



COMUNE DI OLBIA
PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)



**OPERE DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO
IDRAULICO NEL TERRITORIO COMUNALE DI OLBIA**

Progetto Definitivo

Elaborato

A-01-00

**VASCHE DI LAMINAZIONE
RELAZIONE GENERALE, IDROLOGICA E IDRAULICA**

aggiornamenti

scala

n. data

data

Maggio 2015

Coordinamento Tecnico Scientifico
Prof. Ing. Marco Mancini

Supporto alla Progettazione Idraulica

MMI s.r.l.

Via Daniele Crespi n° 7, 20123 Milano
P.IVA n° 04198500961
www.mmi.it
cod. +39025811383

Studio Geologico e Geotecnico
Geologo Giovanni Tilocca

Progettisti

Ing. Costantino Azzena

Ing. Antonio G. Zanda

IL SINDACO

On. Giovanni Maria Enrico Giovannelli

Sommarrio

1	CONSIDERAZIONI DI SINTESI.....	2
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	2
2.1	DOMINIO STUDIO E SISTEMA IDROGRAFICO DI RIFERIMENTO	2
2.2	MATERIALE CONSULTATO E RILIEVI TOPOGRAFICO.....	3
3	AREE DI LAMINAZIONE: CRITERI PROGETTUALI	3
3.1	VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DI LAMINAZIONE SULL'IDROGRAMMA DI PROGETTO A DIFFERENTI PERIODI DI RITORNO	5
4	INSERIMENTO NEL CONTESTO URBANO E RURALE DELLE AREE DI LAMINAZIONE. 8	
5	STIMA DEGLI IDOGRAMMI E PORTATE DI PIENA.....	10
5.1	IL MODELLO DISTRIBUITO DELLA TRASFORMAZIONE AFFLUSSI DEFLUSSI.....	10
5.2	<i>DATI UTILIZZATI.....</i>	<i>11</i>
5.3	L'ASSORBIMENTO DEL SUOLO.....	11
5.4	BACINI IDROGRAFICI E SEZIONI IDROLOGICHE DI CALCOLO DELLE PORTATE	12
6	OPERE IN PROGETTO: AREA DI LAMINAZIONE SUL RIO SELIGHEDDU "VSE_1"	18
6.1	LE PORTATE DI PROGETTO DELL'OPERA	20
6.2	VERIFICA DEL FUNZIONAMENTO DELLA VASCA PER IDROGRAMMI CRITICI PER LE PORTATE.....	21
6.3	CARATTERISTICHE IDRAULICHE DELL'AREA DI LAMINAZIONE IN PROGETTO.....	22
7	OPERE IN PROGETTO: AREA DI LAMINAZIONE SUL RIO SELIGHEDDU VSE2	23
7.1	PORTATE DI PROGETTO DELL'OPERA.....	27
7.2	CARATTERISTICHE IDRAULICHE DELL'AREA DI LAMINAZIONE IN PROGETTO.....	28
7.3	DIMENSIONAMENTO DELLA VASCA E DEI MANUFATTI	29
7.3.1	<i>Dimensionamento opere di dissipazione</i>	<i>29</i>
8	OPERE IN PROGETTO: AREE DI LAMINAZIONE SUL RIO SAN NICOLA.....	30
8.1	LE PORTATE DI PROGETTO DELL'OPERA	33
8.2	CARATTERISTICHE IDRAULICHE DELL'AREA DI LAMINAZIONE IN PROGETTO.....	34
9	OPERE IN PROGETTO: AREE DI LAMINAZIONE RIU ABBA FRITTA.....	34
9.1	LE PORTATE DI PROGETTO DELL'OPERA	37
9.2	CARATTERISTICHE IDRAULICHE DELL'AREA DI LAMINAZIONE IN PROGETTO.....	38
10	COSTI DEGLI INTERVENTI	39
11	ELENCO ELABORATI	39

1 CONSIDERAZIONI DI SINTESI

La presente relazione accompagna il progetto delle vasche di laminazione e descrive l'ubicazione delle vasche, il dimensionamento idraulico e i costi di realizzazione.

La relazione descrive le opere in progetto costituite dalle quattro vasche di laminazione due poste sul rio san Nicola e due sul rio Seligheddu dimensionate per eventi con tempo di ritorno di duecento anni e tali da far defluire verso valle una portata pari a quella di 50 anni di tempo di ritorno dei rispettivi corsi d'acqua. Tale progettazione in accordo con i progetti di adeguamento del reticolo urbano di valle.

Le caratteristiche principali delle quattro aree di laminazione sono di seguito riportate

Area di laminazione	Q _{ammissibile} (mc/s)	Q ₂₀₀ ingresso (mc/s)	Volume invaso (mc)	Superficie (ha)
VSE_1	55	152.0	350'000	18
VSE_2	10	45.5	210'000	9.2
VSN_1	55	91.2	160'000	7.1
VSN_2	45	68	100'000	7.2

Alla base della presente progettazione c'è l'analisi idrologica e la ricostruzione dell'evento alluvionale del novembre 2013 effettuata per lo studio di variante al Piano per l'Assetto idrogeologico (PAI) e del quadro delle opere di mitigazione del rischio idraulico nel territorio comunale di Olbia di Agosto 2014 redatto dal prof. Mancini Marco per il comune di Olbia e approvata dal distretto idrografico e dalle Regione Sardegna.

La progettazione delle vasche segue come iter procedurale la normativa regionale LR n°12 del 31 ottobre 2007 che classifica le 4 vasche di laminazione come tipologia II (invasi di laminazione delle piene) categoria e come criteri di dimensionamento le norme tecniche del regolamento dighe secondo l'aggiornamento del Decreto del MIT del 26/6/2014.

Il costo delle quattro vasche di laminazione che ammonta a complessivi 20.331.000 €. A queste vanno aggiunte le somme disposizione dell'amministrazione pari a € 9.550.795,00 e gli oneri della sicurezza euro per un totale di finanziamento necessario pari a 31.000.000€.

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

2.1 DOMINIO STUDIO E SISTEMA IDROGRAFICO DI RIFERIMENTO

Il reticolo idrografico dell'area urbana del comune di Olbia è costituito, da sud procedendo verso nord, dalle aste principali e dai rispettivi rii minori affluenti dei seguenti corsi d'acqua:

- Riu Paule Longa (nero);
- Riu Seligheddu (arancio);
- Riu Gadduresu (giallo);
- Canale Zozò (verde);
- Riu San Nicola (magenta);

- Riu Tilibas (rosso);

In questo progetto verranno analizzate le vasche di laminazioni poste sul rio San Nicola e il Rio Seligheddu.

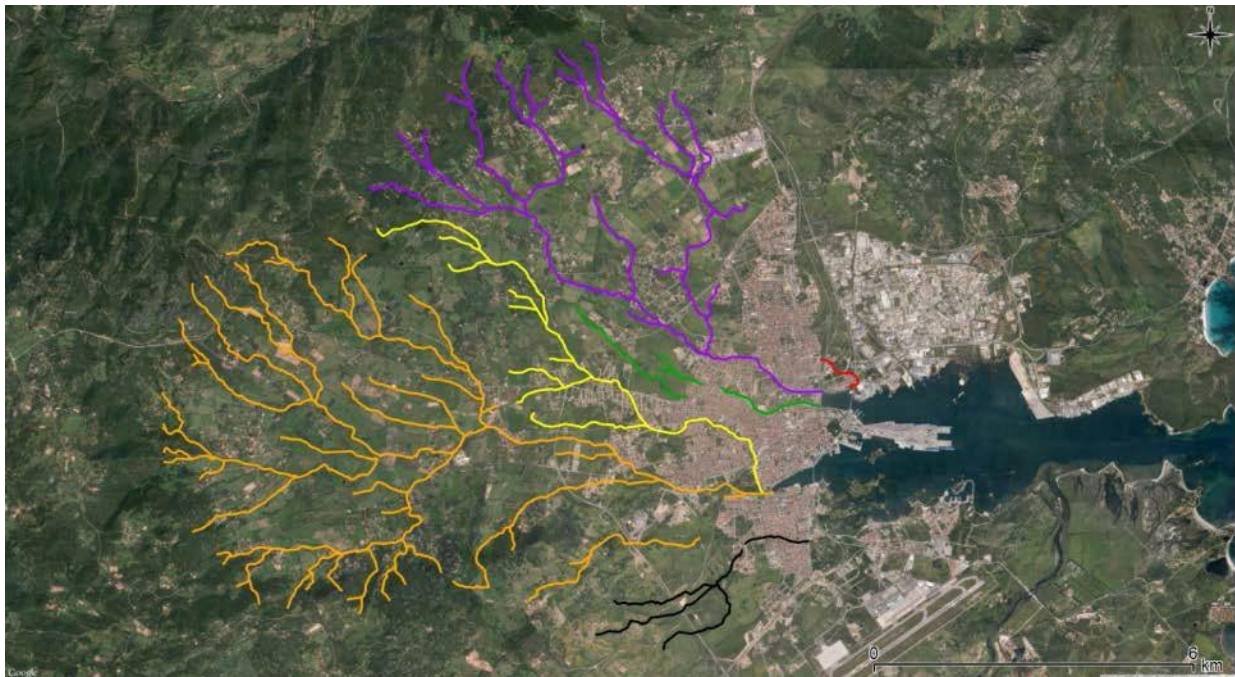


Figura 1. Reticolo idrografico dell'area urbana del comune di Olbia.

2.2 MATERIALE CONSULTATO E RILIEVI TOPOGRAFICO

Alla base della presente progettazione c'è l'analisi idrologica effettuata per lo studio di variante al Piano per l'Assetto idrogeologico (PAI) e del quadro delle opere di mitigazione del rischio idraulico nel territorio comunale di Olbia di Agosto 2014 redatto dal prof. Mancini Marco per il comune di Olbia che per comodità chiameremo "Studio Mancini"

Tale studio è stato approvato in comitato tecnico istituzionale della Regione Sardegna e precedentemente dal distretto Idrografico.

La geometria dello stato di fatto è stata invece presa dai rilievi lidar; nelle successive fasi di progettazione verranno effettuati i rilievi topografici di dettaglio delle aree interessate dalle opere.

Per le vasche si è fatto riferimento alla seguente normativa:

- la normativa regionale LR n°12 del 31 ottobre 2007
- norme tecniche in materia di traverse e dighe secondo l'aggiornamento del Decreto del MIT del 26/6/2014

3 AREE DI LAMINAZIONE: CRITERI PROGETTUALI

Le aree di laminazione sono necessarie a rendere compatibili allo smaltimento delle portate di progetto con tempo di ritorno di 200 anni le sezioni del Riu Seligheddu e del Riu San Nicola adeguate alle portate con tempo di ritorno di 50 anni. L'ubicazione e individuazione di tali aree hanno seguito i seguenti criteri progettuali

- **Fattibilità:** ovvero l'individuazione di aree idonee dal punto di vista topografico alla realizzazione dei volumi di accumulo richiesti senza la necessità di realizzare grandi opere

di sbarramento (altezza massima dei rilevati 5-8 m) e di scavo;

- **Efficacia idraulica:** ovvero l'individuazione di aree il più possibile prossime alle aree di criticità; in questo caso infatti il sistema di laminazione è in grado di laminare il maggior volume derivante dalla maggiore area drenata limitando gli effetti di aumento del picco di portata a causa del bacino residuo.

Nella figura seguente si riporta la posizione delle aree di laminazione per i bacini del Riu Seligheddu e San Nicola.

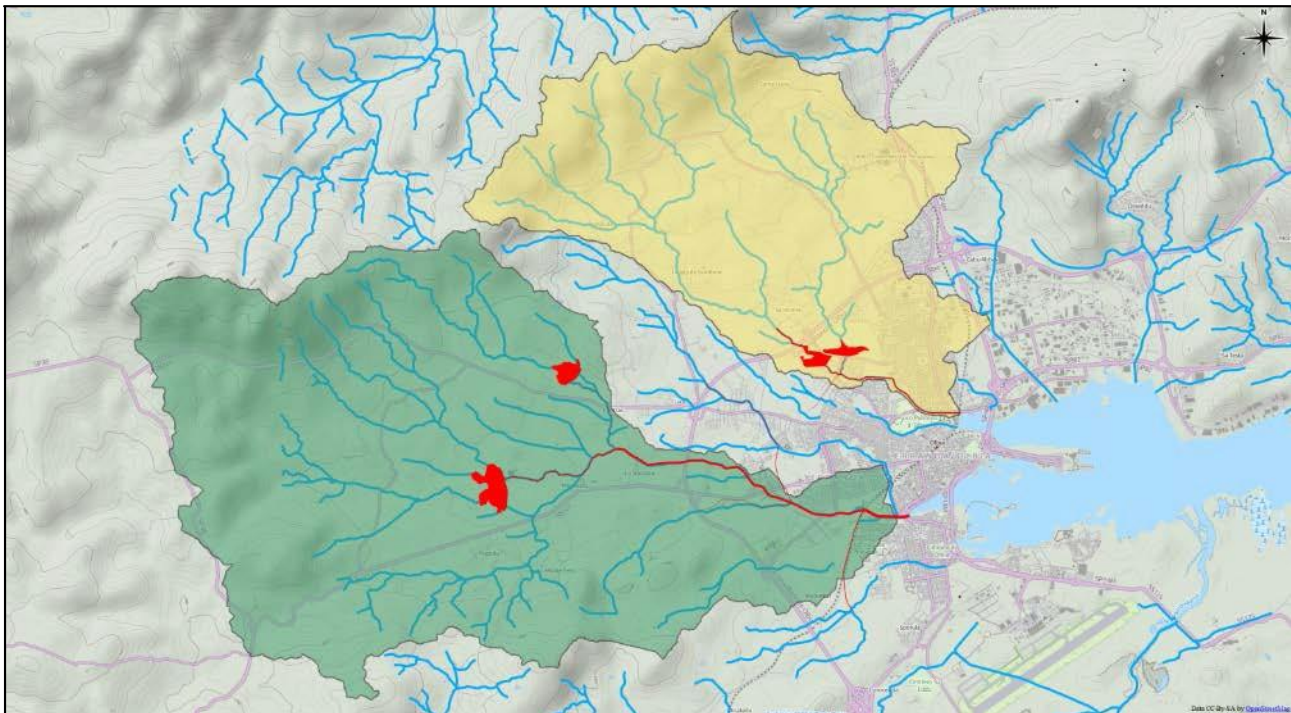


Figura 2. Posizione delle aree di laminazione per il bacino del Riu Seligheddu (verde) e per il bacino del Riu San Nicola (giallo).

La progettazione delle vasche segue come iter procedurale la normativa regionale LR n°12 del 31 ottobre 2007 in quanto è classificata come tipologia II (invasi di laminazione delle piene) categoria C “invasi temporanei per la laminazione delle piene con sbarramenti di altezze fino a 15 m e con volume di invaso superiore a 100.000 mc e fino a 1.000.000 mc”.

Dal punto di vista tecnico i criteri di dimensionamento delle vasche sono quelli del norme tecniche del regolamento dighe secondo l'aggiornamento del Decreto del MIT del 26/6/2014.

Le norme tecniche di costruzione delle dighe impongono che venga garantito un franco di 1.8 m sul livello di sfioro della portata di tremila anni di tempo di ritorno. Infatti in tali norme si riporta che gli scarichi di superficie della diga devono essere dimensionati per l'onda con portata al colmo di piena corrispondente al periodo di ritorno di 1000 anni, per le dighe in calcestruzzo, e di 3000 anni per le dighe di materiali sciolti, tenendo conto dell'effetto di laminazione esercitato dal serbatoio.

Gli scarichi di superficie della diga dovranno essere dimensionati in modo tale che il franco netto non sia inferiore a 1,5 m per le dighe di materiali sciolti per altezza della diga fino a [m] 15

<i>altezza della diga: fino a [m]</i>	15	90 o più
<i>franco netto [m]</i>	1,5	3,5

Oltre a tale altezza va considerato un ulteriore franco dovuto alle Onde prodotte da vento.

In mancanza di più precise indagini possono essere assunti i valori della massima ampiezza delle onde generate nel serbatoio dal vento di velocità U (km/ora) incrementati dalla risalita contro il paramento dello sbarramento, dati nella tabella seguente.

Velocità vento [km/h]	Ampiezza d'onda [m]									
	Fetch [km]									
	1	2	4	6	8	10	11	20	40	50
100	0.27	0.38	0.53	0.65	0.75	0.84	0.88	1.18	1.67	1.87
80	0.20	0.29	0.40	0.49	0.57	0.64	0.67	0.90	1.27	1.42
60	0.14	0.20	0.29	0.35	0.41	0.45	0.48	0.64	0.90	1.01
40	0.09	0.13	0.18	0.22	0.26	0.29	0.30	0.40	0.57	0.63
	run_up [m]									
	0.033	0.063	0.12	0.17	0.223	0.273	0.298	0.518	0.973	1.188

Per il nostro caso si è assunto un valore pari a 0.3 m somma dell'ampiezza d'onda per velocità del vento pari a 100 km/h e un run up pari a 0.033 m.

In realtà il fetch è sicuramente inferiore ad 1 km, con gli uffici competenti si potrà valutare se trascurare questa parte di franco.

La quota di massima regolazione (quota dello sfioratore) è quella che garantisce l'invaso del volume di progetto per tempi di ritorno di 200 anni.

Le vasche entrano in funzione per eventi con tempi di ritorno maggiori di 50 anni, in quanto il reticolo di valle viene dimensionato per smaltire con franco tale portata. Ciò significa che gli allagamenti delle aree evidenziate nelle planimetrie si hanno per eventi di 50 anni.

3.1 VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DI LAMINAZIONE SULL'IDROGRAMMA DI PROGETTO A DIFFERENTI PERIODI DI RITORNO.

La valutazione degli effetti di laminazione sull'idrogramma di progetto, per i differenti tempi di ritorno, è stata effettuata tramite un modello numerico che permettesse l'implementazione della relazione tra portate in ingresso, portate in uscita e volume invasato.

Il funzionamento di un invaso di laminazione è descritto quindi dall'equazione di continuità che lega appunto la variazione nel tempo del volume invasato nel serbatoio $V(t)$ alla differenza tra le portate entranti ed uscenti, rispettivamente $Q_e(t)$ e $Q_u(t)$.

L'equazione:

$$Q_e(t) - Q_u(t) = \frac{dV(t)}{dt} \quad (1)$$

insieme alla legge di efflusso che governa l'idrogramma in uscita dal serbatoio:

$$Q_u(t) = Q_u(t, V(t)) \quad (2)$$

permette di determinare il volume necessario alla laminazione dell'idrogramma in ingresso nota la massima portata ammissibile nelle sezioni a valle dell'opera e la massima quota di invaso all'interno della cassa compatibile con i vincoli topografici e geologici nell'area dove è prevista la realizzazione dell'opera stessa.

L'equazione differenziale (1) è integrabile in forma chiusa solo quando le relazioni (1) e (2) nonché l'idrogramma in ingresso siano rappresentabili in forma analitica semplice ad esempio nel metodo dell'invaso, in cui il legame tra volume invasato e portata uscente risulta essere di tipo lineare. Quando ciò non si verifica occorre provvedere ad un'integrazione dell'equazione (1) per via numerica; utilizzando ad esempio il metodo delle differenze finite, lo schema è del tipo:

$$(\overline{Q_e} - \overline{Q_u})(t'' - t') = (V'' - V') \quad (3)$$

in cui $\overline{Q_e}$ e $\overline{Q_u}$ rappresentano i valori medi di portata nell'intervallo $[t', t'']$, e V' , V'' sono i volumi invasati rispettivamente negli istanti t' e t'' .

Nella risoluzione del sistema di equazioni dell'invaso il legame tra il volume invasato, V , ed il livello idrico nell'invaso, z , $V(z)=V(z(t))$ dipende dalla geometria e topografia dell'area che si intende destinare alla laminazione di piena ed è ottenuto tramite la curva aree-livelli che caratterizza le singole aree. Per questo tipo di applicazione tra i metodi di integrazione è ricorrente l'utilizzo del Metodo di Runge e Kutta.

Le opere idrauliche di regolazione dell'invaso di laminazione sono essenzialmente una luce sotto battente ed uno sfioratore di superficie rappresentabili in termini di equazioni secondo i classici schemi della foronomia.

Per le luci a superficie libera, quali lo sfioratore di superficie, il legame tra le portate uscenti ed i livelli idrici è dato dalla ben nota equazione:

$$Q_u'' = \mu'' L h \sqrt{2gh} \quad (4)$$

in cui L è la lunghezza del ciglio di sfioro, h il carico su di essa e μ'' un coefficiente relativo al tipo di stramazzo, variabile da 0.385, per lo stramazzo in parete grossa a 0.48 per lo stramazzo sagomato secondo un profilo Creager-Scimemi.

Per quanto riguarda invece la luce a battente, l'equazione che descrive l'andamento della portata uscente è:

$$Q_u = \mu A \sqrt{2gz} \quad (5)$$

dove A indica l'area della luce, z il battente sulla stessa e μ è il coefficiente di efflusso, il cui valore dipende dal tipo di contrazione che subisce la vena al passaggio attraverso la luce.

In particolare per la risoluzione dell'equazione dell'invaso è stato utilizzato il metodo di Runge Kutta del terzo ordine, che prevede che si suddivide ciascun intervallo temporale di calcolo in tre incrementi (sotto intervalli) e si calcoli, per ognuno di essi, valori successivi di livello invasato e, quindi, di portata effluente per ogni incremento. Uno sviluppo siffatto dello schema risolutivo consente di aumentare il grado di precisione del metodo stesso e di ottenere con uno schema esplicito ma poco pesante in termini computazionali, una buona accuratezza e stabilità di calcolo.

L'incremento di volume dV dovuto ad un incremento di altezza dH nel serbatoio può essere

espresso dalla:

$$dS = A(H)dH \quad (6)$$

dove A(H) è la superficie dell'invaso corrispondente all'altezza invasata H. L'equazione di continuità può allora essere riscritta come:

$$\frac{dH}{dt} = \frac{I(t) - Q(H)}{A(H)} \quad (7)$$

In uno schema del terzo ordine ci sono tre incrementi (equidistanti) in ogni intervallo di tempo Δt e vengono eseguite tre successive approssimazioni per l'incremento dH. La derivata dH/dt, approssimata dal rapporto tra incrementi finiti $\Delta H/\Delta t$, è prima valutata in (H_j, t_j) , poi in $(H_j + \Delta H_1/3, t_j + \Delta t/3)$, e alla fine in $(H_j + 2\Delta H_2/3, t_j + 2\Delta t/3)$.

Le relazioni che descrivono i tre incrementi intermedi di altezza di vaso risultano essere:

$$\Delta H_1 = \frac{I(t_j) - Q(H_j)}{A(H_j)} \Delta t \quad (8)$$

$$\Delta H_2 = \frac{I\left(t_j + \frac{\Delta t}{3}\right) - Q\left(H_j + \frac{\Delta H_1}{3}\right)}{A\left(H_j + \frac{\Delta H_1}{3}\right)} \Delta t \quad (9)$$

$$\Delta H_3 = \frac{I\left(t_j + \frac{2\Delta t}{3}\right) - Q\left(H_j + \frac{2\Delta H_2}{3}\right)}{A\left(H_j + \frac{2\Delta H_2}{3}\right)} \Delta t \quad (10)$$

Si esprime, infine, il valore del livello invasato corrispondente al successivo istante temporale di calcolo j+1 come:

$$H_{j+1} = H_j + \Delta H \quad (11)$$

Dove:

$$\Delta H = \frac{\Delta H_1}{4} + \frac{3\Delta H_3}{4} \quad (12)$$

Il metodo è stato dunque implementato per la definizione degli idrogrammi in uscita dai vari sistemi di laminazione in funzione delle caratteristiche di progetto delle rispettive aree e della portata massima ammissibile a valle per l'evento di progetto con tempo di ritorno di 200 anni.

Tabella 1. Caratteristiche principali delle aree di laminazione

Area di laminazione	Q _{ammissibile} (mc/s)	Q _{200 ingresso} (mc/s)	Volume vaso (mc)	Superficie (ha)
VSE_1	55	152.0	350'000	18
VSE_2	10	45.5	210'000	9.2
VSN_1	55	91.2	160'000	7.1
VSN_2	45	68	100'000	7.2

Per quanto riguarda la portata in uscita dai sistemi di laminazione corrispondente ad un tempo di ritorno T=50 anni è stata valutata considerando la possibilità di modulare la portata in uscita ottimizzando l'utilizzo del volume di vaso disponibile.

Con tale metodo è stata anche dimensionata la lunghezza della soglia di sfioro e calcolato il battente sopra la soglia della portata di tremila anni di tempo di ritorno. Tali valori sono stati ottimizzati in modo da avere una lunghezza della soglia ragionevole con tiranti che non fossero eccessivi in modo da avere quote di coronamento dei rilevati arginali non troppo elevati.

4 INSERIMENTO NEL CONTESTO URBANO E RURALE DELLE AREE DI LAMINAZIONE

Le aree previste sul reticolo del Riu Seligheddu (“VSE_1” e “VSE_2”) sono ubicate in aree che attualmente hanno un utilizzo di tipo rurale e la realizzazione delle opere di laminazione non compromette a priori tale utilizzo. Alla forma dell’esproprio con eventuale concessione di utilizzo potrà essere valutata la formula del mantenimento della proprietà da parte dell’utilizzatore con formule di risarcimento danni in caso di allagamento. La tipologia di utilizzo del suolo infatti rimarrebbe invariata e l’eventuale esproprio potrà essere limitato alla sola fascia di interesse dei rilevati arginali e delle opere di regolazione. Si consideri che, ad opere ultimate, la frequenza di allagamento delle aree destinate alla laminazione sarà associata ad un tempo di ritorno pari a 50 anni, essendo il reticolo di valle adeguato almeno per le portate con tempo di ritorno di 50 anni.

Le aree sul reticolo del Riu San Nicola e Riu Abba Fritta (“VSN_1” e “VSN_2”), poste a confine del tessuto urbano del comune di Olbia e soprattutto per l’area di laminazione posta sul Riu San Nicola (“VSN_1”), saranno opportunamente attrezzate ad aree multifunzione con differenti valenze di carattere ambientale e sociale.

La realizzazione di queste aree nelle immediate vicinanze del contesto urbano risulta essere un aspetto delicato dal punto di vista sociale; considerando la percezione di sicurezza, nei confronti delle opere, da parte dei cittadini.

Risulta quanto mai fondamentale in questa situazione intraprendere sin da subito un percorso partecipativo atto a soddisfare una domanda d’informazione, conoscenza e partecipazione alle scelte progettuali della società locale.

Il percorso di partecipazione deve porsi i seguenti obiettivi:

- Diffondere una conoscenza sui problemi che l’intervento di laminazione affronta e le soluzioni progettuali elaborate;
- Valutare in concerto con le comunità locali, i criteri prestazionali del progetto di intervento, al fine di elaborare indicazioni utili da trasferire alle successive fasi di progettazione.

Le opere individuate hanno volutamente assunto caratteristiche dimensionali ridotte: altezze di massimo vaso limitate a 5 m e volumi invasabili ridotti per conferire alle stesse una maggiore flessibilità di inserimento e accettazione.

Di seguito si riporta una ricostruzione qualitativa di inserimento dell’area di laminazione “VSN_1” all’interno del contesto urbano presente.

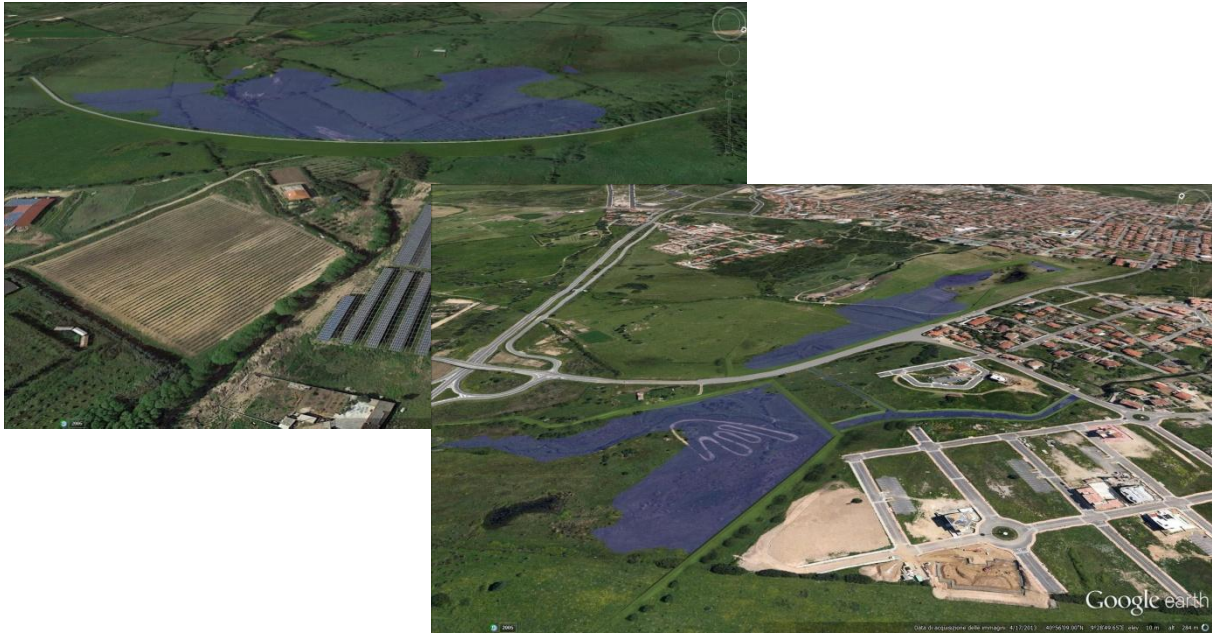


Figura 3. Ricostruzione qualitativa di inserimento dell'area di laminazione "VSE_2" "VSN_1" e VSN_2

5 STIMA DEGLI IDOGRAMMI E PORTATE DI PIENA

La stima degli idrogrammi di piena e delle relative portate al colmo è ottenuta, per le caratteristiche dei bacini in esame anche come indicato nelle Linee Guida del PAI, attraverso l'applicazione della metodologia indiretta ossia della trasformazione tra afflussi meteorici e deflussi idrologici. Tale trasformazione è stata condotta attraverso l'uso di una modellazione distribuita idrologico idraulica, che permette una definizione più accurata dei processi fisici di formazione del deflusso e del suo scorrimento sui versanti e nel reticolo idrografico. Ciò è dettato dalla peculiarità del dominio in studio, che presenta sia una marcata variabilità spaziale di aree urbanizzate e rurali e relative capacità di assorbimento, sia un reticolo idraulico fortemente condizionato da vincoli strutturali, caratteristiche difficilmente rappresentabili dalla parametrizzazione della formula razionale eseguita in modo concentrato.

La modellazione numerica del processo di trasformazione afflussi deflussi diventa quindi lo strumento di stima della portata di progetto nella metodologia indiretta e come tale è importante verificarne la sua rappresentatività. La rappresentatività, a causa dell'assenza di misure dirette di portata, è stata valutata in modo indiretto sulla base della ricostruzione dell'evento alluvionale del 18 novembre 2013 (si veda Rel. A02 "studio aggiornamento PAI prof. Marco Mancini – agosto 2014").

5.1 IL MODELLO DISTRIBUITO DELLA TRASFORMAZIONE AFFLUSSI DEFLUSSI

Il modello idrologico FEST-RS (acronimo di Flash – flood Event – based Spatially – distributed rainfall – runoff Transformation, including Reservoirs System), rientra in quella categoria nota nella letteratura scientifica come modelli idrologici distribuiti. La prerogativa di questo modello è quella di simulare la formazione e la propagazione del deflusso di piena considerando la variabilità spaziale dei flussi in ingresso e dei parametri che definiscono i processi al suolo con una fine risoluzione spaziale e temporale, permettendo di calcolare l'idrogramma di piena in una qualsiasi sezione lungo il reticolo idrografico (Mancini, 1990 e 1998). La risoluzione spaziale deriva dalle dimensioni della cella elementare in cui si suddivide la superficie del bacino all'interno della quale le proprietà topografiche idrologiche ed idrauliche sono ipotizzate continue ed omogenee. Ciò permette di quantificare i processi fisici che determinano l'idrogramma di piena localmente e quindi di valutarne poi gli effetti complessivi in termini di portata per ciascuna sezione del reticolo idrografico.

Il modello si divide in tre componenti principali (Figura seguente). La prima estrae dalla matrice delle quote (DEM) le direzioni di scorrimento e, quindi, distingue i versanti dal reticolo idrografico (Carrara, 1988; Montgomery e Foufoula-Georgiou, 1993; Tarboton, 1997). Tale distinzione è ottenuta stabilendo un'area di drenaggio minima al di sopra della quale le celle in cui è suddivisa la superficie del bacino vanno a comporre il reticolo di drenaggio alveato.

Nella seconda parte il modello elabora l'informazione pluviometrica. La pioggia registrata a scala puntuale dai pluviografi presenti sul bacino può essere utilizzata sia come valore ragguagliato alla superficie del bacino secondo il metodo di Thiessen, che come precipitazione distribuita. Il tasso di ruscellamento in ogni cella viene calcolato tramite la rielaborazione in forma differenziale del metodo globale SCS – CN proposto dal Soil Conservation Service (1972 e 1975) secondo lo schema illustrato, tra gli altri, da Mancini e Rosso (1989). Le condizioni di umidità del suolo antecedenti l'evento sono valutate in base all'indice AMC (acronimo di "Antecedent Moisture Condition"). Esso consente di modificare localmente la massima capacità di ritenzione potenziale del terreno in ragione dello stato di imbibimento e, nel caso di precipitazione distribuita, viene stimato per ogni area di influenza dei pluviografi.

Nella terza parte sono implementate le equazioni che descrivono la propagazione del deflusso

superficiale sui versanti, nel reticolo idrografico e attraverso gli invasi artificiali. Il trasferimento del deflusso superficiale sui versanti e nel reticolo idrografico si ottiene con un metodo di propagazione idrologica basato sul metodo Muskingum – Cunge (Cunge, 1969) nella sua forma non lineare, che si basa sul calcolo della celerità di propagazione in rete variabile nel tempo (Ponce, 1989; Ponce e Yevjevich, 1978; Ponce e Chaganti, 1994).

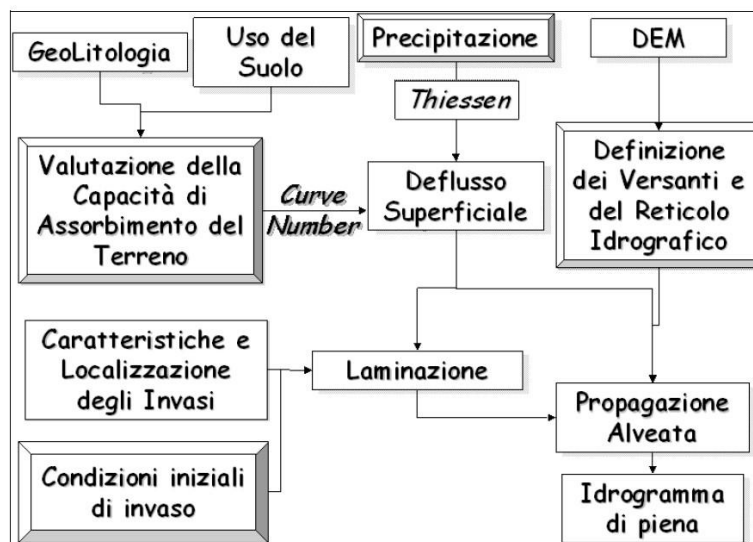


Figura 4. Diagramma a blocchi del modello idrologico FEST-RS.

5.2 DATI UTILIZZATI

I dati utilizzati per la definizione dei parametri del modello idrologico per la determinazione delle portate e dei rispettivi idrogrammi di piena vengono di seguito riportati:

- Idrografia derivante dalla Carta dell'uso del suolo integrata con la cartografia di settore comunale;
- Base topografica del Modello Digitale del Terreno (DTM) con risoluzione spaziale a celle di 10m x 10 m;
- Carta dell'uso del suolo (2008);
- Carta geologica (2009);

5.3 L'ASSORBIMENTO DEL SUOLO

Per quanto concerne la definizione delle matrici di assorbimento si rimanda a quanto riportato nella Relazione ricostruzione evento ("studio Mancini" Rel. A02, Cap. 3.4).

La definizione delle portate di picco e dei rispettivi idrogrammi di piena viene condotta nella condizione umida AMCIII.

Di seguito si riportano i valori medi del parametro CN, nelle condizioni di riferimento AMCII, relative ai bacini di interesse.

Tabella 2. Valori medi del parametro CN dei bacini analizzati nelle condizioni di riferimento AMCII.

ID Bacino	CNII
AU_B2	75.3
AU_B5	77.2

5.4 BACINI IDROGRAFICI E SEZIONI IDROLOGICHE DI CALCOLO DELLE PORTATE

I bacini idrografici di interesse sono quelli sottesi alle sezioni terminali, corrispondenti con la foce a mare, del reticolo di drenaggio del centro urbano della città di Olbia ed analizzati nei capitoli precedenti. In particolare:

- AU_B2, afferente al reticolo idrografico del Riu Seligheddu;
- AU_B5, afferente al reticolo idrografico del Riu San Nicola;

La definizione dei sottobacini corrispondenti alle sezioni di calcolo della portata è stata effettuata posizionando tali sezioni in prossimità di confluenze o laddove l'area sottesa tra una sezione e l'altra si discosti per più del 20%). Tale assunzione permette di disporre delle valutazioni delle portate di picco e dei rispettivi idrogrammi di piena in modo diffuso lungo le varie aste che compongono il reticolo del bacino di interesse.

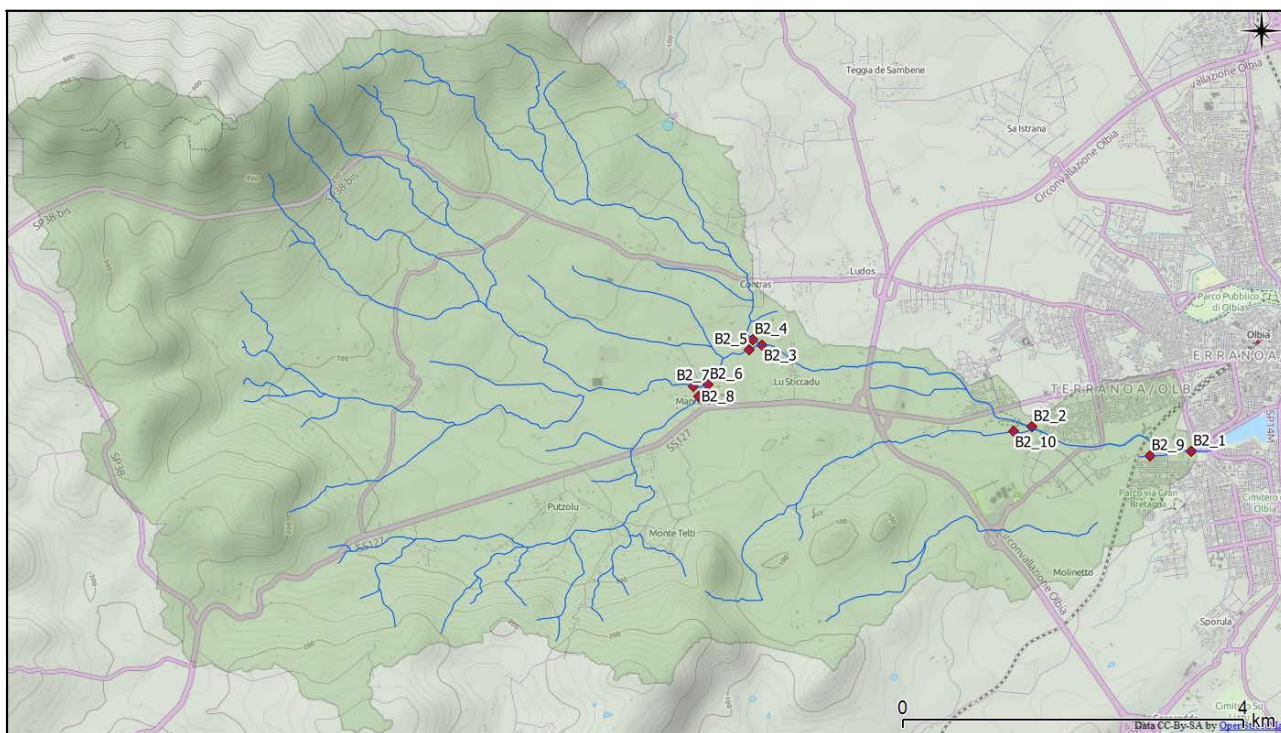


Figura 5. Sezioni idrologiche di calcolo della portata per il bacino AU_B2.

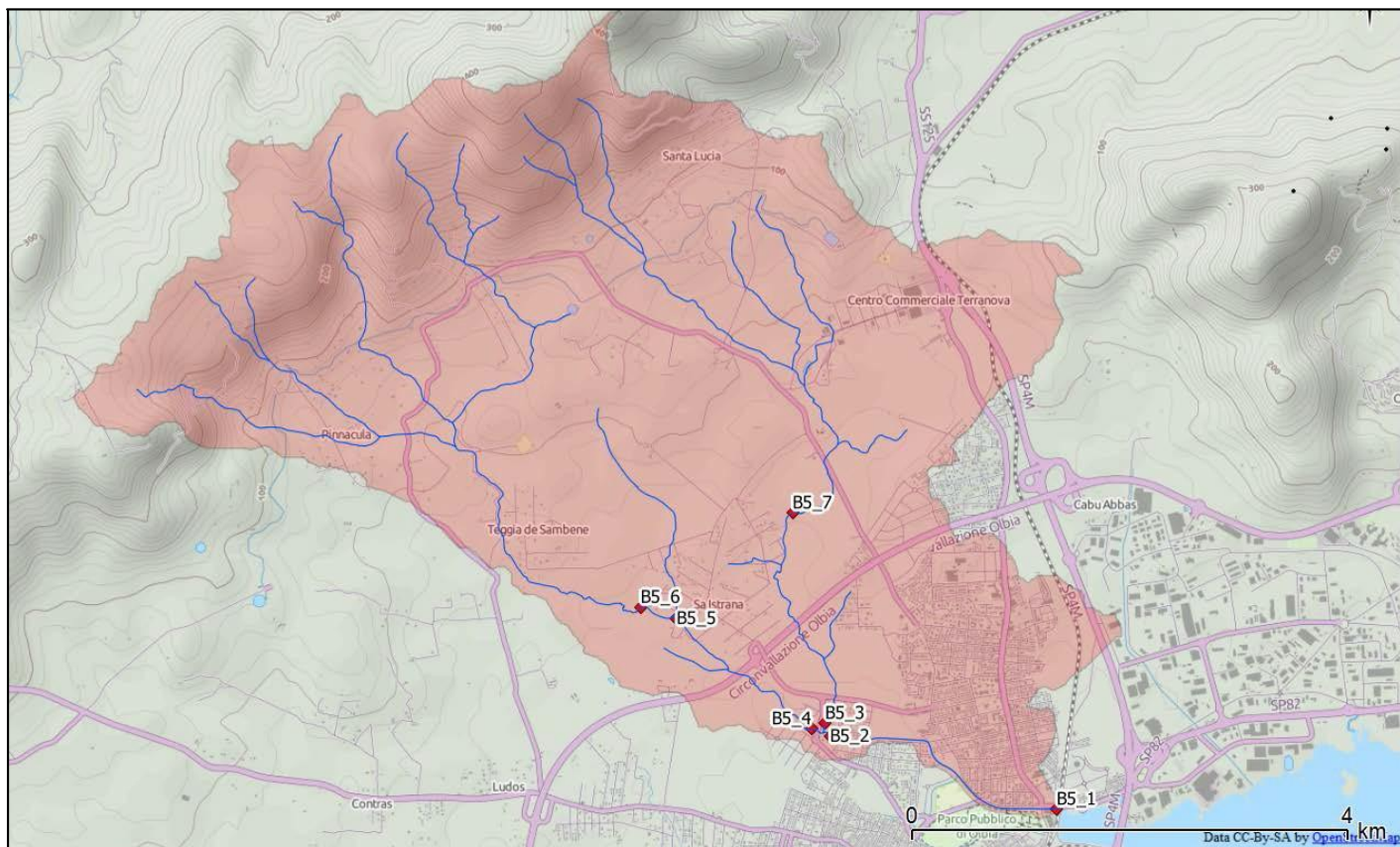


Figura 1. Sezioni idrologiche di calcolo della portata per il bacino AU_B5.

Per il calcolo degli idrogrammi in arrivo alle vasche si è fatto riferimento alle seguenti 4 sezioni di chiusura dei bacini idrografici

Tabella 3. Sezioni idrologiche di calcolo della portata per il bacino AU_B2 E AU_B5 (Coord. Monte Mario).

vasca	ID Sezione	Coord. X [m]	Coord Y [m]	Area sottesa [km ²]
VSE2	AU_B2_4	1537501	4530653	4.6
VSE1	AU_B2_7	1537055	4530216	15.3
VSN2	AU_B5_3	1540743	4531733	8.1
VSN1	AU_B5_4	1540651	4531662	10.1

Di seguito si riportano gli idrogrammi di piena per i tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni per le sezioni idrologiche di interesse per il bacino AU_B2 e AU_B5 e le relative curve di crescita.

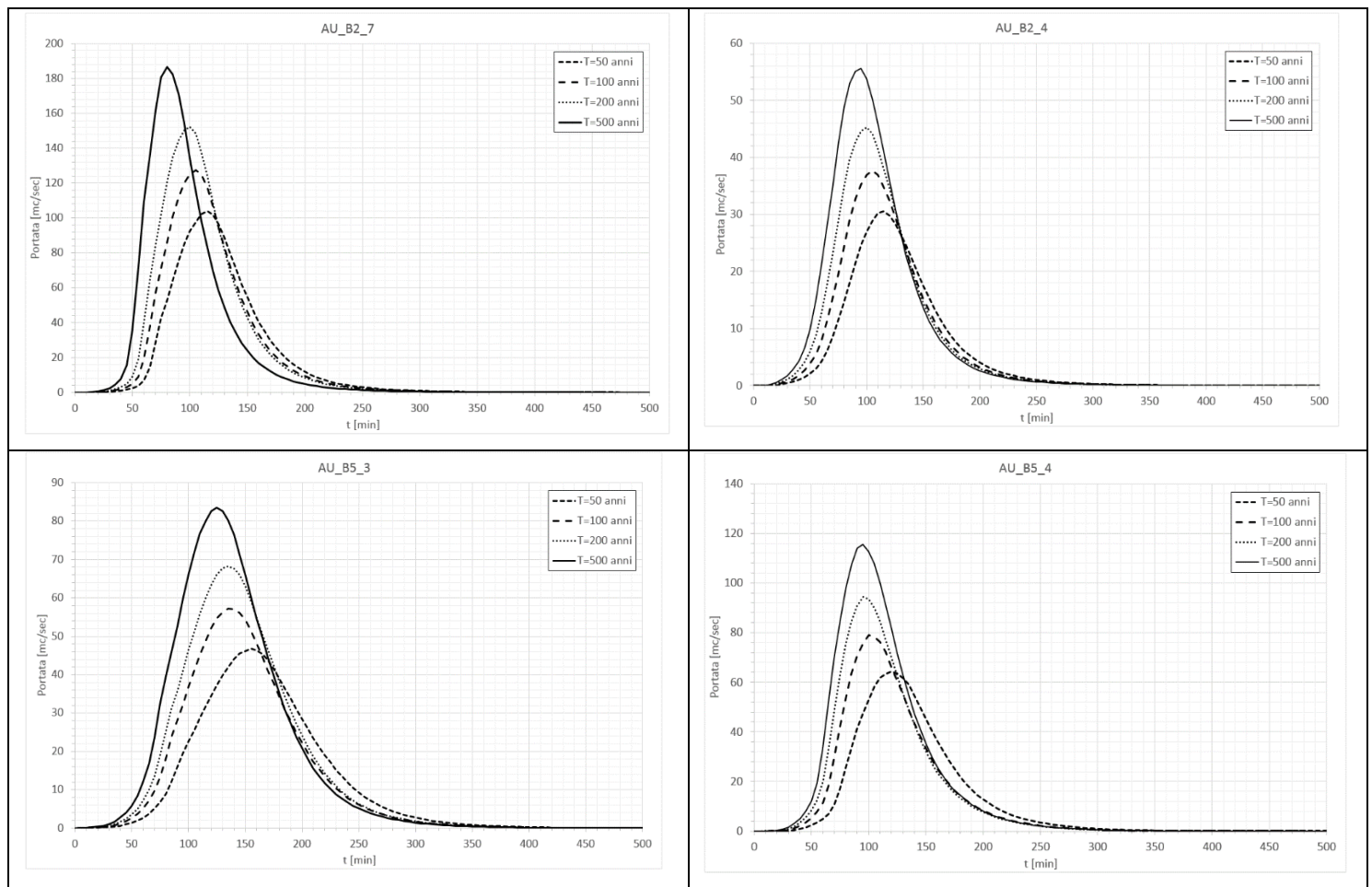


Figura 2. Idrogrammi di piena per i tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni per le sezioni idrologiche di interesse per il bacino AU_B2 e AU_B5 idrogrammi critici per la massima portata.

Tabella 4. Durata critica di pioggia, pioggia cumulata, tempo di picco dell'idrogramma, portata di picco e volume dell'idrogramma dei sottobacini AU_B2 per i tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni.

T = 50 anni					
ID Sottobacino	Durata pioggia critica [min]	Pioggia [mm]	Tempo di picco dell'idrogramma [min]	Portata di picco [mc/sec]	Volume dell'idrogramma [mc]
AU_B2_4	105	61.91	120	31	155'450
AU_B2_7	100	58.96	120	104	500'800
T=100 anni					
AU_B2_4	95	68.06	110	38	179'300
AU_B2_7	90	64.64	110	128	573'600
T=200 anni					
AU_B2_4	90	74.98	105	45	207'600
AU_B2_7	85	71.09	105	152	658'800
T=500 anni					
AU_B2_4	85	84.10	100	56	244'800

AU_B2_7	65	73.44	85	187	689'100
---------	----	-------	----	-----	---------

Tabella 5. Durata critica di pioggia, pioggia cumulata, tempo di picco dell'idrogramma, portata di picco e volume dell'idrogramma dei sottobacini AU_B5 per i tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni.

T = 50 anni					
ID Sottobacino	Durata pioggia critica [min]	Pioggia [mm]	Tempo di picco dell'idrogramma [min]	Portata di picco [mc/sec]	Volume dell'idrogramma [mc]
AU_B5_3	140	68.40	160	47	332'700
AU_B5_4	105	60.82	125	64	351'100
T=100 anni					
AU_B5_3	120	73.58	140	57	370'600
AU_B5_4	85	64.01	105	79	378'500
T=200 anni					
AU_B5_3	120	82.72	140	68	436'350
AU_B5_4	80	70.32	100	94	434'050
T=500 anni					
AU_B5_3	110	91.67	130	84	501'750
AU_B5_4	80	80.63	100	116	526'300

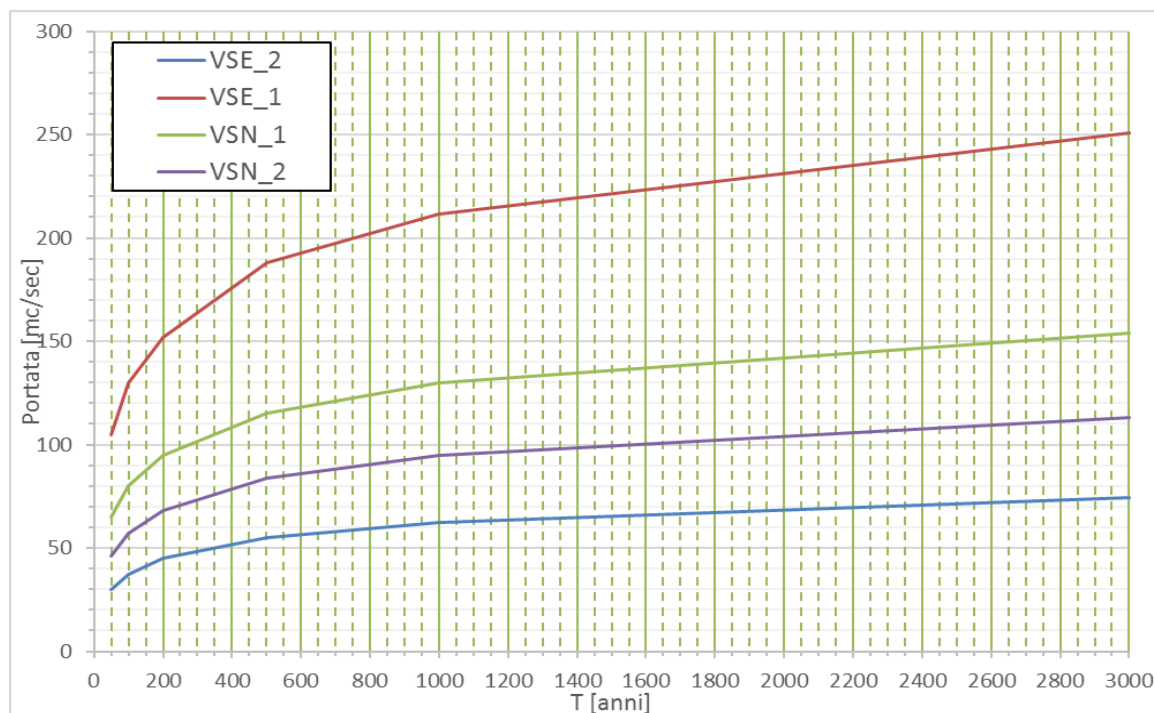
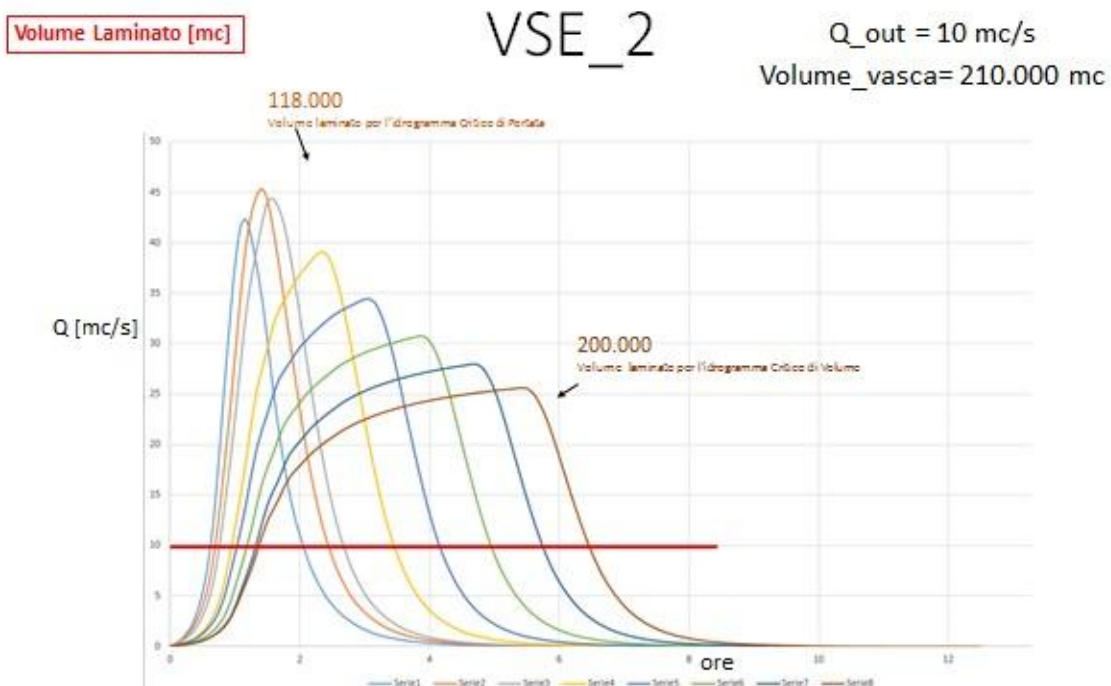
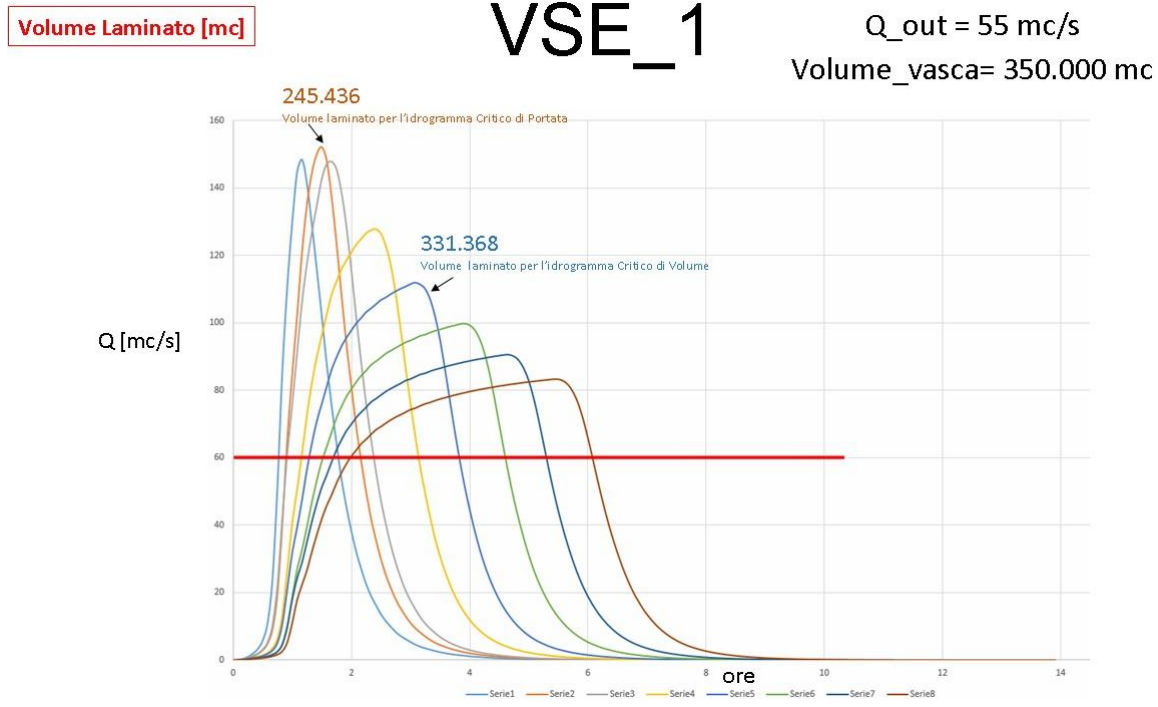


Figura 3. Curve di crescita delle portate per le sezioni idrologiche del bacino AU_B2 (Riu Seligheddu) e AU_B5 (Riu San Nicola) dedotte dal colmo degli ideogrammi che massimizzano la portata

Per il dimensionamento delle vasche è stata fatta una analisi idrologica con la stima dell'idrogramma critico ai fini del volume, modificando la durata critica.

Di seguito si riportano i risultati di tale analisi per ogni singola vasca con il volume di progetto delle vasche. Nei capitoli successivi delle singole vasche vengono riportati gli idrogrammi di progetto in ingresso alla vasca e gli idrogrammi laminati in uscita dalla stessa.

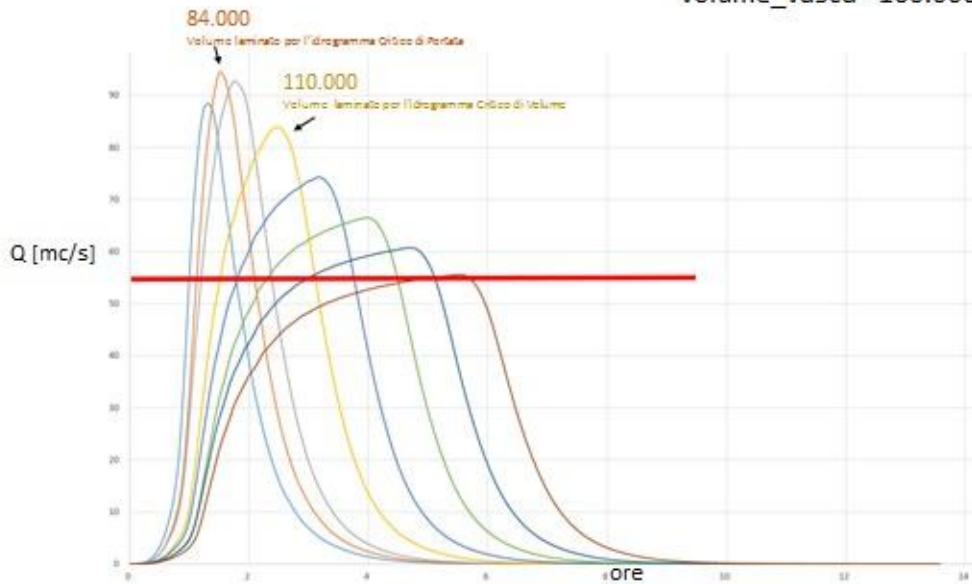
Si nota come per le vasche sul rio Seligheddu l'idrogramma che massimizza il volume è quello critico per il volume, mentre per le vasche sul rio San Nicola l'idrogramma che massimizza il volume è quello critico per le portate.



Volume Laminato [mc]

VSN_1

$Q_{out} = 55 \text{ mc/s}$
 Volume_vasca = 160.000 mc



Volume Laminato [mc]

VSN_2

$Q_{out} = 45 \text{ mc/s}$
 Volume_vasca = 100.000 mc

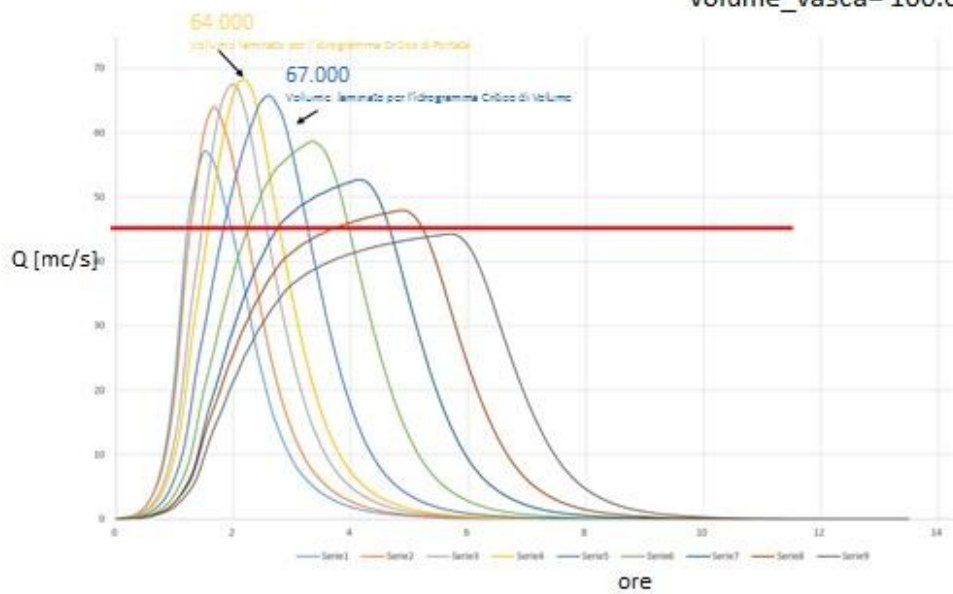


Figura 4. confronto tra gli idrogrammi critici per la portata e quelli per il volume per le 4 vasche.

6 OPERE IN PROGETTO: AREA DI LAMINAZIONE SUL RIO SELIGHEDDU “VSE_1”

L’area di laminazione “VSE_1” è posta lungo il corso del Riu Seligheddu e su altri corsi d’acqua minori, e consente la definizione di un volume di laminazione pari a circa 350’000 mc attraverso la realizzazione di uno sbarramento con un’altezza variabile da pochi metri fino ad un massimo di 8 m per uno sviluppo di circa 810 m ed un’altezza massima di invaso pari a 6.35 m, cui corrisponde una superficie di invaso di 18.0 ha. In questo caso le caratteristiche topografiche non impongono la risagomatura con scavo del terreno a monte dello sbarramento per ottenere il volume di accumulo di progetto.

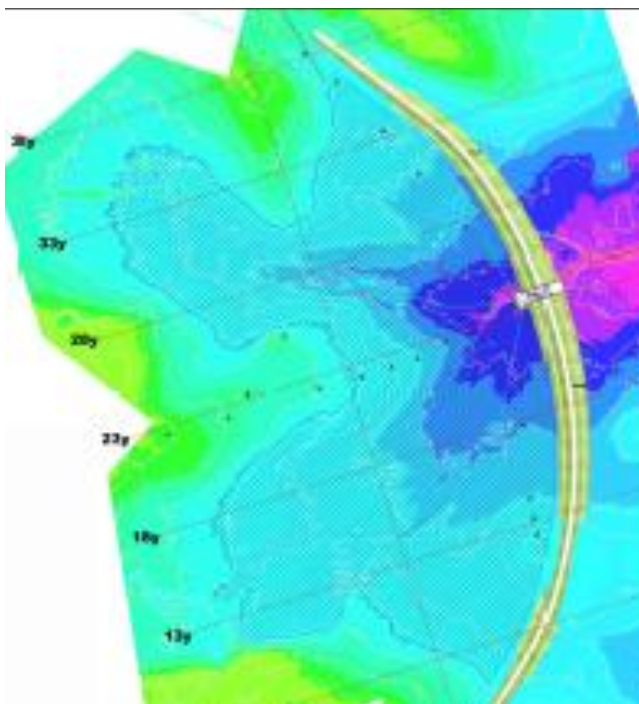


Figura 5. Area di laminazione “VSE_1”, in azzurro la perimetrazione dello specchio liquido per Tr=200 anni.

Di seguito si riporta la curva di invaso dell’area di laminazione in studio.

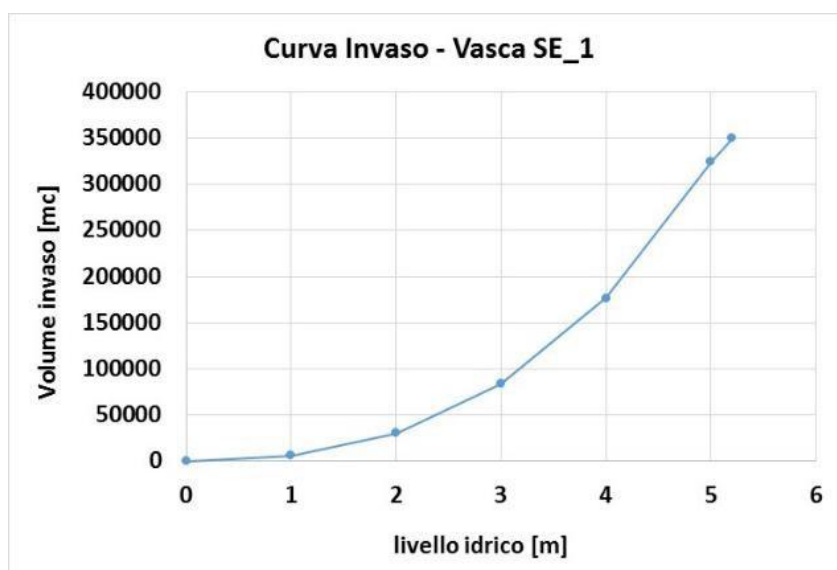


Figura 6. Curva caratteristica area di invaso per l’area di laminazione “VSE_1”.

La vasca è in linea ed il suo funzionamento è regolato da un manufatto dotato di una luce a battente di dimensioni 5.0 m x 2.0 m, che consente di lasciare transitare indisturbate verso valle portate fino al valore di circa 55 mc/s; per valori superiori parte delle portate si invasano fino al raggiungimento di un livello massimo di 45.15 m corrispondente all'evento duecentennale quota alla quale è posto lo sfioratore superficiale.

Le opere previste per la realizzazione della vasca di laminazione consistono nelle seguenti:

- manufatto di controllo della laminazione costituito da una bocca a battente di dimensioni 5.0 m x 2.0 m; tale manufatto si raccorderà alla sezione di progetto del Rio Seligheddu di dimensioni 10.0 m x 3.0 m;
- manufatto di sfioro costituito da una soglia di sfioro lunga 10 m sagomata con profilo tipo creager posta alla quota di 45.15 msm; tale sfioratore è dimensionato per far transitare la portata di 3000 anni di tempo di ritorno di 120 mc/s (portata massima per idrogramma critico per le volume) con un battente pari a 1.25 m.
- rilevato arginale di altezza variabile in funzione della quota del piano campagna con una quota di coronamento posta a 48.20 msm e una banca intermedia posta a 44.05 msm e realizzato per contenere i livelli presenti nella vasca di laminazione; il regolamento tecnico delle dighe impone che venga garantito un franco di 1.8 m sul livello di sfioro della portata trimillenaria. Tale argine ha un'altezza massima di 8.0 m rispetto al piano campagna ed è realizzato in terre compatte; esso presenta inoltre un nucleo centrale di spessore 1.50 m in argilla ($k < 10^{-9}$ m/s) e di altezza variabile, e un taglione alla base di profondità pari a 2.0 m.
- Una vasca di confluenza realizzata in calcestruzzo e ubicata a monte del manufatto di sfioro alla quale convergono i corsi d'acqua del reticolo idrografico posto a monte dell'invaso, compreso il Rio Seligheddu;
- Un rivestimento antierosivo realizzato in materassi tipo "Reno" della porzione di argine posta a contatto con le portate sfioranti, per una lunghezza di 10.0 m circa per parte;
- Una vasca di dissipazione a salti e di raccordo tra il manufatto di controllo e la sezione del Rio Seligheddu posta a valle.

La realizzazione di un nucleo centrale in argilla (di spessore 1.50 m) e il taglione alla base (di profondità 2.0 m) del rilevato arginale è stata prevista quale misura per contrastare i possibili fenomeni di filtrazione all'interno e alla base dell'argine. Tuttavia la velocità con la quale l'invaso si vuota (circa 3.5 ore per l'evento $T=200$ anni) fa sì che il livello massimo permanga per poco tempo all'interno dell'invaso, e pertanto non sia in grado di saturare il corpo del rilevato e quindi che si possano instaurare fenomeni di filtrazione significativi e potenzialmente dannosi per la stabilità dello stesso.

Per tempi di ritorno inferiori all'evento di progetto l'invaso occupa le seguenti superfici, a cui corrispondono diversi volumi:

- $Tr=50$ anni: superficie allagata = 122'000 mq, livello massimo 43.7 m slm e volume d'invaso = 140'000 mc
- $Tr=100$ anni: superficie allagata = 135'000 mq, livello massimo 44.3 m slm e volume d'invaso = 220'000 mc

Nelle figure seguenti sono rappresentate le superfici allagate per tempi di ritorno di 50 e 100 anni:



Figura 7. Superficie dell'invaso SE_1 allagata per $Tr = 50$ anni



Figura 8. Superficie dell'invaso SE_1 allagata per $Tr = 100$ anni

6.1 LE PORTATE DI PROGETTO DELL'OPERA

Il bacino afferente all'area di laminazione "VSE_1" è definito dal sottobacino AU_B2_7 (cap5) che definisce gli idrogrammi caratteristici di sollecitazione a differenti periodi di ritorno. Gli effetti di laminazione del volume vengono valutati secondo il metodo descritto in precedenza.

Come idrogramma di progetto per il dimensionamento dell'opera si è utilizzato quello duecentennale riferito alla sezione AU_B2_7 caratterizzato da una portata al colmo di circa 140 mc/sec ed un volume di circa 63'000 mc.

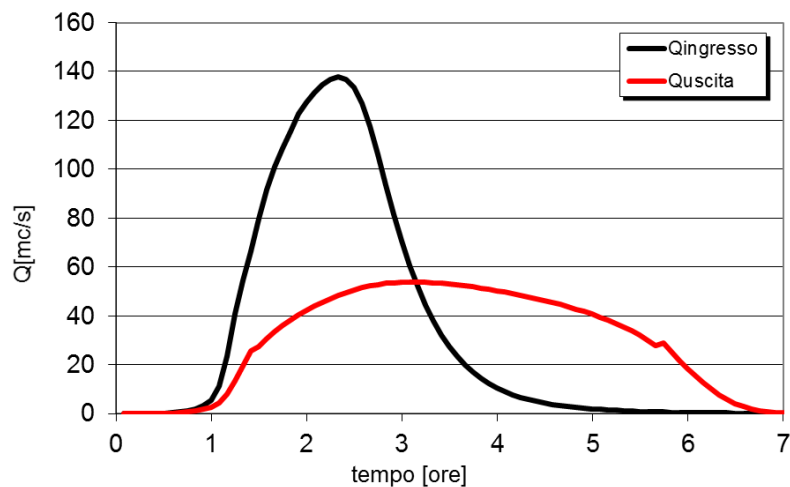


Figura 9. Grafico delle portate in ingresso e uscita dalla vasca per il dimensionamento del volume di invaso. Sono ottenute per le portate di massimo volume al tempo di ritorno pari a 200 anni.

Le opere di sfioro si innescano per portate superiori all'evento di progetto duecentennale; pertanto nel loro dimensionamento è stato considerato come portata di riferimento quella al colmo dell'idrogramma con tempo di ritorno di 3000 anni pari a 120 mc/sec come richiesto dalle norme tecniche in materia di dighe.

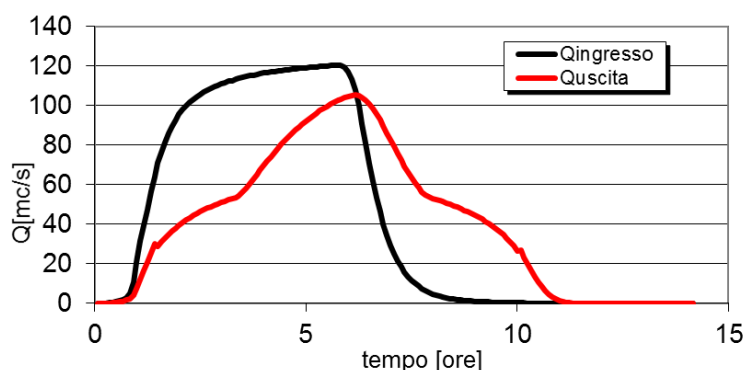


Figura 10. Idrogrammi critici a massimo volume per T=3000 anni: portate in ingresso e uscita dalla vasca utilizzato per il dimensionamento delle opere di sfioro. Si nota come dallo sfioratore transitino circa 100 mc/s e dalla luce di fondo 55 mc/s.

Per il dimensionamento delle opere di sfioro si è scelto di utilizzare l'idrogramma di massimo volume e non l'idrogramma di massima portata perché quest'ultimo ha un volume tale da non far attivare lo sfioro, come si può osservare dalla seguente Figura. Questo particolare comportamento si ha perché il volume dell'idrogramma al massimo volume a T=200 anni è maggiore del volume dell'idrogramma alla massima portata a T=3000 anni.

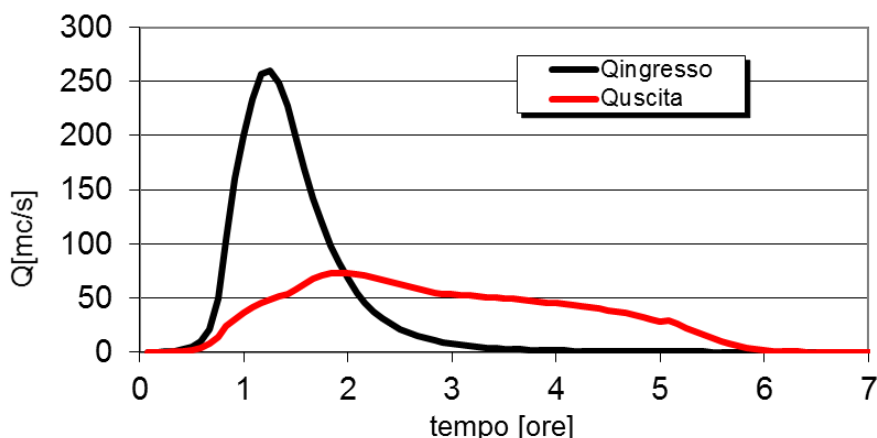


Figura 11. Idrogrammi in ingresso e uscita dalla vasca. L'idrogramma in ingresso è quello critico per la portata al tempo di ritorno pari a 3000 anni.

6.2 VERIFICA DEL FUNZIONAMENTO DELLA VASCA PER IDROGRAMMI CRITICI PER LE PORTATE

Il bacino afferente all'area di laminazione "VSE_1" è definito dal sottobacino AU_B2_7 (cap5) che definisce gli idrogrammi caratteristici di sollecitazione a differenti periodi di ritorno. Gli effetti di laminazione del volume vengono valutati secondo il metodo descritto in precedenza.

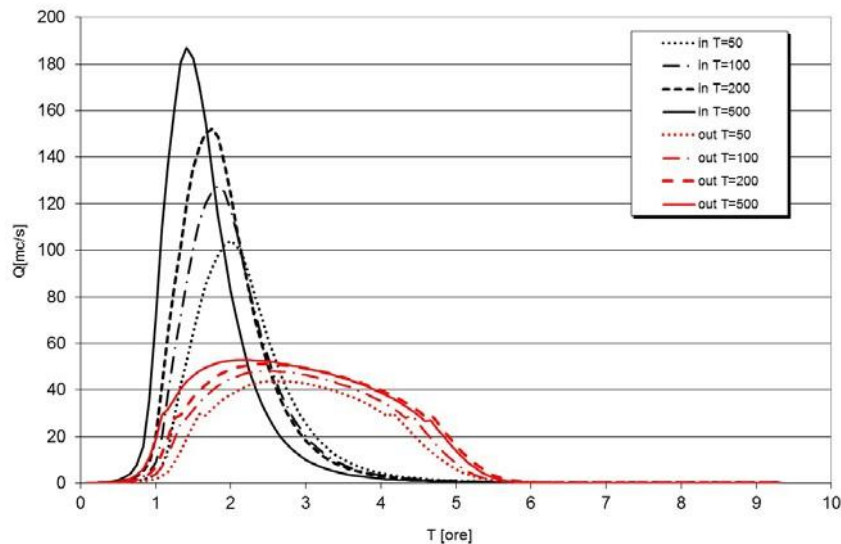


Figura 12. Effetti di laminazione dell'area "VSE_1" a differenti tempi di ritorno.

Di seguito si riportano gli effetti dell'area di laminazione in analisi per le diverse portate, a differenti tempi di ritorno, in termini di curva di crescita delle portate in assenza e presenza del sistema di laminazione.

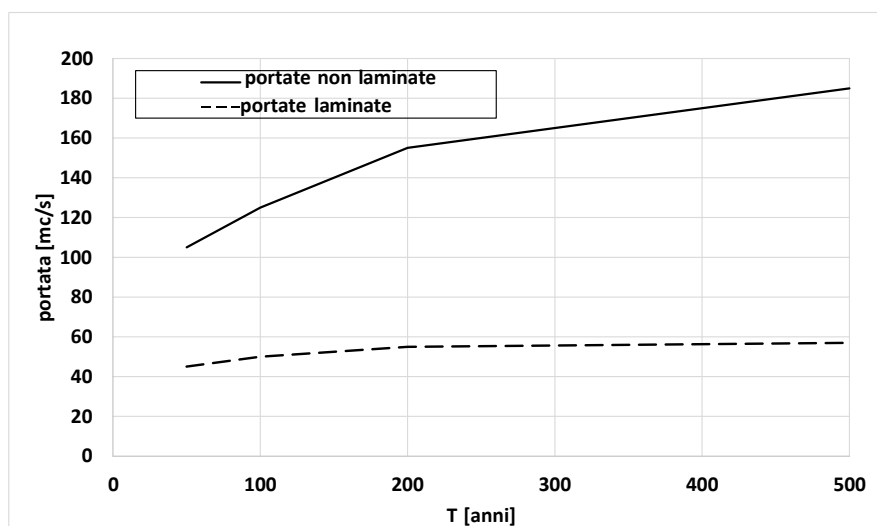


Figura 13. Effetti del sistema di laminazione "VSE_1" in termini di curve di crescita delle portate.

6.3 CARATTERISTICHE IDRAULICHE DELL'AREA DI LAMINAZIONE IN PROGETTO

Di seguito si riportano in sintesi le grandezze caratteristiche dell'area di laminazione in progetto:

- Quota di fondo: 40 m.s.l.m.
- Quota di massima regolazione (quota sfioratore): 45.15 m.s.l.m.
- Volume di invaso: 350.000 mc
- Portata in uscita: 55 mc/sec
- Dimensioni luce a battente di regolazione: 5.0 m x 2.0 m
- Quota del petto di sfioro: 45.10 m.s.l.m.
- Quota di massimo invaso: 46.35 m.s.l.m.
- Altezza di massimo invaso: 6.35 m
- Quota coronamento (argine): 48.15 msm

- Lunghezza dello sfioro: 10 m
- Tempo di vuotamento dell'invaso (evento T200) = 6.7 ore

7 OPERE IN PROGETTO: AREA DI LAMINAZIONE SUL RIO SELIGHEDDU "VSE2"

Sul Rio Selligheddu, tra le vie Santa Mariedda e Santa Lucia, è presente un'area golenale ampia e incisa rispetto al piano campagna circostante.

L'area di laminazione consente la definizione di un volume di laminazione pari a circa 210.000 mc attraverso la realizzazione di arginature con altezza variabile da 1.5 m e 8 metri. Con questa conformazione la massima altezza di invaso risulta essere pari a 6,2 m. Per la particolare conformazione dell'area di laminazione la curva caratteristica aree-livelli è definita dalla superficie totale che varia tra 100 mq e 80'000 mq per i livelli di invaso sino all'altezza di invaso per ideogrammi con tempo di ritorno pari a 200 anni.



Figura 14. Curva di invaso per l'area di laminazione VSE_2

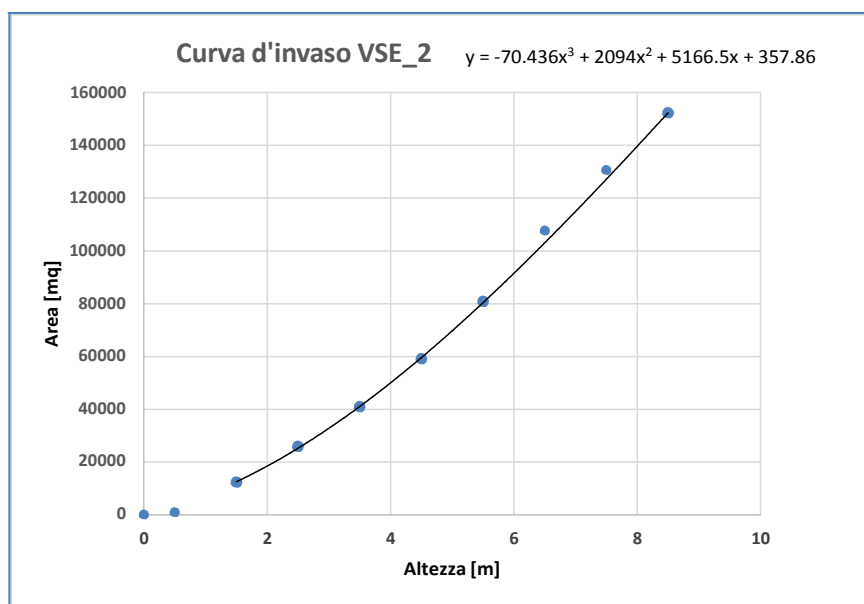


Figura 15. Curva area-livelli dell'area di laminazione in esame ottenuta sulla base del DTM rilievo Lidar con risoluzione spaziale di 1 m x 1 m.



Figura 16. Indicazione dell'estensione areale dell'invaso e ingombro dell'arginatura.



Figura 17. Vista dell'area di laminazione "VSE_2".

Nell'area in esame, si osserva che la via Santa Mariedda attraversa per un breve tratto l'area di ingombro della vasca, per tale motivo non sarà più agibile, il progetto prevede di realizzare una viabilità alternativa per raggiungere la proprietà, come indicato nella figura seguente.

Le opere previste per la realizzazione della vasca di laminazione consistono nelle seguenti:

- manufatto di controllo della laminazione costituito da una bocca a battente, dimensioni 1,20 m x 1,00 m; tale manufatto si raccorderà alla sezione di progetto del rio Seligheddu di dimensioni trapezia 8 m x 1 m (sponde 1:1);
- manufatto di sfioro costituito da una soglia di sfioro lunga 30 m realizzata e posta alla quota di 48,00 msm; tale sfioratore è dimensionato per far transitare la portata a tempo di ritorno di 3000 anni di 37,5 mc/s (portata massima per idrogramma critico per i volumi) con un battente pari a 0.5 m.
- rilevato arginale di altezza variabile in funzione della quota del piano campagna con una quota di coronamento posta a 50.30 mslm e realizzato per contenere i livelli presenti nella vasca di laminazione; la normativa regionale impone che venga garantito un franco di 1,8 m sul livello di sfioro della portata a 3000 anni, dato da 1,5m valore fisso più un sopralzo d'onda che in questo caso è pari a 30 cm. Tale argine ha una altezza variabile tra 4 e 8 m rispetto al piano campagna; esso presenta inoltre un nucleo centrale di spessore 1.50 m in argilla ($k < 10^{-9}$ m/s) e di altezza variabile, e un taglione alla base di profondità pari a 2.0 m.

Quota sfioro [m s.l.m.]	Quota massimo invaso a T3000 [m s.l.m.]	Franco Fisso [m]	Sopralzo onda [m]	Quota coronamento [m s.l.m.]
48,00	48,50	1,5	0,30	51.50

- Un rivestimento antiersivo realizzato in materassi tipo “Reno” della porzione di argine posta a contatto con le portate sfioranti, per una lunghezza di 10.0 m circa per parte;

La realizzazione di un nucleo centrale in argilla (di spessore 1.50 m) e il taglione alla base (di profondità 2.0 m) del rilevato arginale è stata prevista quale misura per contrastare i possibili fenomeni di filtrazione all'interno e alla base dell'argine. Tuttavia la velocità con la quale l'invaso si vuota (circa 3.5 ore per l'evento T=200 anni) fa sì che il livello massimo permanga per poco tempo all'interno dell'invaso, e pertanto non sia in grado di saturare il corpo del rilevato e quindi che si possano instaurare fenomeni di filtrazione significativi e potenzialmente dannosi per la stabilità dello stesso.

Per tempi di ritorno inferiori all'evento di progetto l'invaso occupa le seguenti superfici, a cui corrispondono diversi volumi:

- Tr=50 anni: superficie allagata = 38'500 mq, livello massimo 46.93 m slm e volume d'invaso = 50'000 mc
- Tr=100 anni: superficie allagata = 42'700 mq, livello massimo 47.28 m slm e volume d'invaso = 65'000 mc

Nelle figure seguenti sono rappresentate le superfici allagate per tempi di ritorno di 50 e 100 anni:



Figura 20. Superficie dell'invaso SE_2 allagata per $Tr = 50$ anni



Figura 21. Superficie dell'invaso SE_2 allagata per $Tr = 100$ anni

7.1 PORTATE DI PROGETTO DELL'OPERA

Il bacino afferente all'area di laminazione "VSE_2" è definito dal sottobacino AU_B2_4 (cap 5) che definisce gli idrogrammi di progetto a differenti periodi di ritorno. Gli effetti di laminazione del volume vengono valutati secondo il metodo descritto in precedenza e di seguito riportati in forma grafica.

Come idrogramma di progetto per il dimensionamento dell'opera si è utilizzato quello duecentennale riferito alla sezione AU_B2_4 caratterizzato da una portata al colmo di circa 23 mc/sec ed un volume di poco più di 1.125.000 mc.

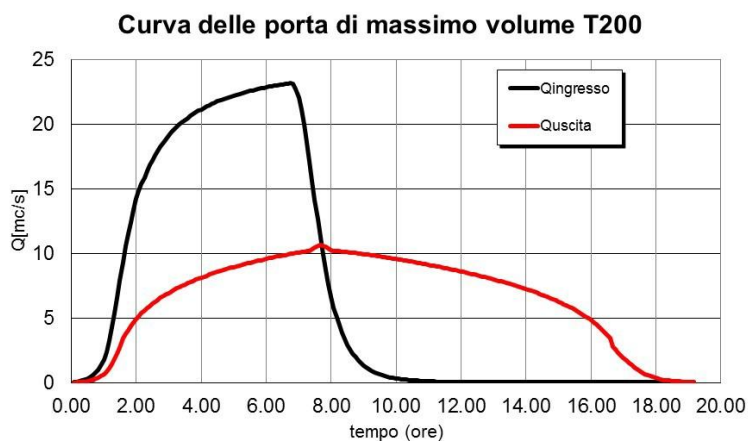


Figura 22. Grafico delle portate in ingresso e uscita dalla vasca per il dimensionamento del volume di invaso. Sono ottenute per le portate di massimo volume al tempo di ritorno pari a 200 anni.

Le opere di sfioro si innescano per portate superiori all'evento di progetto duecentennale; pertanto nel loro dimensionamento è stato considerato come portata di riferimento quella al colmo dell'idrogramma con tempo di ritorno di 3000 anni pari a 37.50 mc/sec come richiesto dalle norme tecniche in materia di dighe.

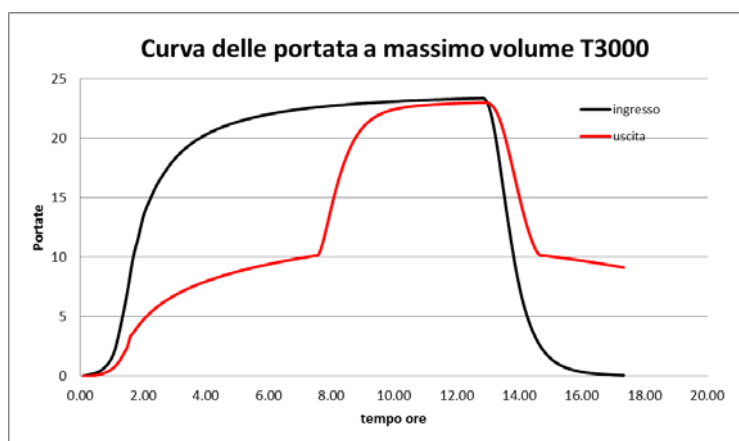


Figura 23. Idrogrammi critici a massimo volume per $T=3000$ anni: portate in ingresso e uscita dalla vasca utilizzato per il dimensionamento delle opere di sfioro. Si nota come dallo sfioratore transitino 27 mc/s e dalla luce di fondo 10 mc/s.

Per il dimensionamento delle opere di sfioro si è scelto di utilizzare l'idrogramma di massimo volume e non l'idrogramma di massima portata perché quest'ultimo ha un volume tale da non far attivare lo sfioro, come si può osservare dalla seguente Figura. Questo particolare comportamento si ha perché il volume dell'idrogramma al massimo volume a $T=200$ anni è maggiore del volume dell'idrogramma alla massima portata a $T=3000$ anni.

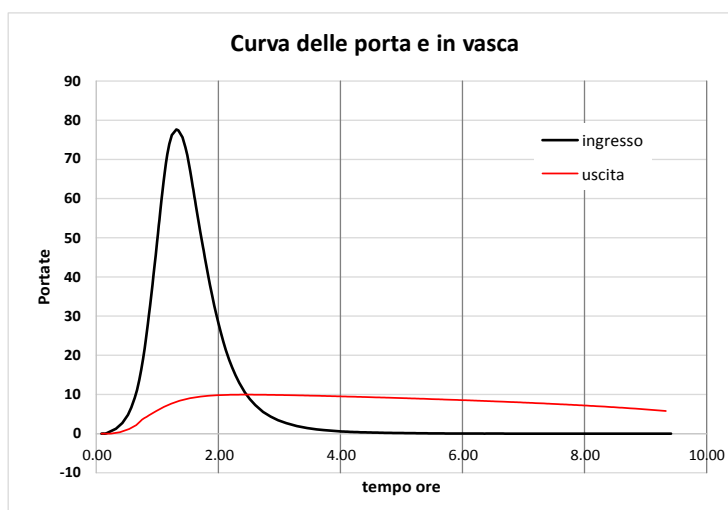


Figura 24. Idrogrammi in ingresso e uscita dalla vasca. L'idrogramma in ingresso è quello critico per la portata al tempo di ritorno pari a 3000 anni, in uscita si nota come lo sfioratore non viene attivato.

7.2 CARATTERISTICHE IDRAULICHE DELL'AREA DI LAMINAZIONE IN PROGETTO

Di seguito si riportano in sintesi le grandezze caratteristiche dell'area di laminazione in progetto:

- Quota di fondo: 43.5 m.s.l.m.
- Quota di massima regolazione (quota sfioratore): 48.00 m.s.l.m.
- Volume di invaso: 210.000 mc
- Portata in uscita: 10 mc/sec
- Dimensioni luce a battente di regolazione: 1.2 m x 1.0 m
- Quota del petto di sfioro: 48.00 m.s.l.m.
- Quota di massimo invaso: 48.50 m.s.l.m.
- Altezza di massimo invaso: 6,20 m
- Quota coronamento (argine): 50.30 msm

- Lunghezza dello sfioro: 30 m
- Tempo di vuotamento dell'invaso (evento T200): 18 ore

7.3 DIMENSIONAMENTO DELLA VASCA E DEI MANUFATTI

La vasca di laminazione ha la funzione di limitare la portata con tempo di ritorno di 200 anni a valle dell'invaso di laminazione al valore di 10 mc/sec rispetto al valore in ingresso prossimo ai 23 mc/sec. Tale valore (10 mc/sec) è dunque la portata di riferimento per il dimensionamento della bocca a battente il cui funzionamento dipende però dall'altezza di massimo invaso raggiunta. Pertanto è stato effettuato un dimensionamento tramite successive iterazioni attraverso un modello numerico che permettesse l'implementazione la relazione tra portate in ingresso, portate in uscita e volume invasato.

Tale modello è descritto nel cap 3.1

Per questo tipo di applicazione tra i metodi di integrazione delle equazioni caratteristiche del processo di invaso è ricorrente l'utilizzo del Metodo di Runge e Kutta.

7.3.1 Dimensionamento opere di dissipazione

La velocità della corrente al di sotto di una luce a battente o al piede di una rampa di sfioro può essere rilevante. In questi casi la corrente veloce che si genera tende, dopo un tratto caratterizzato da forti turbolenze, a rallentare ed ad assumere le condizioni naturali di moto, in relazione alle caratteristiche dell'alveo posto a valle. Generalmente queste condizioni sono quelle di corrente lenta e quindi si verificherà in una certa sezione di valle un risalto idraulico. Le elevate velocità che caratterizzano la corrente nel primo tratto a valle della sezione di controllo possono causare sensibili fenomeni di erosione del fondo alveo, che possono anche minacciare la stabilità delle opere in esso esistenti. E' dunque necessario proteggere l'alveo, mediante un rivestimento del fondo che ne limiti l'erosione, nel tratto interessato dalla corrente veloce e dalla turbolenza cioè subito a valle della luce a battente.

Le caratteristiche del risalto ed in particolare la sua estensione non possono essere determinate teoricamente, in termini pratici è opportuno considerare cautelativamente una lunghezza del tratto da rivestire non inferiore a 10-12 volte l'altezza dell'acqua nell'alveo di valle.

Per limitare l'estensione del tratto interessato è opportuno utilizzare delle opere di dissipazione. Queste opere sono dei manufatti che hanno lo scopo di agevolare la formazione del risalto e della corrente lenta a valle, limitando al massimo la lunghezza del tratto caratterizzato da forti velocità ed elevata turbolenza. Stante quanto sopra si sono inserite: a valle del manufatto di controllo e a valle dello sfioro di emergenza due vasche con gradini di 0,50m ciascuno, in questo modo si è diminuita la pendenza e quindi abbassate le velocità.

Nelle successive fasi di progettazione si valuterà se inserire opportuni denti di dissipazione della corrente

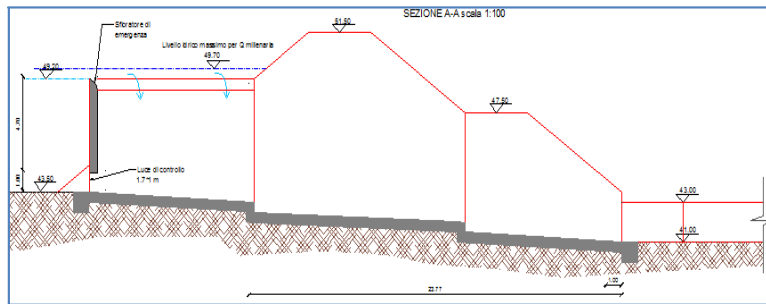


Figura 25. Serie di salti a valle dell'opera di regolazione per diminuire le pendenze e quindi le velocità.

8 OPERE IN PROGETTO: AREE DI LAMINAZIONE SUL RIO SAN NICOLA

Le aree di laminazione “VSN_1” e “VSN_2” risultano separate dalla sola viabilità della Via Pier Luigi Nervi che a causa della realizzazione degli invasi dovrà essere adeguata ad una quota idonea compatibile con i sistemi di laminazione (sopralzo in quota massimo di circa 50-80 cm).



Figura 26. Area di laminazione “VSN_1” (ad ovest) e “VSN_2” (ad est).

L'area di laminazione “VSN_1” è posta lungo il corso del Rio San Nicola e consente la definizione di un volume di laminazione pari a circa 160.000 mc attraverso la realizzazione di uno sbarramento con un'altezza massima di 5.75 m per uno sviluppo di circa 450 m ed un'altezza massima di invaso pari a 3.95 m, cui corrisponde una superficie di invaso di 7.1 ha. In questo caso le caratteristiche topografiche, la ridotta altezza di invaso ed estensione areale impongono la risagomatura con scavo del terreno a monte dello sbarramento per ottenere il volume di accumulo di progetto.



Figura 27. Area di laminazione “VSN_1”.



Figura 28. Vista dell'area di laminazione “VSN_1”.

Di seguito si riporta la curva di invaso dell'area di laminazione in studio.

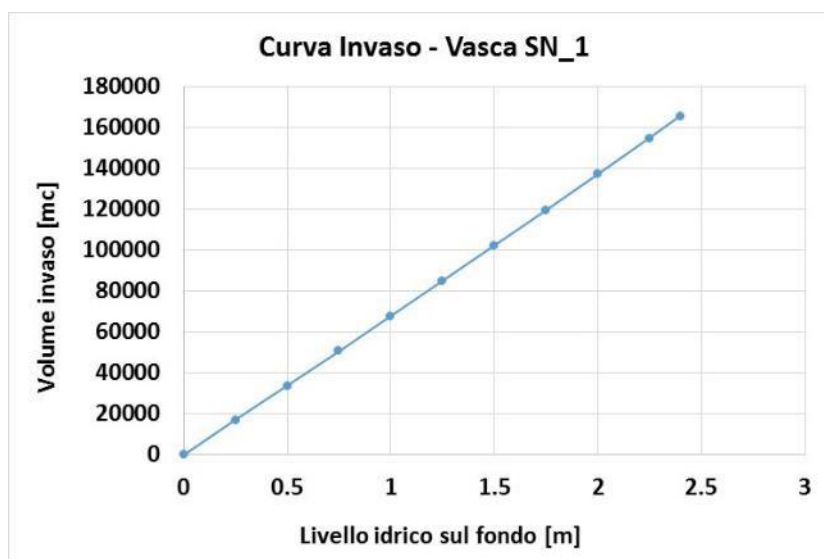


Figura 29. Curva di invaso per l'area di laminazione "VSN_1".

La vasca è in linea ed il suo funzionamento è regolato da un manufatto dotato di quattro luci a battente di dimensioni 3.0x1.20 m, che consentono di lasciare transitare indisturbate verso valle portate fino al valore di circa 55mc/s; per valori superiori parte delle portate si invasano fino al raggiungimento di un livello massimo di 2.40 m corrispondente all'evento duecentennale. Si può quindi dire che la vasca entra in funzione per eventi superiori a cinquanta anni di tempo di ritorno

Le opere previste per la realizzazione della vasca di laminazione consistono nelle seguenti:

- manufatto di controllo della laminazione costituito da una bocca a battente composta da quattro luci di dimensioni 3.0 m x 1.20 m; tale manufatto si raccorderà alla sezione trapezia di progetto del Rio San Nicola di dimensioni 12.0 m x 2.5 m;
- manufatto di sfioro costituito da una soglia di sfioro lunga 30 m posta alla quota di 12.50 msm; tale sfioratore è dimensionato per far transitare la portata trimillennaria di 160 mc/s (portata massima per idrogramma critico per le portate) con un battente pari a 0.85 m.
- rilevato arginale di altezza variabile in funzione della quota del piano campagna con una quota di coronamento posta a 15.15 msm e realizzato per contenere i livelli presenti nella vasca di laminazione; la normativa regionale impone che venga garantito un franco di 1.8 m sul livello di sfioro della portata trimillennaria. Tale argine ha una altezza variabile tra 0.5 e 6.0 m rispetto al piano campagna; esso presenta inoltre, nel tratto orientale, un nucleo centrale di spessore 1.50 m in argilla ($k < 10^{-9}$ m/s) e di altezza variabile, e un taglione alla base di profondità pari a 2.0 m.
- due vasche di dissipazione posizionate rispettivamente a valle dei due manufatti precedentemente descritti;
- La vasca viene realizzata con un volume complessivo di scavo di circa 160'000 mc

La realizzazione di un nucleo centrale in argilla (di spessore 1.50 m) e il taglione alla base (di profondità 2.0 m) del rilevato arginale del tratto orientale è stata prevista quale misura per contrastare i possibili fenomeni di filtrazione all'interno e alla base dell'argine. Tuttavia la velocità con la quale l'invaso si vuota (circa 3.5 ore per l'evento T=200 anni) fa sì che il livello massimo permanga per poco tempo all'interno dell'invaso, e pertanto non sia in grado di saturare il corpo del

rilevato e quindi che si possano instaurare fenomeni di filtrazione significativi e potenzialmente dannosi per la stabilità dello stesso.

8.1 LE PORTATE DI PROGETTO DELL'OPERA

Il bacino afferente all'area di laminazione "VSN_1" è definito dal sottobacino AU_B5_4 (Cap 5) che definisce gli idrogrammi caratteristici di sollecitazione a differenti periodi di ritorno. Gli effetti di laminazione del volume vengono valutati secondo il metodo descritto in precedenza e di seguito riportati in forma grafica.

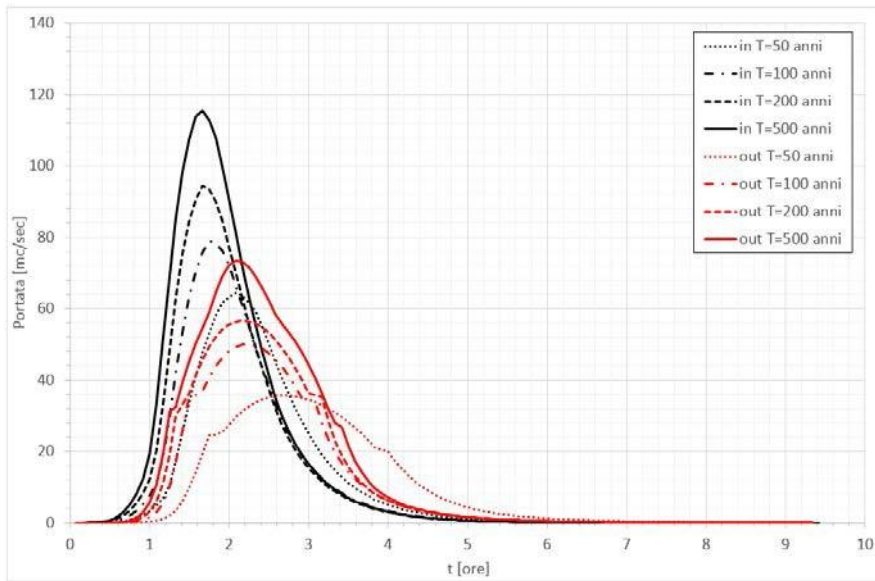


Figura 30. Effetti di laminazione dell'area "VSN_1" a differenti tempi di ritorno.

Di seguito si riportano gli idrogrammi critici a 200 anni e 3000 anni di tempo di ritorno utilizzati per il dimensionamento rispettivamente del manufatto di sfioro di emergenza e della quota di sommità arginale.

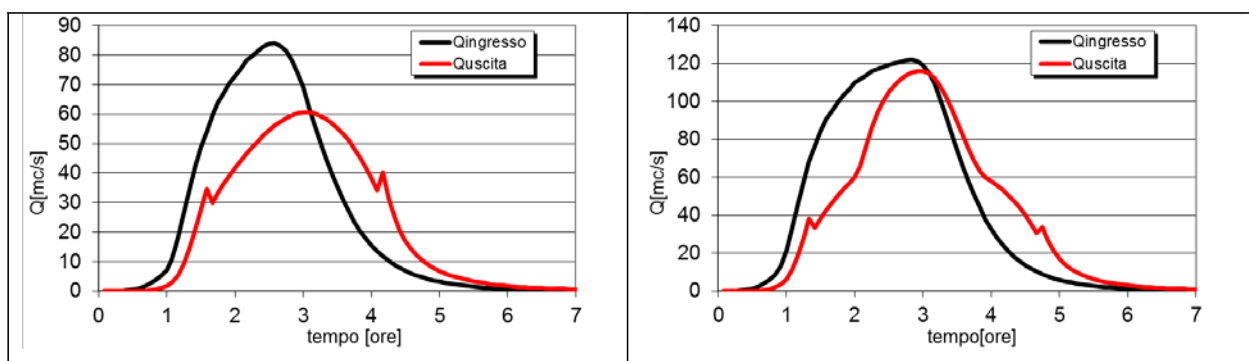


Figura 31. Idrogrammi critici i progetto a 200 e 3000 anni di tempo di ritorno.

Di seguito si riportano gli effetti dell'area di laminazione in analisi per le diverse portate, a differenti tempi di ritorno, in termini di curva di crescita delle portate in assenza e presenza del sistema di laminazione.

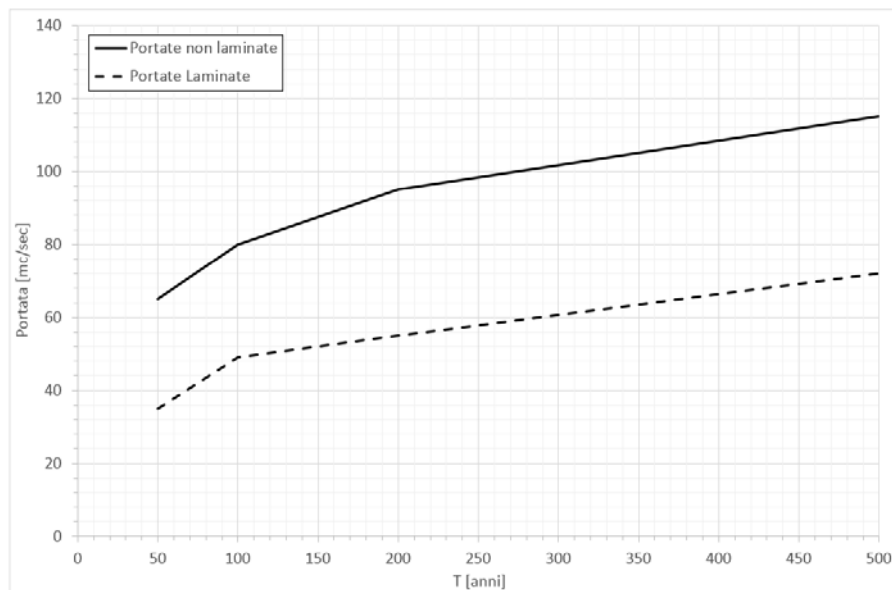


Figura 32. Effetti del sistema di laminazione “VSN_1” in termini di curve di crescita delle portate.

8.2 CARATTERISTICHE IDRAULICHE DELL'AREA DI LAMINAZIONE IN PROGETTO

Di seguito si riportano in sintesi le grandezze caratteristiche dell'area di laminazione in progetto:

- Quota di fondo: 9.40 m.s.l.m.
- Quota di massima regolazione (quota sfioratore): 12.50 m.s.l.m.
- Volume di invaso: 160.000 mc
- Portata in uscita: 55 mc/sec
- Dimensioni luci a battente di regolazione: quattro luci di di dimensioni 3.0 m x 1.20 m
- Quota del petto di sfioro: 12.50 m.s.l.m.
- Quota di massimo invaso: 13.35 m.s.l.m.
- Altezza di massimo invaso: 3.95 m
- Quota coronamento (argine): 15.15 msm
- Lunghezza dello sfioro: 30 m
- Tempo di vuotamento dell'invaso (evento T=200anni): 6 ore

9 OPERE IN PROGETTO: AREE DI LAMINAZIONE RIU ABBA FRITTA

L'area di laminazione “VSN_2” è posta lungo il corso del Riu Abba Fritta e consente la definizione di un volume di laminazione pari a circa 100.000 mc realizzato in scavo attraverso la realizzazione di una arginatura in terra con un'altezza variabile tra 0.5 m a 4.65 m ed un'altezza massima di invaso pari a 2.85 m, cui corrisponde una superficie di invaso di 7.2 ha. In questo caso le caratteristiche topografiche, la ridotta altezza di invaso ed estensione areale impongono la risagomatura con scavo del terreno a monte dello sbarramento per ottenere il volume di accumulo di progetto.



Figura 33. Area di laminazione “VSN_2”.



Figura 34. Vista dell’area di laminazione “VSN_2” verso valle prima dell’abitato (sin), si noti l’attuale tombino che in sostanza già oggi regola la laminazione dell’area naturalmente e vista verso monte (dx)

Di seguito si riporta la curva di invaso dell’area di laminazione in studio.

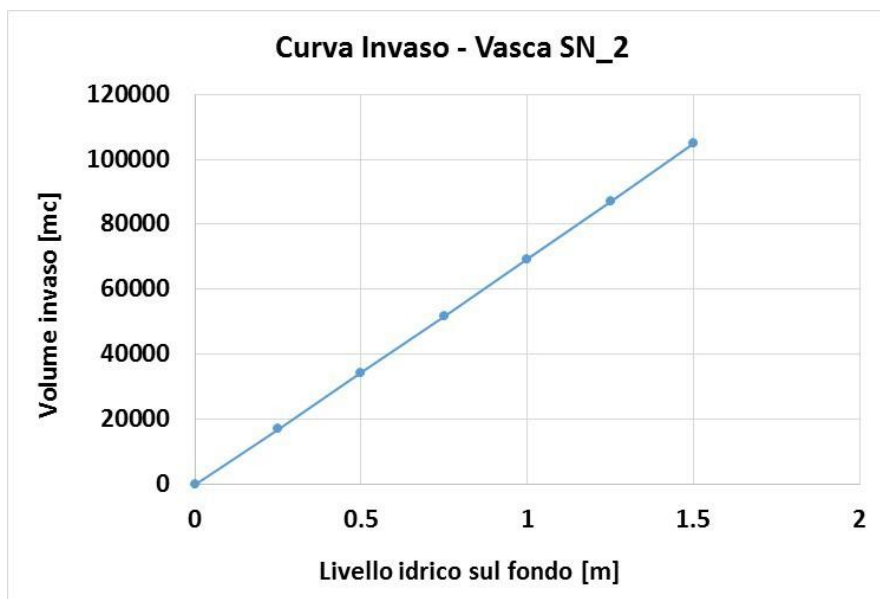


Figura 35. Curva di invaso per l'area di laminazione "VSN_2".

La vasca è in linea ed il suo funzionamento è regolato da un manufatto dotato di tre luci a battente due di dimensioni 3.0 m x 1.50 m e una di dimensioni 4 m x 1.50 m, che consentono di lasciare transitare indisturbate verso valle portate fino al valore di circa 45mc/s; per valori superiori parte delle portate si invasano fino al raggiungimento di un livello massimo di 2.0 m corrispondente all'evento duecentennale. Si può quindi dire che la vasca entra in funzione per eventi superiori a cinquanta anni di tempo di ritorno.

Poiché il tratto del rio Abba Fritta posto a valle dell'invaso è insufficiente al recapito nel Rio San Nicola della portata di progetto, si è preferito realizzare un nuovo canale dal tracciato alternativo (a ovest di quello esistente) piuttosto che adeguare il canale esistente, che transita a lato di numerosi edifici.

Le opere previste per la realizzazione della vasca di laminazione consistono nelle seguenti:

- manufatto di controllo della laminazione costituito da una bocca a battente composta tre luci a battente due di dimensioni 3.0 m x 1.50 m e una di dimensioni 4 m x 1.50 m; tale manufatto si raccorderà alla sezione di progetto del Rio Abba Fritta di dimensioni 8.0x3.0 e forma trapezia;
- manufatto di sfioro costituito da una soglia di sfioro lunga 20 m posta alla quota di 12.50 msm; tale sfioratore è dimensionato per far transitare la portata trimillennaria di 115 mc/s (portata massima per idrogramma critico per le portate) con un battente pari a 0.85 m.
- A valle del manufatto di controllo e di sfioro si prevede un manufatto per il sottopasso di via Nervi costituito da una sezione rettangolare in c.a. di dimensioni 12.0*3.70 m che si raccorda con la sezione trapezia di valle.
- rilevato arginale di altezza variabile in funzione della quota del piano campagna con una quota di coronamento posta a 14.95 msm e realizzato per contenere i livelli presenti nella vasca di laminazione; la normativa regionale impone che venga garantito un franco di 1.8 m sul livello di sfioro della portata trimillennaria. Tale argine ha una altezza variabile tra 0.5 e 4.65 m rispetto al piano campagna. La parte di rilevato arginale parallela alla via Nervi avrà il paramento interno alla vasca

impermeabilizzato con una lastra in c.a. rinverdata per evitare infiltrazioni che potrebbero arrivare al rilevato stradale sottostante. E' previsto anche un taglio in c.a. al piede del rilevato stesso.

- Vasca di dissipazione posizionata a valle dei due manufatti di controllo e di sfioro precedentemente descritti;
- Il rialzo della livelleta stradale di circa 0.8 m di Via Nervi fino alla quota di 14 msm con raccordo alla strada ad essa prpendicolare e la realizzazione del sistema di drenaggio delle acqua bianche della strada che si trova per questo tratto in trincea rispetto alla quota ariginale di coronamento del rilevato posta 0.65 m più alta. Il sistema di drenaggio prevederà delle canalette di raccolta al piede del rilevato conscarico nel canale Abba Fritta;
- Deviazione del rio Abba Fritta all'interno dell'invaso in linea, mediante la realizzazione di un canale a sezione trapezia di dimensioni 4.0*1.50 m
- Deviazione del rio Abba Fritta nel tratto tra il manufatto di controllo e sfioro dell'invaso e la confluenza con il rio San Nicola, mediante la realizzazione di un canale a sezione trapezia di dimensioni 8.0*3.0 m con sponde e fondo alveo rivestiti in massi rispettivamente di 3^a e 1^a categoria e dotato di una cunetta centrale ribassata per il collettamento delle portate di magra.
- La vasca viene realizzata con un volume complessivo di scavo di circa 100'000 mc

9.1 LE PORTATE DI PROGETTO DELL'OPERA

Il bacino afferente all'area di laminazione "VSN_2" è definito dal sottobacino AU_B5_3 (Cap 5) che definisce gli idrogrammi caratteristici di sollecitazione a differenti periodi di ritorno. Gli effetti di laminazione del volume vengono valutati secondo il metodo descritto in precedenza e di seguito riportati in forma grafica.

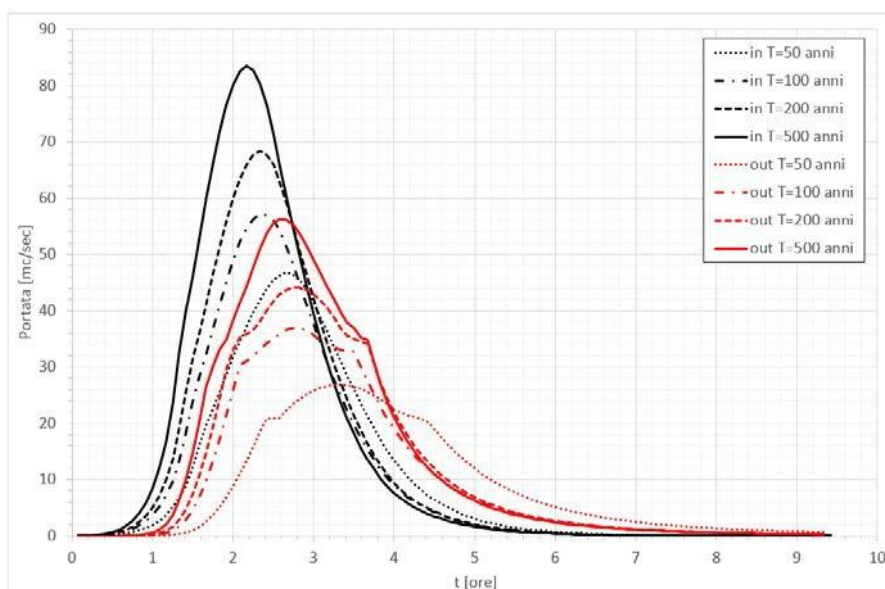


Figura 36. Effetti di laminazione dell'area "VSN_2" a differenti tempi di ritorno.

Di seguito si riportano gli idrogrammi critici a 200 anni e 3000 anni di tempo di ritorno utilizzati per il dimensionamento rispettivamente del manufatto di sfioro di emergenza e della quota di sommità arginale.

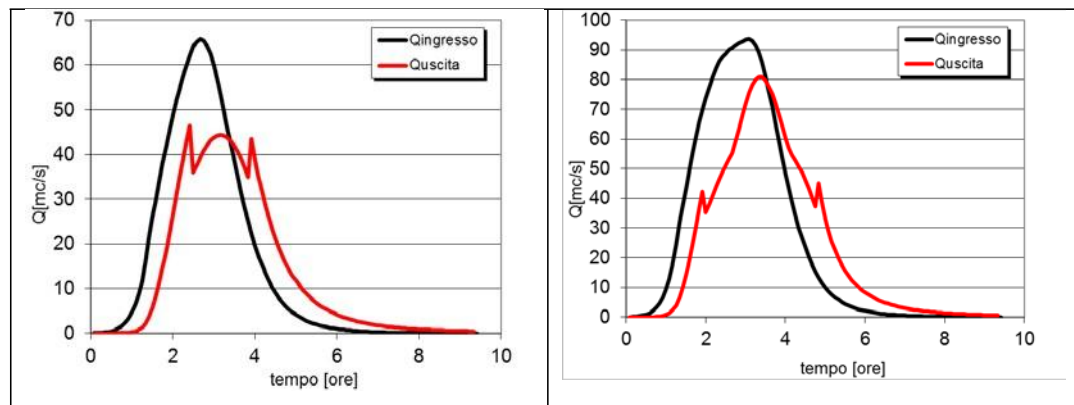


Figura 37. Idrogrammi critici i progetto a 200 e 3000 anni di tempo di ritorno.

Di seguito si riportano gli effetti dell’area di laminazione in analisi per le diverse portate, a differenti tempi di ritorno, in termini di curva di crescita delle portate in assenza e presenza del sistema di laminazione.

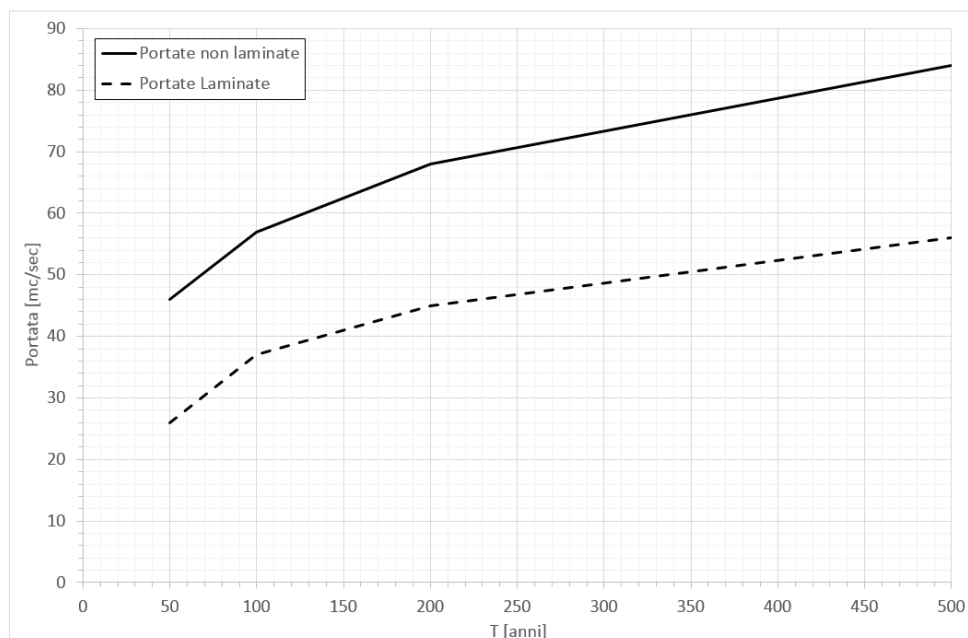


Figura 38. Effetti del sistema di laminazione “VSN_2” in termini di curve di crescita delle portate.

9.2 CARATTERISTICHE IDRAULICHE DELL’AREA DI LAMINAZIONE IN PROGETTO

Di seguito si riportano in sintesi le grandezze caratteristiche dell’area di laminazione in progetto:

- Quota di fondo: 10 m.s.l.m.
- Quota di massima regolazione (quota sfioratore): 12.50 m.s.l.m.
- Volume di invaso: 100.000 mc
- Portata in uscita: 45 mc/sec
- Dimensioni luci a battente di regolazione: tre luci di cui due di dimensioni 3.0 m x 1.50 m e una centrale di 4 m x 1.5 m
- Quota del petto di sfioro: 12.50 m.s.l.m.
- Quota di massimo invaso: 13.15 m.s.l.m.
- Altezza di massimo invaso: 3.15 m

- Quota coronamento (argine): 14.65 msm
- Lunghezza dello sfioro: 20 m
- Tempo di vuotamento dell'invaso (evento T=200 anni): 7 ore.

I consulenti alla progettazione idraulica

Dott. Ing. Stefania Meucci

Prof. Ing. Marco Mancini