

VASCA DI LAMINAZIONE SUL FIUME SEVESO

Comune di Senago (MI)

PROGETTO PRELIMINARE

MI-E-789

APRILE 2013



	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 06-847/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 09.16.1.7



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 TECNICA DESCRITTIVA
DELLE OPERE IN PROGETTO

SCALA

—

Revisioni	1		
	2		
Numero elaborato	TIPOLOGIA PP	COMMESSA 250-21	DOCUMENTO RT
			NUMERO A.3

I N D I C E

1. PREMESSA.....	2
1.1 DATI CARATTERISTICI DELL'INVASO DI LAMINAZIONE.....	2
2. SINTESI DELLE PORTATE E DEI VOLUMI PER IL DIMENSIONAMENTO DELLA VASCA DI LAMINAZIONE DI SENAGO	5
3. DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO.....	8
3.1 GENERALITÀ	8
3.2 VASCA DI LAMINAZIONE E RELATIVI MANUFATTI IDRAULICI DI COLLEGAMENTO	8
3.3 OPERE DI PRESA	19
3.3.1 Opere di presa sul CSNO.....	19
3.3.2 Opere di presa sul T. Garbogera	20
3.3.3 Opere di presa sul T. Pudiga.....	21
3.4 CANALE DI ALIMENTAZIONE DEL PRIMO SETTORE DI INVASO	21
3.5 SISTEMA DI SCARICO DELL'INVASO	23
3.6 OPERE CONNESSE ALL'INTERAZIONE TRA LA FALDA FREATICA E L'INVASO	27
3.7 SISTEMA DI FITODEPURAZIONE.....	33
3.7.1 Premessa	33
3.7.2 Benefici conseguibili con la fitodepurazione.....	33
3.7.3 Scelta della tipologia di impianto	34
3.7.4 Dati progettuali	35
3.8 OPERE DI ADEGUAMENTO DEL CSNO	36
3.9 OPERE DI VALORIZZAZIONE PAESAGGISTICA	37
3.10 APPARATI DI MONITORAGGIO FUNZIONALE E MODELLO DI GESTIONE DELL'INVASO.....	40

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 tecniche 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:
 - o I settore: 50'000 m³;
 - o II settore: 580'000 m³;
 - o III settore: 340'000 m³;
- Superficie di invaso alla quota di massima regolazione: 113'500 m², di cui:
 - o I settore: 19'500 m²;
 - o II settore: 59'000 m²;
 - o III settore: 35'000 m²;
- Quota di fondo degli invasi di laminazione:
 - o I settore: 155.5 m s.m.;
 - o II settore: 146.0 m s.m.;
 - o III settore: 146.0 m s.m.;
- Superficie dei laghetti permanenti alla quota del pelo libero (pari a 146.0 m s.m.):

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

- II settore: 7'800 m²;
- 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 CSNO), T. Garbogera e T. Pudiga;
- Ricettore finale delle acque laminate: CSNO;
- Portata al colmo sfiorata nell'invaso con riferimento ad un tempo di ritorno pari a 100 anni:
 - o dal T. Seveso attraverso il CSNO: 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

- 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.

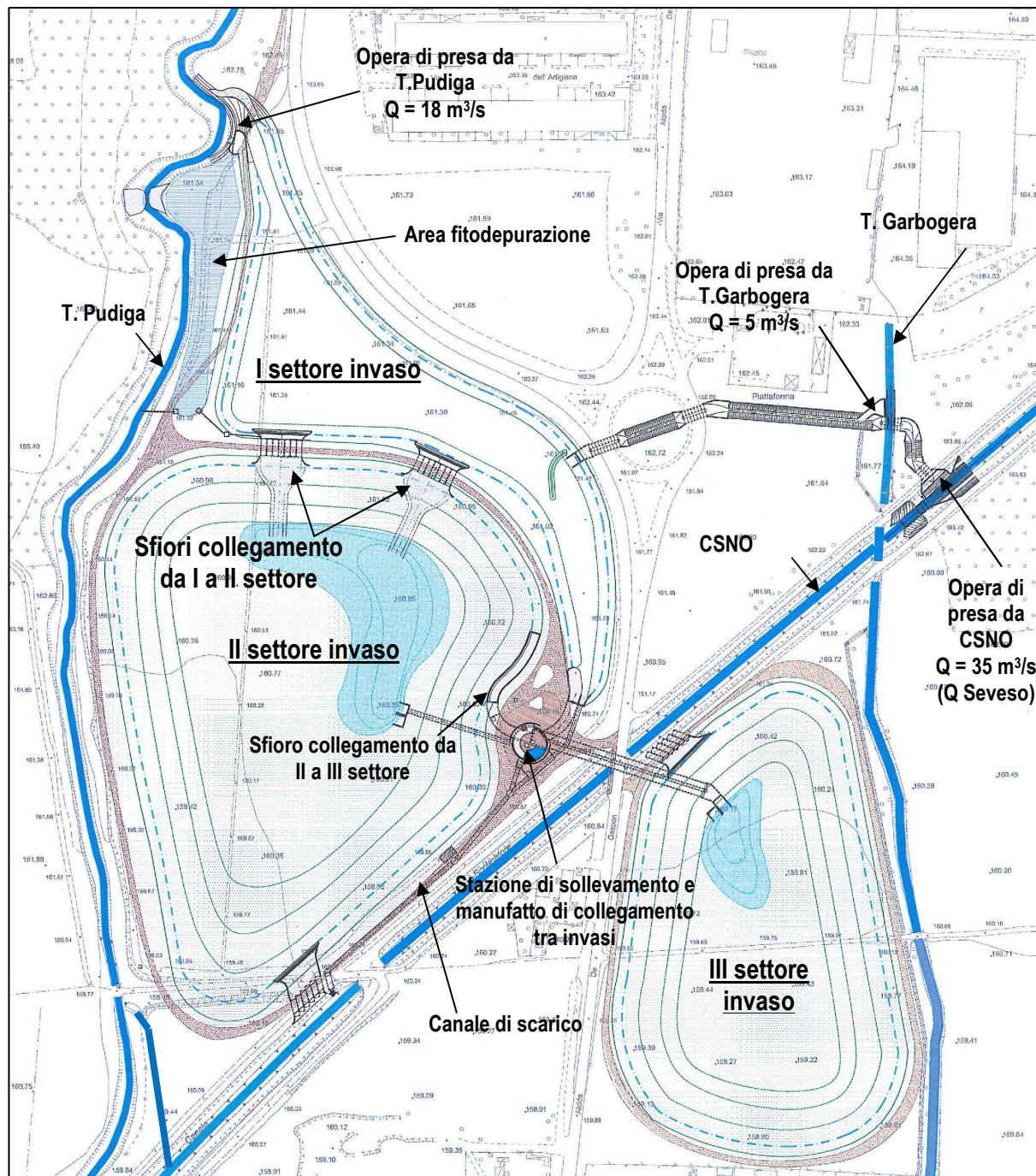


Figura 1 – Schema planimetrico del sistema idraulico della vasca di laminazione di Senago

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

Nella relazione idrologico-idraulica del presente Progetto Preliminare (elaborato RT.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 $58 \text{ m}^3/\text{s}$).

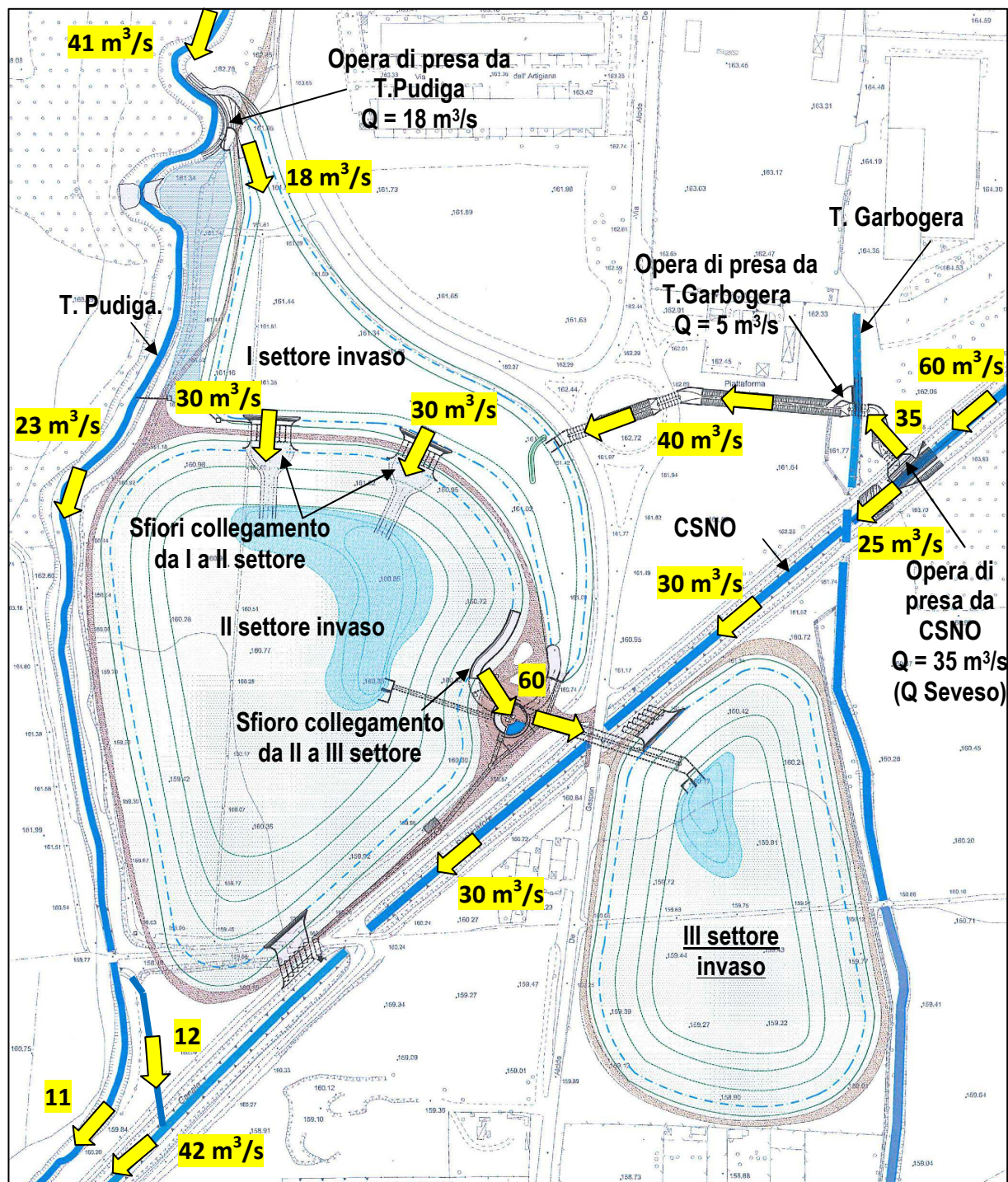


Figura 2 – Schema planimetrico del sistema idraulico della vasca di laminazione di Senago

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 1 – 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 CSNO, il volume che può essere deviato dal sistema T. Seveso/CSNO 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 CSNO 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.

3. DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

3.1 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 CSNO (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 CSNO;
- opere di valorizzazione paesaggistica.

Nei seguenti paragrafi vengono descritte le opere sopra citate.

3.2 VASCA DI LAMINAZIONE E RELATIVI MANUFATTI IDRAULICI DI COLLEGAMENTO

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 CSNO: 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 CSNO; 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 CSNO.

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

Tabella 2 – 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.

Nel primo settore dell'invaso, nel punto di immissione del canale di alimentazione proveniente dalla presa del CSNO e dalla presa del T. Garbogera, è previsto un pennello in massi con la funzione di indirizzare il flusso principale verso la porzione posta più a sud in modo tale da concentrare in un'area più limitata il trasporto solido e agevolare le operazioni di pulizia successive all'evento di piena.

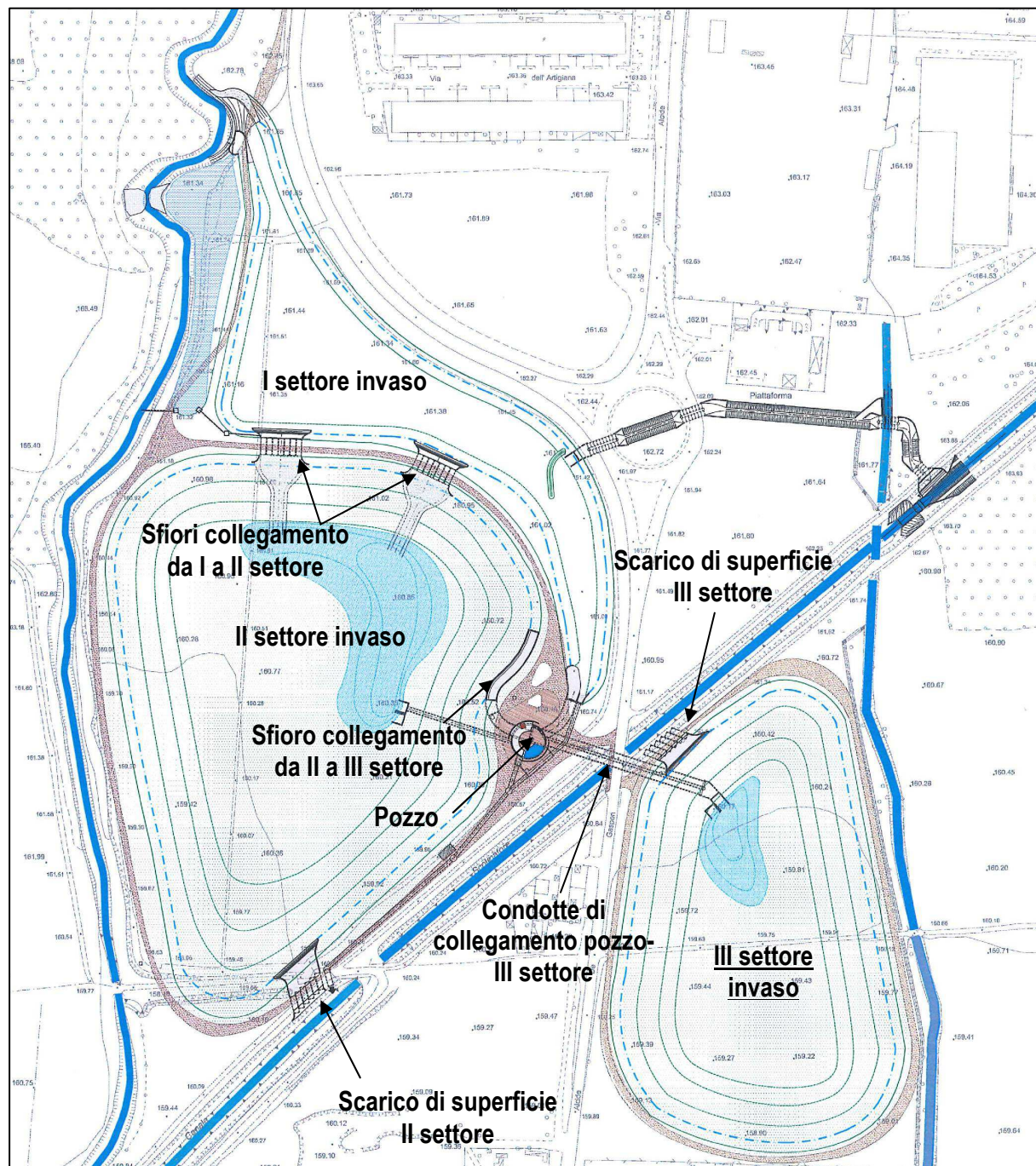


Figura 3 – Planimetria della vasca di laminazione di Senago con indicazione delle opere idrauliche

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

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 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 CSNO 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 CSNO 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.

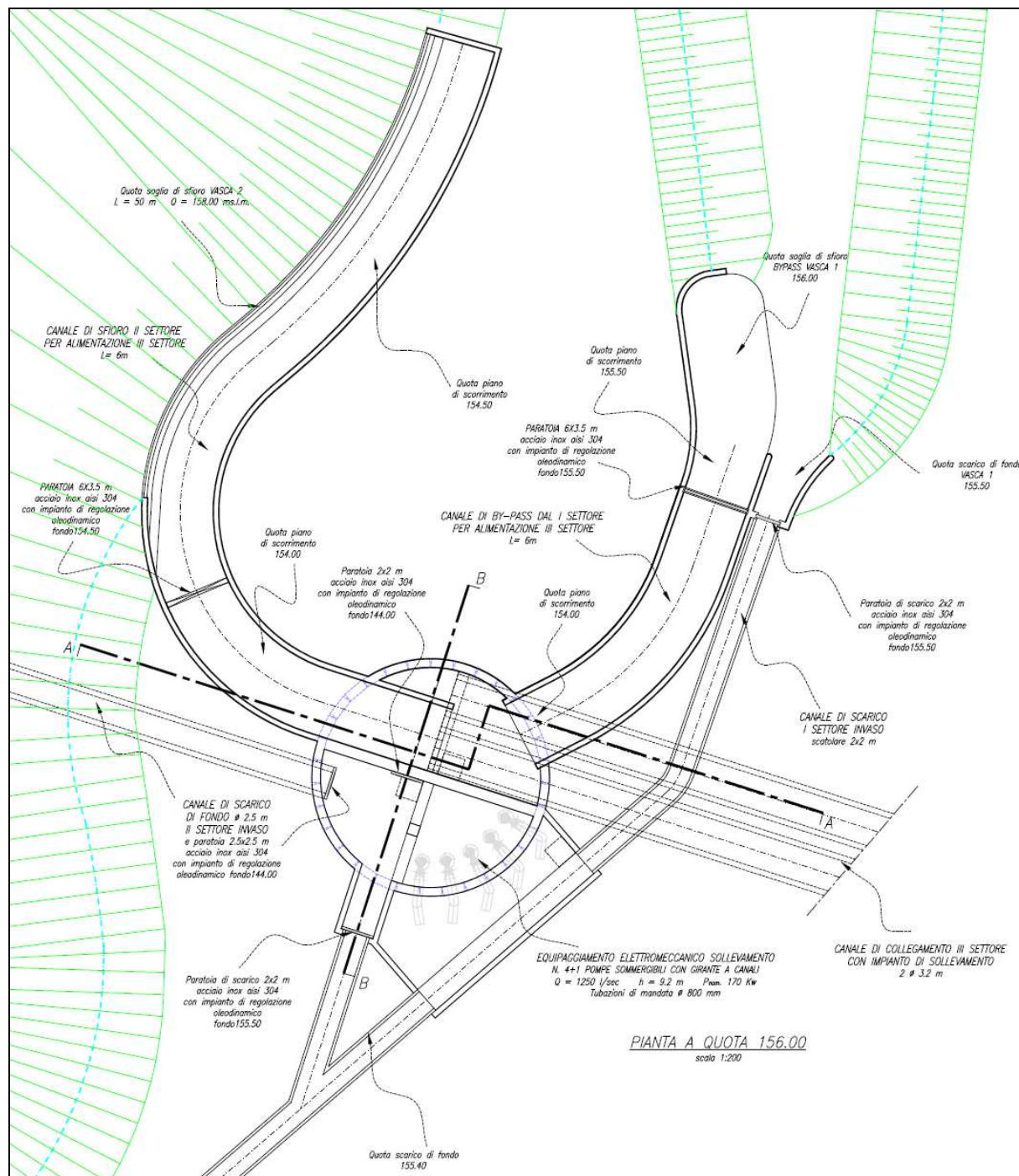


Figura 4 – Planimetria della soglia di sfioro, del canale di gronda e del pozzo

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

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 CSNO 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 CSNO; 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).

Per la realizzazione del pozzo si prevede l'uso di diaframmi in c.a. lungo tutto il suo sviluppo perimetrale. I diaframmi verranno realizzati dalla quota di 154 m s.m. (quota estradosso canali di gronda), per una altezza complessiva di 20 m.

Per ciascuna delle due suddette funzioni è destinata una delle due parti in cui è stato suddiviso il pozzo, mediante una parete verticale posta lungo il diametro e presente per tutta l'altezza del pozzo.

Nelle figure seguenti sono rappresentate le due parti in cui è suddiviso il pozzo.

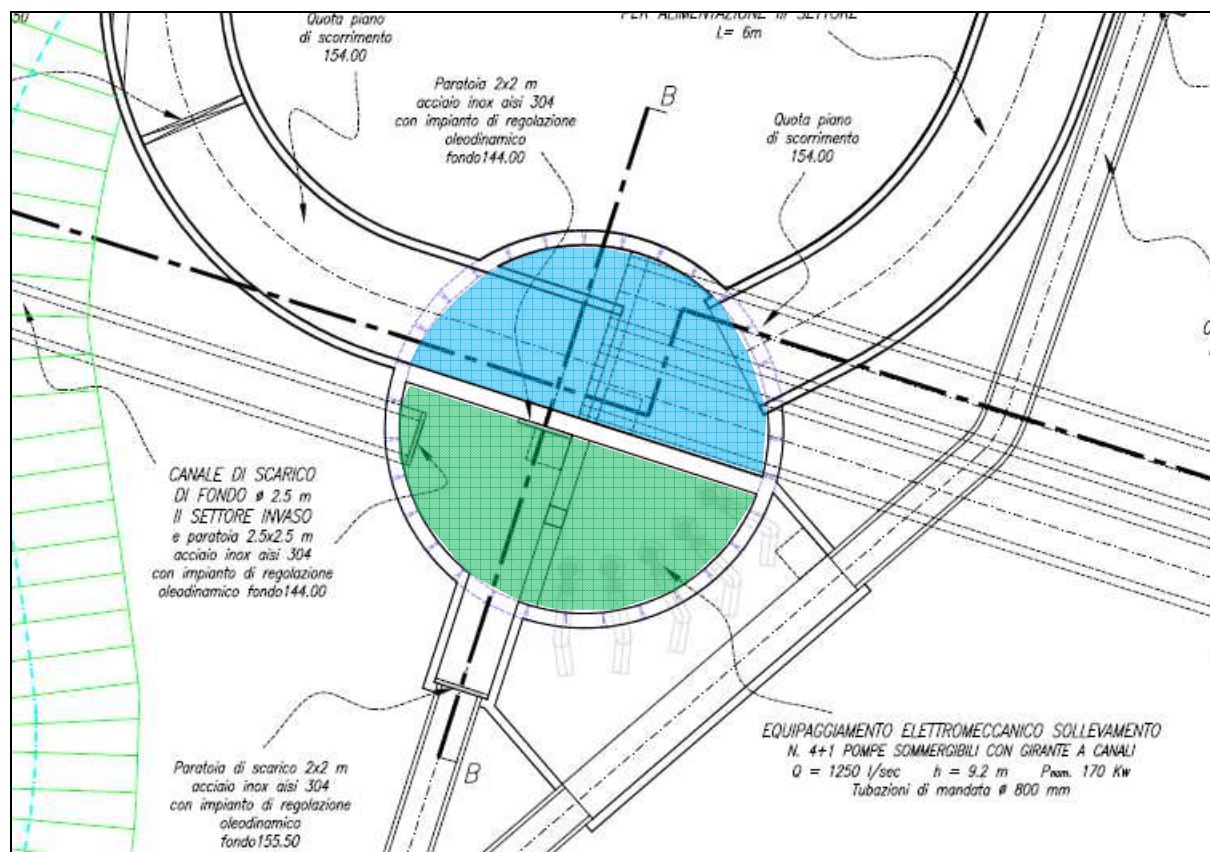


Figura 5 – Sezione trasversale del pozzo con indicazione del settore che svolge funzione di collegamento tra il secondo (o primo) e il terzo settore (area azzurra) e del settore che consente lo svuotamento del secondo e terzo settore dell'invaso (area verde)

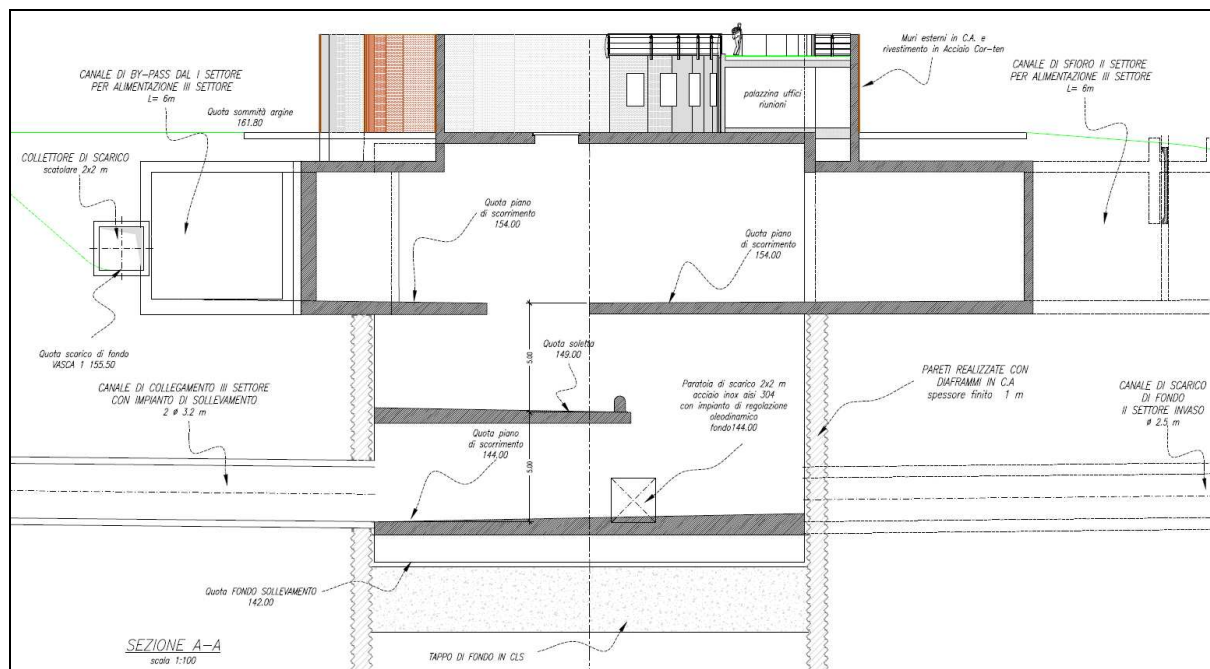


Figura 6 – Sezione longitudinale della porzione di pozzo che svolge la funzione di collegamento tra il secondo (o primo) e il terzo settore dell'invaso

Come mostrato in Figura 6, nella porzione del pozzo adibita all'alimentazione del terzo settore sono presenti dei setti orizzontali in c.a., contrapposti, con funzione di rompigitto per produrre la necessaria dissipazione dell'energia.

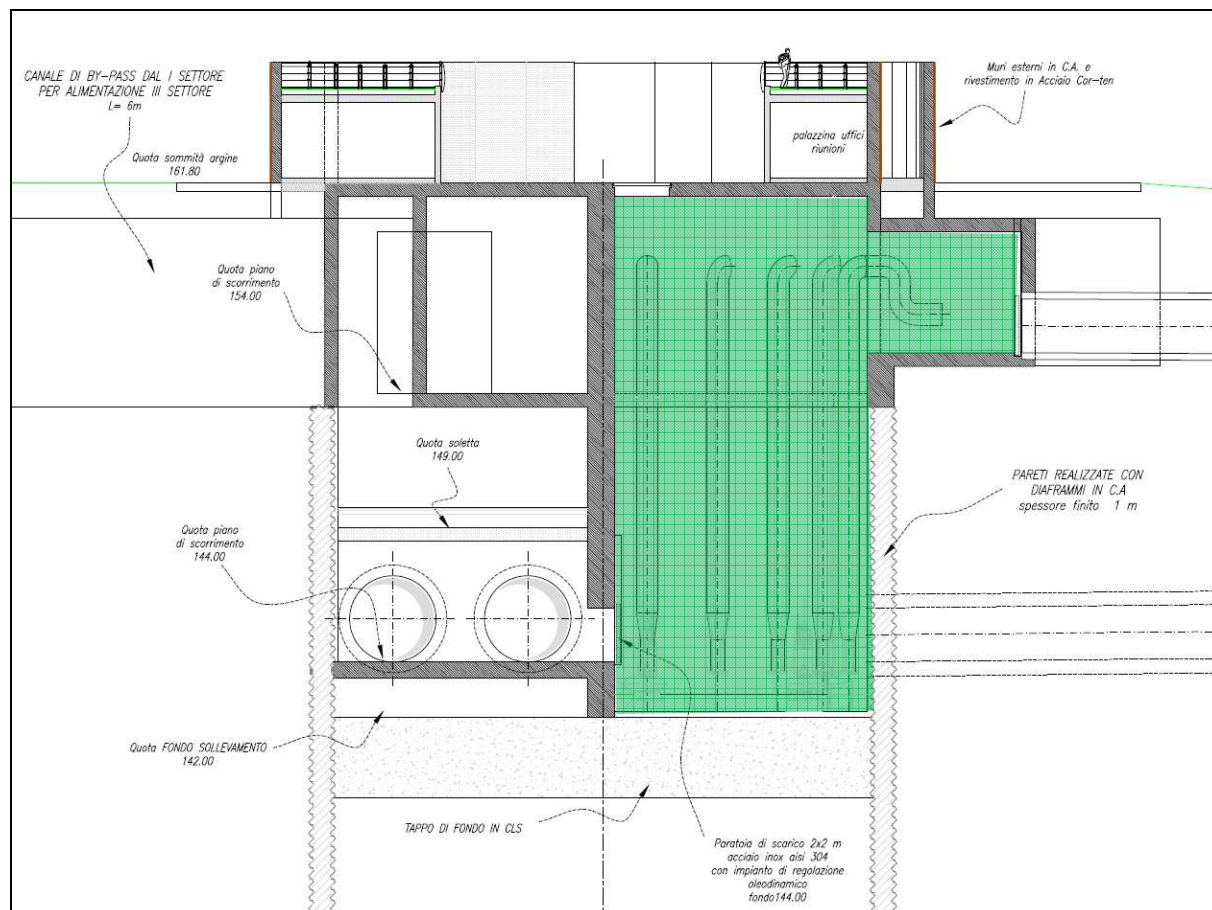





Figura 7 – Sezione longitudinale B-B del pozzo con indicazione della porzione ove sono localizzate le opere di scarico per lo svuotamento del secondo e terzo settore dell'invaso (area verde)

Il collegamento tra il pozzo e il secondo settore dell'invaso, per consentire lo svuotamento di quest'ultimo, avviene attraverso una tubazione in c.a., di diametro pari a 2.5 m.

Invece, il collegamento tra il settore del pozzo adibito allo scarico e il terzo settore dell'invaso avviene attraverso i suddetti condotti di alimentazione del terzo settore e mediante un'apertura della parete centrale, di dimensioni pari a 2x2 m munita di paratoia.

Sia tale tubazione, che le due tubazioni ϕ 3.2 m di collegamento del pozzo con il terzo settore dell'invaso, a causa delle quote di posa, dovranno essere realizzate mediante la tecnica del microtunneling o dello spingitubo.

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

Per consentire il corretto funzionamento del sistema di laminazione suddiviso in tre settori, il progetto prevede l'utilizzo di alcune paratoie di regolazione, le cui posizioni sono riportate in Figura 8; in particolare:

- Paratoia P3: è una paratoia in acciaio inox di dimensioni pari a 2.5 x 2.5 m, inserita nel pozzo di sollevamento, che apre/chiude lo scarico di fondo della vasca 2 verso il pozzo di sollevamento. Durante la fase di riempimento e svuotamento dell'invaso, la paratoia è aperta. La paratoia è chiusa solo quando il secondo settore dell'invaso è in manutenzione;
- Paratoia P4: è una paratoia in acciaio inox di dimensioni pari a 2 x 2 m, inserita nel pozzo di sollevamento, che apre/chiude il passaggio del comparto del pozzo collegato al terzo settore dell'invaso con il comparto del pozzo che svolge la funzione di svuotamento dell'invaso. Durante la fase di riempimento dell'invaso tale paratoia è chiusa. La paratoia viene aperta (se il terzo settore dell'invaso è stato invasato, anche se parzialmente) quando si svuota l'invaso;
- Paratoie P5.1 e P5.2: sono le due paratoie in acciaio inox di dimensioni pari a 2 x 2 m, poste sui due rami del canale di scarico delle vasche verso il CSNO, rispettivamente sul ramo in uscita dal pozzo di sollevamento e sul ramo di uscita dal primo settore della vasca; tali paratoie sono normalmente chiuse e si aprono solo quando il CSNO è ricettivo per lo scarico delle vasche;
- Paratoia P6: è una paratoia in acciaio inox di dimensioni pari a 6 x 3.5 m, che apre/chiude il canale di gronda alimentato dallo sfioro del secondo settore della vasca; tale paratoia è normalmente aperta e si chiude solo in caso di manutenzione del secondo settore dell'invaso o del terzo settore;
- Paratoia P7: è una paratoia in acciaio inox di dimensioni pari a 6 x 3.5 m, che apre/chiude l'uscita del primo settore dell'invaso verso il pozzo e quindi verso il terzo settore della vasca; tale paratoia è normalmente chiusa e si apre solo in caso di manutenzione del secondo settore della vasca.

Come si evince, tutte le paratoie sono del tipo ON/OFF, prevedono cioè o la totale chiusura o la totale apertura.

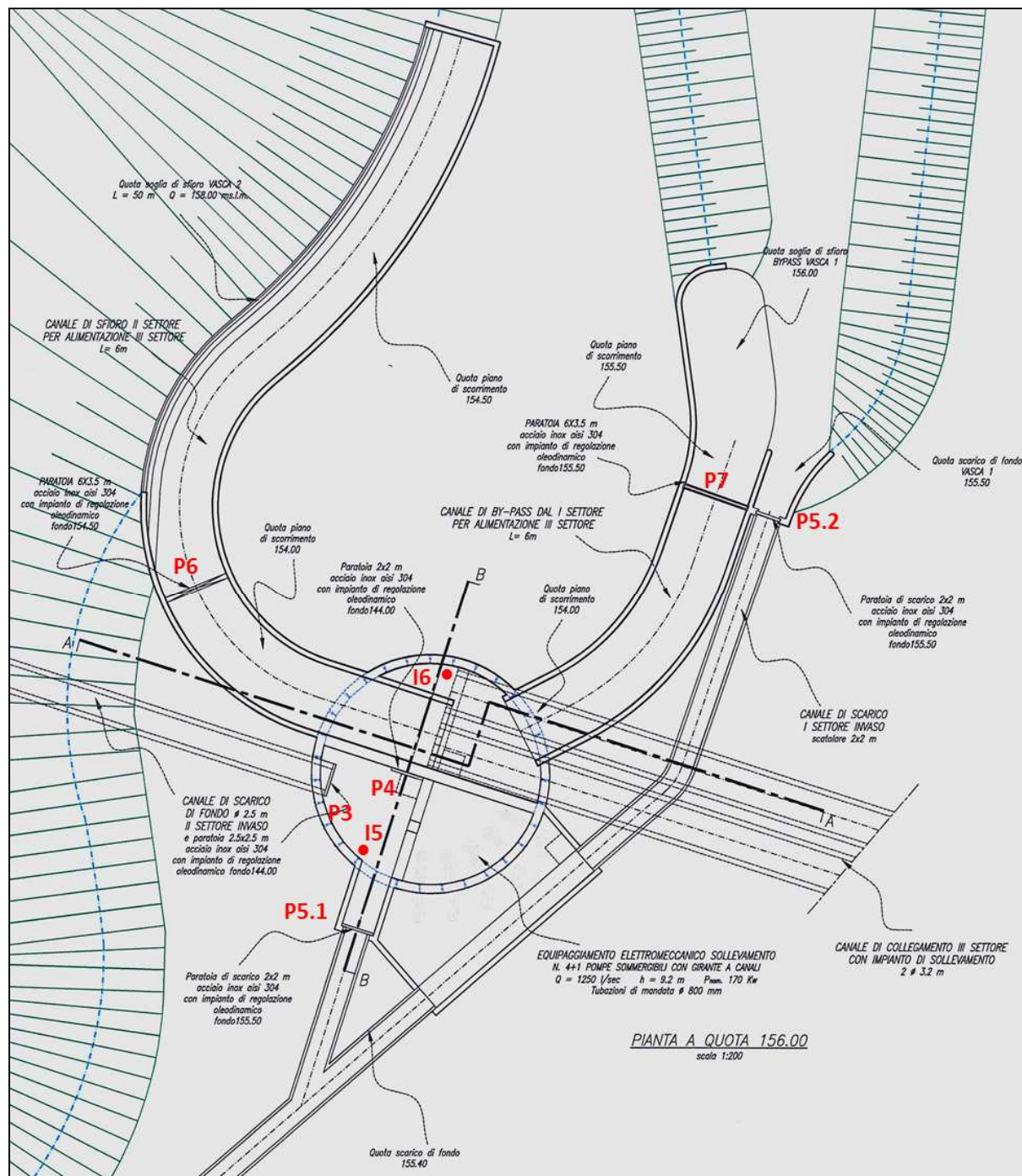


Figura 8 – Vasche di laminazione in progetto. Posizionamento delle paratoie

L'invaso di laminazione di Senago, come ogni vaso 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

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

eccedano quelle invasabili.

Siccome l'invaso in oggetto è in parte ottenuto attraverso la realizzazione di un'opera di contenimento in materiali sciolti (argine perimetrale di altezza variabile, rispetto al piano campagna, tra 0 e 3.3 m per contenere il livello idrico in condizioni di attivazione dello scarico di superficie con adeguati franchi di sicurezza), la normativa prescrive che attraverso lo scarico di superficie deve essere evacuata l'intera portata di piena.

Nel caso in oggetto gli scarichi di superficie sono costituiti da due soglie fisse in c.a., con profilo curvilineo del tipo *Creager-Scimemi*, caratterizzati ciascuno da una lunghezza di 30 m. In relazione al livello idrico che si instaura all'interno del secondo settore dell'invaso e del livello di piena presente nel CSNO in corrispondenza dello scaricatore di superficie del III settore, sono state scelte le seguenti quote delle soglie di sfioro:

- scarico di superficie del II settore: 159.00 m s.m.
- scarico di superficie del III settore: 159.50 m s.m.




Considerando la quota più alta e sommando l'altezza idrica che si instaura al di sopra della soglia dello scarico di superficie, pari a 1 m, si ha che la quota di massimo invasò è pari a 160.50 m s.m..

Secondo quanto indicato nel D.G.R. del 5 marzo 2001 n. 7/3699 – “*Direttiva per l'applicazione della legge regionale 23 marzo 1998, n. 8 in materia di costruzione, esercizio e vigilanza degli sbarramenti di ritenuta e dei bacini di accumulo di competenza regionale*”, siccome l'opera in oggetto presenta delle arginature perimetrali in materiali sciolti di altezza inferiore a 10 m e la lunghezza libera dell'invaso è inferiore a 1 km, il franco di sicurezza deve essere almeno pari ad 1 m.

Pertanto la quota di coronamento delle arginature perimetrali deve essere almeno pari a 161.50 m s.m.. In relazione al fatto che durante il funzionamento dello scarico di superficie il livello nel CSNO potrebbe raggiungere valori tali da rigurgitare le soglie di sfioro, si è deciso di porre la quota di coronamento a 161.80 m s.m..

Per garantire tale quota è necessario realizzare delle arginature perimetrali ai tre settori che costituiscono l'invaso di laminazione di Senago.

L'altezza massima di tali arginature si raggiunge in corrispondenza del terzo settore dell'invaso, che è quello caratterizzato da quote del piano campagna più basse rispetto agli altri due settori. In particolare, la massima altezza delle arginature si ha lungo il lato sud, ed è pari a circa 3.0÷3.2 m rispetto all'attuale quota del piano campagna (valori minimi pari a

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

158.6÷158.8 m s.m.).

Negli altri lati del terzo settore e negli altri settori dell'invaso le altezze delle arginature sono inferiori ed in alcuni casi non sono necessarie, in quanto l'attuale quota del piano campagna è maggiore della suddetta quota di sicurezza pari a 161.80 m s.m. (es. nella parte più a nord del primo settore).

3.3 OPERE DI PRESA

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

3.3.1 Opere di presa sul CSNO

L'opera di presa sul CSNO 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 CSNO 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.

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

A valle della soglia di sfioro è prevista una platea di raccordo con il canale di alimentazione dell'invaso di laminazione di Senago, posta a quota 156,6 m s.m..

Lungo il CSNO, dopo la soglia sfiorante 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.

Nel CSNO, a valle dell'opera di presa, è presente un salto di fondo di altezza pari a circa 2 m (quota di fondo a valle del salto pari a circa 157.0 m s.m.).

Per dissipare l'energia della corrente, alla base del salto è presente una vasca di dissipazione (di dimensioni pari a 13 m di lunghezza e 5 m di larghezza) che verrà integrata con dei denti in c.a. del tipo II-USBR (Figura 10).



Figura 9 – Vasca di dissipazione esistente a valle del salto ove a monte è prevista la realizzazione dell'opera di presa dal CSNO

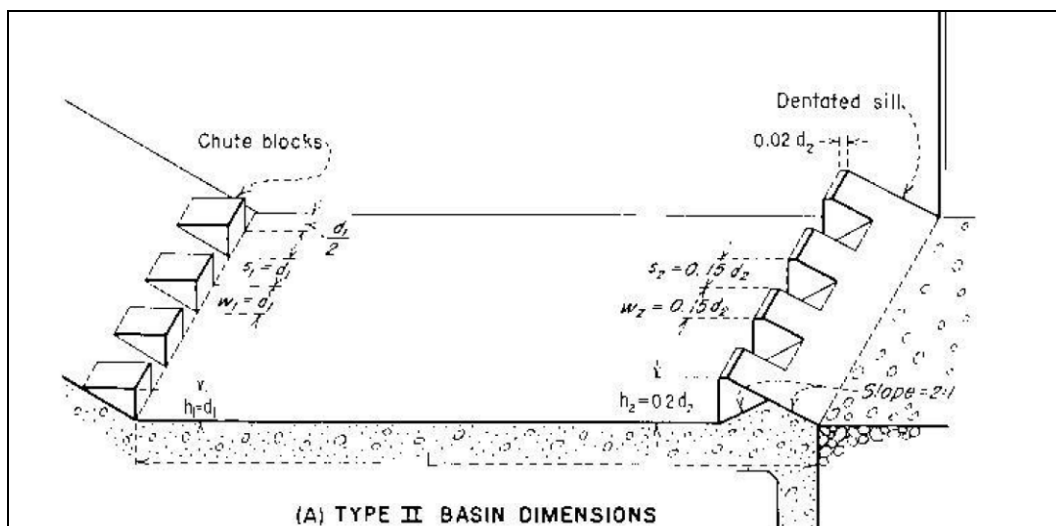





Figura 10 – Opere di dissipazione a vasca – USBR tipo II

3.3.2 Opere di presa sul T. Garbogera

L'opera di presa sul T. Garbogera è costituita da uno sfioratore laterale del tipo a stramazzo,

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

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.

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

A valle della soglia di sfioro è prevista una platea di raccordo con il canale di alimentazione dell'invaso di laminazione di Senago, posta a quota 157,50 m s.m..

Dopo la soglia sfiorante, lungo il T. Garbogera, 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.

3.3.3 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.

Il profilo trasversale della soglia sfiorante è del tipo a larga soglia.

A valle della soglia di sfioro è previsto uno scivolo di raccordo con il primo settore dell'invaso di laminazione di Senago, caratterizzato da una quota di fondo pari a circa 156,00 m s.m..

Dopo la soglia sfiorante, lungo il T. Pudiga, 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.

3.4 CANALE DI ALIMENTAZIONE DEL PRIMO SETTORE DI INVASO

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

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

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 CSNO) 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 rinverdita e rinforzata con geogriglie.

Il tratto posto al di sotto della strada alzaia (lunghezza pari a 6 m) è costituito da n. 2 file di scatolari in c.a., di dimensioni interne pari a 3x3.25 m.

Il tratto posto al di sotto del T. Garbogera (lunghezza pari a 12 m) è costituito da n. 2 file di scatolari in c.a., di dimensioni interne pari a 3x3 m. L'altezza di 3 m del manufatto di sottopasso è vincolato dalla quota di fondo del torrente che è pari a circa 160 m s.m., per cui la conseguente quota di estradosso del manufatto è stata assunta pari a 159.5 m s.m., 3 m al di sopra della quota di fondo del canale, pari a 156.5 m s.m.. La quota del canale non può essere ulteriormente abbassata, tenuto conto che la quota di fondo della sezione terminale è pari a 156 m s.m., 0.5 m al di sopra del fondo del primo settore dell'invaso.

I due tratti posti al di sotto della strada provinciale 175 (lunghezza complessiva pari a circa 32 m) sono costituiti ciascuno da n. 2 file di scatolari in c.a., di dimensioni interne pari a 3x4 m.

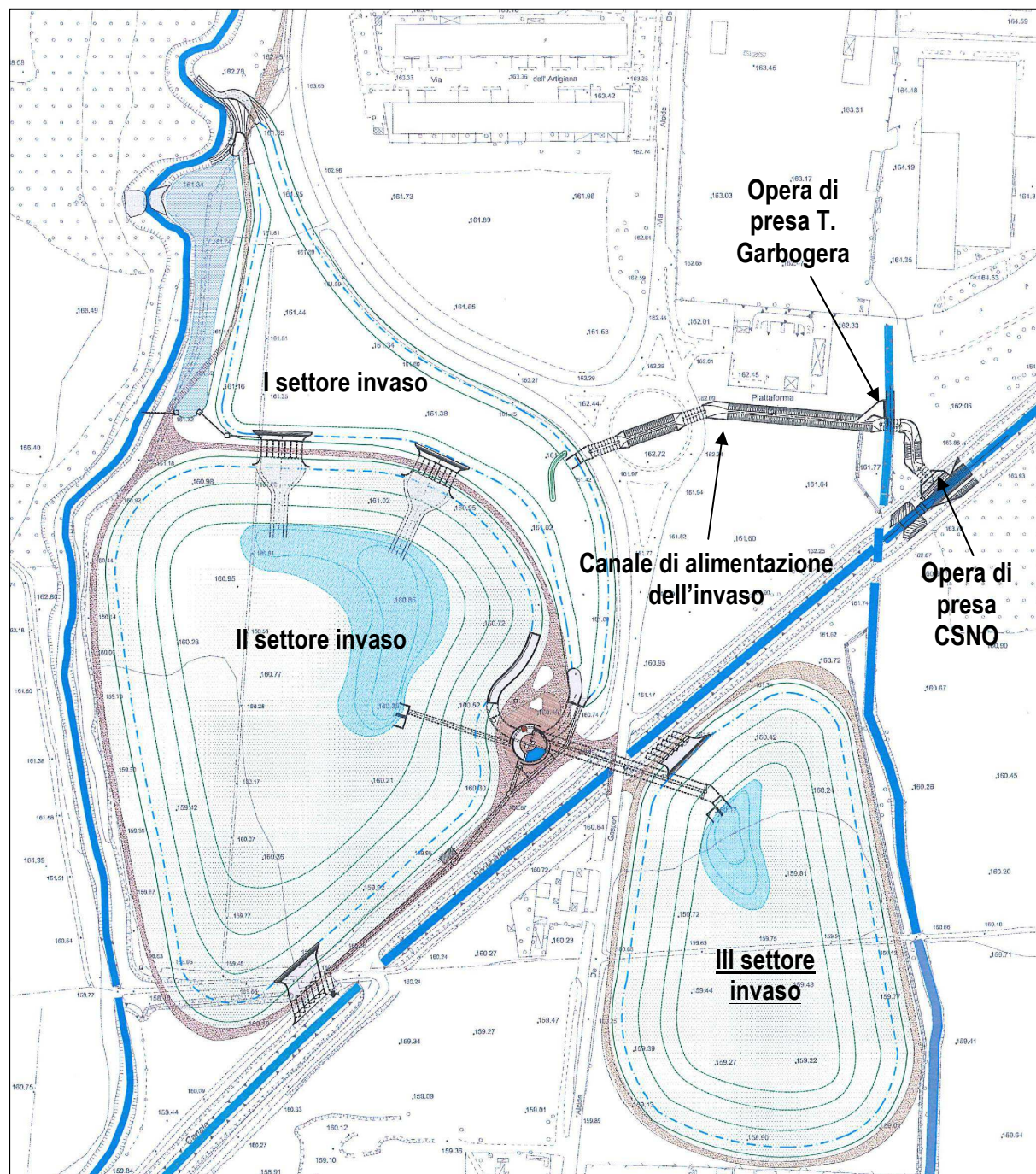


Figura 11 – Planimetria della vasca di laminazione di Senago con indicazione delle opere idrauliche di alimentazione del primo settore di invaso

3.5 SISTEMA DI SCARICO DELL'INVASO

Lo svuotamento dell'invaso di Senago avviene scaricando la portata nel CSNO.

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

a 159.0 m s.m., fino alla quota di fondo invaso, pari a 155.5 m s.m.);

- *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 CSNO 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).

Per stabilire la portata di svuotamento dell'invaso, si è fatto riferimento a quanto indicato nel D.G.R. del 5 marzo 2001 n. 7/3699 – “Direttiva per l'applicazione della legge regionale 23 marzo 1998, n. 8 in materia di costruzione, esercizio e vigilanza degli sbarramenti di ritenuta e dei bacini di accumulo di competenza regionale”.

In particolare nel suddetto decreto si afferma che per un invaso di volumetria pari a circa 1'000'000 m³, il tempo di svuotamento non deve essere superiore a 72 ore (3 giorni).

La portata media che consente il rispetto di tale tempo di svuotamento è pari a 3.7 m³/s.

Nel presente progetto si è fissata 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). Tale scelta è stata effettuata tenendo in conto della necessità di rendere l'invaso di laminazione nuovamente ricettivo in tempi rapidi, per poter accogliere eventuali eventi di piena tra loro molto ravvicinati.

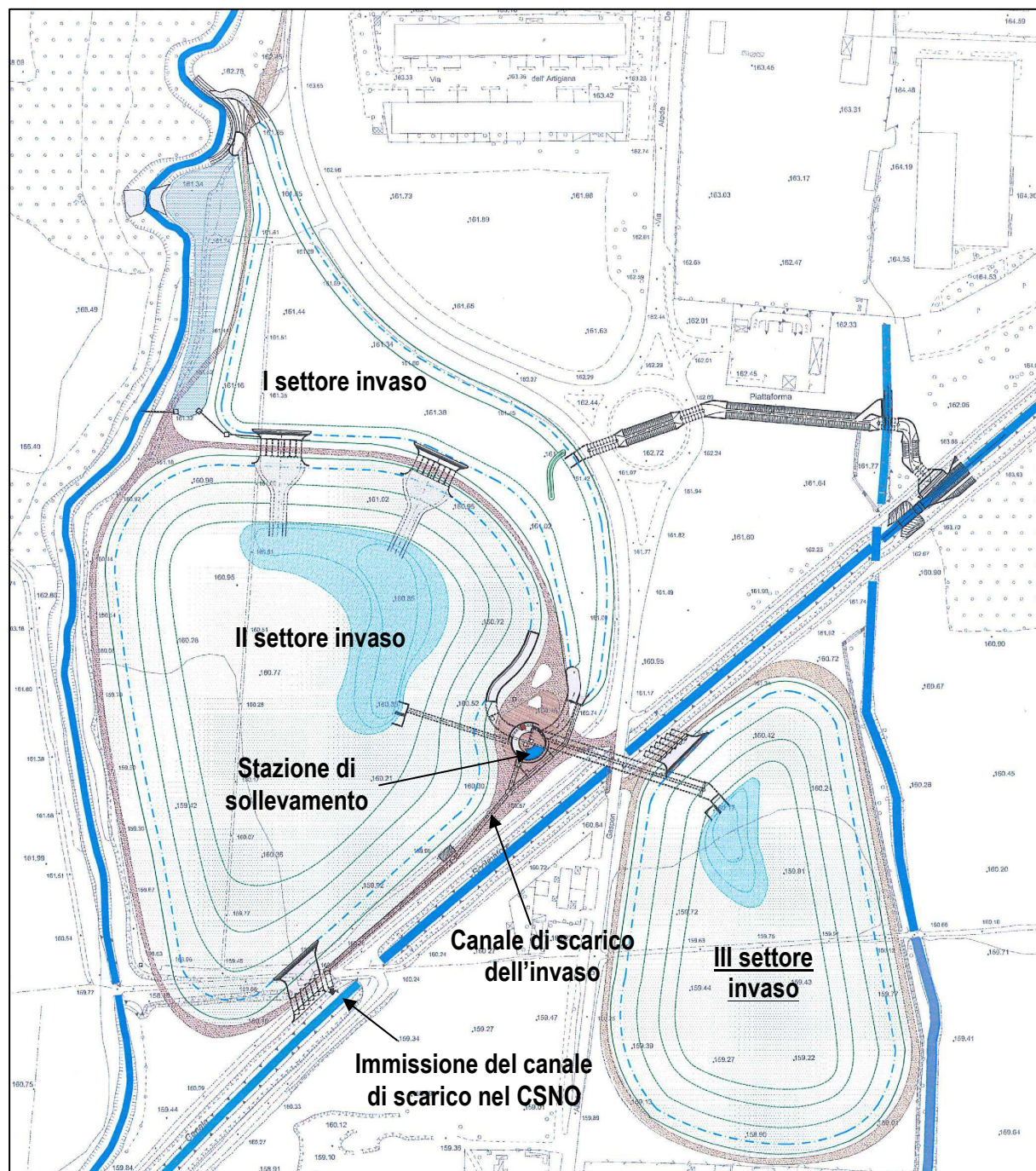


Figura 12 – Planimetria della vasca di laminazione di Senago con indicazione delle opere idrauliche di scarico

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 CSNO 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 CSNO è stata posta pari a 155.25 m s.m.. La pendenza del canale è pertanto pari a 1‰.

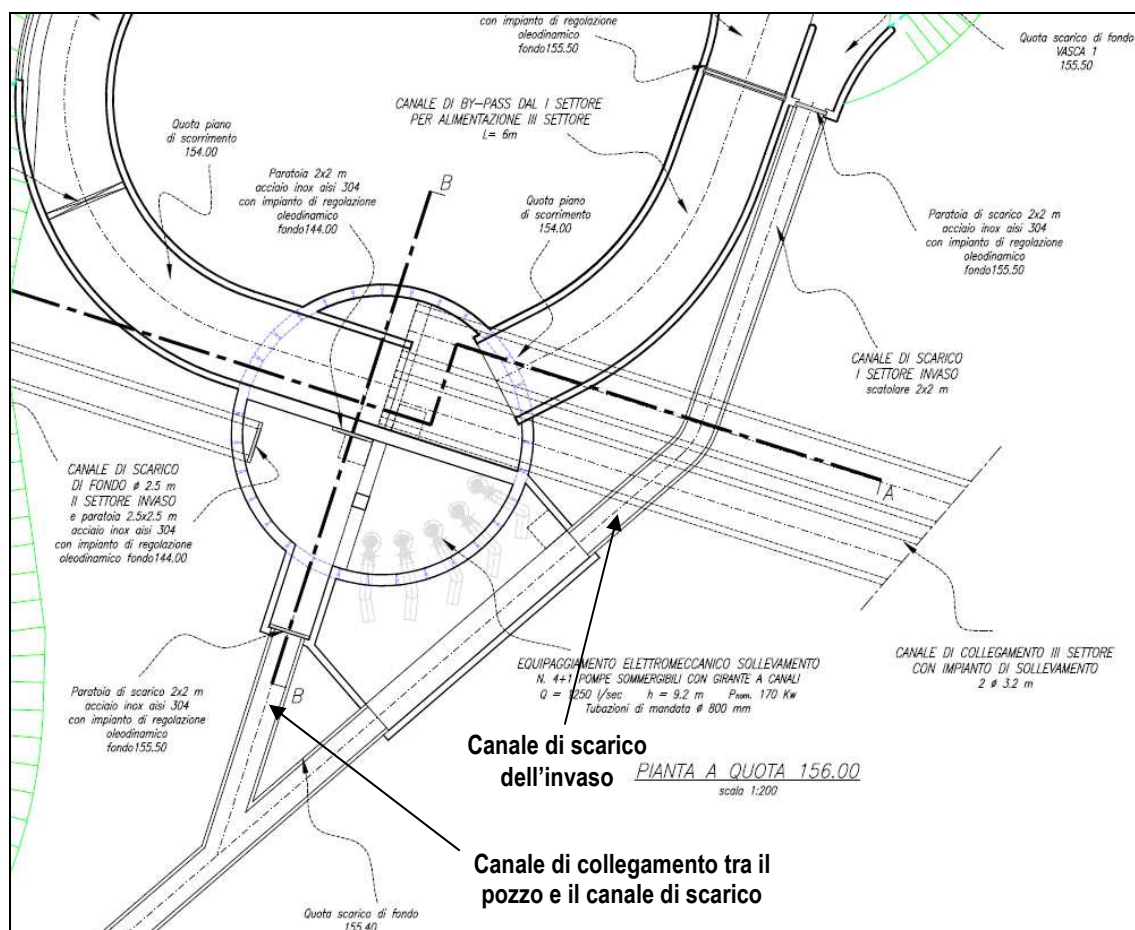


Figura 13 – Planimetria con indicazione delle opere di scarico dell'invaso

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.

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

La porzione di volume del secondo e terzo settore che può essere svuotata a gravità viene immessa nel suddetto canale di scarico nel CSNO 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 CSNO 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

I valori sopra riportati variano in funzione del livello idrico all'interno del pozzo.

A ciascuna pompa è collegato una tubazione di mandata DN800 mm.

In generale, lo scarico avviene solo quando il CSNO è ricettivo e cioè solo quando il suo livello idrico a valle dell'immissione del canale di scarico, in funzione della portata in esso defluente, è minore di un valore prefissato. In attesa di più precise determinazioni in occasione delle successive progettazioni esecutive, tale valore è qui individuato in 155.65 m s.m. (tirante di 0,50 m nel CSNO).

Quando tali condizioni di ricettività del CSNO sono verificate, lo scarico avviene attraverso l'apertura delle paratoie poste all'imbocco del canale di scarico e del tratto di collegamento pozzo/canale di scarico, in modo che possa fuoriuscire a gravità il volume invasato al di sopra della suddetta quota di 155.50 m s.m.. Quando la parte di volume posta al di sopra di tale quota si sta esaurendo, vengono attivate le pompe di sollevamento con autonoma sequenza di attivazione.

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

Nella relazione geologica-idrogeologica allegata al progetto (elaborato A.4.3) sono riportate le informazioni relative al livello della prima falda e alle possibili interazioni con le opere di

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

laminazione in progetto.

La quota media della I falda nell'area di intervento, tratta dal SIF della Provincia di Milano con riferimento al mese di settembre 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.

Nelle indagini eseguite per il presente lavoro, stante l'importanza dell'aspetto idrogeologico, si è deciso di realizzare un piezometro, che è stato autorizzato dalla Provincia di Milano ed inserito nel SIF con il codice 0152060046.

La quota piezometrica 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 importanza, perché condiziona la quota zero di inizio dell'invaso di laminazione, nonché le eventuali opere in falda.

A tal fine si è ritenuto di procedere ad una serie di valutazioni ed analisi relativamente all'aspetto specifico.

Nello studio di fattibilità del 2011 erano stati utilizzati come riferimento per la valutazione della massima quota della falda i dati del piezometro cod. 0152060023, ubicato presso la cava attiva posta a circa 600 metri ad est della zona di intervento. I dati disponibili avevano indicato i seguenti elementi:

- massimo livello della falda quota 144 m s.m. (minima soggiacenza)
- minimo livello di falda quota 135 m s.m. (massima soggiacenza)

Il livello attuale della falda, misurato nel piezometro, è risultato superiore (145,41 m s.m.) e quindi si è approfondita l'analisi, avendo anche una superiore disponibilità di dati.

L'immagine seguente mostra il confronto diretto tra la piezometria della I falda al settembre 2007 ed al settembre 2011 nella zona.

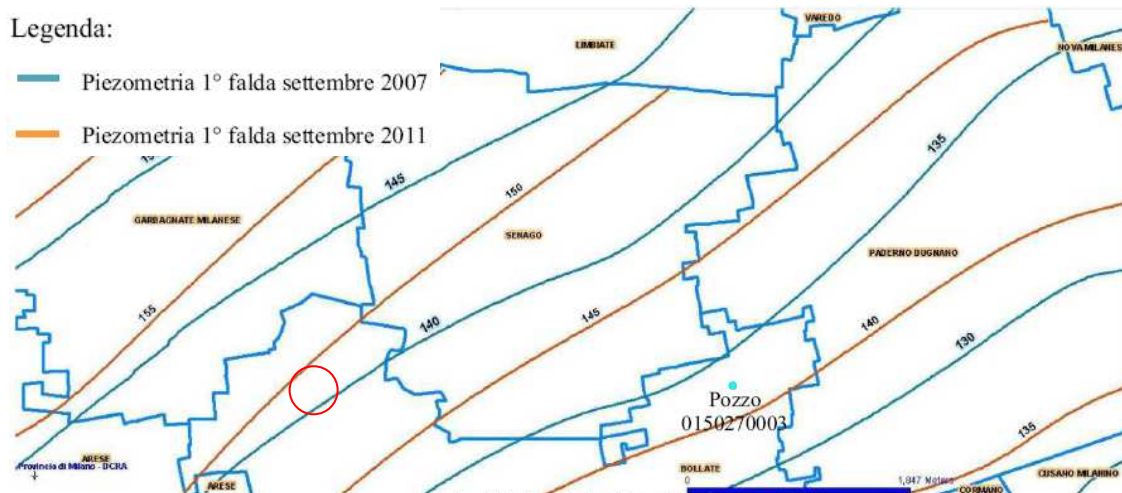


Figura 14 – Confronto tra la piezometria dalla I falda al sett. 2007 ed al sett. 2011 (fonte: SIF Provincia di Milano)

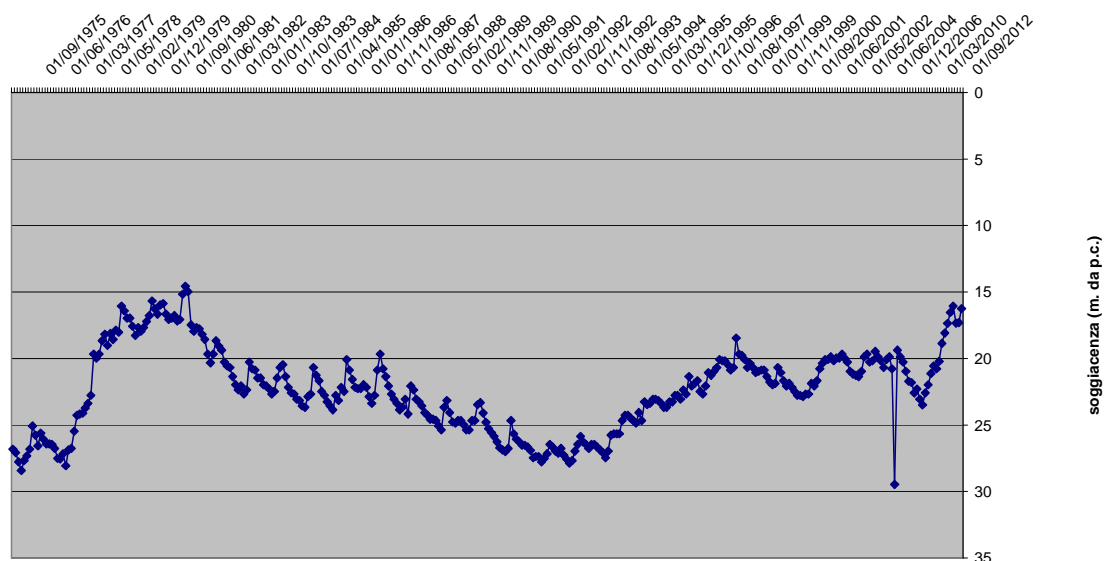
La carta evidenzia un netto innalzamento della quota di falda dal 2007 al 2011: la superficie piezometrica passa nella zona interessata dalle opere da una quota di circa 137-138 m s.m. ad una quota di 145 m s.m., con un innalzamento di circa 7-8 metri.

Al fine di ampliare al massimo il periodo di verifica dei livelli di falda, si è effettuata la ricerca sul SIF Provinciale, dei pozzi e dei piezometri con il periodo di controllo più esteso temporalmente.

A tal fine sono stati individuati n° 2 pozzi del Comune di Bollate ed 1 pozzo del Comune di Senago. I dati della soggiacenza della falda sono di seguito visualizzati:

COMUNE DI BOLLATE - POZZO POTABILE cod. 0150270001

Soggiacenza (m. da p.c.)



COMUNE DI BOLLATE - POZZO POTABILE cod. 0150270003

Soggiacenza (m. da p.c.)

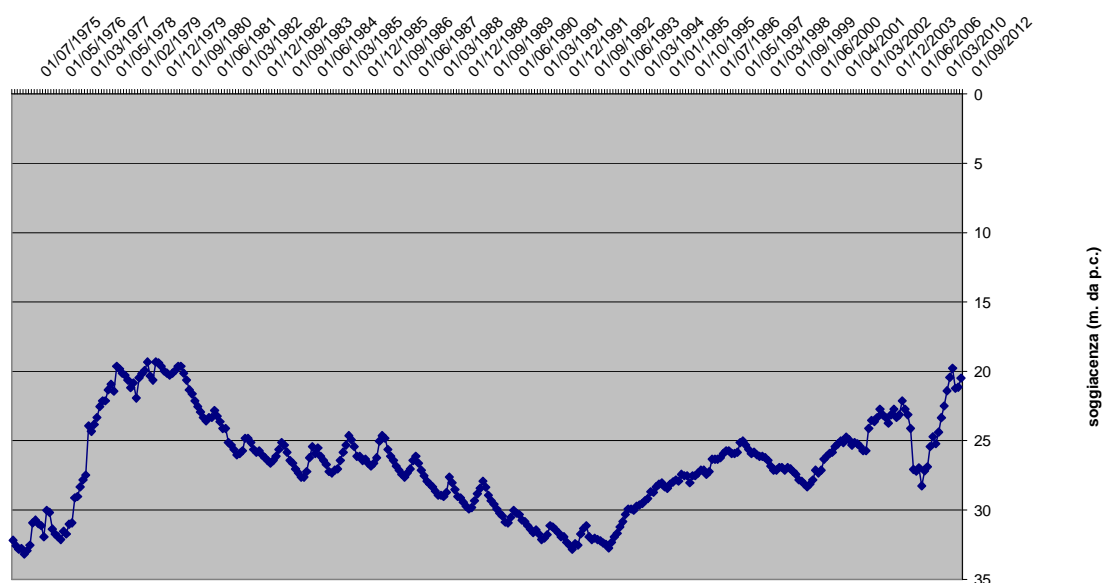


Figura 15 – Andamento della soggiacenza dal 01/01/1975 al 01/09/2012 per i pozzi potabili del Comune di Bollate cod. 0150270001 - 0150270003

Per il Comune di Senago il periodo di misura è nettamente inferiore ai precedenti.

COMUNE DI SENAGO - POZZO POTABILE cod. 0152060004

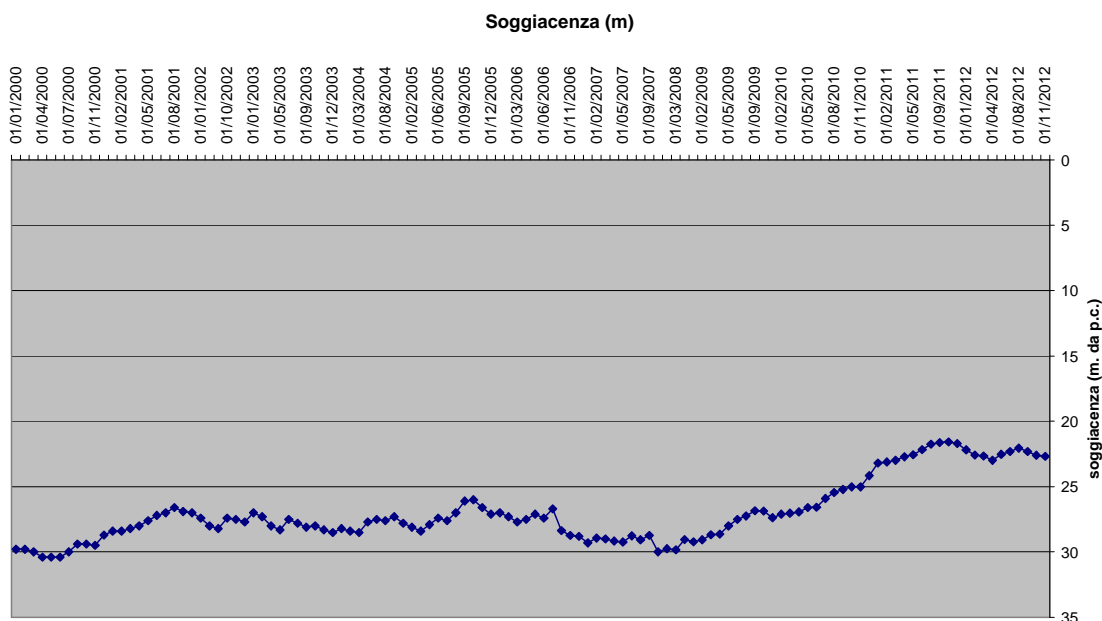


Figura 16 – Andamento della soggiacenza dal 01/01/2000 al 01/11/2012 per il pozzo potabile del Comune di Senago cod. 0152060004

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

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




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 evidenziano 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 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 fondo dell'invaso di laminazione da 144 m s.m., prevista nello studio di fattibilità, a 146 m s.m.,

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

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.

L'assetto sopra descritto, che prevede la possibile interazione tra l'invaso e la falda, impone di adottare 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;
- 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 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.

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.

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

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

Nel dettaglio, il rivestimento della sponda e del fondo degli invasi può essere così composto:

- profilo di scavo regolarizzato mediante posa di terreno fine, proveniente dallo scavo, spessore circa 20 cm;

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

- impermeabilizzazione mediante posa di geocomposito bentonitico con superficie irruvidita;
- copertura con terreno proveniente dallo scavo (spessore medio di circa 80 cm) per protezione del geocomposito bentonitico;
- copertura con terreno di coltivo (spessore di circa 20 cm) per inerbimento e piantumazione di essenze vegetali.

3.7 SISTEMA DI FITODEPURAZIONE

3.7.1 Premessa




Il presente Progetto Preliminare della vasca di laminazione sul fiume Seveso in Comune di Senago (MI) prevede di inserire 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 tirante idrico medio pari a 1 m e quindi un volume idrico 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.

3.7.2 Benefici conseguibili con la fitodepurazione

In tale contesto l'area di fitodepurazione viene a costituire un ecosistema filtro ed ha in primo luogo una finalità di tipo ambientale, paesaggistico e ricreativo, tenendo anche conto dell'immediata adiacenza con il Parco delle Groane. A questo si aggiunga una finalità dimostrativa e sperimentale dei miglioramenti qualitativi ottenibili per le acque ordinarie del Pudiga, tenendo conto che l'impatto urbano comunque gravante su di esse sarà sempre presente, in qualche misura, e che quindi è essenziale il massimo affinamento conseguibile

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

con interventi di tipo naturale sulle stesse acque del torrente; in proposito si pensa che con campagne sperimentali di monitoraggio di portate e parametri di qualità in ingresso e in uscita potranno ottenersi dati utili per poter estendere interventi di affinamento di tipo naturale in altri tratti dei corsi d'acqua della zona.

I vantaggi degli ecosistemi filtro si possono riassumere nell'abbattimento di un 30% circa di BOD5, COD e azoto totale, di una rimozione di Solidi Sospesi che può superare il 70% e in una significativa riduzione della carica batterica (da 1 a 3 ordini di grandezza in funzione della qualità iniziale). Meno lineare è la rimozione del fosforo che risente di diversi fattori quali il potenziale ossido-riduttivo, il pH, la presenza di sali metallici o di calcio. Risultati interessanti si ottengono anche in termini di rimozione della carica batterica fecale che risente dell'effetto congiunto della competizione con altri microrganismi, della filtrazione (nel caso di vegetazione su substrato) e della variazione di pH (nei sistemi a flusso superficiale) per effetto della fotosintesi. Naturalmente, l'efficienza di rimozione per i diversi parametri dipende dalla concentrazione iniziale, nonché dal tempo di ritenzione idraulica che, nel caso in esame, sarà fortemente dipendente dall'andamento climatico.

3.7.3 Scelta della tipologia di impianto

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.*). Queste, infatti, se raggiungono elevate densità, possono provocare aumenti nei valori di BOD5 in uscita durante la stagione estiva, con conseguenti diminuzioni della disponibilità di ossigeno e variazioni nei cicli di azoto e fosforo dovuti all'instaurarsi di condizioni anossiche e riducenti all'interno del sistema.

L'efficienza dei sistemi a flusso superficiale per unità di superficie è inferiore a quella dei sistemi a flusso sub-superficiale, ma la penetrazione della colonna d'acqua da parte dei raggi solari permette un aumento dell'abbattimento della carica batterica grazie all'azione dei raggi UV (ANPA 2002). Inoltre, l'evaporazione e l'evapotraspirazione sono ovviamente più rilevanti, fenomeno auspicabile nel caso in esame.

I trattamenti a flusso superficiale si ottengono in habitat artificiali costituiti da bacini poco profondi (il battente idrico è a quota di 10-15 cm dal fondo del bacino), in genere

naturalmente o artificialmente impermeabilizzati, sul cui fondo viene posto un idoneo substrato di crescita delle idrofite (costituito normalmente da terreno naturale o lettiera). La superficie dell'acqua risulta costantemente al di sopra del substrato e, pertanto questa è sempre esposta all'atmosfera. Solitamente viene mantenuta una pendenza costante (0,3-2 %), allo scopo di favorire il regolare deflusso dell'acqua. Il flusso è di tipo orizzontale. Il battente idrico è solitamente limitato a poche decine di centimetri. Tipiche idrofite utilizzate sono la mazzasorda o stiancia (*Typha spp.*), la cannuccia o canna di palude (*Phragmites spp.*), il giunco di palude (*Scirpus spp.*, *Juncus spp.*, *Schoenoplectus spp.*, ecc...) ed il carice (*Carex spp.*).

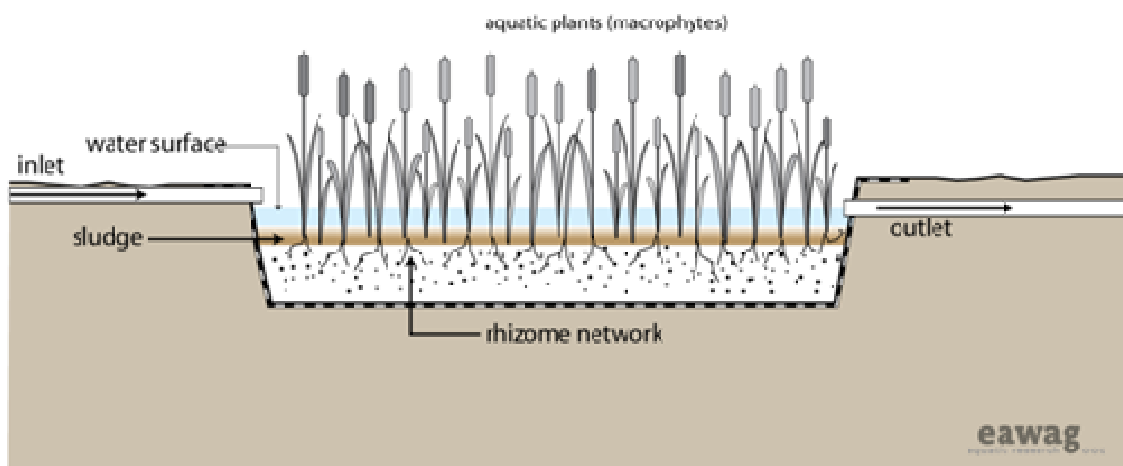


Figura 17 – Schema di funzionamento di un impianto di fitodepurazione a flusso superficiale

3.7.4 Dati progettuali

Come già accennato, l'area destinata alla fitodepurazione coprirà circa 3500 m², avrà un tirante idrico di 1 m e, quindi, un volume di circa 3500 m³.

Facendo riferimento alla portata media ordinaria del Pudiga di 150-200 l/s, e tenendo conto che, per ottenere una buona efficacia depurativa, si assumono in generale tempi non inferiori a 24 ore si osserva che, l'ipotesi di trattare il 10 -15% della portata appare adeguata. Il tempo di residenza idraulica nel bacino risulterebbe infatti pari a 4 gg con 10 l/s, a 1.3 gg con 30 l/s, a 0.8 gg con 50 l/s.

Sulla base di ciò il progetto prevede l'istallazione di una bocca di derivazione in ingresso DN 300 mm, dotata di paratoia di regolazione/chiusura, ubicata in prossimità dell'opera di sfioro del T. Pudiga nel sistema delle vasche di laminazione; similmente un'analogha bocca DN 300

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

mm, dotata di paratoia di regolazione/chiusura (normalmente aperta), assicura la restituzione al T. Pudiga della portata fitodepurata.

E' presente anche una condotta DN300 mm, dotata di paratoia di regolazione/chiusura (normalmente chiusa), che permette di scaricare la portata fitodepurata nel secondo settore dell'invaso, invece che nel T. Pudiga, in modo da poter alimentare con tali acque il laghetto permanente posto sul fondo.

3.8 OPERE DI ADEGUAMENTO DEL CSNO

In base a quanto descritto in precedenza (par. 3.3.1), l'opera di presa sul CSNO è costituita da uno sfioratore laterale del tipo a stramazzo. A valle della soglia sfiorante, lungo il CSNO, 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 CSNO rispetto ai valori determinati 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) – M.I.E.781”*.

Riferendosi al valore della portata di progetto, pari a $60 \text{ m}^3/\text{s}$, la differenza tra il tirante idrico associato alla presenza del restringimento e il medesimo tirante idrico calcolato nel progetto di adeguamento del CSNO, assume un valore massimo di circa 1.25 m in corrispondenza della paratoia e decresce verso monte, fino praticamente ad annullarsi in prossimità del ponte di via Martiri di Marzaboto. Nel tratto compreso tra tale infrastruttura di attraversamento e la paratoia di regolazione, le quote di sommità delle sponde del CSNO sono superiori di circa $1.5 \div 2 \text{ m}$ rispetto al tirante idrico conseguente alle opere previste nel presente progetto, per cui non occorre nessun intervento di innalzamento della sommità delle sponde.

Considerando, invece, la porzione della sezione del CSNO rivestita in calcestruzzo, si ha che il nuovo livello idrico è generalmente superiore alla quota della sommità del rivestimento, o dove inferiore non si ha il franco di sicurezza di 1 m.

Per tale motivo, nel presente progetto preliminare è previsto l'innalzamento del rivestimento delle sponde del CSNO 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. Tale intervento è analogo a quanto previsto nel suddetto

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

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.781*” nel tratto compreso tra le sezioni CN138 e CN127.

Il tratto interessato dall'intervento è compreso tra le sezioni CN149 e CN144, per una lunghezza complessiva pari a circa 800 m, mentre l'altezza dell'innalzamento del rivestimento varia da un minimo di 0.5 m a monte (tra i ponti di via Martiri di Marzabotto e di via Brodolini), fino ad un massimo di 1.6 m in prossimità dello sfioratore laterale.

3.9 OPERE DI VALORIZZAZIONE PAESAGGISTICA

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.




Il progetto di valorizzazione paesaggistica prevede la realizzazione di:

- Osservatorio idrologico: 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.
- 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.



Per maggiori dettagli si rimanda a quanto contenuto nell'allegato della presente relazione

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

tecnica.

3.10 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.

La Figura 18 riproduce la disposizione planimetrica delle nuove vasche in progetto e indica la localizzazione degli idrometri di controllo in progetto, dedicati alla gestione delle vasche.

In particolare tali idrometri sono i seguenti:

- Idrometro I1 (esistente): registra il livello idrico della corrente immessa nel CSNO a Palazzolo in corrispondenza della sezione CN-151 (in corrispondenza del ponte posto nei pressi di via G. Di Vittorio a Senago), posta a circa 2.5 km a valle dell'opera di presa dal T. Seveso e 1.3 km a monte della presa di derivazione delle vasche di laminazione in progetto; in base alla modellazione di moto permanente del CSNO, al variare della portata, e tenendo conto della nuova configurazione dei profili di pelo libero nel CSNO conseguenti alle opere qui in progetto, è compiutamente determinabile, oltre che verificabile sperimentalmente, la scala di portata per la sezione in cui è installato l'idrometro; conseguentemente la registrazione continua del livello si traduce nella registrazione continua della portata;
- Idrometro I2 (in progetto): registra il livello idrico della corrente sfiorata dal CSNO nel canale di presa delle vasche di laminazione in progetto; per mezzo del calcolo della scala di portata di moto permanente, e della sua verifica sperimentale, la registrazione continua del livello si traduce nella registrazione continua della portata;
- Idrometro I3 (in progetto): registra il livello idrico della corrente sfiorata dal T. Garbogera nel canale di presa delle vasche di laminazione in progetto; per mezzo del calcolo della scala di portata di moto permanente, e della sua verifica sperimentale, la registrazione

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

continua del livello si traduce nella registrazione continua della portata;

- Idrometro 14 (in progetto): registra il livello idrico della corrente sfiorata dal T. Pudiga nel primo settore della vasca di laminazione in progetto; per mezzo del calcolo della scala di portata di moto permanente, e della sua verifica sperimentale, la registrazione continua del livello si traduce nella registrazione continua della portata;
- Idrometro 15 (in progetto): registra il livello idrico nel pozzo di sollevamento, in corrispondenza del comparto posto in diretta comunicazione con la vasca di laminazione 2 in progetto;
- Idrometro 16 (in progetto): registra il livello idrico nel pozzo di sollevamento, in corrispondenza del comparto posto in diretta comunicazione con la vasca di laminazione 3 in progetto;
- Idrometro 17 (in progetto): registra il livello idrico della corrente defluente nel CSNO in corrispondenza del ponte poderale posto a valle dell'immissione dello scolmatore del T. Pudiga, quindi anche a valle della restituzione delle vasche di laminazione in progetto; in base alla modellazione di moto permanente del CSNO, al variare della portata, e tenendo conto della nuova configurazione dei profili di pelo libero nel CSNO conseguenti alle opere qui in progetto, è compiutamente determinabile, oltre che verificabile sperimentalmente, la scala di portata per la sezione in cui è installato l'idrometro; conseguentemente la registrazione continua del livello si traduce nella registrazione continua della portata.

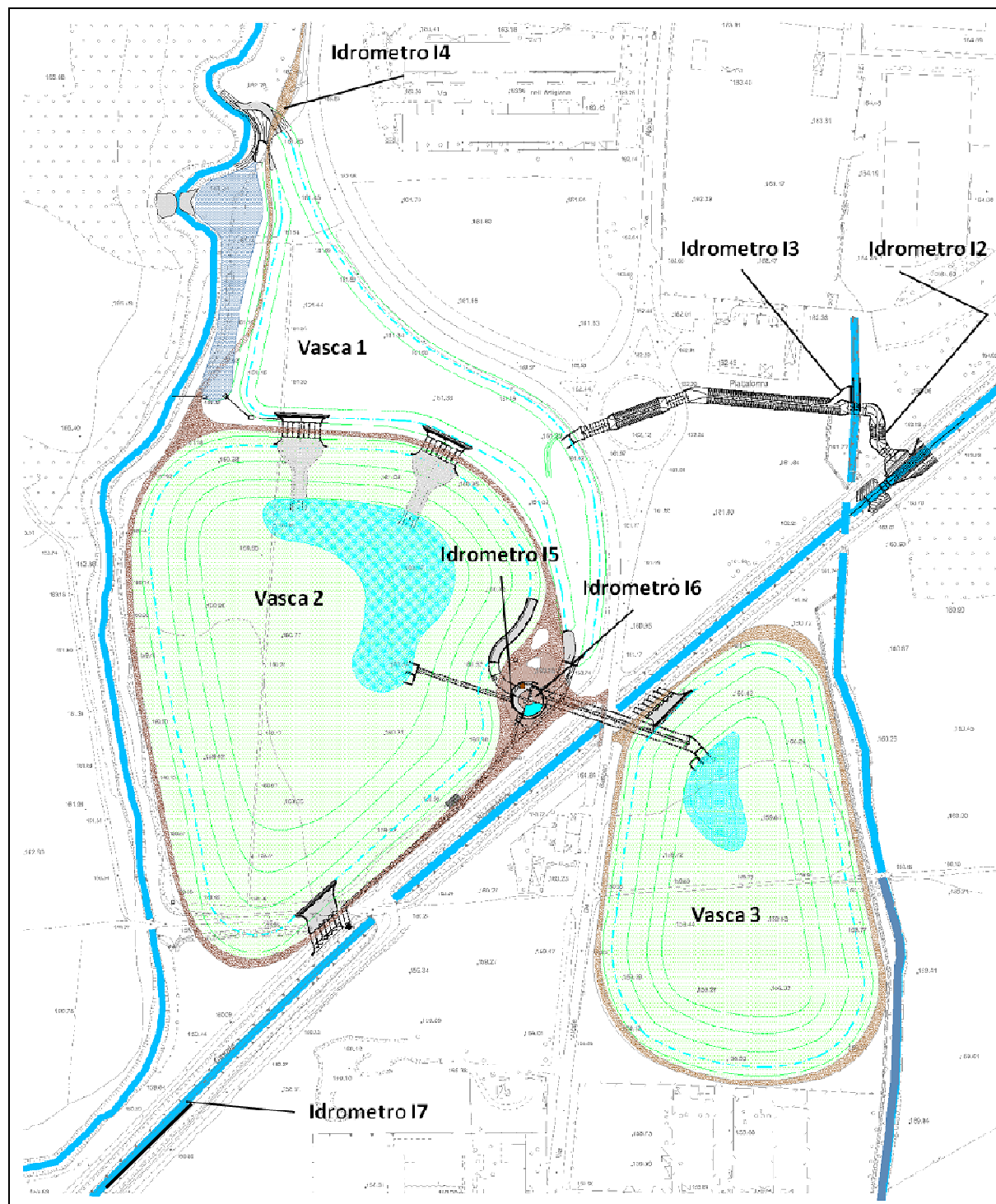


Figura 18 - Vasche di laminazione in progetto. Posizionamento idrometri

Il progetto prevede inoltre le seguenti paratoie di regolazione (Figura 19 e Figura 20):

- *Paratoia P1 (esistente)*: è la paratoia del nodo di Palazzolo posta sul F. Seveso che viene completamente chiusa allorché viene richiesta da Milano la deviazione completa nel

CSNO della portata del Seveso. Tale attuale regola di gestione della paratoia resta inalterata;

- Paratoia P2 (esistente): è la prima richiamata paratoia del nodo di Palazzolo posta sul CSNO, attualmente regolata, in modo fisso, con luce tale da lasciare defluire nel CSNO una portata massima di 30 m³/s; con le nuove opere di laminazione in progetto tale regola sarà modificata in modo da derivare nel CSNO:
 - una portata massima di 60 m³/s, nelle fasi in cui sono ricettive le vasche di laminazione di Senago;
 - una portata massima di 30 m³/s, ritornando cioè alla regolazione attuale, allorché nella vasca 3 viene raggiunto un prefissato livello massimo di invaso (livello idrico nel terzo settore dell'invaso pari a circa 157.5 m s.m.);
- Paratoia P3 (in progetto): è la paratoia ON/OFF, inserita nel pozzo di sollevamento, che apre/chiude lo scarico di fondo della vasca 2 verso il pozzo di sollevamento;
- Paratoia P4 (in progetto): è la paratoia ON/OFF, inserita nel pozzo di sollevamento, che apre/chiude il passaggio del comparto vasca 3 verso il comparto delle pompe di sollevamento;
- Paratoie P5.1 e P5.2 (in progetto): sono le due paratoie ON/OFF poste sui due rami del canale di scarico delle vasche verso il CSNO, rispettivamente sul ramo in uscita dal pozzo di sollevamento e sul ramo di uscita dalla vasca 1; tali paratoie si aprono solo quando il CSNO è ricettivo per lo scarico delle vasche;
- Paratoia P6 (in progetto): è la paratoia ON/OFF che apre/chiude lo sfioro della vasca 2 verso il pozzo e verso la vasca 3; tale paratoia è normalmente aperta e si chiude solo in caso di manutenzione della vasca 2 o della vasca 3;
- Paratoia P7 (in progetto): è la paratoia ON/OFF che apre/chiude l'uscita della vasca 1 verso il pozzo e verso la vasca 3; tale paratoia è normalmente chiusa e si apre solo in caso di manutenzione della vasca 2.

Come si evince, tutte le paratoie sono del tipo ON/OFF, prevedono cioè o la totale chiusura o la totale apertura, tranne la paratoia esistente P2 che prevede le citate due posizioni di regolazione.

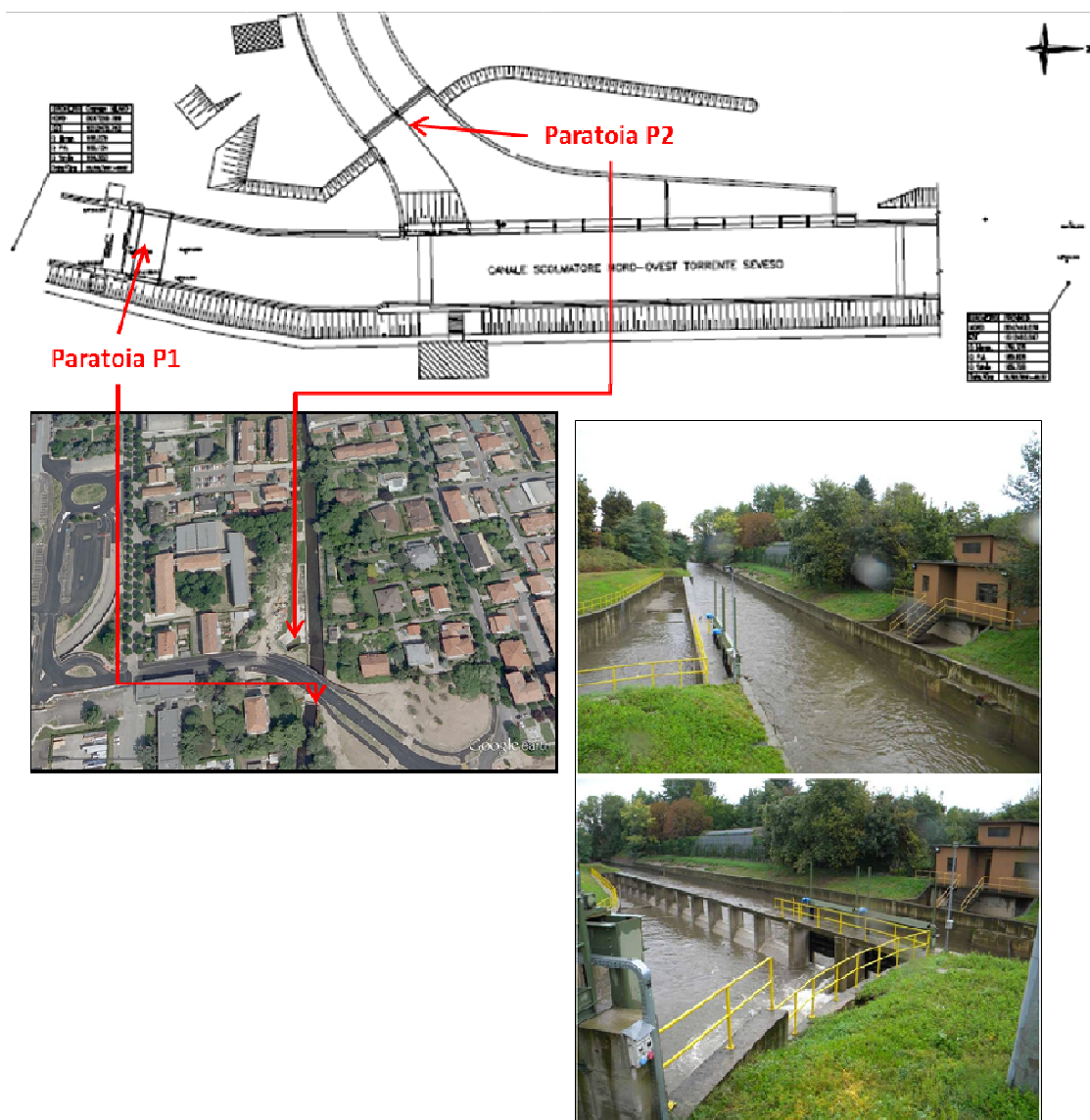


Figura 19 - Opera di presa CSNO vista da valle

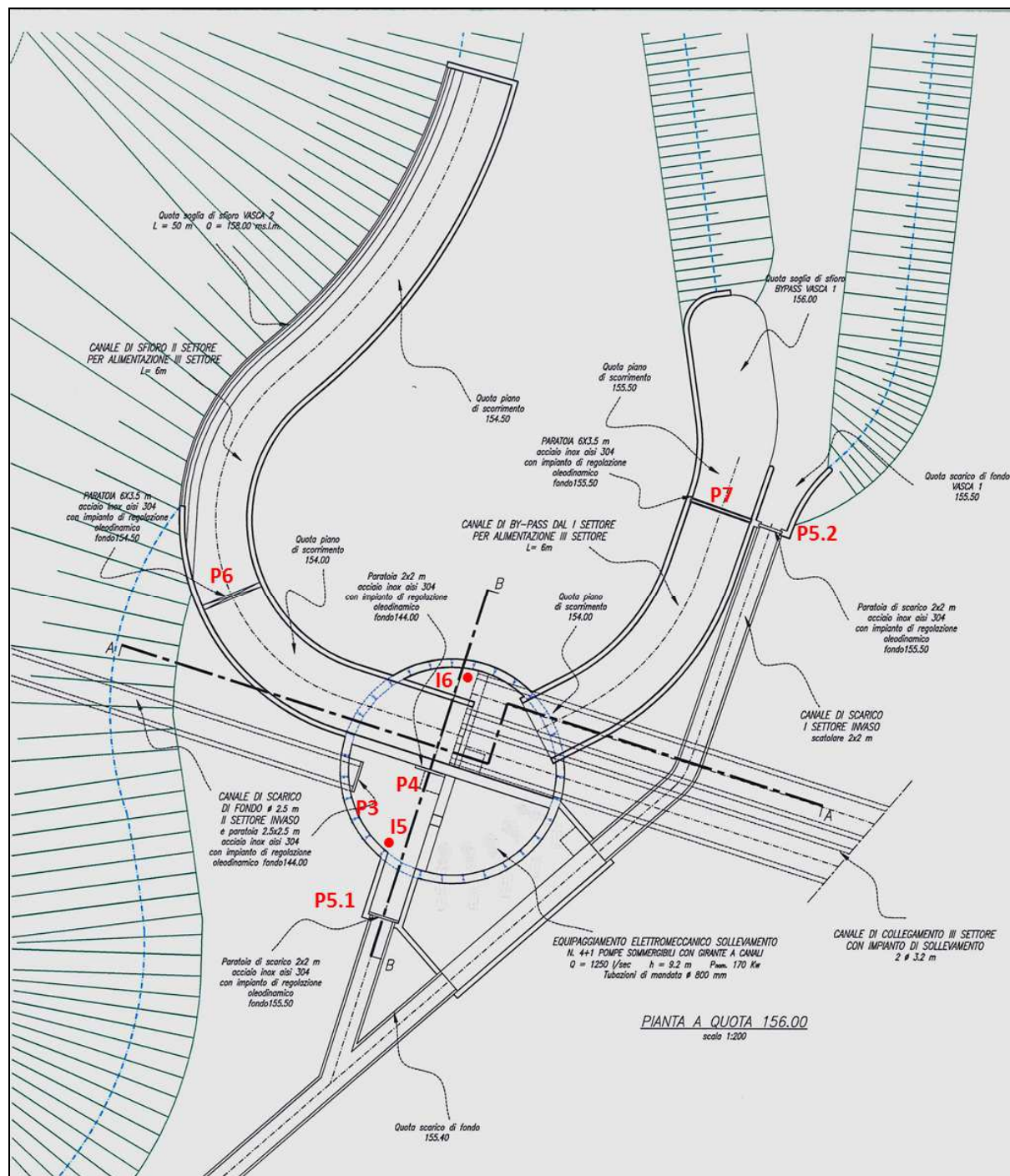


Figura 20 - Vasche di laminazione in progetto. Posizionamento idrometri

Ciò premesso, la gestione delle vasche risponde ai seguenti criteri.

1. Attivazione della derivazione del CSNO a Palazzolo mediante:

- chiusura della paratoia P1 quando si deve azzerare la portata del Seveso verso Milano;
- regolazione della paratoia P2 in modo da derivare nel CSNO:

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

- una portata massima di $60 \text{ m}^3/\text{s}$, nelle fasi in cui sono ricettivi i diversi settori della vasca di laminazione di Senago;
- una portata massima di $30 \text{ m}^3/\text{s}$, ritornando cioè alla regolazione attuale, allorché nella vasca 3 viene raggiunto un prefinito livello massimo di invaso, fissato pari a circa 157.50 m s.m., in modo da consentire l'invaso nella vasca 3 del volume già presente nel CSNO (tra i livelli idrici corrispondenti ai valori di portata di 30 e $60 \text{ m}^3/\text{s}$) dopo aver effettuato la regolazione;

2. Sfori nelle vasche dal CSNO, dal T. Garbogera e dal T. Pudiga

Tutte tali derivazioni avvengono attraverso sfioratori a soglia fissa, quindi senza intervento di regolazioni. Le portate derivate pervengono tutte nella vasca 1 (50.000 m^3), destinata a prevalenti funzioni di deposito del trasporto solido.

Nelle fasi ordinarie, quando tutte le vasche sono operative, al raggiungimento del riempimento della vasca 1 gli sfioratori della stessa consentono lo sfioro delle acque nella vasca 2 e quindi anche nel settore del pozzo posto in comunicazione diretta con essa; quando anche questa si è riempita lo sfioratore della stessa posto in adiacenza del pozzo di sollevamento permette lo sfioro nel settore del pozzo in comunicazione con la vasca 3 e quindi nella vasca 3.

Se la vasca 2 (580.000 m^3) è esclusa dal servizio perché in manutenzione, le paratoie P3 e P4 sono chiuse, al fine di isolare tale vasca, e le acque dalla vasca 1 entrano nel pozzo di sollevamento, by-passando la vasca 2, e quindi direttamente nella vasca 3 (si deve aprire la paratoia P7).

Se la vasca 3 (340.000 m^3) è esclusa dal servizio perché in manutenzione, le paratoie P4, P6 e P7 sono chiuse, al fine di isolare tale vasca.

3. Scarico delle vasche verso il CSNO

Lo scarico ordinario delle vasche nel CSNO avviene attraverso un canale di scarico altimetricamente compatibile con la giacitura del CSNO stesso. La quota di scorrimento del canale di scarico inizia a quota 155.50 m s.m. per entrambi i due rami che provengono dal pozzo e dalla vasca 1. Nello stesso canale di scarico pervengono le acque delle pompe di sollevamento che immettono in una vasca di raccolta adiacente al pozzo.

Lo scarico avviene solo quando il CSNO è ricettivo e cioè solo quando il suo livello idrico

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

presso l'idrometro I7 a valle dell'immissione del canale di scarico, in funzione della portata in esso defluente, è minore di un valore prefissato con adeguato franco di sicurezza. In attesa di più precise determinazioni in occasione delle successive fasi progettuali, tale valore è qui individuato in 155.6 m s.m. (tirante di circa 0,50 m nel CSNO).

Quando tali condizioni di ricettività del CSNO sono verificate, lo scarico è previsto parte a gravità (per la porzione dell'invaso superiore o uguale a 155.50 m s.m., e parte per sollevamento, per le porzioni di invaso nelle vasche 2 e 3 poste a quota inferiore al canale di scarico, con le seguenti modalità:

- le paratoie P5.1 e P5.2 del canale di scarico vengono aperte in modo che possa fuoriuscire a gravità il volume invasato al di sopra della suddetta quota di 155.50 m s.m.;
- inoltre, se il livello idrico nelle vasche misurato dagli idrometri I5 e I6, supera il valore 156.0 m s.m., si attivano anche le pompe di sollevamento con autonoma sequenza di attivazione.

Per maggiori dettagli relativamente al modello di gestione si rimanda alla specifica relazione allegata al presente progetto (elaborato RT-4.5 *“Modello di gestione dell'opera di laminazione”*).

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