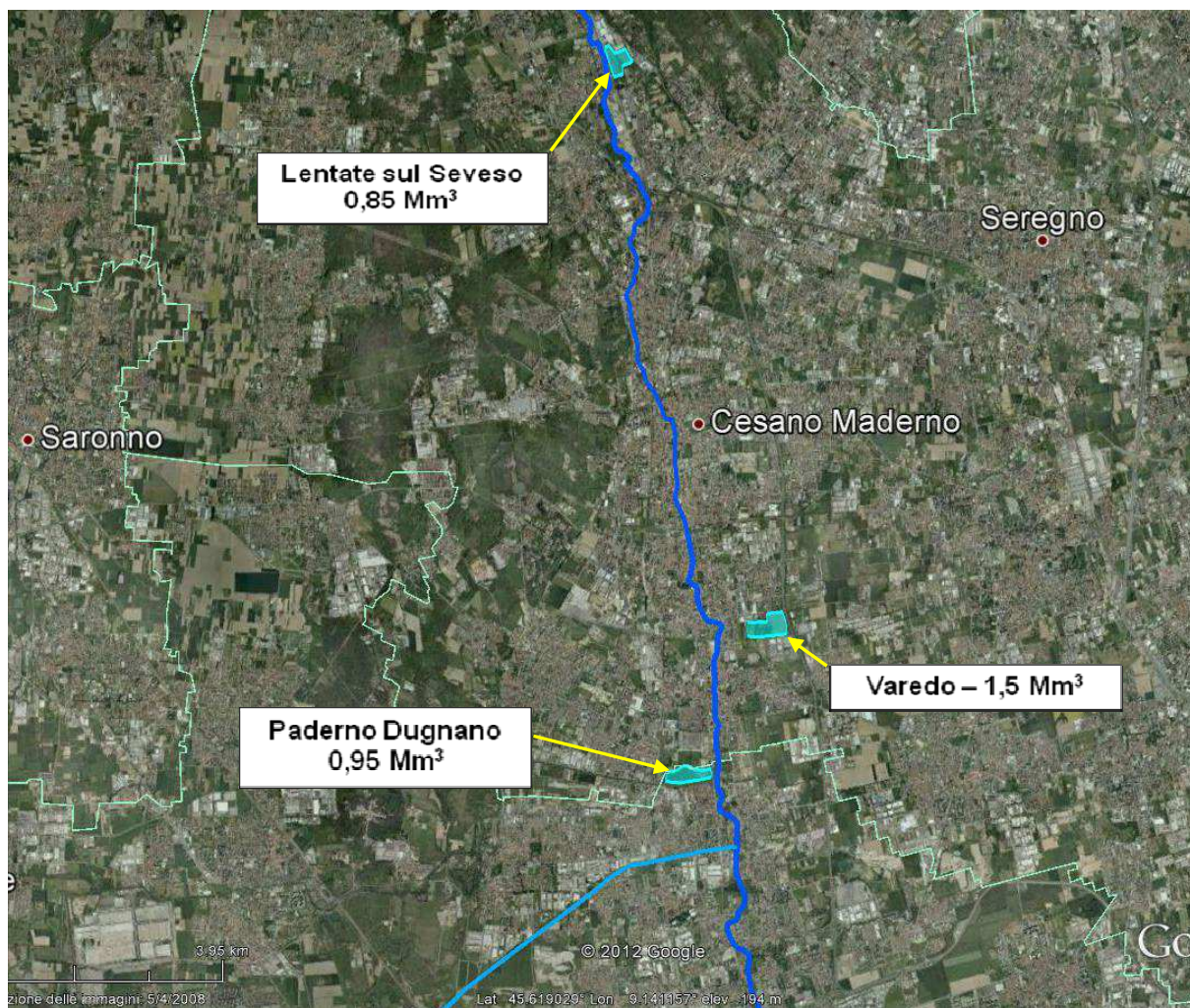


Figura 7 – Invasi di laminazione in scavo da Lentate sul Seveso al CSNO



Figura 8 – Invaso laminazione in scavo a Lentate sul Seveso



Figura 9 – Invaso laminazione in scavo a Varedo



Figura 10 – Invaso laminazione in scavo a Paderno Dugnano

Per quanto riguarda l'invaso di laminazione di cui al prima citato punto c) previsto in prossimità del C.S.N.O., in Comune di Senago, nello *Studio-AIPo-2011* sono state analizzate diverse alternative di localizzazione (alternative 1, 2, 3, di seguito riportate nella Figura 11), mentre la Figura 12 mostra la simulazione planimetrica dell'alternativa 3.

Per maggiori dettagli relativi alle analisi condotte e alle caratteristiche di ciascuno dei suddetti invasi, si rimanda agli elaborati dello *Studio-AIPo-2011*.

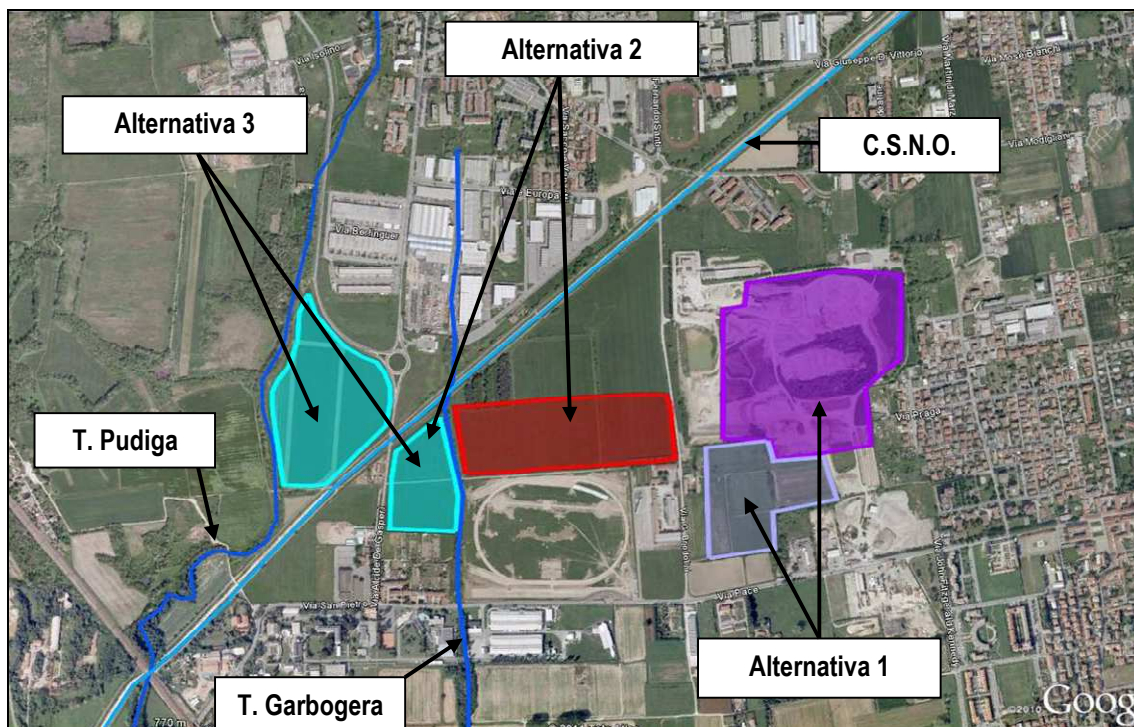


Figura 11 – Alternative di localizzazione dell’invaso di laminazione di Senago considerate nello Studio-AIPo-2011.



Figura 12 – Invaso laminazione in scavo a Senago

Per quanto riguarda l’invaso di laminazione di cui al prima citato punto c) previsto in prossimità del CSNO, in Comune di Senago, sono state analizzate diverse alternative di localizzazione, presentate nella relazione RT-2 “*Studio delle alternative di ubicazione della vasca di laminazione*”, a cui si rimanda per maggiori dettagli ed approfondimenti.

5. ANALISI INTEGRATIVE DELLO STUDIO-AIPO-2011




In seguito alle osservazioni presentate da alcuni comuni ai contenuti dello *Studio-AIPO-2011*, si è proceduto a verificare se lungo l'asta del T. Seveso e del T. Certesa fosse possibile realizzare opere di laminazione delle piene in variante o in alternativa rispetto a quelle indicate nello studio suddetto.

I dettagli delle analisi condotte sono riportati nella Relazione di “*Analisi delle alternative di ubicazione della vasca di laminazione*” redatto a novembre 2012 nell'ambito delle attività propedeutiche al presente progetto preliminare, e allegata al progetto preliminare (elaborato n. RT-2). Tali analisi hanno portato ad individuare un volume di laminazione complessivo pari a circa 2 Mm³, attraverso la realizzazione o di opere di regolazione in alveo in grado di incrementare i livelli di piena per massimizzare la laminazione nelle aree golenali, o di vere e proprie dighe (sul T. Terrò), come emerge dalla tabella di sintesi sotto riportata.

N.	Laminazione	Volume [mc]
1	T. Seveso (Villa Guardia/Grandate/Luisago)	300'000
2	T. Seveso (Fino Mornasco/Vertemate con Minoprio/Cucciago)	250'000
3	T. Seveso (Cantù)	150'000
4	T. Seveso (Cantù/Carimate)	180'000
5	T. Seveso (Carimate/Cermenate)	150'000
6	T. Seveso (Carimate)	300'000
7	R. Vecchia (Agrate Brianza)	200'000
8	T. Terrò (Mariano Comense)	425'000
	Totale	1'955'000

Si segnala la necessità che, qualora alcune delle soluzioni sopra prospettate siano di interesse da parte degli Enti coinvolti, occorre effettuare tutti i necessari approfondimenti per verificare la loro reale fattibilità. In particolare, gli approfondimenti dovranno essere associati alle tematiche inserite nei vigenti atti pianificatori a scala di Autorità di Bacino, Regione, Province e Comuni, oltre alle tematiche di tipo ambientale e geologico/geotecnico specifiche, nonché quelle inerenti il confronto costi (diretti e indiretti) / benefici.

Tali opere, qualora fossero tutte realmente fattibili, potrebbero portare ad una riduzione, in termini di volume e superficie, delle quattro opere di laminazione in scavo, caratterizzate da complessivi 4'300'000 m³, previste come strategiche nell'ambito dello *Studio-AIPO- 2011*.

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

Tuttavia occorre tenere presenti sia i limitati volumi di invaso di alcune delle sopracitate laminazioni, aventi entità trascurabile rispetto alla complessiva necessità di laminazione di circa 4 Mm³ del Seveso alla sezione di Palazzolo, sia che l'introduzione nell'assetto di progetto di un numero consistente di opere di laminazione implica, senza dubbio, un maggior onere gestionale e manutentivo.

Pertanto, si ritiene che i suddetti invasi non possano sostituire i quattro invasi di laminazione previsti nello Studio-AIPo-2011, ma possano eventualmente contribuire ad una rimodulazione ed ottimizzazione degli stessi, in relazione a quelli di essi che dovessero risultare realmente fattibili.

6. ANALISI DELLE ALTERNATIVE DI UBICAZIONE DELLA VASCA DI LAMINAZIONE DI SENAGO

Nella Figura 13 sono riportate le alternative di ubicazione della vasca di Senago considerate nello *Studio-AIPo-2011*; durante gli incontri di presentazione degli esiti di tale studio, il Comune di Senago ha chiesto di prendere in esame n. 3 localizzazioni alternative, riportate nella successiva Figura 14, ed in seguito, ulteriori n. 2 ubicazioni, riportate nella Figura 15.

In relazione alle diverse alternative di localizzazione, sono state condotte delle analisi per individuare la migliore soluzione. Sono stati utilizzati diversi criteri di valutazione, tra cui: destinazione d'uso delle aree, caratteristica del terreno da scavare, aspetti idraulici (interazione con il CSNO e con i corsi d'acqua limitrofi, ecc.), aspetti paesaggistici, aspetti economici, ecc..

I dettagli delle analisi condotte sono anch'essi riportati nella Relazione di “*Analisi delle alternative di ubicazione della vasca di laminazione*” redatto a novembre 2012 nell'ambito delle attività propedeutiche al presente progetto preliminare, e allegata al progetto preliminare (elaborato n. RT-2).

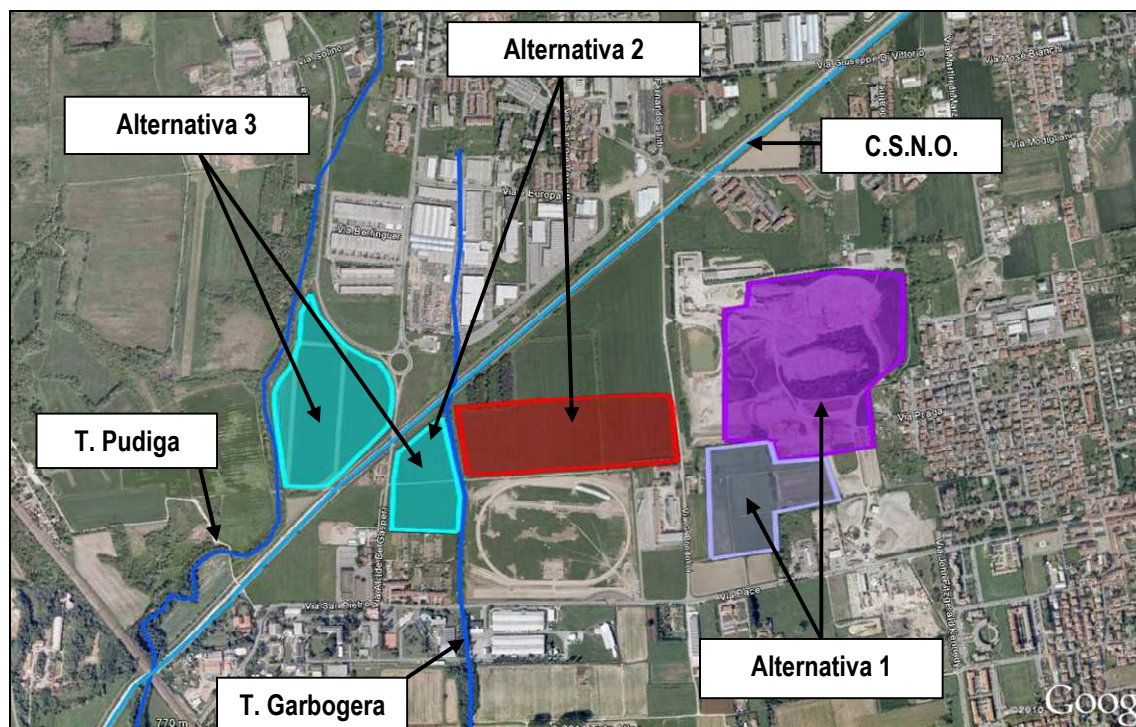


Figura 13 – Alternative di localizzazione dell'invaso di laminazione di Senago considerate nello *Studio-AIPo-2011*.

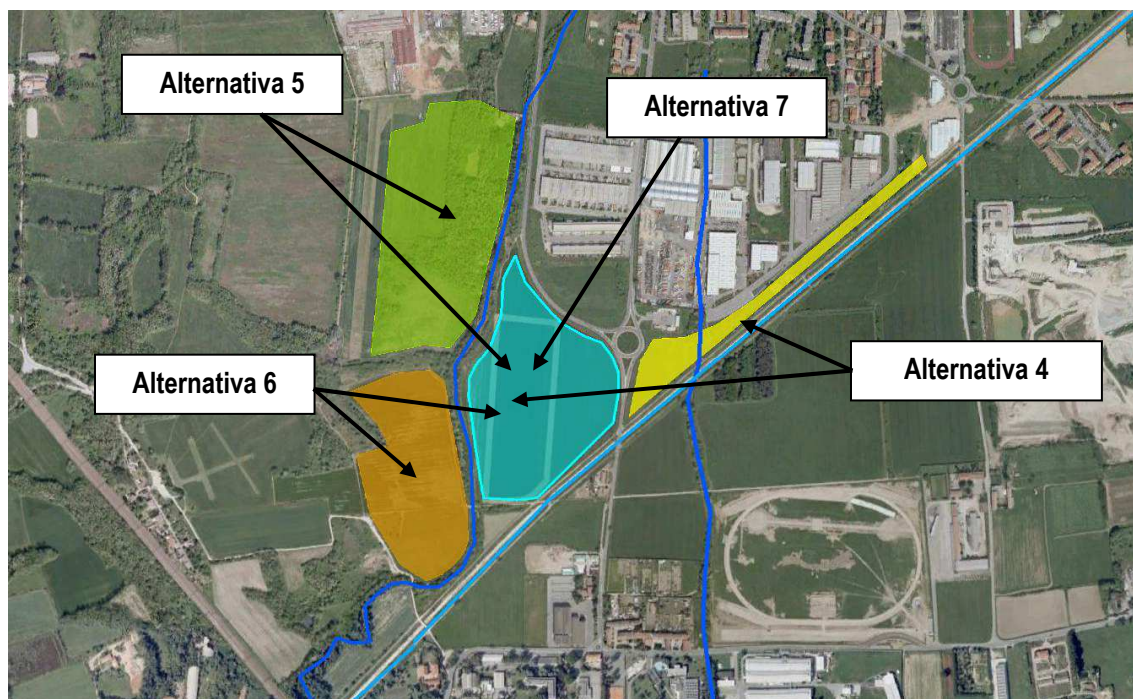


Figura 14 – Alternative di localizzazione dell’invaso di laminazione di Senago indicate dal Comune di Senago.

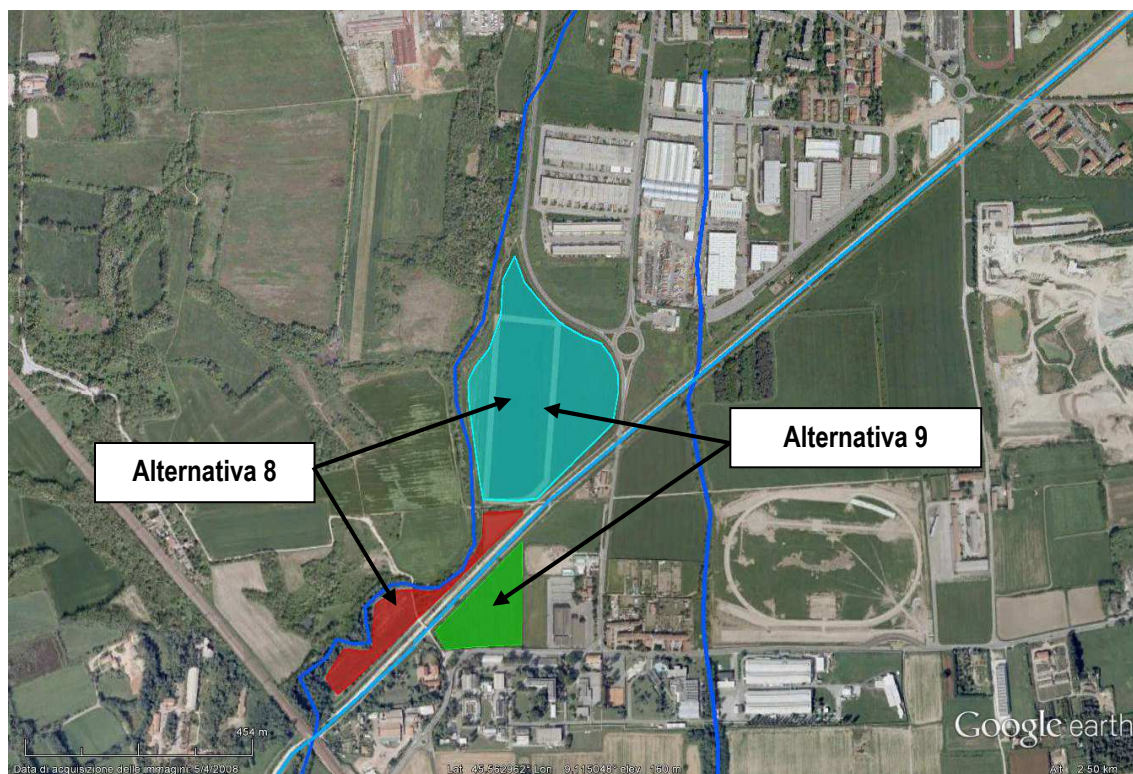


Figura 15 – Ulteriori alternative di localizzazione dell’invaso di laminazione di Senago indicate dal Comune di Senago.

Tra le varie alternative analizzate, Regione Lombardia e AIPo hanno individuato nella soluzione denominata 3-ter, rappresentata nella Figura 16, quella ottimale. Il presente progetto preliminare è pertanto stato redatto con riferimento a tale configurazione.

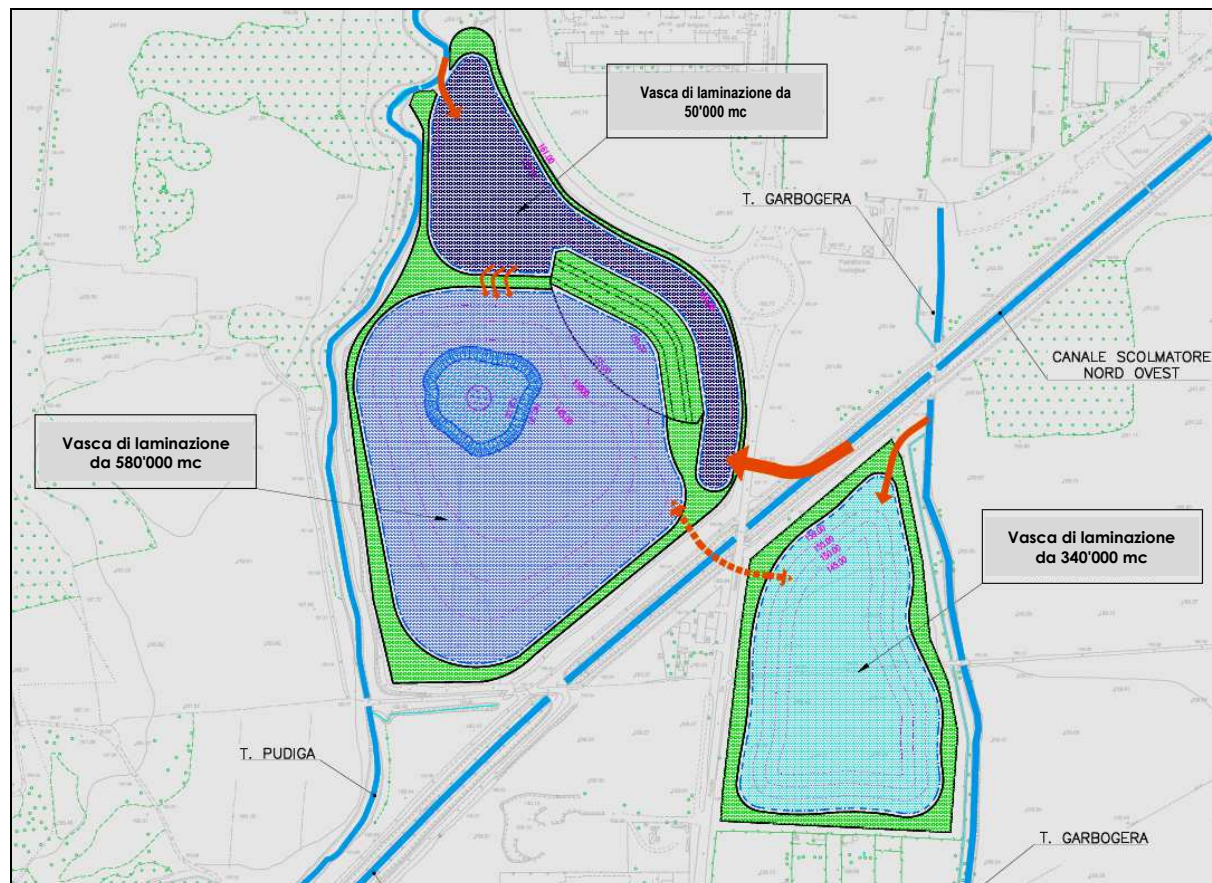


Figura 16 – Schema Alternativa n. 3-ter.

7. PRIORITÀ DI REALIZZAZIONE DELLE OPERE DI LAMINAZIONE. LA PRIORITÀ DELLA VASCA DI SENAGO

Tra le diverse aree di laminazione individuate lungo il T. Seveso negli studi citati precedentemente, riveste un ruolo prioritario l'opera prevista in comune di Senago, in ragione dei seguenti aspetti:

- l'opera rende pienamente funzionale il programma di interventi di potenziamento del CSNO, opera prioritaria per la difesa dalle piene della Città di Milano.

Il Canale Scolmatore di Nord-Ovest costituisce il fulcro del sistema di protezione dell'abitato di Milano dalle acque di piena provenienti dai corsi d'acqua con direzione nord-sud, che attraversano la prima cintura e poi il concentrico stesso di Milano. Il CSNO è stato recentemente oggetto dei lavori di adeguamento della sezione d'alveo relativamente ai primi 2,9 km, dalla presa sul Seveso a Palazzolo fino al ponte di Via Martiri di Marzabotto, in Comune di Senago; tale tratto di canale è stato ampliato per consentire il transito di una portata massima pari a $60 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tuttavia, malgrado tale adeguamento sia da tempo terminato, allo stato attuale dal T. Seveso viene scolmata, in caso di piena, una portata non superiore a $30 \text{ m}^3/\text{s}$, in quanto il CSNO a valle del tratto raddoppiato non è in grado di ricevere portate maggiori.

La Provincia di Milano, a partire dalle risultanze dello *Studio-AdBPo-2004*, ha definito un programma di interventi per l'adeguamento del CSNO, con l'obiettivo finale di derivare dal T. Seveso una portata complessiva di $60 \text{ m}^3/\text{s}$; tale programma è diviso in due fasi successive:

- interventi prioritari, oggetto dei "Lavori di adeguamento funzionale del canale scolmatore di nord ovest nel tratto compreso tra Senago (MI) e Settimo Milanese (MI) – M.I.E.781" già appaltati ed in fase di avvio dei lavori, finalizzati ad ottenere un potenziamento della capacità di portata derivata dal T. Seveso da 30 a $36 \text{ m}^3/\text{s}$, in modo da ottenere un funzionamento del canale definito "assetto transitorio". Con la realizzazione di questi interventi, viene assicurato il deflusso delle portate di progetto (aumento portata derivata dal Seveso da 30 a $36 \text{ m}^3/\text{s}$, con afflussi puntuali dei corsi d'acqua interferenti calcolati per piene con $T = 100$ anni) con sufficiente franco (pari ad almeno 50 cm) rispetto alle sommità arginali e all'intradosso di tutti i manufatti di attraversamento.
- interventi di completamento, costituiti sostanzialmente dalla realizzazione di vasche

di laminazione ubicate a Senago a valle del tratto di CSNO già oggetto di interventi di raddoppio; la realizzazione di tali vasche consentirà di raggiungere un “assetto di progetto” che prevede di derivare dal Seveso $60 \text{ m}^3/\text{s}$ e di lasciare defluire nel canale, a valle delle opere di laminazione, una portata di progetto pari a $25 \text{ m}^3/\text{s}$, che consente di ottenere maggiori franchi di sicurezza nel CSNO verso valle.

Nella Tabella 1 si riportano le portate di progetto utilizzate per il dimensionamento idraulico del canale scolmatore nei due scenari di progetto.

Tabella 1 - Schema delle portate di riferimento per il dimensionamento idraulico del CSNO (fonte: Progetto definitivo dei “Lavori di adeguamento funzionale del canale scolmatore di nord ovest nel tratto compreso tra Senago (MI) e Settimo Milanese (MI) – M.I.E.781” – AIPo – Provincia Milano)

Tratto	Lunghezza [km]	Assetto transitorio [m^3/s]	Assetto di progetto [m^3/s]
Da presa Seveso a ponte via Brodolini	2,9	36	60
Da ponte via Brodolini a immissione T. Garbogera	0,2	36	25 ¹
Da immissione T. Garbogera a immissione T. Pudiga	0,9	42	31
Da immissione T. Pudiga a immissione T. Nirone	0,8	55	43
Da immissione T. Nirone a immissione T. Guisa	1,2	56	43
Da immissione T. Guisa a immissione scaricatore T. Lura	3,3	64	50
Da immissione scaricatore T. Lura a immissione F. Olona	1,2	77	63
Da immissione F. Olona a nodo di Vighignolo	2,4	90	75

1 - La portata è di $60 \text{ m}^3/\text{s}$ nella fase di completamento, e non $25 \text{ m}^3/\text{s}$, nel caso in cui la posizione della cassa di laminazione sarà confermata subito a valle dell'immissione del T. Garbogera.

La realizzazione della laminazione di Senago riveste quindi carattere prioritario dal momento che a seguito di essa il livello di difesa idraulica esplicito dal CSNO si eleverà dall'attuale valore di circa $30 \text{ m}^3/\text{s}$ a valore di $60 \text{ m}^3/\text{s}$, rendendo finalmente funzionale il raddoppio già realizzato del primo tratto del CSNO stesso.

- L'opera consente la riduzione delle portate di piena scaricate dal CSNO nel F. Ticino
Il potenziamento del CSNO con l'opera di laminazione di Senago consente anche di ridurre la portata derivata dal T. Seveso che viene recapitata al Ticino tramite il CSNO. Infatti, il volume invasato nella vasca di Senago verrà poi reimesso nel CSNO successivamente all'evento meteorico, e potrà essere deviato nel Deviatore Olona e quindi nel Lambro Meridionale e nel Lambro, ricettore naturale delle acque del T. Seveso, e non nel F. Ticino.
- L'opera di laminazione è in grado di far fronte ad un maggior numero di eventi

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

meteorici rispetto alle altre.

Tra le diverse opere di laminazione previste nell'assetto di progetto del T. Seveso (sia quello riportato nello *Studio-AdBPo-2004* che nello *Studio-AIPo-2011*), la vasca di laminazione di Senago è quella posta più a valle rispetto a tutte le altre e pertanto sottende una maggior bacino idrografico e di conseguenza può far fronte ad un maggior numero di eventi meteorici che possono interessare l'asta del T. Seveso.

- *L'opera di laminazione di Senago è in grado di laminare le piene dei torrenti Pudiga e Garbogera.*

Considerando tra le diverse alternative di ubicazione delle vasche previste a Senago, quella ottimale, denominata *3-ter*, oggetto del presente progetto preliminare, si ha che la vasca di Senago svolge anche la funzione di laminazione delle piene per il T. Garbogera e per il T. Pudiga, che presentano nel tratto di valle diverse situazioni di criticità, come dimostrato nello studio dell'Autorità di Bacino del Po. Nessuna delle altre opere di laminazione lungo il T. Seveso è in grado di poter rispondere anche alle necessità di sistemazione idraulica di altri corsi d'acqua.

8. SINTESI DELLE PORTATE E DEI VOLUMI PER IL DIMENSIONAMENTO DELLA VASCA DI LAMINAZIONE DI SENAGO

Nella relazione idrologico-idraulica del presente Progetto Preliminare (elaborato A.4.1) sono riportate le principali caratteristiche idrologico-idrauliche dei torrenti Seveso, Garbogera e Pudiga, sia nell'assetto attuale che nell'assetto di progetto. Per ciascun corso d'acqua sono state definite le portate e i volumi che vengono scaricati nell'invaso di laminazione di Senago, per alcuni valori del tempo di ritorno.

Di seguito si riporta lo schema planimetrico di progetto della vasca di laminazione di Senago, ove sono indicati, in particolare, i punti di sfioro dei tre suddetti corsi d'acqua e il valore della portata al colmo scaricata, con riferimento ad un evento caratterizzato da un tempo di ritorno centennale per tutti e tre i corsi d'acqua.

Inoltre, vengono riportate le portate al colmo che occorre considerare per il dimensionamento idraulico di alcune opere che compongono il sistema di laminazione.

In sintesi, l'alimentazione della vasca di laminazione di Senago avviene attraverso n. 3 opere di presa:

1. dal CSNO ($Q_{sf-max} = 35 \text{ m}^3/\text{s}$), attraverso la quale viene sfiorata una parte della portata immessa dal Seveso nel CSNO stesso, mediante l'esistente opera di presa di Palazzolo ($Q_{sf-max} = 60 \text{ m}^3/\text{s}$);
2. dal T. Garbogera ($Q_{sf-T=100} = 5 \text{ m}^3/\text{s}$);
3. dal T. Pudiga ($Q_{sf-T=100} = 18 \text{ m}^3/\text{s}$).

Le portate scaricate dal CSNO e dal T. Garbogera vengono convogliate verso il primo settore dell'invaso attraverso un canale, che quindi deve essere dimensionato per una portata massima di $40 \text{ m}^3/\text{s}$.

Le portate scaricate dal T. Pudiga, invece, giungono attraverso l'opera di presa direttamente nel medesimo primo settore dell'invaso.

Il secondo settore dell'invaso viene alimentato dal primo settore attraverso n. 2 soglie di sfioro, ciascuna di esse dimensionata per un valore di portata pari a circa $30 \text{ m}^3/\text{s}$.

Il terzo settore dell'invaso viene alimentato dal secondo settore attraverso i seguenti manufatti collegati in serie: n. 1 soglia di sfioro, pozzo di caduta e sollevamento, n. 2 condotte circolari (che sotto passano il CSNO). I suddetti manufatti devono essere dimensionati per una portata pari a circa $60 \text{ m}^3/\text{s}$ (in realtà $58 \text{ m}^3/\text{s}$).

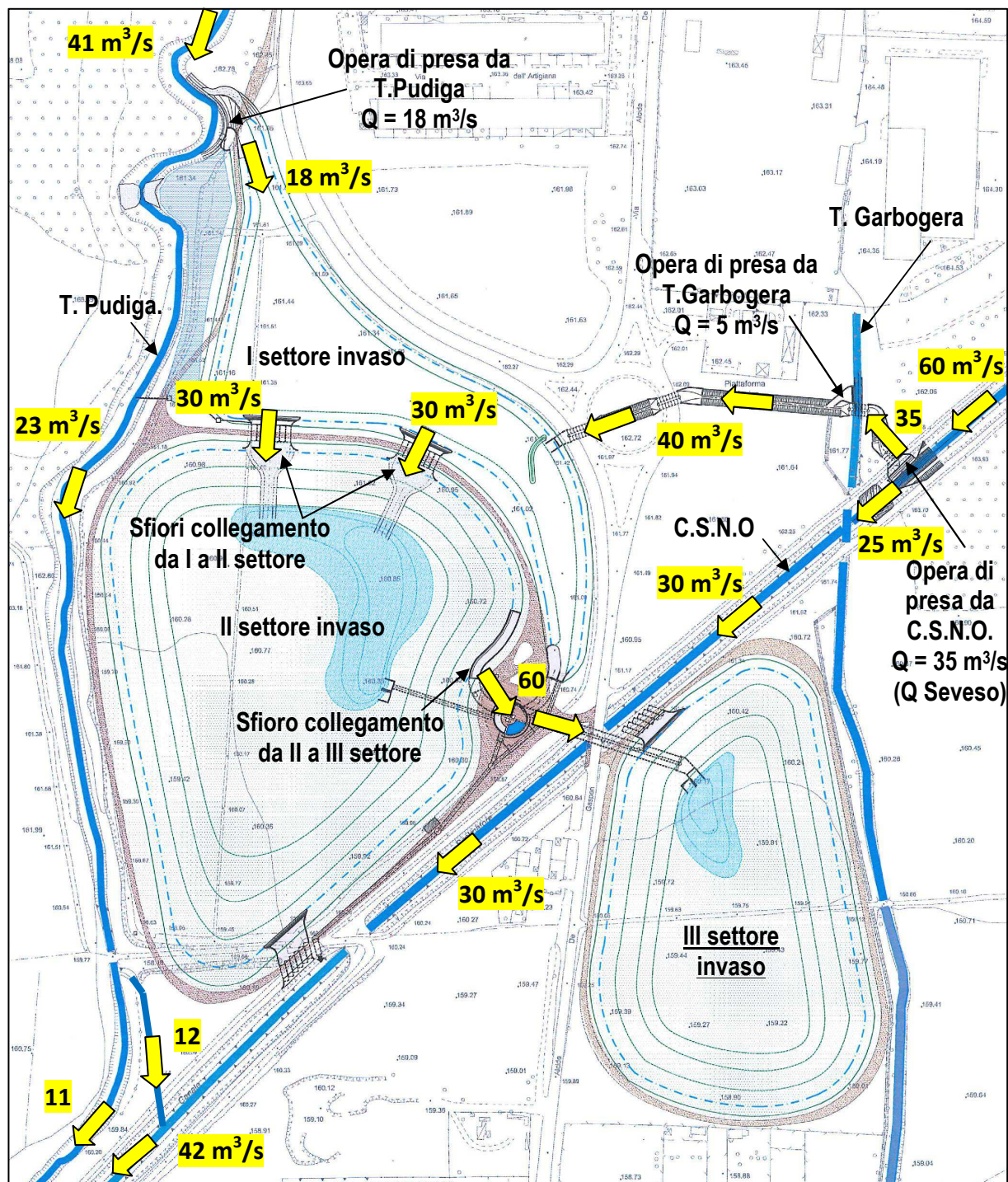


Figura 17 – Schema planimetrico del sistema idraulico della vasca di laminazione di Senago

Per quanto riguarda i volumi la sommatoria degli apporti alla vasca di laminazione in progetto provenienti dal T. Seveso (attraverso il CSNO), dal T. Garbogera e dal T. Pudiga, è maggiore del volume di laminazione della vasca in progetto, pari a circa $1'000'000 \text{ m}^3$ (più precisamente $970'000 \text{ m}^3$).

Di seguito si riporta una tabella con sintetizzati i diversi valori dei volumi delle onde sfiorate dai diversi corsi d'acqua in funzione del tempo di ritorno.

Tabella 2 – Volumi degli idrogrammi scolmati nella vasca di laminazione di Senago

<i>Corso d'acqua</i>	<i>T=10 anni</i>	<i>T=100 anni</i>	<i>T=500 anni</i>
T. Seveso/CSNO	>970'000 m ³	>970'000 m ³	>970'000 m ³
T. Garbogera	7'500 m ³	40'000 m ³	61'000 m ³
T. Pudiga	40'000 m ³	100'000 m ³	160'000 m ³

In assenza delle altre opere di laminazione in progetto previste lungo il T. Seveso, a monte della presa sul C.S.N.O., il volume che può essere deviato dal sistema T. Seveso/C.S.N.O. all'interno della vasca di laminazione di Senago supera la sua capacità. Pertanto, occorre effettuare la regolazione delle paratoie presenti a Palazzolo, in modo tale da derivare dal T. Seveso un idrogramma di piena caratterizzato da un volume per portate superiori a 30 m³/s (attuale portata di funzionamento del C.S.N.O. senza la vasca di laminazione di Senago) pari alla sua capacità (970'000 m³), oppure inferiore (830'000 m³ per T =100 anni) se si vuole lasciare del volume a disposizione della laminazione dei torrenti Pudiga e Garbogera, considerando l'eventuale contemporaneità degli eventi di piena.

9. DESCRIZIONE DI SINTESI DELLE OPERE IN PROGETTO

9.1 GENERALITÀ

Le opere in progetto che costituiscono il sistema idraulico della *Vasca di laminazione sul fiume Seveso in Comune di Senago* sono, in estrema sintesi, le seguenti:

- Vasca di laminazione di volumetria pari a circa 1'000'000 m³ (più precisamente pari a 970'000 m³), suddivisa in n. 3 settori, in serie, fuori linea rispetto ai corsi d'acqua interessati (T. Seveso, attraverso il CSNO, T. Garbogera e T. Pudiga), comprensiva di manufatti idraulici di collegamento tra i diversi settori;
- opere di presa: dal CSNO, dal T. Garbogera e dal T. Pudiga;
- canale di alimentazione per convogliare nella vasca di laminazione le portate derivate dal C.S.N.O. (provenienti dal T. Seveso) e dal T. Garbogera;
- sistema di scarico dell'invaso;
- comparto di fitodepurazione, in adiacenza al primo settore di laminazione, in sponda sinistra rispetto al T. Pudiga, per il trattamento di una parte delle sue portate ordinarie;
- opere di adeguamento del C.S.N.O.;
- opere di valorizzazione paesaggistica.

Nei seguenti paragrafi vengono descritte le opere sopra citate.

9.2 VASCA DI LAMINAZIONE

La vasca di laminazione di Senago è un'opera di invaso delle piene dei torrenti Seveso, Pudiga e Garbogera, realizzata in scavo (il fondo dell'invaso principale è a circa 15 m dall'attuale piano campagna).

L'area interessata dalla realizzazione di tale opera, interamente all'interno del Comune di Senago, è posta a cavallo del C.S.N.O.: la parte superiore confina a ovest con il T. Pudiga, a nord e ad est con la strada provinciale S.P. 175 e a sud con il C.S.N.O.; la parte inferiore, invece, confina a ovest con la S.P.175, a est con il T. Garbogera, a sud con dei terreni privati e a nord con il C.S.N.O..

L'invaso di laminazione, caratterizzato da un volume complessivo di 970'000 m³, è suddiviso in n. 3 settori, tra loro collegati in serie e caratterizzati dai seguenti volumi:

- I settore: 50'000 m³;
- II settore: 580'000 m³;
- III settore: 340'000 m³

Per ottenere tali volumi di invaso occorre effettuare scavi per un volume complessivo di circa 1'300'000 m³ (parte di tale quantitativo, pari a circa 200'000 m³, viene poi riutilizzato all'interno del cantiere per la formazione di arginature perimetrali e per il ricoprimento del telo di impermeabilizzazione).

Nella Tabella 3 sono riportate le principali caratteristiche geometriche di ciascun settore che compone l'opera di laminazione in progetto e nella Figura 18 è riportata la planimetria dell'invaso con indicate le principali opere idrauliche.

Tabella 3 – Caratteristiche della vasca 1 e 2

Vasca	Volume [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 [m ²]
Vasca 1	50'000	155.5	159.0	161.8	19'500	14'400
Vasca 2	580'000	146.0	159.0	161.8	59'000	29'000
Vasca 3	340'000	146.0	159.0	161.8	35'000	14'500
Totale	970'000	-	-	-	113'500	57'900

Il primo settore può essere svuotato interamente a gravità, mentre il secondo e il terzo settore dell'invaso vengono in parte svuotati a gravità (porzione superiore dell'invaso, di tirante pari a circa 3 m posta altimetricamente a quota maggiore di circa 155.5 m .s.m. e in parte mediante un impianto di sollevamento (porzione inferiore dell'invaso, di tirante pari a circa 10 m). In particolare, nei tre settori dell'invaso si ha:

- I settore: 50'000 m³ scaricabili a gravità;
- II settore: 160'000 m³ scaricabili a gravità e 420'000 m³ per pompaggio;
- III settore: 95'000 m³ scaricabili a gravità e 245'000 m³ per pompaggio.

L'inclinazione delle sponde dei tre settori dell'invaso sono:

- I settore: 1:2;
- II settore: 1:2.5;
- III settore: 1:2.5.

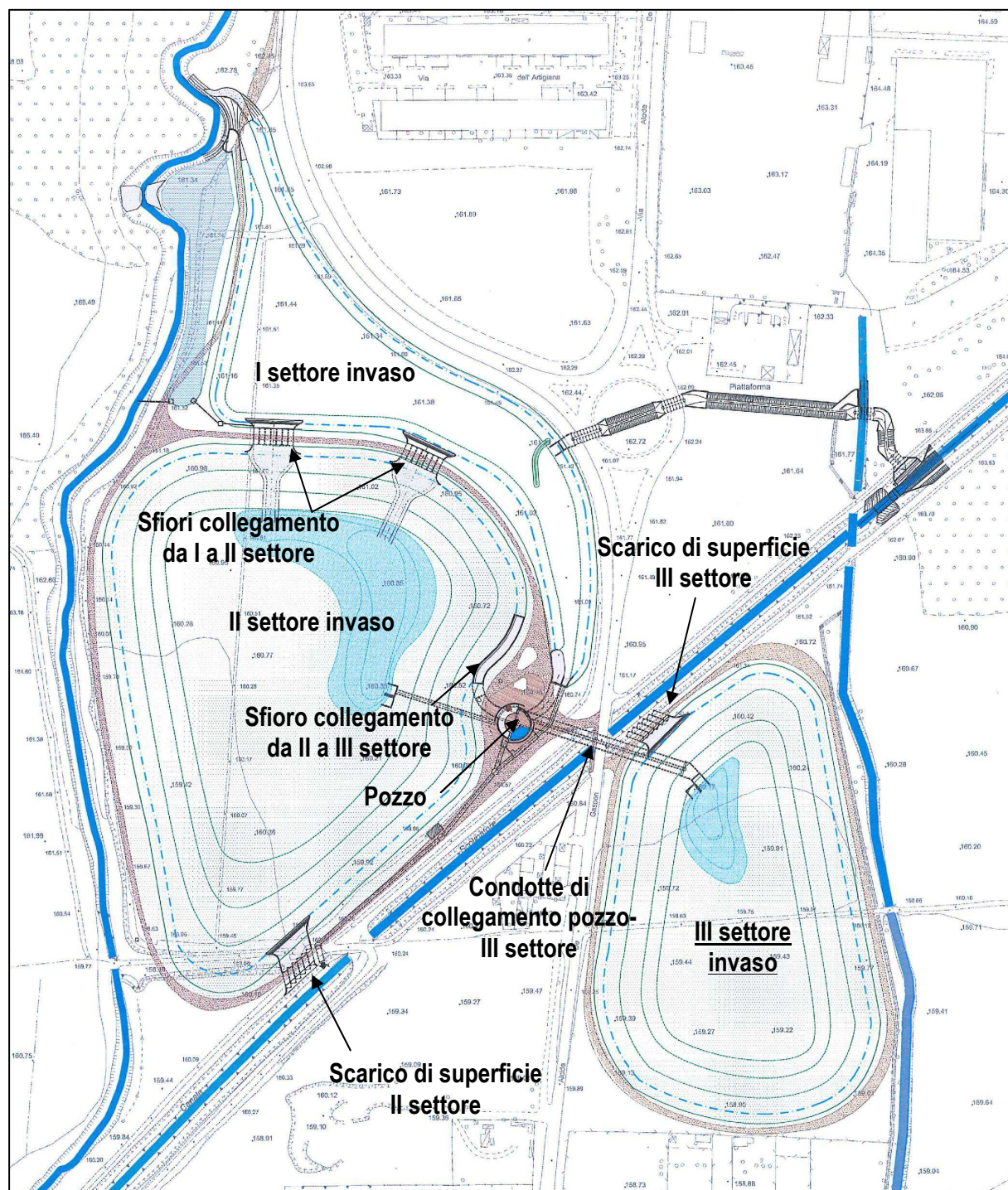


Figura 18 – Planimetria della vasca di laminazione di Senago con indicazione delle opere idrauliche di collegamento tra i diversi settori di invaso

I tre settori dell'invaso sono fra loro collegati da manufatti di sfioro, in particolare:

- il collegamento tra il primo e il secondo settore dell'invaso avviene attraverso n. 2

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

soglie sfioranti fisse in c.a., ciascuna della larghezza di 30 m e con quota del coronamento pari a 158.0 m s.m. e n. 2 scivoli in massi cementati di raccordo tra ciascuna soglia e il fondo del secondo settore dell'invaso, dove è previsto un laghetto permanente (la quota di fondo del laghetto è pari a circa 145 m s.m.);

- il collegamento tra il secondo e il terzo settore dell'invaso avviene attraverso un complesso sistema, necessario per superare l'interferenza costituita dal C.S.N.O. che scorre tra i due settori dell'invaso, costituito da:
 - una **soglia sfiorante** fissa in c.a., lunga 50 m è caratterizzata da una quota di sfioro pari a 158.0 m s.m., che alimenta il canale di gronda;
 - un **canale di gronda** in c.a., largo 6 m e lungo 85 m, caratterizzato da una quota di fondo pari a 154 m s.m. (- 4 m rispetto alla quota di coronamento della soglia di sfioro). Il canale di gronda convoglia la portata sfiorata dal II settore dell'invaso nel pozzo di caduta;
 - un **pozzo** di caduta in c.a., a sezione circolare di diametro interno pari a 20 m e di altezza interna netta pari a 19 m (quota di estradosso pari a circa 161 m s.m. e quota fondo pari a 142 m s.m., in corrispondenza delle pompe), che svolge la funzione di superare il dislivello tra la quota di fondo del canale di gronda, pari a 154 m s.m., e il sistema di collegamento con il terzo settore dell'invaso, costituito da 2 tubazioni ϕ 3.2 m con quota di fondo pari a 144 m s.m. in corrispondenza del fondo del pozzo.
 - n. 2 **condotte circolari** in c.a., di diametro interno pari a 3.2 m, della lunghezza di circa 100 m ciascuna, che sottopassano il C.S.N.O. e si immettono sul fondo del terzo settore dell'invaso, collegandolo così al secondo settore dell'invaso. La quota di fondo di tali tubazioni è pari a 144 m s.m. in corrispondenza del pozzo, mentre in corrispondenza del terzo settore dell'invaso la quota di fondo è pari a 145 m s.m. (1 m al di sotto del fondo dell'invaso e pari alla quota di fondo del laghetto permanente). Le tubazioni sono poste in contropendenza in quanto esse devono consentire lo svuotamento del terzo settore dell'invaso attraverso le opere di scarico che sono poste anch'esse all'interno del pozzo.
- Quando il secondo settore dell'invaso è in manutenzione è possibile collegare il primo settore direttamente con il terzo, chiudendo la paratoia posta lungo il canale di gronda posto a valle della soglia di sfioro del secondo settore e aprendo la paratoia posta all'estremità del primo settore prossima al pozzo; in questo modo le acque presenti nel

primo settore possono defluire nel pozzo e quindi nel terzo settore dell'invaso.

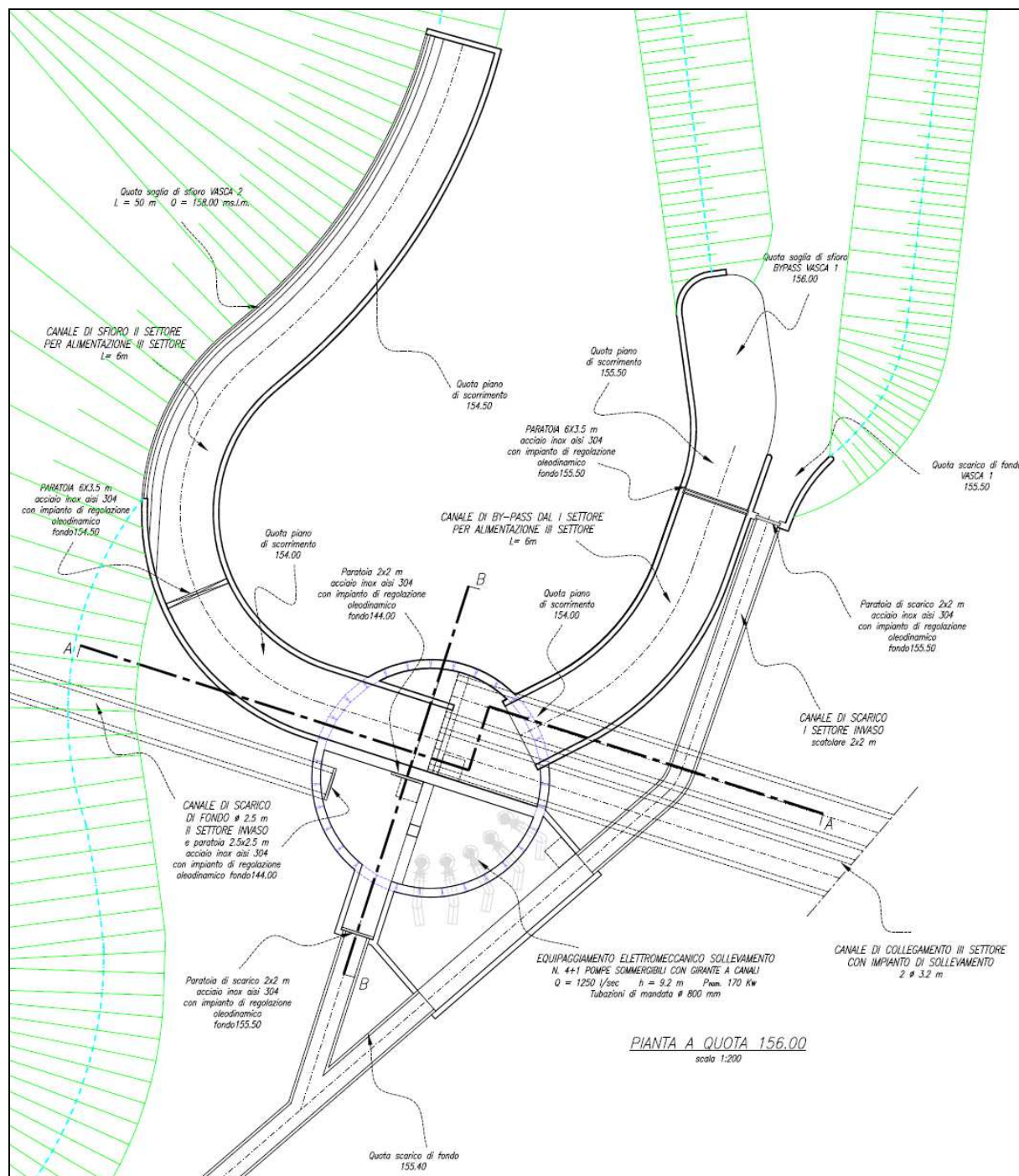


Figura 19 – Planimetria della soglia di sfioro, del canale di gronda e del pozzo

Il **pozzo** in c.a. svolge due funzioni:

1. durante la fase di riempimento consente il collegamento idraulico tra i settori dell'invaso

(primo e secondo) posti a nord del C.S.N.O. e il terzo settore posto a sud dello stesso, in modo tale da consentire l'invaso di quest'ultimo;

2. durante la fase di svuotamento, il pozzo consente il collegamento idraulico tra il secondo e terzo settore dell'invaso con il sistema di scarico nel C.S.N.O.; tale collegamento avviene, per la porzione di invaso che può essere svuotata a gravità, attraverso un condotto scatolare in c.a. 2x2 m, mentre per la porzione di invaso posta ad una quota inferiore del fondo del canale di scarico (155.5 m s.m.) attraverso un impianto di sollevamento presente al suo interno (4+1 elettropompe sommergibili).

L'invaso di laminazione di Senago, come ogni invaso artificiale, è provvisto di opere di scarico superficiale, indipendenti dalle opere che consentono il normale funzionamento dell'opera, tali da garantirne la sicurezza di funzionamento.

La funzione di queste opere di scarico è quella smaltire le portate in ingresso da monte che eccedano quelle invasabili.

9.3 OPERE DI PRESA

9.3.1 Opere di presa sul C.S.N.O.

L'opera di laminazione in progetto viene alimentata da tre corsi d'acqua, in particolare: T. Seveso (attraverso il C.S.N.O.), T. Garbogera e T. Pudiga.

L'opera di presa sul C.S.N.O. 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 161.10 m s.m., avente un'unica luce di lunghezza pari a 20 m. In corrispondenza dello sfioratore, il C.S.N.O. è caratterizzato da una quota di fondo pari a circa 159.00 m s.m., per cui l'altezza della soglia di sfioro è pari a 2.1 m.

9.3.2 Opere di presa sul T. Garbogera

L'opera di presa sul T. Garbogera è costituita da uno sfioratore laterale del tipo a stramazzo, formata da una soglia fissa in c.a con il ciglio posto alla quota di 160.83 m s.m., avente un'unica luce di lunghezza pari a 10 m. In corrispondenza dello sfioratore, il T. Garbogera è caratterizzato da una quota di fondo pari a circa 159.93 m s.m., per cui l'altezza della soglia di sfioro è pari a 0.9 m.

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

9.3.3 Opere di presa sul T. Pudiga

L'opera di presa sul T. Pudiga, costituita da una soglia sfiorante fissa, lunga 20 m e alta 1.5 m rispetto al fondo del torrente (quota fondo pari a 159.50 m s.m.); a valle della soglia sfiorante è prevista la realizzazione di un restringimento finalizzato a limitare la portata defluente verso valle e rendere più efficiente lo sfioratore laterale dell'opera di presa;

L'opera di presa sul T. Pudiga è costituita da uno sfioratore laterale del tipo a stramazzo, formata da una soglia fissa massi cementati con il ciglio posto alla quota di 161.0 m s.m., avente un'unica luce di lunghezza pari a 20 m. In corrispondenza dello sfioratore, il T. Pudiga è caratterizzato da una quota di fondo pari a circa 159.50 m s.m., per cui l'altezza della soglia di sfioro è pari a 1.5 m.

9.4 CANALE DI ALIMENTAZIONE DEL PRIMO SETTORE DI INVASO

Le portate derivate dal C.S.N.O. e dal T. Garbogera vengono recapitate nel primo settore dell'invaso di laminazione di Senago attraverso un canale, prevalentemente a cielo aperto.

Il canale ha una lunghezza di circa 260 m. La quota di fondo in corrispondenza della sezione iniziale (a valle dell'opera di presa del C.S.N.O.) è pari a 156.60 m s.m., mentre la quota di fondo nella sezione terminale (ingresso nel primo settore dell'invaso) è pari a 156 m s.m..

La pendenza del canale è pari al 2‰.

La parte a cielo aperto ha una lunghezza di circa 200 m, mentre i restanti 60 m sono previsti con manufatti scatolari o gettati in opera, per consentire il sottopasso di alcune infrastrutture interferenti, quali il T. Garbogera e la rotatoria della S.P.175.

La sezione del canale a cielo aperto è trapezia, con base minore pari a 2 m ed inclinazione delle sponde 1:1. Il fondo del canale e la prima parte della sponda (fino ad una altezza di 4 m dal fondo) sono rivestite in cemento. La parte superiore, fino al piano campagna, è rinverditata e rinforzata con geogriglie.

9.5 SISTEMA DI SCARICO DELL'INVASO

Lo svuotamento dell'invaso di Senago avviene scaricando la portata nel C.S.N.O..

Le modalità di scarico sono differenti a seconda del settore considerato, in particolare:

- *I settore*: viene interamente svuotato a gravità (dalla quota di massima regolazione, pari a 159.0 m s.m., fino alla quota di fondo invaso, pari a 155.5 m s.m.);

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

- *II settore*: viene in parte svuotato a gravità (dalla quota di massima regolazione, pari a 159.0 m s.m., fino alla quota pari a circa 155.5 m s.m.) e in parte per sollevamento (dalla quota di 155.5 m s.m. fino alla quota di fondo dell'invaso, pari a 146.0 m s.m.). Il volume che può essere scaricato a gravità è pari a circa 160'000 m³ (28% del volume di invaso del II settore), mentre quello che deve essere scaricato per sollevamento è pari a circa 420'000 m³ (72% del volume di invaso del II settore)
- *III settore*: viene in parte svuotato a gravità (dalla quota di massima regolazione, pari a 159.0 m s.m., fino alla quota pari a circa 155.5 m s.m.) e in parte per sollevamento (dalla quota di 155.5 m s.m. fino alla quota di fondo dell'invaso, pari a 146.0 m s.m.). Il volume che può essere scaricato a gravità è pari a circa 95'000 m³ (28% del volume di invaso del III settore), mentre quello che deve essere scaricato per sollevamento è pari a circa 245'000 m³ (72% del volume di invaso del III settore).

Complessivamente si ha che il volume invasato che può essere scaricato nel C.S.N.O. a gravità è pari a 305'000 m³ (31% del volume di invaso totale), mentre quello che deve essere scaricato per sollevamento è pari a circa 665'000 m³ (69% del volume di invaso totale).

La portata di scarico dell'invaso in 5 m³/s, che consente di effettuare lo svuotamento dell'intero volume invasato in circa 54 ore (2.2 giorni).

Lo scarico del primo settore dell'invaso avviene attraverso un canale in c.a. a sezione scatolare 2x2 m che, a partire dall'estremità sud dell'invaso, corre parallelamente al C.S.N.O. fino ad immettersi in quest'ultimo appena a valle del ponticello poderale, in corrispondenza della sezione denominata CN-139, posta immediatamente a valle di un salto, in cui la quota di fondo risulta essere pari a 155.14 m s.m..

Il canale di scarico ha una lunghezza di circa 250 m ed è caratterizzato da una quota di fondo nella sezione iniziale pari a 155.5 m s.m., mentre la quota di fondo in corrispondenza dello sbocco nel C.S.N.O. è stata posta pari a 155.25 m s.m.. La pendenza del canale è pertanto pari a 1‰.

Il secondo settore dell'invaso è collegato al pozzo, nel semicerchio sud dove sono presenti i manufatti di scarico in grado di effettuare lo svuotamento dell'invaso.

Il terzo settore dell'invaso è collegato direttamente nel semicerchio nord del pozzo attraverso n. 2 condotti circolari di diametro pari a 3.2 m (sono gli stessi che servono per alimentare il terzo settore quando il secondo è pieno) e, attraverso un'apertura di dimensioni 2x2 m posta nel setto centrale del pozzo che divide il semicerchio nord da quello sud, è collegato anche al

settore sud dove sono presenti i manufatti di scarico del pozzo.

La porzione di volume del secondo e terzo settore che può essere svuotata a gravità viene immessa nel suddetto canale di scarico nel C.S.N.O. attraverso un tratto di canale scatolare 2x2 m proveniente dal pozzo. Tale tronco di canale è caratterizzato anch'esso da una quota di fondo pari a circa 155.5 m s.m.

La porzione di volume del secondo e terzo settore che deve essere svuotata per sollevamento viene immessa nel suddetto canale di scarico nel C.S.N.O. attraverso delle pompe sommergibili che sollevano l'acqua in una vasca di raccolta adiacente al pozzo e idraulicamente connessa al suddetto canale di scarico.

Le pompe di sollevamento previste in progetto sono 4+1 e hanno le seguenti caratteristiche principali:

- Tipo pompa: elettropompa sommersa monoblocco con girante a canale
- Portata: 1250 l/s (con 4 pompe si sollevano i 5 m³/s previsti)
- Prevalenza: 9.2 m
- Rendimento totale: >72%
- Potenza nominale: 170 kW

9.6 OPERE CONNESSE ALL'INTERAZIONE TRA LA FALDA FREATICA E L'INVASO

In relazione alla possibilità che il livello della falda freatica sia prossimo, o addirittura superiore alla quota di fondo dell'invaso di laminazione, nel presente progetto sono stati adottati i seguenti provvedimenti tecnici:

- impermeabilizzazione del fondo e delle sponde dell'invaso, in modo da evitare che le acque di piena del T. Seveso, del T. Pudiga e del T. Garbogera che vengono immesse nell'invaso possano percolare e raggiungere la falda freatica, con rischio di inquinamento della stessa in relazione alla scarsa qualità delle acque invase. L'impermeabilizzazione del fondo e delle sponde dei tre settori dell'invaso di laminazione verrà realizzata attraverso la posa di geocomposito bentonitico con superficie irruvidita;
- realizzazione di un dispositivo che, quando il livello della falda dovesse risultare maggiore del fondo dell'invaso o del livello idrico del laghetto permanente, consenta di eliminare l'azione delle sottospinte idrauliche che potrebbero alterare la stabilità e la funzionalità dell'invaso ed in particolare delle suddette opere di impermeabilizzazione. A tale scopo si prevede di realizzare un collegamento idraulico (tipo piezometro) tra la falda e i due settori

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

dell'invaso più profondi, che quando il livello della falda è maggiore del livello negli invasi, convogli l'acqua all'interno del bacino di accumulo in modo da eguagliare i livelli idrici ed annullare quindi le sottospinte idrauliche. Tali dispositivi sono muniti di valvola a clapet, che si chiude quando il livello nell'invaso è maggiore del livello della falda, in modo tale da evitare che le acque laminate possano raggiungere la falda.

9.7 SISTEMA DI FITODEPURAZIONE

Il presente Progetto Preliminare prevede la realizzazione di un'area di fitodepurazione destinata a trattare una parte della portata del T. Pudiga.




Tenendo conto dell'area disponibile per il settore di fitodepurazione (bacino idrico di circa 3500 m², con altezza massima pari a 1 m e quindi con volume disponibile di circa 3500 m³) è possibile introdurre in tale settore solo una parte ridotta della portata continua in tempo secco del T. Pudiga.

In proposito, non avendosi determinazioni sperimentali sui valori di portata, la stima della portata media di tempo asciutto del Pudiga nella sezione di ingresso nella fitodepurazione non può che essere approssimata, anche tenendo conto che le aree urbane del bacino sono dotate di reti fognarie con adduzione delle acque in impianti di depurazione aventi, come prima detto, un recapito diverso dal Pudiga. Stimando in prima approssimazione che tale portata media ordinaria sia dell'ordine di 150 – 200 l/s, appare subito chiaro che la fitodepurazione in oggetto può interessare solo una componente pari al 10% - 15% della portata.

La soluzione più idonea, tenuto conto delle condizioni operative, consiste nel realizzare un sistema a flusso superficiale. In tali sistemi, infatti, la gestione è particolarmente semplice e, in genere, non richiede alcun intervento se non quelli di rimozione, durante il periodo estivo e ove se ne presenti la necessità, di alghe e idrofite flottanti (in particolare *Lemna spp.*).

9.8 OPERE DI ADEGUAMENTO DEL C.S.N.O.

In base a quanto descritto in precedenza, l'opera di presa sul C.S.N.O. è costituita da uno sfioratore laterale del tipo a stramazzo. A valle della soglia sfiorante, lungo il C.S.N.O., è prevista una paratoia piana in acciaio inox di dimensioni 5.0 x 3.5 m, finalizzata a creare un restringimento di sezione per limitare la portata defluente verso valle e rendere più efficiente lo sfioratore laterale dell'opera di presa. Tale restringimento induce un innalzamento del livello idrico nel C.S.N.O. rispetto ai valori determinati nel progetto definitivo di AIPO e

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

della Provincia di Milano 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.78I*”.

Le quote di sommità delle sponde del C.S.N.O. sono superiori di circa 1.5÷2 m rispetto al tirante idrico conseguente alle opere previste nel presente progetto, per cui non occorre nessun intervento di innalzamento della sommità delle sponde.

E’ necessario, invece, rialzare il rivestimento delle sponde del C.S.N.O. fino ad una quota che garantisce il rispetto del franco di sicurezza di 1 m.

L’innalzamento del rivestimento della sponda verrà realizzato mediante la posa di pietrame cementato per uno spessore di 30 cm.

9.9 APPARATI DI MONITORAGGIO FUNZIONALE E MODELLO DI GESTIONE DELL’INVASO

Le opere del presente progetto inerenti le vasche di laminazione di Senago sono state concepite prevedendo il massimo possibile di opere fisse, non soggette quindi a decisioni gestionali.

Tuttavia la suddivisione su 3 vasche della capacità di invaso complessiva, la dislocazione delle 3 vasche sia a nord che a sud del CSNO, la necessità di prevedere fasi di esercizio in cui l’una o l’altra delle vasche sia fuori servizio per manutenzione, e, soprattutto, le esigenze funzionali del CSNO hanno portato a prevedere un modello di gestione che, pur molto semplificato, deve essere rigorosamente rispettato per una gestione in sicurezza delle stesse vasche.

Nel presente progetto preliminare è stato implementato uno specifico modello di gestione del sistema T. Seveso/CSNO, con cui vengono definite le regole di gestione dell’invaso, al fine di ottimizzarne e controllarne il funzionamento. Per i dettagli relativi al suddetto modello di gestione si rimanda alla specifica relazione allegata al presente progetto (elaborato RT-4.5 “*Modello di gestione dell’opera di laminazione*”).

10. OPERE DI VALORIZZAZIONE PAESAGGISTICA

10.1 L'APPROCCIO METODOLOGICO

Il *Masterplan di valorizzazione paesaggistica* indaga su come lo sviluppo progettuale debba dar forza al rapporto tra la forma fisica del luogo e il suo contesto sociale, economico e culturale, studiando le esigenze di coloro che fanno uso di questo luogo e mettendo a sistema progetti per lo sviluppo futuro. Il progetto rappresenta dunque un quadro d'insieme ed un modello di crescita e di sviluppo del territorio su cui si baseranno le successive progettazioni dell'area e che spingerà a promuovere processi che favoriscano il dialogo tra comuni limitrofi e stakeholder locali, cercando di fare sinergia delle potenzialità del territorio, a partire dalle sue eccellenze.

L'obiettivo principale che ha guidato la redazione del Masterplan è la ricerca di uno sviluppo equilibrato e sostenibile dello spazio e dei suoi legami con il territorio alla macroscala, considerandone aspetti naturali, culturali e di percezione sociale, come indicato dalla Convenzione Europea del Paesaggio (adottata e sottoscritta dal Comitato dei Ministri della Cultura e dell'Ambiente del Consiglio d'Europa nel 2000 e ratificata dall'Italia nel 2006).

“Paesaggio designa una determinata parte di territorio, così come è percepita dalle popolazioni, il cui carattere deriva dall'azione di fattori naturali e/o umani e dalle loro interrelazioni.” (Capitolo 1, art. 1 lettera a)

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 sistema delle Vasche di Senago è inteso come una infrastruttura che attraverserà i territori innervando il paesaggio, promuovendo analoghi processi di sviluppo e di trasformazione del territorio sia urbano che extraurbano, sia agricolo che forestale.



Affrontare già nelle prime fasi di progettazione il tema del paesaggio consiste nel definire azioni che diano 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 o 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.

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

Il *Masterplan di valorizzazione paesaggistica* sviluppa in chiave strategica e multidisciplinare l'approccio innovativo che guida la progettazione preliminare delle opere, concepite come opportunità per ricostruire ambiente e paesaggio, con l'ambizione di promuovere una cultura nuova, che generi ricadute positive e durevoli sul territorio.

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.

In quest'ottica la progettazione viene definita una linea d'azione unitaria e unificante i diversi elementi nei quali essa si articola: paesaggio e ambiente, infrastrutturazione idraulica e opere connesse, percorsi fruitivi e sinergie con il territorio.

Per quel che riguarda la metodologia individuata si è partiti dal presupposto che rigenerare gli ambiti paesaggistici significa operare interventi successivi, dalla MACRO alla MICRO scala.

L'approfondimento progettuale viene affrontato integrando tra loro le diverse discipline specialistiche, utili ad ottenere il miglior risultato sia in termini funzionali, quindi sotto l'aspetto tecnico e gestionale, sia in termini paesaggistico-ambientali, quindi potenziando la valenza ecologica dell'ambito di riferimento e valorizzando le qualità paesaggistiche dei territori attraversati. In tal senso è possibile garantire il pieno rispetto del paesaggio, nella sua complessità.

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 restituire dignità alle 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 criterio 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 individua, dei punti caratteristici e delle vedute suggestive che possono essere indicati ai fruitori attraverso piccoli interventi talvolta di comunicazione, talvolta di sosta o rafforzamento di viste paesaggistiche come quelle dei filari alberati, in modo da far prendere

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

coscienza al cittadino della bellezza del paesaggio agricolo e fluviale.

Tramite 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 forestali 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.

Questo è l'approccio metodologico che caratterizza l'attività di questo gruppo di progettazione ed in particolare LANDMilano, responsabile del contributo paesaggistico ed agronomico-forestale.




“Il sistema infrastrutturale è un sistema di segni che si innervano nel paesaggio, che lo rendono vitale e alimentano i processi di crescita e di trasformazione sia del territorio urbano sia extraurbano. Questo sistema sta alla base di ogni trasformazione territoriale e, perciò, dà i pesi e dà i criteri dell'impoverimento da una parte e dell'arricchimento dall'altra. Considero questa struttura di segni l'hardware. Il software è rappresentato dal paesaggio che di volta in volta cambia, di volta in volta assume un nuovo significato a seconda del punto di vista dell'osservatore.”

(A. Kipar “Classificazione”, in Nuove infrastrutture per nuovi paesaggi, Skira 2003)

10.2 IL PROGETTO DI VALORIZZAZIONE PAESAGGISTICA

Il progetto delle vasche di Senago appartiene ad un sistema più ampio di localizzazione di aree lungo il Seveso per la laminazione controllata delle piene.

Anche se non è attraversato dal Seveso, il Comune di Senago è individuato come primo progetto pilota per ricoprire un ruolo fondamentale nel piano di salvaguardia idrogeologica del nord Milano. All'interno del suo territorio, nella zona meridionale, è prevista la realizzazione delle vasche di laminazione, cioè di un grosso invaso che nei periodi di piena farebbero da valvola di sfogo per le acque del Seveso.

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

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 delle vasche, 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.

Soluzioni architettoniche di dettaglio per manufatti come percorsi e sfiori sono sviluppate al fine di promuovere qualità paesaggistica d'insieme, unificando e rendendo il più possibile omogenea la percezione del sistema, pur nella sua intrinseca complessità.

Obiettivo principale è promuovere un modello innovativo di intervento, non passivo ma attivo, strettamente integrato tra le diverse componenti, in grado di attivare processi economici e culturali, promuovendo forme di coinvolgimento attivo e di sensibilizzazione dei territori attraversati. Un modello capace di attrarre a sé anche i futuri interventi di inserimento ambientale che, seppure oggetto di separata progettazione, potranno trarre vantaggio e allinearsi con i principi promossi da tale modello.

Il progetto di valorizzazione paesaggistica non è volto alla mitigazione a posteriori degli impatti che il progetto di infrastrutturazione idraulica potrebbe generare. Questo infatti individuerrebbe una politica di infrastrutturazione che avrebbe come effetto un approccio di tipo tecnico orientato al superamento dei problemi, comportando ripercussioni piuttosto negative, creando timori e sfiducia tra le popolazioni direttamente interessate dagli interventi.

La necessità di ritrovare un equilibrio tra le esigenze legate allo sviluppo e il mantenimento della qualità dei territori richiede di rivedere i modi in cui le infrastrutture si inseriscono nei processi di trasformazione del paesaggio.



Una progettazione **attiva** e **integrata**, con un processo trasparente orientato ad una progettazione di qualità, che tenga conto delle esigenze locali garantendo risultati concreti e benefici collettivi. 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.

In questo senso, il paesaggio non è solo il risultato di un'azione secondaria ma di un progetto di un'intera società, una dichiarazione su come intendiamo promuovere e articolare un nostro rapporto con la natura e la cultura che ce l'ha tramandato.

10.3 L'OSSERVATORIO IDROLOGICO

L'introduzione del concetto di Osservatorio idrologico nasce proprio con l'intenzione di **promuovere e rivalutare i segni della trasformazione** di questa ingente opera come evoluzione indispensabile di tutela attiva del territorio, ma anche come progetto di qualità capace di coniugare gli aspetti funzionali-gestionali ed economici con quelli ambientali, naturalistici ed estetici.

Il sito, con il pozzo nel suo baricentro, diventa un polo attrattore, facilmente raggiungibile, connesso a sistemi esistenti di mobilità lenta.

Nell'Osservatorio Idrologico si possono apprendere numerosi aspetti relativi alle acque milanesi connessi all'assetto urbanistico della città, passati, presenti e futuri. La torretta di osservazione permette un'ampia visuale sull'intervento e sul territorio circostante.

A completamento, la presenza di un area adibita a fitodepurazione con carattere didattico-dimostrativo e due laghetti permanenti e di valore ambientale e paesaggistico. Tutto in prossimità di giochi e attrezzature ludiche, in cui l'acqua è il filo conduttore.

Sì riflette sulla qualità e idoneità dei materiali utilizzati che meglio si addicono ai luoghi, in continuità con le preesistenze del Parco delle Groane, attuando il principio di diversificazione degli spazi e mantenendosi ben ancorati a un'idea organica del piano complessivo, in un equilibrio tra fruizione e rispetto dei valori naturalistici.



10.4 OBIETTIVO BIODIVERSITÀ

Le vasche si collocano in un area definita prioritaria per la biodiversità: un sito importante per la salvaguardia di ambienti e specie della pianura lombarda. Il luogo conserva risorse naturali e paesaggistiche che, adeguatamente tutelate e valorizzate, possono contribuire allo sviluppo integrato del territorio, favorendo la auto-valorizzazione delle risorse naturali esistenti.

Considerato il processo di trasformazione territoriale in atto dell'area, si è scelto di confermare una vision complessiva che sfrutta l'occasione della realizzazione dell'opera in oggetto per perseguire una complessiva valorizzazione paesistico-ambientale del contesto territoriale e conseguentemente anche dei Comuni coinvolti.

L'infrastruttura verde fonderà i suoi concetti sulla connessione tra i sistemi verdi a beneficio della popolazione, e metterà a sistema le aree naturali a favore della biodiversità e con conseguente riduzione della frammentazione degli habitat. Il progetto degli invasi ad esondazione controllata sarà occasione per pensare ad una strategia complessiva territoriale che metta a sistema le progettualità e gli elementi paesaggistico-ambientali presenti nel

territorio e orienterà i suoi obiettivi sulla priorità di conservazione degli habitat, attraverso il mantenimento e il rafforzamento di processi naturali che garantiscano la sopravvivenza degli ecosistemi, veri e propri contenitori della biodiversità.

La strategia attuerà misure volte alla conservazione e al rafforzamento dei processi naturali che sostengono l'area di rilevante interesse ambientale-paesistico, all'interno di un più ampio sistema di rete ecologica territoriale. Il progetto a scala territoriale si confermerà **integrato** e **interconnesso**, intervenendo sul modello di uso del territorio in senso sostenibile e pervenendo a un riequilibrio dei flussi di energia e materia all'interno degli ecosistemi, a partire dall'interferenza locale tra i flussi antropici e naturali. La scelta delle specie è stata orientata verso piante autoctone con ampia diffusione nel Parco delle Groane e per la migliore capacità di adattamento e crescita nella zona in oggetto.



La scelta della vegetazione per le tre vasche di laminazione è orientata alla formazione di tre **Oasi di biodiversità** (anfibi, farfalle, avifauna), volte a valorizzare e potenziare le risorse già esistenti nel Parco delle Groane, riqualificando i sistemi presenti, caratterizzati da un basso livello di diversità e funzionalità, valorizzando l'area in modo da farle assumere un ruolo attivo della rete, operando in un contesto di costruzione di un **ecomosaico** e pensando in termini di valorizzazione sociale della rete, come occasione di nuovi paesaggi e fruizione diffusa.

Gli interventi previsti avranno un impatto positivo sul territorio, portando ad una diversificazione degli habitat attualmente presenti e alla nascita di nuove aree di naturalità: confermeranno il sostegno della biodiversità e la progettazione sarà mirata ad accrescere il valore delle risorse ambientali intese come ecosistemi di cui deve essere recuperata o valorizzata la funzionalità.

10.5 CONDIVISIONE E PROMOZIONE DELL'OPERA

Si ritiene che un aspetto da sviluppare accuratamente sia quello di comunicazione culturale e divulgazione dell'intervento e del nuovo sistema di vasche ad esondazione controllata e del territorio di pertinenza, che dovrà evidenziare le emergenze e i valori locali, attraverso una mappatura dei sistemi ambientali e delle eccellenze presenti.

Si ragionerà sulla stesura di un sistema di comunicazione apposito alla diffusione del progetto fra i cittadini. Le esperienze pregresse del gruppo comprendono la divulgazione dei progetti con un approccio "culturale", allargando cioè il punto di vista dell'opera perché possa essere percepita come un'infrastruttura portatrice di valori. Si rifletterà su quali punti dell'intervento siano i più idonei alla segnalazione e spiegazione dell'opera, scegliendo quelli che favoriscono meglio la comunicazione tra l'esterno e l'interno del sistema verde per attivare una modalità di interscambio attivo.

La stesura delle successive fasi del progetto, e ancor più la realizzazione delle opere, devono quindi essere colte anche come l'occasione per **condividere con il territorio e le comunità limitrofe** la volontà di riqualificare e valorizzare questa porzione di territorio.

"Riqualificare" significa in senso lato **riappropriarsi dei luoghi** che sono diventati inaccessibili: è necessaria una riappropriazione culturale che faccia conoscere (ai giovani) e ri-conoscere (ai meno giovani) i legami, i significati storici, gli elementi generatori che esistevano ed esistono fra il territorio, il fiume e le città.



11. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE-IDROGEOLOGICHE

Nel presente capitolo vengono descritti sinteticamente i principali elementi emersi dalle analisi geologiche, idrogeologiche e geotecniche condotte nell'ambito del presente progetto preliminare. Per maggiori dettagli si rimanda alle relazioni A.4.3 “*Relazione geologica-idrogeologica*” e A.4.4 “*Relazione geologico-tecnica*” ed ai relativi allegati.

11.1 GEOMORFOLOGIA E STRUTTURA GEOLOGICA

Le opere di progetto sono localizzate nella porzione sud-ovest del Comune di Senago, nelle vicinanze del confine con il Comune di Bollate, nell'ambito dell'alta pianura milanese.

La zona di intervento è subpianeggiante, leggermente digradante da nord verso sud, è compresa tra i torrenti Pudiga ad ovest e Garbogera ad est ed è attraversata trasversalmente dal CSNO.

L'area in cui verranno realizzate le vasche, rientra, dal punto di vista geologico, nel Supersintema di Besnate – Unità di Cadorago (cod. BEE) (Pliocene medio-superiore).

Si tratta depositi fluvioglaciali (classicamente stati attribuiti al Riss ed in parte al Wurm) costituiti in genere da ghiaia a supporto clastico o di matrice, con matrice sabbiosa; intercalazioni sabbiose; sabbie limoso argillose; limi con clasti sparsi.

Questa unità comprende tutta la zona operativa ed affiora in una stretta fascia allungata in senso nord-sud, che borda il terrazzo antico.

Sulla base dei dati di sottosuolo e delle indagini condotte per il presente lavoro è stato possibile mettere in luce i seguenti elementi di dettaglio:

- i depositi sono in prevalenza costituiti di miscele di sabbia e ghiaia, con subordinate quantità di materiale fine;
- alla profondità di circa 30 metri da p.c., lungo tutta la porzione orientale, è presente un livello limoso-argilloso di spessore variabile da pochi metri fino ad oltre 14-15 metri di spessore. Questo livello, in base ai dati disponibili, riduce significativamente il suo spessore verso est, fino a risultare assente presso le terminazioni della sezione;
- al di sotto del livello argilloso sono presenti ulteriori depositi sabbiosi e ghiaiosi fino alla profondità di circa 60-65 metri da p.c. Oltre tale profondità i livelli argillosi divengono prevalenti, con intercalati subordinati livelli di sabbie fini.

11.2 ASSETTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA ED IMPATTO DELLE OPERE

Questo assetto geologico condiziona la struttura idrogeologica dell'area, in cui è possibile distinguere i seguenti elementi:

Gruppo acquifero A: costituisce la porzione più superficiale del sottosuolo.

E' composto da ghiaie e sabbie, con subordinati livelli argillosi, argilloso limosi e/o di ghiaie cementate. Lo spessore nella zona di studio è circa di 30-35 metri.

La base è posta in corrispondenza dei livelli limoso-argillosi.

Questo gruppo acquifero, insieme al seguente Gruppo acquifero B, è sede dell'acquifero principale libero e/o semiconfinato, con soggiacenza nella zona di studio di circa 15 metri da p.c.; questa falda è in genere captata dai pozzi privati nonché dai pozzi potabili di vecchia realizzazione.

Gruppo acquifero B: costituisce la porzione di sottosuolo immediatamente sottostante al Gruppo A.

La granulometria è generalmente ghiaioso sabbiosa e tende a diminuire in profondità, dove aumenta la frequenza di livelli argillosi e/o conglomeratici.

Lo spessore di questo gruppo è di circa 30-40 metri e la sua base è posta in corrispondenza dei primi livelli di argille compatte giallastre.

Gruppo acquifero C: è presente nel territorio esaminato al di sotto del Gruppo B e fino alla massima profondità interessata dai pozzi potabili.

E' costituito da depositi sabbiosi, alternati ad argille ed argille limose, indice di un ambiente di deposizione continentale / transizionale deltizio.

Questa unità è sede degli acquiferi confinati, protetti, captati dai pozzi più profondi.

L'andamento generale della I falda è da nord-ovest verso sud-est, con un gradiente medio delle 0,3-0,4 %.

La quota media della I falda nell'area di intervento, in base ai dati del SIF del sett. 2011, è di circa 145 m s.m., con una soggiacenza media, considerando una quota del p.c. di circa 160 m s.m., di 15 metri.

Per il presente progetto è stato realizzato un piezometro nella zona di intervento e la quota piezometria è risultata, nella misura effettuata il 04/04, pari a 145,416 m s.m., quindi leggermente superiore (di circa 40 cm), rispetto al valore della piezometria della I falda del settembre 2011 del SIF.

La quota di minima soggiacenza della falda nella zona di intervento è un elemento di grande

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

importanza, perché condiziona la quota zero di inizio dell'invaso di laminazione, nonché le eventuali opere in falda, quindi sono state effettuate delle verifiche.

I dati delle piezometrie elaborate dalla Provincia di Milano evidenziano nell'area un netto innalzamento della quota di falda dal 2007 al 2011: la superficie piezometrica passa nella zona interessata dalle opere da una quota di circa 137-138 m s.m. ad una quota di 145 m s.m., con un innalzamento di circa 7-8 metri.

L'analisi dei dati piezometrici di dettaglio disponibili evidenziano che la superficie piezometrica mostra 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.

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

Le curve dei pozzi di Bollate (monitorati dal 1975 a tutto il 2012) evidenziamo un periodo di minima soggiacenza della falda tra il 1978 ed il 1980, connesso alle abbondanti precipitazioni del periodo 1976-1977.

Tra la parte finale del 2010 ed il 2012 la falda ha subito un nuovo brusco innalzamento e si è riportata su valori analoghi ai massimi del periodo 78-80.




La quota piezometria attuale nel piezometro, di 145,41 m s.m., si attesta quindi verso il limite superiore delle oscillazioni subite dalla falda a partire dal 1975.

Alla luce di queste considerazioni si è ritenuto, allo stato attuale, di alzare la quota di zero dell'invaso da 144 m s.m., nello studio di fattibilità, agli attuali 146 m s.m., quindi con un franco di circa 50-60 cm. sull'altezza attuale di falda.

E' inoltre stata prevista 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.

I principali elementi di vulnerabilità idrogeologica sono i pozzi ad uso potabile, in relazione ai quali è stato evidenziato che:

- la zona di intervento è esterna alle fasce di rispetto dei pozzi utilizzati a scopo idropotabile (fascia di rispetto disegnata con criterio geometrico e con raggio di 200 metri);
- i pozzi del Comune di Senago sono tutti localizzati a monte dell'area di intervento rispetto alla direzione di deflusso della falda;

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

- i pozzi utilizzati a scopo potabile più vicini alla zona di intervento sono i pozzi cod. 12 e 13 del Comune di Bollate, che risultano localizzati ad oltre 1 km dall'area di intervento, verso sud.

La maggior parte dei pozzi captano le acque ad una quota minima 30 metri da p.c (pozzo 2 di Senago) e, in generale, ad almeno 40 m dal p.c. stesso.

Tale quota li porta ad attingere nel Gruppo acquifero B.

Solo alcuni pozzi captano la falda più profonda e protetta del Gruppo acquifero C.

Lo stato chimico delle acque del Gruppo acquifero B ricade in classe 3 – impatto antropico significativo, con caratteristiche idrochimiche generalmente buone, ma con segnali di compromissione.

I parametri che condizionano tale classificazione sono i nitrati presenti.

Questo acquifero presenta inoltre, a partire dalle analisi del 1977-78, una grave compromissione per elevate concentrazioni di solventi organo alogenati. Tale inquinamento ha reso necessario il trattamento a carboni attivi per la potabilità.

Stante questa situazione in essere non è prevedibile alcun impatto particolare delle opere sui pozzi potabili.

Comunque, come massima tutela nei confronti dell'acquifero in relazione alla qualità delle acque, le vasche di laminazione, stante l'esigua distanza dalla falda stessa e la permeabilità dei terreni interessati, saranno integralmente impermeabilizzate con un telo di bentonite per tutto il loro sviluppo al fine di ridurre al minimo qualunque possibile interferenza.

11.3 CARATTERISTICHE DEI TERRENI DI SCAVO

In considerazione dei notevoli volumi di terreni da movimentare per la realizzazione delle vasche si è ritenuto di effettuare una serie di analisi e di valutazioni sulle caratteristiche granulometriche e merceologiche dei terreni stessi.

Le analisi evidenziano le seguenti caratteristiche:

- una dominanza della componente sabbiosa, (con valori medi tra 40-50%);
- subordinate ghiaie con valori medi tra 20-30% ma con elevata variabilità;
- percentuali di limo tra il 10 ed il 20% e di argilla inferiori al 10%;
- la classe AASHTO dominante è A2-4;
- la classificazione ASTM è mediamente SC – SM;
- la classificazione AGI è: sabbie con ghiaie limose debolmente argillose.

Si è anche provveduto ad una verifica, seppur preliminare, delle caratteristiche chimiche dei terreni, in relazione a quanto previsto dal D.M. 161/2012.

Tutte le verifiche e le analisi effettuate non hanno evidenziato anomalie di sorta.

Tutti i campioni rientrano ampiamente nei limiti di legge di Tab. 1A..

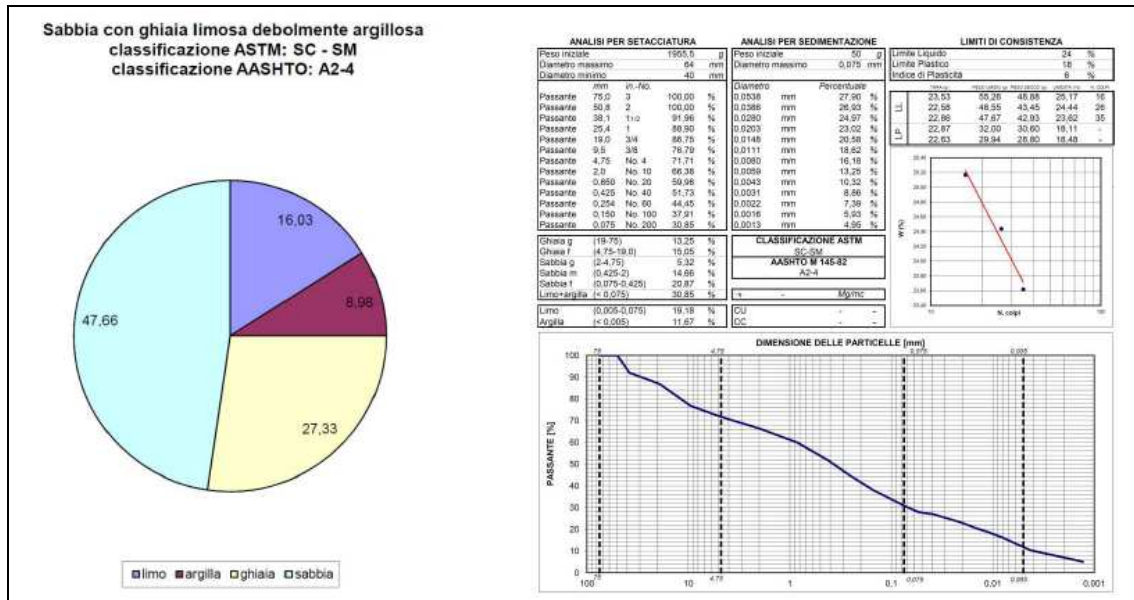


Figura 20 – Analisi granulometriche dei campioni entro la profondità di scavo del secondo settore dell'invaso

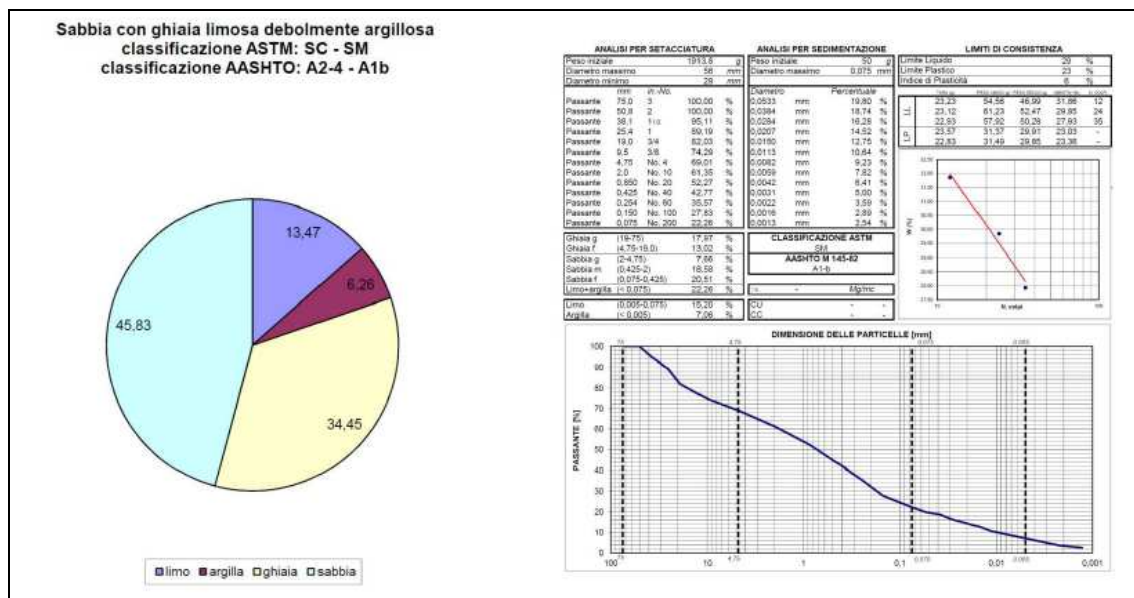


Figura 21 – Analisi granulometriche dei campioni entro la profondità di scavo del terzo settore dell'invaso

11.4 MODELLO GEOLOGICO TECNICO DEL SOTTOSUOLO

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

Livello 0

E' costituito dalla porzione più superficiale, per uno spessore variabile da variabile tra 0,4 ed 1,4 metri.

Dal punto di vista litologico si tratta di limi argillosi sabbiosi di colore marrone, di spessore limitato, sciolti.

Tali terreni, per le scarse caratteristiche e l'eterogeneità, devono essere rimossi per l'appoggio delle strutture.

Livello 1

E' costituiti dai depositi dell'Unità di Cadorago, continui in tutta l'area investigata e fino ad una profondità di oltre 30 metri da p.c..

Tale profondità è ampiamente superiore a quella interessata dalla opere, dell'ordine massimo di 18 metri.

Questi terreni presentano alcune caratteristiche comuni lungo tutto la verticale investigata e precisamente:

- litologia: sabbie con ghiaie limose debolmente sabbiose
- classificazione ASTM: classi SC-SM
- classificazione AASHTO: A2-4
- permeabilità: tra $2,5 \cdot 10^{-3}$ – $2,3 \cdot 10^{-2}$ cm/sec
- velocità onde Vs compresa tra 211 e 606 m/sec
- Vs30 = 349 m/sec (partendo dal p.c.)
- classe di sottosuolo NTC = categoria di suolo C

Questi terreni presentano al loro interno significative differenze in termini di resistenza.

Le prove hanno evidenziato un aumento progressivo delle caratteristiche di compattazione e resistenza con la profondità.

In relazione a tali parametri è possibile dividere questi terreni in tre differenti porzioni:

Livello 1A

Rappresenta la porzione superiore, che si presenta da poco a moderatamente addensata.

Questo livello è stato rinvenuto sulla quasi totalità delle prove effettuate e quindi può essere considerato pressoché continuo lungo la zona di intervento.

Lo stesso si spinge fino ad una profondità massima variabile da 3,0 a 4,5 metri. da p.c.

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

I principali parametri geotecnici sono i seguenti:

- peso di volume: 17-18 KN/mc
- densità relativa: 20-35%
- angolo di attrito: 25°-27°
- velocità onde Vs: 211 - 284 m/sec

Questa porzione di terreno, in caso di interferenze significative e/o opere strutturali importanti, necessita di adeguati interventi di compattazione e/o consolidamento, per garantire un adeguato livello di sicurezza nei confronti delle opere (appoggio strutture – stabilità scarpate).

Livello 1B

Rappresenta la porzione intermedia, che si presenta moderatamente addensata.

Questo livello è stato rinvenuto sulla quasi totalità delle prove effettuate.

Nella maggior parte dei casi si trova al di sotto del livello 1A, con uno spessore medio di 1,5-2,0 metri, quindi fino ad una profondità massima di circa 7 metri dal p.c..

In alcune prove sono stati rinvenuti livelli con caratteristiche simili a quote diverse, anche superiori, verosimilmente legati alla presenza di sottili lenti e quindi poco significative in termini di classificazione complessiva.

I principali parametri geotecnici sono i seguenti:

- peso di volume: 18 KN/mc
- densità relativa: 40-55%
- angolo di attrito: 30°-31°
- velocità onde Vs: 284-297 m/sec

Livello 1C

Rappresenta la porzione più profonda, presente al di sotto dei livelli 1A ed 1B fino alla massima profondità investigata.

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

I principali parametri geotecnici sono i seguenti:

- peso di volume: 19-20 KN/mc
- densità relativa: > 60 % fino al 100%
- angolo di attrito: > 35°
- velocità onde Vs: 353 - 606 m/sec

12. ASPETTI ECONOMICI E FINANZIARI DEL PROGETTO

In fase di redazione del presente progetto preliminare il complesso delle opere è stato valutato, oltre che dal punto di vista della fattibilità tecnica, anche sotto l'aspetto economico. Pertanto, sulla scorta delle opere previste e descritte nei precedenti capitoli, si è proceduto al calcolo sommario della spesa.

L'importo a base d'appalto per la realizzazione dei lavori è pari a complessivi € **17'536'732.38** (di cui € 700'000,00 per oneri della sicurezza non soggetti a ribasso) così suddivisi in macro capitoli:

	Opera	Importo
1.	Invaso di laminazione - primo settore	1'821'353.60
2.	Invaso di laminazione - secondo settore	6'057'716.56
3.	Invaso di laminazione - terzo settore	4'097'263.10
4.	Adeguamento CSNO	305'785.00
5.	Opere di presa sul CSNO	679'553.71
6.	Canale di alimentazione invasi	1'241'753.94
7.	Opera di presa sul T. Garbogera	84'241.44
8.	Opera di presa sul T. Pudiga	302'109.53
9.	Stazione di sollevamento e opere di collegamento tra invasi	3'682'598.54
10.	Canale di scarico nel CSNO	652'090.42
11.	Area di fitodepurazione	640'561.76
12.	Opere civili e architettoniche	1'239'650.00
13.	Oneri della sicurezza specifici	350'000.00
	TOTALE LAVORI	€ 21'154'677.60
14.	Compenso per la vendita all'appaltatore del materiale di escavazione in esubero	-4'579'677.60
15.	IVA da versare direttamente dall'Appaltatore sulle opere compensate (21% di 14.)	961'732.38
16.	Importo dei lavori compensati con la vendita del materiale all'Appaltatore (14. – 15.)	-3'617'945.22
	TOTALE LAVORI A BASE D'APPALTO	€ 17'536'732.38

Le somme a disposizione dell'Amministrazione per spese tecniche, spese amministrative, imprevisti, espropri, IVA, ecc., è pari a € **12'463'267.62**.

Pertanto, l'importo complessivo del finanziamento necessario per la realizzazione della vasca di laminazione di Senago ammonta a € **30'000'000,00**.

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa.



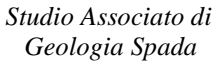

A.T.P.:		Consulenti:	
			
			Prof. Dott. V. Mezzanotte




Tabella 4 – Quadro economico

IMPORTO LAVORI		
A.1	Importo lavori a corpo e/o a misura	€ 21'154'677.60
A.2	Compenso per la vendita all'Appaltatore del materiale di escavazione in esubero	-€ 4'579'677.60
A.3	IVA da versare direttamente dall'Appaltatore sulle opere compensate (21% di A.2)	€ 961'732.38
A.4	Importo dei lavori compensati con la vendita del materiale all'Appaltatore (A.2 - A.3)	-€ 3'617'945.22
A.5	Importo lavori a base di appalto (A.1+A.4)	€ 17'536'732.38
A.6	di cui oneri della sicurezza (stima preliminare ~4%)	€ 700'000.00
SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE		
B.1	Imprevisti (8% A.1)	€ 1'692'374.21
B.2	IVA sui lavori e imprevisti (21% A.5+B.1)	€ 4'038'112.38
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 (21%) e oneri previdenziali (4%)	€ 2'129'683.70
B.4	Incarico di consulenza per pubbliche relazioni e immagine, per una durata stimata in 3 anni, comprensivo di spese minime, IVA (21%) ed eventuali oneri	€ 188'760.00
B.5	Fondo per acquisizione delle aree	€ 3'000'000.00
B.6	Spese per accertamenti, indagini, prove di laboratorio, comprensivi di IVA (21%)	€ 230'000.00
B.7	Spese per bonifica bellica, comprensiva di IVA (21%)	€ 200'000.00
B.8	Spese per pubblicità, procedure di gara e oneri istruttori vari (0.5% A.5)	€ 87'683.66
B.9	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.10	Incentivo alla progettazione Art.92 del D.L. 163/06 e s.m.i. (75% del 2% A.1)	€ 317'320.16
B.11	Fondo per responsabilità civile dei dipendenti tecnici incaricati alla progettazione (ex D.L. 163/2006)	€ 20'000.00
B.12	Oneri per allaccio alla rete Enel di MT	€ 100'000.00
B.13	Spese Commissario (1% finanziamento R.L. pari a 10'000'000 €)	€ 100'000.00
B.14	Incentivo per personale Regione Lombardia (2% dei lavori legati al finanziamento della Regione Lombardia di 10'000'000 €)	€ 140'000.00
B.15	Oneri per incremento IVA dal 21% al 22% e arrotondamenti	€ 218'833.50
TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE		€ 12'463'267.62
TOTALE COMPLESSIVO		€ 30'000'000.00

13. ELENCO ELABORATI DEL PROGETTO PRELIMINARE

Il presente progetto preliminare si compone dei seguenti elaborati:

ATTI	
A.1	Relazione illustrativa
A.2	Studio delle alternative di ubicazione della vasca di laminazione
A.3	Relazione tecnica descrittiva delle opere in progetto
A.3.1	Allegato alla Relazione tecnica descrittiva delle opere in progetto: opere di valorizzazione paesaggistica
A.4.1	Relazione idrologico-idraulica
A.4.2	Relazione sulla qualità delle acque del T. Seveso, del T. Pudiga e del T. Garbogera
A.4.3	Relazione geologica-idrogeologica
A.4.4	Relazione geologico-tecnica
A.4.5	Modello di gestione dell'opera di laminazione
A.4.6	Relazione interferenza sottoservizi
A.5	Studio di prefattibilità ambientale
A.6	Prime indicazioni in materia di sicurezza per la stesura del PSC
A.7.1	Calcolo sommario della spesa
A.7.2	Quadro economico di progetto
A.7.3	Stima dei costi di manutenzione
A.8	Piano particellare preliminare delle aree
DISEGNI	
D.1	Corografia generale di inquadramento
D.2.1	Carta geomorfologica e dell'uso del suolo
D.2.2	Carta geologica e sezioni
D.2.3	Piezometria della I falda ed ubicazione dei pozzi potabili
D.2.4	Carta idrogeologica e sezioni
D.2.5	Sondaggi geognostici e saggi con escavatore
D.2.6	Prove penetrometriche
D.2.7	Indagini geofisiche
D.2.8	Caratteristiche granulometriche dei materiali di scavo
D.3	Planimetria dello stato attuale delle aree di interesse
D.4	Planimetria delle opere in progetto
D.5.1	Invasi di laminazione - planimetria
D.5.2	Invasi di laminazione - sezioni e opere tipo
D.6	Profilo longitudinale delle opere in progetto
D.7	Opera di presa dal C.S.N.O.
D.8	Canale di alimentazione invaso e opera di presa dal T. Garbogera
D.9	Opera di presa dal T. Pudiga e area di fitodepurazione
D.10	Stazione di sollevamento e manufatto di collegamento tra gli invasi
D.11.1	Quadro di riferimento programmatico
D.11.2	Masterplan di valorizzazione paesaggistica
D.11.3	Sezioni paesaggistiche e fotosimulazioni
D.11.4	Abaco degli interventi di valorizzazione paesaggistica
D.11.5	Manifesto di promozione e valorizzazione paesaggistica

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

Milano, aprile 2013

I PROFESSIONISTI INCARICATI:

ETATEC s.r.l.

Dott. Ing. Giovanni Battista Peduzzi

STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI

Prof. Ing. Alessandro Paoletti

STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA SPADA

Dott. Geol. Mario Spada