



# RECUPERO DI BACINI DI EX CAVA IN DESTRA IDRAULICA DEL FIUME MARECCHIA, CON FUNZIONE DI STOCCAGGIO PER SOCCORSO E DISTRIBUZIONE IRRIGUA SULLA BASSA VALMARECCHIA, LAMINAZIONE DELLE PIENE ED USO AMBIENTALE

Codice Intervento: "PNRR-M2C4-I4.1-A1-3"

## PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

Importo Progetto € 15.000.000,00

C.U.P. I61B20001260001



SF RT

RELAZIONE GENERALE E TECNICA

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. Andrea Cicchetti

PROGETTISTA

Ing. Marco Donati

Visto per verifica

IL PRESIDENTE

Stefano Francia

| Codice Progetto | Revisioni | Descrizione                                   | data       |
|-----------------|-----------|---|------------|
| T1RN-01/2022    | 0         | PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA | 25/01/2022 |

**Recupero dei bacini di ex cava in destra idraulica del Fiume  
Marecchia con funzione di stoccaggio per soccorso e  
distribuzione irrigua sulla bassa Valmarecchia, laminazione delle  
piene ed uso ambientale nei comuni di Rimini, Verucchio e  
Santarcangelo di Romagna (RN)**

## **RELAZIONE GENERALE E TECNICA**

## Indice

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | Premessa .....   | 4  |
| 2     | Condizioni idrologiche del fiume Marecchia .....   | 7  |
| 2.1   | Curva di durata delle portate.....   | 7  |
| 2.2   | Concessione di derivazione dal fiume Marecchia intestata al Consorzio di Bonifica della Romagna..... | 9  |
| 3     | Stima del volume d'acqua irrigua necessaria .....  | 10 |
| 3.1   | Fabbisogno irriguo delle colture .....   | 10 |
| 3.2   | Calcolo del fabbisogno irriguo considerando le perdite di distribuzione.....                         | 16 |
| 3.2.1 | Efficienza del sistema di irrigazione .....  | 16 |
| 3.2.2 | Efficienza del sistema di distribuzione del gestore .....  | 16 |
| 3.2.3 | Efficienza del sistema di distribuzione aziendale.....   | 16 |
| 3.3   | Stima della portata di punta nel periodo irriguo di massima esigenza .....                           | 17 |
| 4     | Stima del volume utile disponibile nei laghi .....   | 19 |
| 4.1   | Rilievi topografici dei laghi .....  | 19 |
| 4.1.1 | Lago Santarini .....   | 20 |
| 4.1.2 | Lago Azzurro .....   | 21 |
| 4.1.3 | Lago In.Cal System .....   | 22 |
| 4.1.4 | Lago In.Cal System minore.....   | 23 |
| 4.1.5 | Riepilogo volumi utili geometrici disponibili .....  | 24 |
| 4.2   | Indagini geologiche su fondo e sponde dei laghi.....   | 24 |
| 4.3   | Riempimento dei laghi con derivazione di acqua dal fiume Marecchia.....                              | 26 |
| 4.4   | Perdite per evaporazione.....  | 26 |
| 4.5   | Contributo piogge .....  | 28 |
| 4.6   | Perdite per infiltrazione .....  | 28 |
| 4.7   | Previsione dell'andamento mensile dei volumi utili disponibili nei laghi .....                       | 30 |
| 5     | Ipotesi progettuali .....  | 34 |
| 5.1   | Soluzione A .....  | 37 |
| 5.2   | Soluzione B .....  | 39 |
| 5.3   | Soluzione C .....  | 42 |
| 5.4   | Soluzione D .....  | 45 |
| 6     | Dimensionamento di massima della rete di distribuzione irrigua primaria.....                         | 47 |
| 7     | Impianto di sollevamento .....   | 49 |
| 8     | Stima sommaria dei costi.....  | 51 |
| 8.1   | Soluzione A .....  | 52 |
| 8.2   | Soluzione B .....  | 54 |

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 8.3 | Soluzione C .....  | 56 |
| 8.4 | Soluzione D .....  | 58 |
| 9   | Quadro economico.....  | 60 |
| 10  | Individuazione di possibili lotti funzionali.....  | 61 |
| 11  | Ipotesi di futura realizzazione della rete di distribuzione secondaria.....                            | 62 |
| 12  | Valutazione del possibile utilizzo di parte dei volumi di ex cava a fini della laminazione delle piene | 63 |
| 13  | Conclusioni.....   | 66 |
| 14  | Riferimenti bibliografici .....  | 69 |

## 1 Premessa

Il Consorzio di Bonifica della Romagna è titolare di una concessione di derivazione irrigua attraverso una apposita traversa di derivazione sul fiume Marecchia, posta al Loc. Ponte Verucchio, tramite la quale vengono alimentati due canali di distribuzione irrigua posti rispettivamente in sinistra e destra dell'alveo fluviale.

In ottemperanza ai contenuti della concessione di derivazione rilasciata dai competenti uffici della Regione Emilia Romagna, il prelievo di acqua dal fiume ad uso irriguo è consentito nel periodo dal 1 marzo al 31 ottobre, fatto salvo che sia garantito il rilascio verso valle di una portata non inferiore al Deflusso Minimo Vitale (DMV nel seguito), che per il Marecchia a Ponte Verucchio è stato stimato in 903 l/s.

La concessione di derivazione prevede altresì il prelievo della risorsa necessaria per l'alimentazione del lago Incal System finalizzata al progetto di ricarica artificiale della falda, sviluppato dalla Regione stessa. Anche quest'ultimo prelievo è comunque vincolato al rilascio verso valle di una portata non inferiore al DMV.

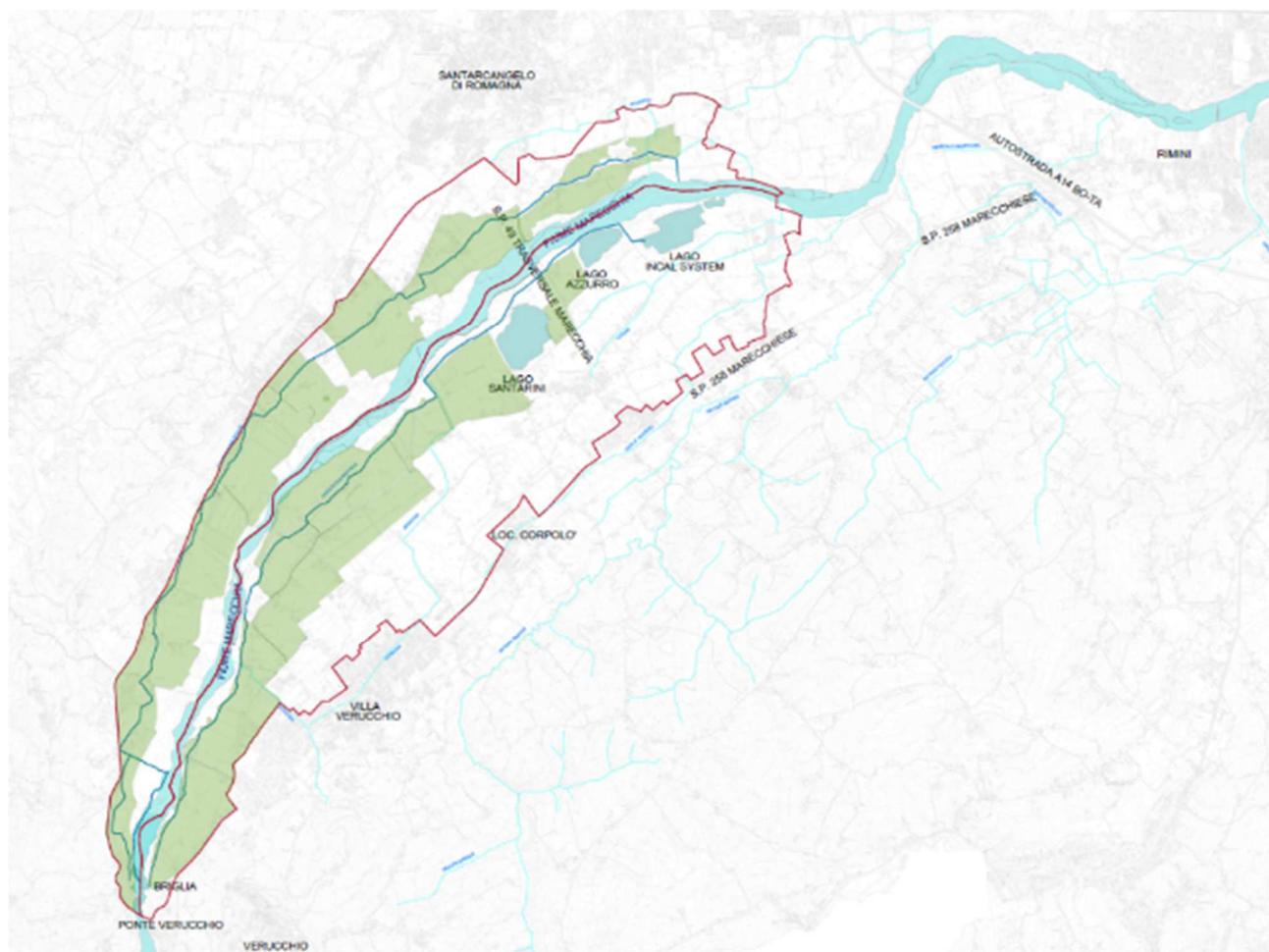


Figura 1: Inquadramento generale. La linea rossa rappresenta il bacino dominato e il retino verde il bacino irrigato

Il regime di deflusso caratteristico del fiume Marecchia, nonché l'andamento idrologico degli ultimi anni, è tale per cui già dai primi giorni del mese di giugno i deflussi in corrispondenza della traversa di derivazione di Ponte Verucchio risultano inferiori al DMV sopra indicato, per cui risulta necessario interrompere la derivazione.

Per fare fronte a tale criticità, ormai divenuta costante negli anni, e considerando al tempo stesso il fenomeno della subsidenza causato anche dall'ulteriore futuro incremento di prelievo di acqua da pozzi, si ritiene che sia necessario predisporre degli invasi di accumulo ove stoccare la risorsa nei mesi in cui è disponibile (generalmente quelli invernali ed autunnali) per poi rilasciarla gradualmente nei canali di derivazione consortili, nei mesi in cui le portate in alveo risultano pari o inferiori al DMV.

A tal fine il Consorzio di Bonifica della Romagna ha individuato una possibile soluzione costituita dal recupero di quattro invasi esistenti delle ex cave evidenziate in Figura 2:

- lago Santarini;
- lago In.Cal Instag (anche chiamato lago Azzurro);
- lago In.Cal System;
- lago In.Cal System minore

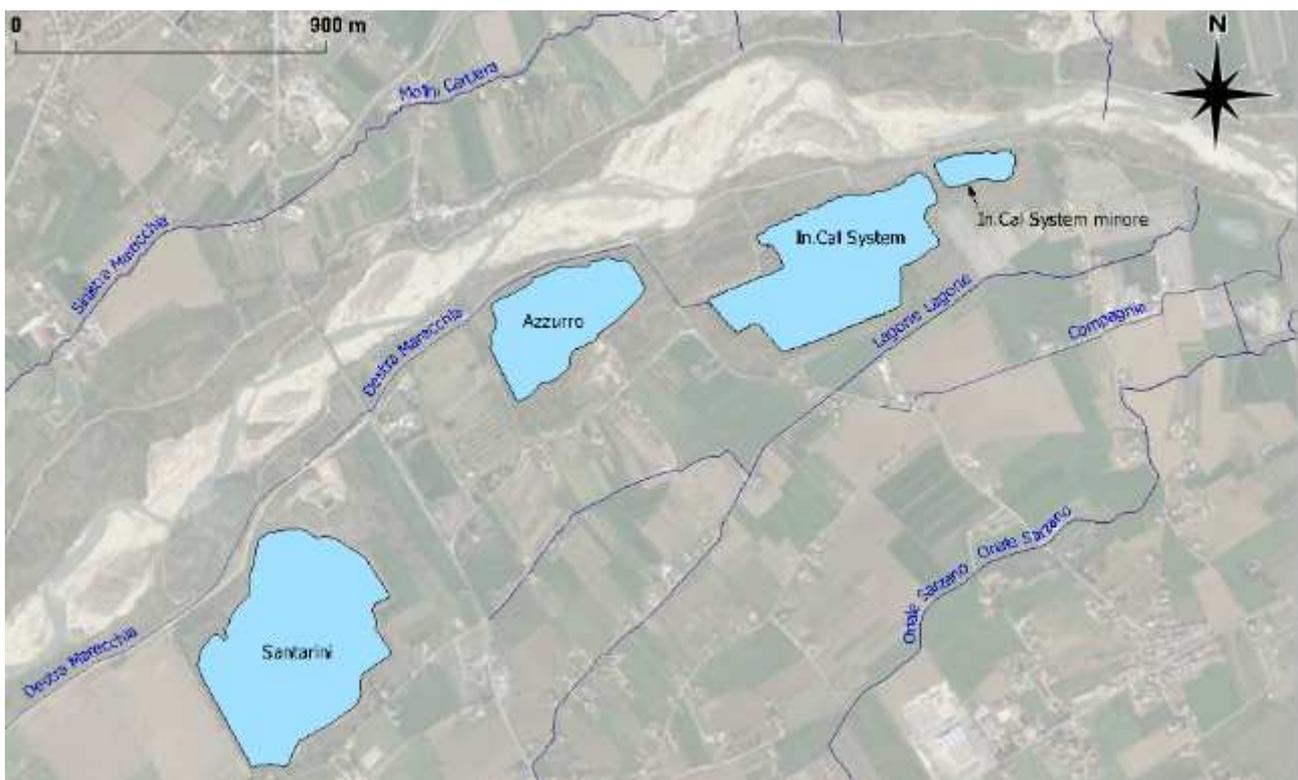


Figura 2: Laghi di ex cava in destra al fiume Marecchia con rappresentazione dei canali di bonifica

Il presente Studio di fattibilità tecnico-economica è finalizzato pertanto a valutare le possibili soluzioni per la realizzazione di bacini di accumulo nelle aree di ex cava citate nonché di una condotta irrigua in pressione e di un impianto di sollevamento atto a pompare le portate necessarie agli areali irrigui in destra e in sinistra al fiume Marecchia, prendendo in considerazione quattro schemi progettuali, illustrati nel seguito, tra cui si è scelto quello che permetteva di minimizzare il rapporto costi/benefici.

Scopo del presente studio è in dettaglio quello di:

- quantificare i volumi idrici necessari a garantire l'irrigazione per tutta la stagione irrigua, in considerazione dell'areale servito, delle colture in atto o prevedibili, delle caratteristiche litologiche della zona e dei canali irrigui;
- valutare gli interventi necessari per adeguare i laghi di ex cava esistenti alle nuove esigenze irrigue, tenendo conto sia dei vincoli ambientali che degli utilizzi ricreativi attualmente in essere o prevedibili;
- valutare il possibile utilizzo di parte dei volumi di ex cava a fini di laminazione delle piene del fiume Marecchia, per la difesa dei territori a valle;
- valutare le possibili modalità di prelievo della risorsa invasata nei bacini e di distribuzione alle utenze esistenti e in previsione, analizzando la soluzione ottimale in termini di costi-benefici;
- valutare eventuali soluzioni integrative e migliorative per rendere la soluzione progettuale sostenibile ed efficace.

La valutazione del possibile utilizzo di parte dei volumi di ex cava a fini della laminazione delle piene è riportata in dettaglio nella relazione idrologico-idraulica. Si evidenzia che gli interventi richiesti per trasformare in bacini di laminazione i laghi ex cava, definiti nella relazione idrologico-idraulica, sono da ritenersi indicativi, sviluppati al solo fine di definire un limite superiore di efficienza di laminazione ottenibile dal sistema. Qualora i risultati di tali valutazioni si ritenessero interessanti per la protezione idraulica del territorio di valle, occorrerà procedere con i necessari approfondimenti di dettaglio.

Per tale motivo nelle valutazioni economiche dei paragrafi precedenti non sono stati considerati i costi da sostenere per adattare i laghi a tali finalità (ad esempio con la realizzazione sfioratori laterali, opere di mitigazione, ecc.).

## 2 Condizioni idrologiche del fiume Marecchia

### 2.1 Curva di durata delle portate

Per la determinazione delle portate medie fluviali e della curva di durata delle portate del fiume Marecchia, si è fatto riferimento allo studio di regionalizzazione condotto dalla Regione Emilia-Romagna (Regione ER, et al., 2016).

La determinazione delle portate medie con la tecnica di regionalizzazione si basa su misure storiche di portata, effettuate dal Servizio Idrografico negli anni 1920-1980 (72 stazioni con più di 1.100 annate di misure), e su misure recenti di portata, effettuate da ARPA negli anni 2003-2014 (90 stazioni con più di 600 annate di misure). La procedura implementata permette la stima dei deflussi medi annui per una data sezione fluviale sulla base della superficie drenata  $S$  ( $\text{km}^2$ ), della quota media del bacino stesso  $H_{\text{med}}$  (m s.l.m.) e della piovosità media  $P$  (mm/anno):

Utilizzando questa procedura, per quanto riguarda il fiume Marecchia alla sezione di chiusura di Ponte Verucchio, dalla regionalizzazione si hanno i risultati riportati in Tabella 1.

|   | Anni osservazioni |           |           | Valore medio pesato sul n. anni di osservazioni |
|---|-------------------|-----------|-----------|---|
|   | 1932-1990         | 1991-2001 | 2002-2011 |   |
| <b>n. anni di osservazioni</b>  | 58                | 10        | 9         |   |
| <b>Pioggia (mm/anno)</b>  | 1.133             | 1.107     | 1.112     | 1.117   |
| <b><math>Q_{\text{media}}</math> (<math>\text{m}^3/\text{s}</math>)</b> | 8,8               | 7,9       | 7,7       | 8,6   |
| <b><math>Q_{274}</math> (<math>\text{m}^3/\text{s}</math>)</b>          | 1,7               | 1,4       | 1,3       | 1,6   |
| <b><math>Q_{355}</math> (<math>\text{m}^3/\text{s}</math>)</b>          | 0,6               | 0,5       | 0,4       | 0,6   |

Tabella 1: Valori di pioggia, portata media e portata con durate 274 e 355 giorni per il fiume Marecchia alla stazione di Ponte Verucchio, per i periodi disponibili (Regione ER, et al., 2016).

Il Piano di Tutela delle Acque della Regione Emilia-Romagna, approvato dall'Assemblea Legislativa con deliberazione n. 40 del 21 dicembre 2005, prevede, nell'ambito delle misure volte a salvaguardare le caratteristiche fisiche dei corpi idrici e le caratteristiche chimico-fisiche delle acque nonché a mantenere le biocenosi tipiche delle condizioni naturali locali, l'applicazione di un DMV alle concessioni di derivazione di acqua pubblica dai corpi idrici superficiali naturali regionali (0,903  $\text{m}^3/\text{s}$  relativamente al fiume Marecchia alla sezione di chiusura di Ponte Verucchio).

In Figura 3 si riporta la curva di durata delle portate del fiume Marecchia a ponte Verucchio, ottenuta come media pesata sul numero di anni di osservazioni dei periodi 1932-1990, 1991-2001 e 2002-2011, da cui si evince che le portate superiori al DMV fluiscono mediamente per almeno 270 giorni all'anno.

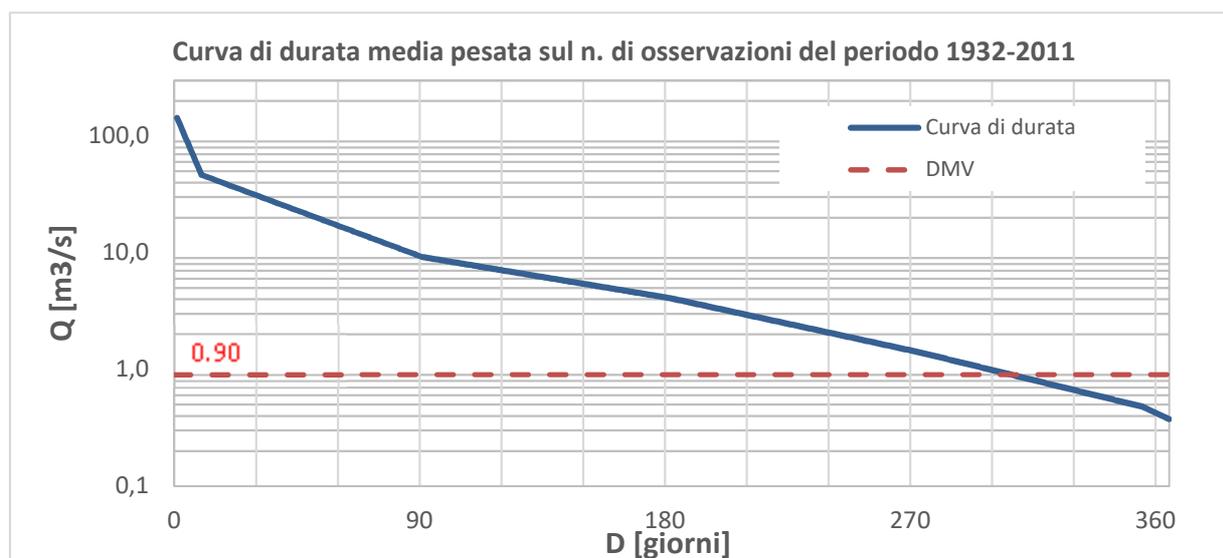


Figura 3: Curva di durata delle portate per il fiume Marecchia

Nella tabella di seguito si riporta il dettaglio delle portate medie mensili per il fiume Marecchia per il periodo 1991-2001 alla sezione di chiusura di ponte Verucchio.

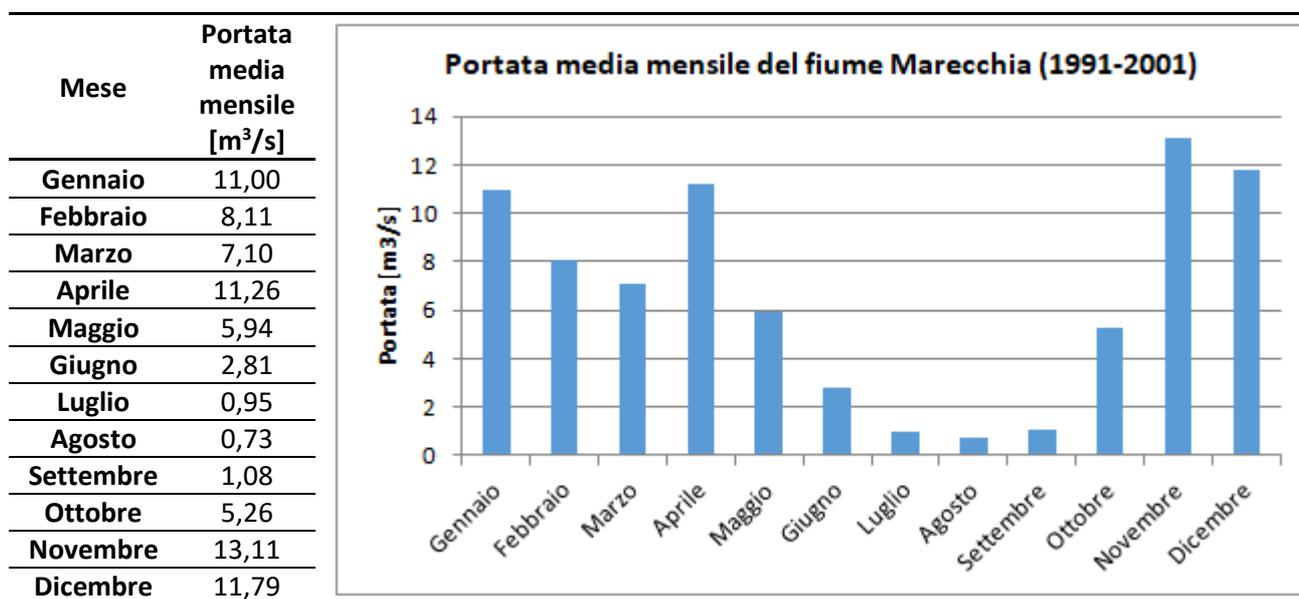


Tabella 2: portate medie mensili per il periodo 1991-2001, fiume Marecchia alla sezione di chiusura di ponte Verucchio (PTCP-RN, 2012)

## 2.2 Concessione di derivazione dal fiume Marecchia intestata al Consorzio di Bonifica della Romagna

La derivazione delle acque dal fiume Marecchia per usi irrigui concessa al consorzio di Bonifica della Romagna<sup>[1]</sup> per il periodo 2014-2021 ha le seguenti caratteristiche:

- uso di tipo esclusivamente irriguo;
- portata massima complessiva di **1 m<sup>3</sup>/s**, divisa in 0,5 m<sup>3</sup>/s tra canale in destra e in sinistra Marecchia;
- volume massimo annuo di **7.630.000 m<sup>3</sup>**;
- due opere di presa poste alle estremità della traversa esistente, di cui quella in destra idrografica posta in Comune di Verucchio (RN) e quella in sinistra idrografica posta in Comune di Torriana (RN);
- portata prelevata divisa in egual modo tra i due canali valutando accettabile una variazione fino al 15% in aumento/diminuzione tra i due canali in relazione alle variazioni nell'idroesigenza delle colture degli areali irrigati;
- DMV da garantire nel fiume Marecchia pari **0,903 l/s**;
- nel periodo non irriguo derivazione della portata di **1 m<sup>3</sup>/s** necessaria per il riempimento del lago della ex cava In.Cal System nell'ambito della sperimentazione (2014-2016) sulla ricarica artificiale delle falde della conoide del Marecchia.

Con D.G.R. 1649/2017<sup>[2]</sup> la derivazione di portata di **1 m<sup>3</sup>/s** è divenuta permanente.

---

<sup>1</sup> *Revisione della concessione di derivazione dal fiume Marecchia intestata al Consorzio di Bonifica della Romagna RN 82A0001 (Arch. GD 41) – Determinazione del direttore generale ambiente e difesa del suolo e della costa 24 marzo 2014, n. 3845 – Bollettino Ufficiale della Regione Emilia-Romagna (BURERT) n.104 del 09.04.2014 periodico (Parte Seconda)*

<https://bur.regione.emilia-romagna.it/dettaglio-inserzione?i=77960328660d4640ae03dadb70fc7f90>

<sup>2</sup> *D.G.R. 1649/2017. Provvedimento di via del progetto per la realizzazione di un impianto di ricarica in condizioni controllate nella conoide alluvionale del fiume marecchia (comune di rimini) proposto dalla regione emilia - romagna, comune di rimini, ente di gestione per i parchi e la biodiversità della romagna. Presa d'atto delle determinazioni della conferenza di servizi (titolo iii, lr n. 9/1999)*

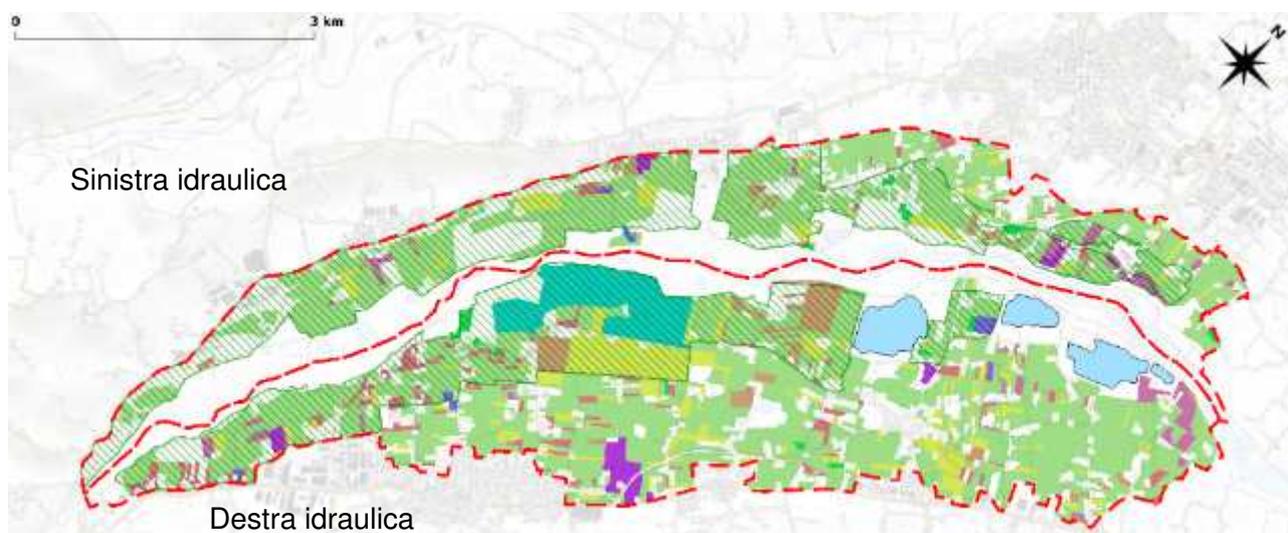
[https://servizissir.regione.emilia-romagna.it/delibereggiunta/servlet/AdapterHTTP?action\\_name=ACTIONRICERCADELIBERE&operation=leggi&cod\\_protocollo=GPG/2017/1729&ENTE=1](https://servizissir.regione.emilia-romagna.it/delibereggiunta/servlet/AdapterHTTP?action_name=ACTIONRICERCADELIBERE&operation=leggi&cod_protocollo=GPG/2017/1729&ENTE=1)

### 3 Stima del volume d'acqua irrigua necessaria

#### 3.1 Fabbisogno irriguo delle colture

Per l'identificazione delle aree che potenzialmente necessitano di irrigazione all'interno del bacino del Marecchia dominato dal Consorzio di Bonifica, in destra e sinistra idraulica, si è sfruttato in ambiente GIS (QGIS, 2020) lo shapefile dell'uso del suolo 2017 (edizione 2020) sviluppato dalla Regione Emilia-Romagna.<sup>[1]</sup>

In Figura 4 si riportano le aree potenzialmente irrigabili nell'areale d'interesse mentre in Tabella 3 si riportano le aree così identificate divise per classi, sia in relazione all'intero bacino dominato che al solo bacino irrigato attualmente (nel solo periodo non estivo) con il canale in destra Marecchia.



#### Legenda



Figura 4: Uso del suolo nel bacino dominato e nel bacino attualmente servito dal Consorzio di Bonifica del fiume Marecchia

<sup>1</sup> Servizio Statistica, SIG. 2020. *Coperture vettoriali uso del suolo di dettaglio 2017*. s.l. : Regione Emilia-Romagna, 2020. Raggruppamenti omogenei tipologie di uso del suolo di dettaglio 2017, scala di riferimento 1:10.000. Area minima 0,16 ha, dimensione minima lineare 7 m. Realizzato mediante l'utilizzo di ortofoto TeA a colori (RGB) e all'infrarosso.

| Categoria di uso del suolo                                   | Superficie occupata [ettari] |                             |
|--|------------------------------|-----------------------------|
|  | Bacino dominato              | Bacino irrigato attualmente |
| <b>Aree con colture agricole e spazi naturali importanti</b> | 0,72                         | 0                           |
| <b>Altri usi assimilabili all'agricolo</b>                   | 71,34                        | 70,71                       |
| <b>Colture orticole</b>                                      | 33,73                        | 14,82                       |
| <b>Colture temporanee associate a colture permanenti</b>     | 5,84                         | 4,5                         |
| <b>Frutteti</b>  | 54,01                        | 27,2                        |
| <b>Oliveti</b>   | 50,15                        | 24,2                        |
| <b>Seminativi semplici irrigui</b>                           | 941,00                       | 402,57                      |
| <b>Sistemi colturali e particellari complessi</b>            | 10,73                        | 6,85                        |
| <b>Vigneti</b>   | 136,32                       | 72,81                       |
| <b>Vivai</b>   | 20,15                        | 6,18                        |

Tabella 3: categorie di uso del suolo agricolo e relativa estensione totale di area nel bacino dominato e nel bacino attualmente irrigato

Per la definizione dei fabbisogni irrigui nell'areale irrigabile, si è fatto riferimento ai fabbisogni irrigui valutati come riferimento per la provincia di Rimini, approvati con Decreto della Giunta Regionale (DGR-ER, 1415/2016); il fabbisogno irriguo per gruppi colturali è stato valutato sulla base dei dati del periodo 2003-2014 (rappresentativo della variabilità meteorologica in atto) in possesso della Direzione Generale Agricoltura, Caccia e Pesca della Regione Emilia-Romagna, con riferimento al 75° percentile nella serie di valori medi del periodo, in coerenza con la metodologia indicata dal Ministro delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali (MIPAAF, 2016); i dati provengono dall'attività di monitoraggio, studio ed elaborazione svolta in collaborazione tra il Servizio IdroMeteoClima di ARPAER e il Consorzio di bonifica di Il grado per il Canale Emiliano-Romagnolo (CER); le elaborazioni sono state realizzate con il modello IRRINET, applicando il criterio dello stress idrico colturale controllato.

Il fabbisogno è stato definito per ambito territoriale corrispondente al territorio provinciale di Rimini, considerata la ridotta ampiezza degli scarti dei dati relativi ai singoli distretti irrigui.

I fabbisogni medi irrigui al 75° percentile che risultano sono quelli riportati in Tabella 4.

| Colture di riferimento                               | Fabbisogni irrigui medi 75°P per la provincia di Rimini [m <sup>3</sup> /ha] |
|--|--|
| Actinidia (kiwi)                                     | 4200   |
| Bietola e barbabietola da zucchero                   | 1700   |
| Cipolla  | 2550   |
| Cocomero   | 2500   |
| Irrigazioni di soccorso per colture non irrigue (*)  | 800  |
| Drupacee (pesco, albicocco, ciliegio)                | 2050   |
| Foraggio irriguo                                     | 2000   |
| Fragola  | 2000   |
| Mais   | 2600   |
| Melo   | 4250   |
| Melone   | 1900   |
| Orticole irrigue a ciclo breve                       | 1250   |
| Orticole irrigue a ciclo lungo                       | 3000   |
| Patata   | 1800   |
| Pero   | 3000   |
| Pomodoro   | 2250   |
| Prato stabile  | 4050   |
| Soia   | 1800   |
| Vite   | 1850   |
| <b>Note:</b>   |  |
| <b>(*) in presenza di scarsità di precipitazioni</b> |  |

Tabella 4: Fabbisogni irrigui stagionali medi al 75° percentile nel periodo 2003-2014 per gruppi colturali in relazione al regime irriguo, per la provincia di Rimini (DGR-ER, 1415/2016 p. Allegato I)

In base a tali colture, le categorie di suolo potenzialmente irrigabili identificate al Paragrafo 3.1, sono state classificate in modo da poter poter ottenere il fabbisogno irriguo areale (Tabella 5).

In tal senso è stato seguito un approfondimento delle colture frutticole presenti nell'areale irrigabile grazie ai dati forniti in formato shapefile dal progetto iColt2020 (Arpa, 2020); per alcuni appezzamenti contenenti frutteti è stato possibile associare le colture albicocco, pesco, ciliegio, kiwi, kaki o frutteti misti, determinando successivamente i fabbisogni medi irrigui in base alle indicazioni contenute nell'Allegato I al DGR 1415/2016. I frutteti misti sono stati considerati non irrigui mentre per le aree contenenti frutteti non associabili a colture specifiche è stato scelto di utilizzare il valore di fabbisogno irriguo medio dei frutteti pesato sui dati ISTAT <sup>1</sup> relativamente alla provincia di Rimini, che è risultato massimo nel 2018 per il triennio 2018-2020, pari a circa 2431 m<sup>3</sup>/ha.

Nelle aree ad uso del suolo orticole e in quelle seminative semplici irrigue, non avendo il dettaglio delle superfici coltivate per tipologia di coltura e data la variabilità annuale delle colture a cui sono soggette tali aree, si è determinato il fabbisogno irriguo medio allo stesso modo dei frutteti non identificabili; per le colture orticole si è ottenuto un fabbisogno irriguo medio pari a circa 1916 m<sup>3</sup>/ha (massimo nell'anno 2020), e per le colture seminative semplici irrigue, pari a 1976 m<sup>3</sup>/ha (massimo nell'anno 2020).

<sup>1</sup> ISTAT. Stima delle superfici e produzioni delle coltivazioni agrarie, floricole e delle piante intere da vaso. 2018-2020. Coltivazioni ortive; Cereali, legumi, radici bulbi e tuberi; Coltivazioni industriali; Foraggere; Coltivazioni legnose fruttifere.

Data la presenza nell'areale irrigabile di una sola unità di modesta estensione della tipologia colture agricole e spazi naturali importanti, ai fini del calcolo del fabbisogno irriguo questa è stata accorpata alle aree con colture temporanee associate a colture permanenti.

Le aree con colture temporanee associate a colture permanenti sono state considerate per metà occupate da frutteti non definiti e per metà da colture seminatrici semplici irrigue, ottenendo un fabbisogno irriguo medio complessivo pari a 2.174 m<sup>3</sup>/ha.

Per i sistemi colturali e particellari complessi, data la difficile classificazione, sono stati considerati equamente composti da frutteti non definiti, oliveti, vigneti, colture orticole e colture seminatrici semplici irrigue, ottenendo un fabbisogno irriguo medio complessivo pari a 1.783 m<sup>3</sup>/ha.

Per i vivai si è utilizzato il fabbisogno medio irriguo consigliato nell'Allegato I al DGR 1415/2016, pari a quello dell'actinidia.

Il volume di irrigazione da garantire in una stagione irrigua, relativamente all'intero bacino dominato del fiume Marecchia, risulta quindi pari a **806.101 m<sup>3</sup>** per la porzione in sinistra idraulica, 1.977.332 m<sup>3</sup> per la porzione in destra idraulica e 2.783.433 m<sup>3</sup> complessivamente; per quanto riguarda l'areale attualmente servito del fiume Marecchia si ha 592.340 m<sup>3</sup> per la porzione in sinistra idraulica, 833.350 m<sup>3</sup> per la porzione in destra idraulica e 1.425.690 m<sup>3</sup> complessivamente.

| Categoria di uso del suolo                                   | Riferimento fabbisogno irriguo  | Fabbisogno irriguo<br>[m <sup>3</sup> /ha] | Superficie presente |            |              | Volume irriguo alla pianta necessario |                   |                   |
|--|---|--|---------------------|------------|--------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|
|  |   |  | sinistra            | destra     | sx+dx        | sinistra                              | destra            | sx+dx             |
|  |   |  | [ha]                | [ha]       | [ha]         | [m <sup>3</sup> ]                     | [m <sup>3</sup> ] | [m <sup>3</sup> ] |
| <b>Altri usi assimilabili all'agricolo</b>                   | Prato stabile   | 4050                                       | -                   | 71,34      | 71,34        | -                                     | 288.927           | 288.927           |
| <b>Colture orticole</b>                                      | Colture a ciclo lungo, colture a ciclo breve, bietole, fragola, melone, pomodoro  | 1916                                       | 14,18               | 19,55      | 33,73        | 27.169                                | 37.458            | 64.627            |
| <b>Colture temporanee associate a colture permanenti</b>     | frutteti non definiti, seminativi semplici irrigue  | 2174                                       | 0,65                | 5,18       | 6,55         | 1.413                                 | 11.261            | 12.674            |
| <b>Aree con colture agricole e spazi naturali importanti</b> |   |  | 0,72                | 0          |              | 1.565                                 | -                 | 1.565             |
| <b>Frutteti</b>  | Actinidia   | 4200                                       | 0                   | 16,34      | 16,34        | -                                     | 68.628            | 68.628            |
|  | Drupacee  | 2050                                       | 2,99                | 3,02       | 6,01         | 6.130                                 | 6.191             | 12.321            |
|  | Kaki  | 4250                                       | 1,28                | 0          | 1,28         | 5.440                                 | -                 | 5.440             |
|  | Non definiti  | 2431                                       | 6,66                | 23,7       | 30,36        | 16.190                                | 57.615            | 73.805            |
| <b>Oliveti</b>   | Irrigazioni di soccorso   | 800  | 7,66                | 42,48      | 50,15        | 6.128                                 | 33.984            | 40.112            |
| <b>Seminativi semplici irrigui</b>                           | Foraggio irriguo, irrigazione di soccorso, soia, mais, colture a ciclo breve, cipolla, patata, barbabietola da zucchero | 1976                                       | 337,25              | 603,76     | 941          | 666.406                               | 1.193.030         | 1.859.436         |
| <b>Sistemi colturali e particellari complessi</b>            | frutteti non definiti, oliveti, vigneti, colture orticole e seminativi semplici irrigui                                 | 1783                                       | 4,55                | 6,18       | 10,73        | 8.113                                 | 11.019            | 19.132            |
| <b>Vigneti</b>   | Vite  | 1850                                       | 28,43               | 107,86     | 136,29       | 52.596                                | 199.541           | 252.137           |
| <b>Vivai</b>   | Actinidia   | 4200                                       | 3,56                | 16,59      | 20,15        | 14.952                                | 69.678            | 84.630            |
| <b>TOTALE</b>  |   |  | <b>408</b>          | <b>916</b> | <b>1.324</b> | <b>806.101</b>                        | <b>1.977.332</b>  | <b>2.783.433</b>  |

Tabella 5: Volume di acqua irrigua alla pianta per gli usi del suolo selezionati, relativamente all'intero bacino del fiume Marecchia dominato.

| Categoria di uso del suolo                                   | Riferimento fabbisogno irriguo  | Fabbisogno irriguo<br>[m <sup>3</sup> /ha] | Superficie presente |            |            | Volume irriguo alla pianta necessario |                   |                   |
|--|---|--|---------------------|------------|------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|
|  |   |  | sinistra            | destra     | sx+dx      | sinistra                              | destra            | sx+dx             |
|  |   |  | [ha]                | [ha]       | [ha]       | [m <sup>3</sup> ]                     | [m <sup>3</sup> ] | [m <sup>3</sup> ] |
| <b>Altri usi assimilabili all'agricolo</b>                   | Prato stabile   | 4050                                       | 0                   | 70,71      | 70,71      | -                                     | 286.376           | 286.376           |
| <b>Colture orticole</b>                                      | Colture a ciclo lungo, colture a ciclo breve, bietole, fragola, melone, pomodoro  | 1916                                       | 10,48               | 4,34       | 14,82      | 20.080                                | 8.315             | 28.395            |
| <b>Colture temporanee associate a colture permanenti</b>     | frutteti non definiti, seminativi semplici irrigue  | 2174                                       | 0,65                | 3,85       | 4,5        | 1.413                                 | 8.370             | 9.783             |
| <b>Aree con colture agricole e spazi naturali importanti</b> |   |  | 0                   | 0          |            | -                                     | -                 | -                 |
| <b>Frutteti</b>  | Actinidia   | 4200                                       | 0                   | 14,54      | 14,54      | -                                     | 61.068            | 61.068            |
|  | Drupacee  | 2050                                       | 2,99                | 0          | 2,99       | 6.130                                 | -                 | 6.130             |
|  | Kaki  | 4250                                       | 1,28                | 0          | 1,28       | 5.440                                 | -                 | 5.440             |
|  | Non definiti  | 2431                                       | 8,39                | 8,39       | 16,78      | 20.396                                | 20.396            | 40.792            |
| <b>Oliveti</b>   | Irrigazioni di soccorso   | 800  | 4,76                | 19,44      | 24,2       | 3.808                                 | 15.552            | 19.360            |
| <b>Seminativi semplici irrigui</b>                           | Foraggio irriguo, irrigazione di soccorso, soia, mais, colture a ciclo breve, cipolla, patata, barbabietola da zucchero | 1976                                       | 238,63              | 163,94     | 402,57     | 471.533                               | 323.945           | 795.478           |
| <b>Sistemi colturali e particellari complessi</b>            | frutteti non definiti, oliveti, vigneti, colture orticole e seminativi semplici irrigui                                 | 1783                                       | 2,92                | 3,93       | 6,85       | 5.206                                 | 7.007             | 12.214            |
| <b>Vigneti</b>   | Vite  | 1850                                       | 23,45               | 49,36      | 72,81      | 43.383                                | 91.316            | 134.699           |
| <b>Vivai</b>   | Actinidia   | 4200                                       | 3,56                | 2,62       | 6,18       | 14.952                                | 11.004            | 25.956            |
| <b>TOTALE</b>  |   |  | <b>297</b>          | <b>341</b> | <b>638</b> | <b>592.340</b>                        | <b>833.350</b>    | <b>1.425.690</b>  |

Tabella 6: Volume di acqua irrigua **alla pianta** per gli usi del suolo selezionati, relativamente al **bacino del fiume Marecchia irrigato attualmente**.

## 3.2 Calcolo del fabbisogno irriguo considerando le perdite di distribuzione

### 3.2.1 Efficienza del sistema di irrigazione

I fabbisogni irrigui per gruppi colturali sono da incrementare in rapporto all'efficienza dei metodi di irrigazione aziendali, come indicato in Tabella 7; nel caso in esame si è assunta un'efficienza pari al 75% (CdB Romagna, 2014), relativa al metodo irriguo ad aspersione.

| Metodo irriguo                          | Efficienza massima di distribuzione acqua |
|---|---|
| <b>Sommersione</b>                      | < 25%                                     |
| <b>Scorrimento</b>                      | 40 – 50%                                  |
| <b>Infiltrazione laterale da solchi</b> | 55 – 60%                                  |
| <b>Aspersione</b>                       | 70 – 80%                                  |
| <b>Goccia</b>                           | 85 – 90%                                  |

Tabella 7: Valori orientativi di efficienza dei vari metodi di irrigazione (DGR-ER, 1415/2016 p. Allegato II)

### 3.2.2 Efficienza del sistema di distribuzione del gestore

In caso di irrigazione collettiva, un ulteriore incremento del fabbisogno irriguo per coltura è definito in rapporto al coefficiente di efficienza della rete di distribuzione del gestore, determinato dagli enti, che in questo caso, per il consorzio di Bonifica della Romagna, è stato posto pari al 50% per il canale in sinistra (CdB Romagna, 2014), e pari al 90% per il bacino in destra idraulica del Marecchia, facendo l'ipotesi di progetto di utilizzare una rete in pressione per la distribuzione dell'acqua a fini irrigui.

### 3.2.3 Efficienza del sistema di distribuzione aziendale

È stato inoltre introdotto un coefficiente per stimare l'efficienza della rete di distribuzione aziendale, posto pari al 85% per reti in pressione (CdB Romagna, 2014).

Perciò, tenendo conto delle efficienze di irrigazione (75%), della rete consorziale (50% in sinistra e 90% in destra) e della rete di distribuzione aziendale (85%) e si hanno i seguenti volumi richiesti nei laghi:

| Areale considerato                          | Volume totale da fornire nella stagione<br>[milioni di m <sup>3</sup> ] |           |             |
|---|---|-----------|-------------|
|   | In sinistra   | In destra | Complessivo |
| <b>Bacino Marecchia dominato</b>            | 2,53  | 3,45      | 5,98        |
| <b>Bacino Marecchia attualmente servito</b> | 1,86  | 1,45      | 3,31        |

Tabella 8: Volumi da rendere disponibili nei laghi, tenendo conto dei fabbisogni irrigui alla pianta, dell'efficienza del metodo di irrigazione, del trasporto della rete aziendale e della rete consorziale, relativamente al bacino del Marecchia dominato e a quello attualmente servito

I coefficienti sopra utilizzati, desunti da dati di letteratura, potranno essere opportunamente affinati nelle successive fasi progettuali anche attraverso specifiche prove in campo.

### 3.3 Stima della portata di punta nel periodo irriguo di massima esigenza

Per poter dimensionare la rete di distribuzione consorziale in pressione in destra idraulica, considerando l'irrigazione dell'intero bacino del Marecchia dominato o del solo bacino attualmente servito, è necessario determinare la portata di punta prevista per il periodo irriguo più esigente (15 maggio – 15 settembre).

A tal fine si è determinata la portata media giornaliera nel periodo 15 maggio – 15 settembre, assumendo un coefficiente 0,70 rispetto al volume totale da garantire (coefficiente di punta mensile pari a circa 1,20); successivamente si è determinata la portata oraria media  $Q_{24}$  sulle 24 ore e  $Q_{16}$  sulle 16 ore. I valori così ottenuti, nelle ipotesi di servire l'attuale bacino irrigato o l'intero bacino dominato, sono riportati nelle seguenti tabelle:

|  | Areale bacino dominato |            | Unità di misura           |
|--|------------------------|------------|---------------------------|
|  | In sinistra            | In destra  |                           |
| <b>Volume totale da fornire nei 4 mesi<br/>15 mag - 15 set</b> | 1,8                    | 2,4        | milioni di m <sup>3</sup> |
| <b>Volume specifico medio giornaliero</b>                      | 36,2                   | 22,0       | m <sup>3</sup> /d/ha      |
| <b>Portata oraria media Q24</b>                                | 615                    | 83         | m <sup>3</sup> /h         |
|  | 171                    | 233        | l/s                       |
| <b>Portata oraria media specifica Q24</b>                      | 0,42                   | 0,25       | l/s/ha                    |
| <b>Portata oraria media Q16</b>                                | 922                    | 1.256      | m <sup>3</sup> /h         |
|  | <b>256</b>             | <b>344</b> | <b>l/s</b>                |
| <b>Portata oraria media specifica Q16</b>                      | 0,63                   | 0,38       | l/s/ha                    |

Tabella 9: volume irriguo da fornire nel periodo 15 maggio – 15 settembre e portate medie giornaliere Q24 e Q16, relativamente al bacino del Marecchia dominato.

|   | Areale bacino attualmente servito |            | Unità di misura           |
|---|-----------------------------------|------------|---------------------------|
|   | In sinistra                       | In destra  |                           |
| <b>Volume totale da fornire<br/>15 mag - 15 set</b> | 1,3                               | 1,0        | milioni di m <sup>3</sup> |
| <b>Volume specifico medio giornaliero</b>           | 36,5                              | 24,8       | m <sup>3</sup> /d/ha      |
| <b>Portata oraria media Q24</b>                     | 451,68                            | 353        | m <sup>3</sup> /h         |
|   | 126                               | 98         | l/s                       |
| <b>Portata oraria media specifica Q24</b>           | 0,42                              | 0,29       | l/s/ha                    |
| <b>Portata oraria media Q16</b>                     | 677                               | 529        | m <sup>3</sup> /h         |
|   | <b>188</b>                        | <b>147</b> | <b>l/s</b>                |
| <b>Portata oraria media specifica Q16</b>           | 0,63                              | 0,43       | l/s/ha                    |

Tabella 10: volume irriguo da fornire nel periodo 15 maggio – 15 settembre e portate medie giornaliere Q24 e Q16, relativamente al bacino del Marecchia attualmente servito.

Si ottengono valori di portata media oraria specifica Q24 in linea con il valore 0,2 l/s/ha determinato per lo schema distributivo (in pressione) del comprensorio di pianura del Consorzio di Bonifica di Lugo (CdB Romagna Occidentale, et al., 2010).

Il totale della portata di punta da fornire è dunque pari a circa **600 l/s** relativamente all'areale dominato e circa **340 l/s** nel caso di irrigazione del solo bacino del Marecchia già attualmente servito.

## 4 Stima del volume utile disponibile nei laghi

### 4.1 Rilievi topografici dei laghi

Il rilievo dei laghi è stato effettuato tramite drone, con restituzione di una nuvola di punti rilevati distanziati tra loro con una maglia di 0,50x0,50 metri per le zone al di sopra e al di sotto del livello d'acqua presente nei laghi al momento del rilievo. Dal rilievo dei laghi sono stati ottenuti i DEM tramite il software SAGA GIS, impostando una griglia di restituzione con una maglia spaziata di 1x1 metro. La curva d'invaso è stata ottenuta tramite il software HEC-RAS 5.0.7 con la funzione relativa alle *storage area*, sulla base del DEM determinato.

Per ognuno dei laghi sono stati fissati i limiti di esercizio dei tiranti per l'invaso a fini irrigui, considerando il massimo range di tiranti sfruttabile; l'appropriatezza di tali limiti andrà verificata nelle successive fasi progettuali, valutandone la compatibilità con le esigenze ecologiche delle specie nidificanti, dall'inizio della stagione riproduttiva (febbraio) fino e oltre il periodo di involo delle specie più tardive (fine di agosto) (Casini, et al., 2019).

### 4.1.1 Lago Santarini

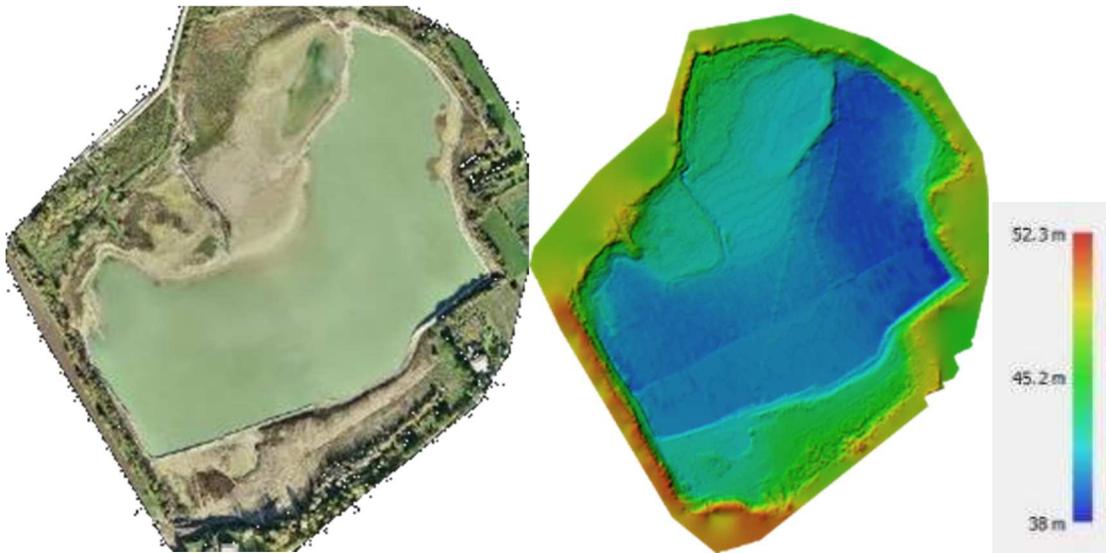


Figura 5: Ortofoto (sinistra) e DTM (destra) del lago Santarini

| Quota tirante [m slm] | Volume [migliaia di m <sup>3</sup> ] |
|-----------------------|--------------------------------------|
| 34.03                 | 0                                    |
| 36.02                 | 11                                   |
| 36.94                 | 51                                   |
| 37.88                 | 151                                  |
| 39.09                 | 326                                  |
| 40.54                 | 605                                  |
| 42.26                 | 991                                  |
| 44.00                 | 1444                                 |
| 44.50                 | 1574                                 |

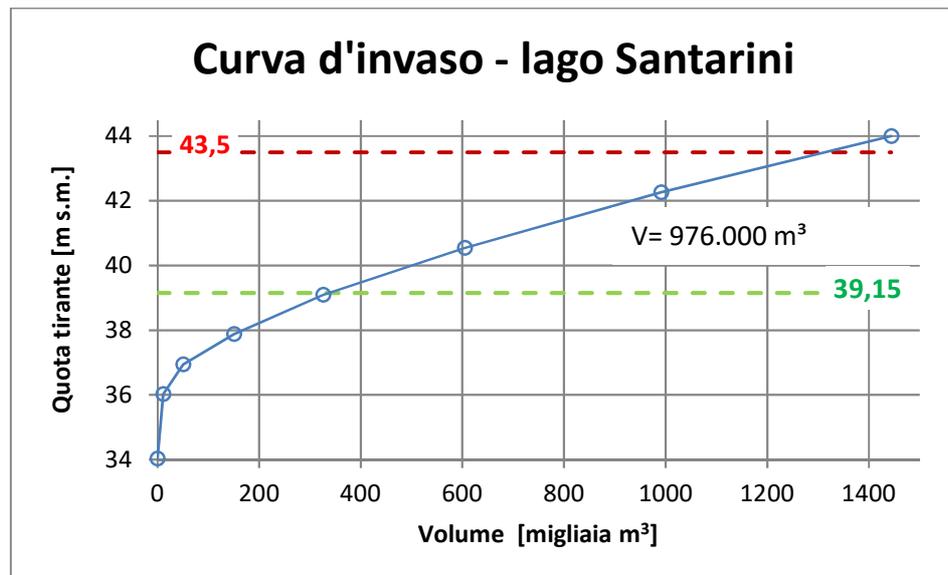


Tabella 11: valori della curva d'invaso per il lago Santarini, desunti dal rilievo

| Limiti topografici invaso |              | Limiti di esercizio |              |
|---------------------------|--------------|---------------------|--------------|
| zmin [m slm]              | zmax [m slm] | zmin [m slm]        | zmax [m slm] |
| 34,03                     | 44,50        | 39,15               | 43,50        |

Tabella 12: limiti topografici di invaso e variabilità delle quote dei tiranti idrici in esercizio a fini irrigui

Il volume che si ottiene con le quote sopra considerate è pari a **976.000 m<sup>3</sup>**.

### 4.1.2 Lago Azzurro

Il lago Azzurro è in connessione idraulica con due aree complessivamente di circa 3,5 ettari nella parte a sud-est, separate dal lago per mezzo di un arginello che raggiunge la quota di 34-35 m slm. Data la consistente presenza di vegetazione in queste due aree, ai fini dell'invaso idrico si è ipotizzato di utilizzare solo il lago Azzurro, aumentando la quota degli arginelli di separazione fino alla quota di 38,00 m slm, permettendo di raggiungere nel lago la quota massima del tirante di progetto di 37,00 m slm

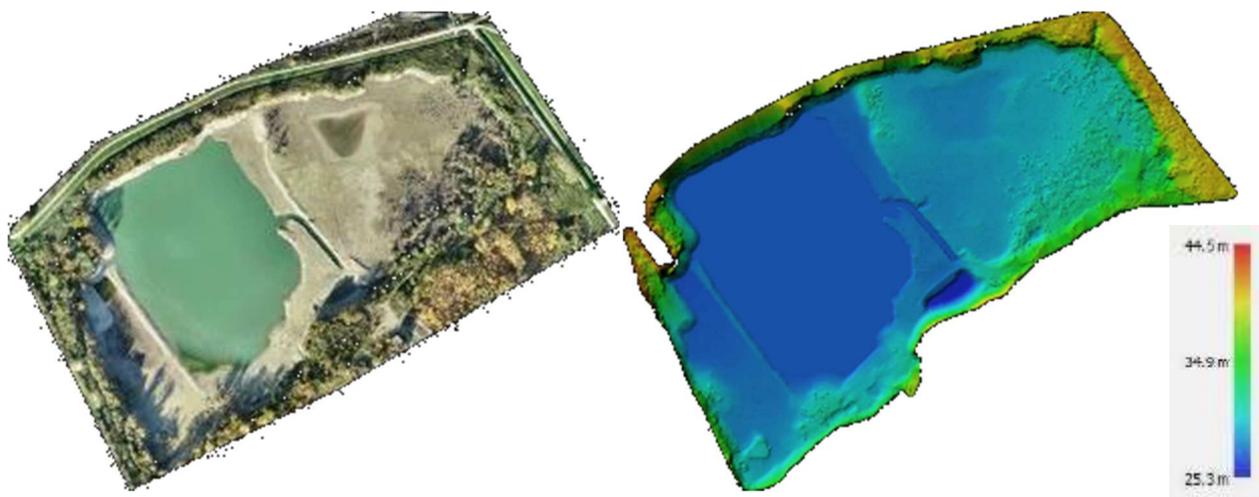


Figura 6: Ortofoto (sinistra) e DTM (destra) del lago Azzurro

| Quota tirante [m slm] | Volume [migliaia di m <sup>3</sup> ] |
|-----------------------|--------------------------------------|
| 22.87                 | 0                                    |
| 23.63                 | 3                                    |
| 24.33                 | 11                                   |
| 25.93                 | 47                                   |
| 26.98                 | 80                                   |
| 28.49                 | 145                                  |
| 30.17                 | 263                                  |
| 31.44                 | 381                                  |
| 35.58                 | 826                                  |
| 36.00                 | 872                                  |
| 37.00                 | 922                                  |
| 39.00                 | 1195                                 |

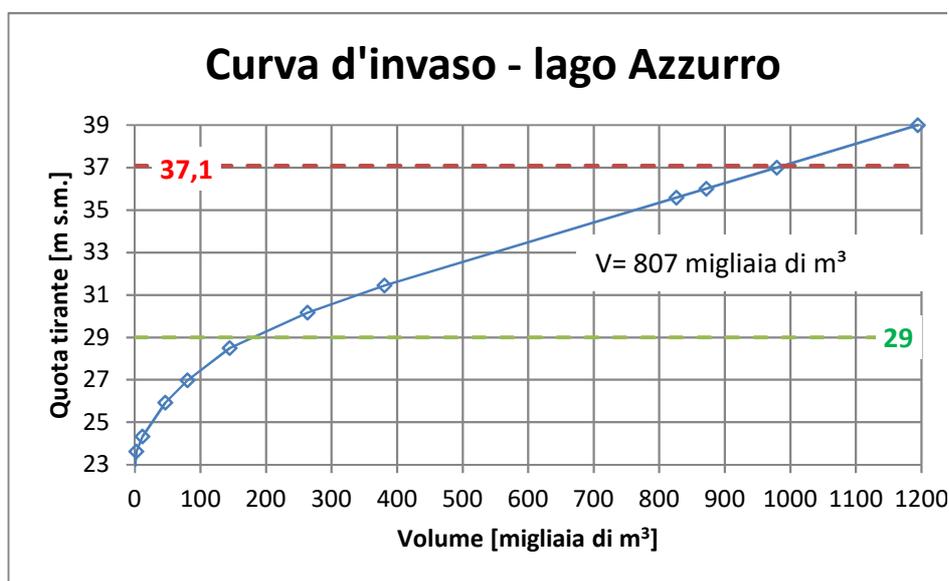


Tabella 13: valori della curva d'invaso di progetto (a seguito della creazione di argini interni in zona sud, da quota 34,00 m slm a quota 38,00 m slm) per il lago Azzurro, desunti dal rilievo con drone

| Limiti topografici invaso |              | Limiti di esercizio |              |
|---------------------------|--------------|---------------------|--------------|
| zmin [m slm]              | zmax [m slm] | zmin [m slm]        | zmax [m slm] |
| <b>22,87</b>              | 37,50        | 29,00               | 37,10        |

Tabella 14: limiti topografici di invaso nello stato di fatto e variabilità delle quote dei tiranti idrici in esercizio a fini irrigui

Il volume che si ottiene con le quote sopra considerate è pari a **807.000 m<sup>3</sup>**.

### 4.1.3 Lago In.Cal System

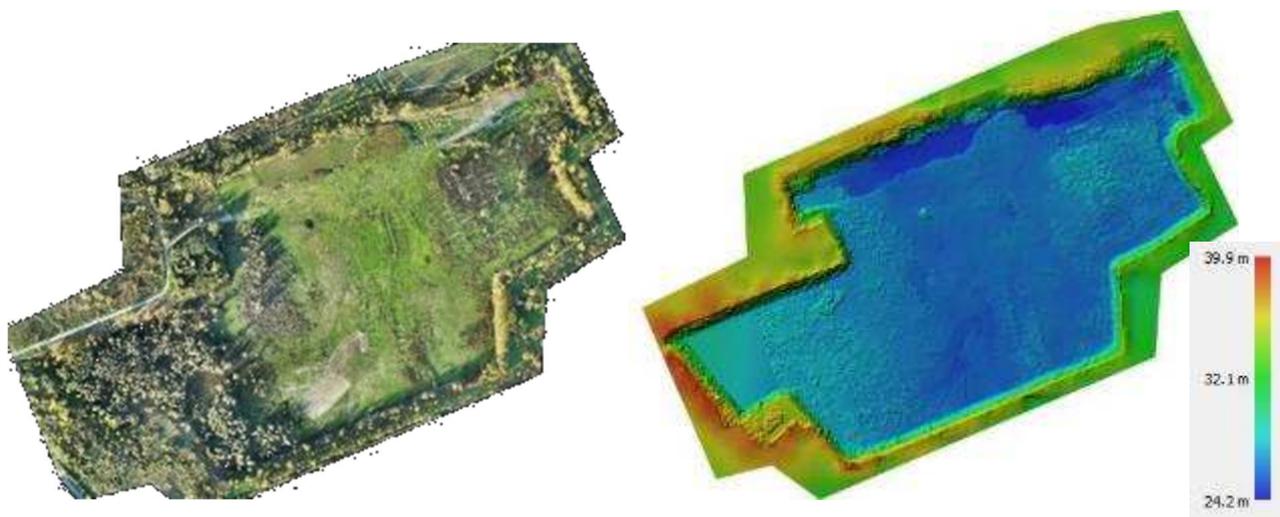


Figura 7: Ortofoto (sinistra) e DTM (destra) del lago In.Cal System

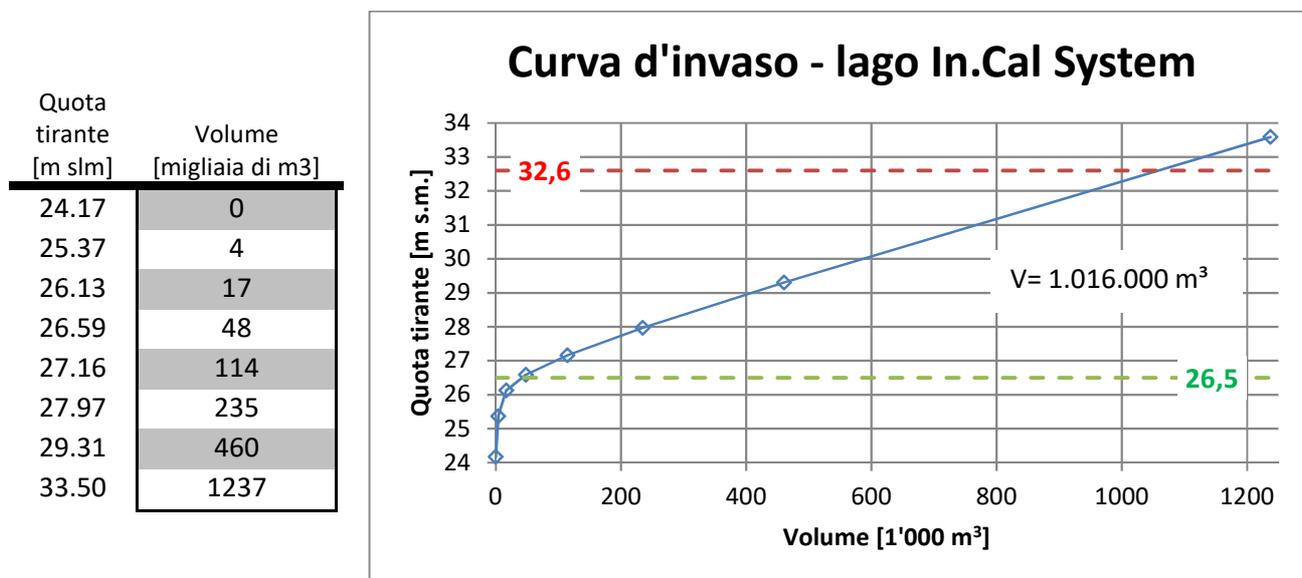


Tabella 15: valori della curva d'invaso per il lago In.Cal System, desunti dal rilievo (quota minima asciutta rilevata 24.18 m slm)

| Limiti topografici invaso |              | Limiti di esercizio |              |
|---------------------------|--------------|---------------------|--------------|
| zmin [m slm]              | zmax [m slm] | zmin [m slm]        | zmax [m slm] |
| <b>24,17</b>              | <b>33,50</b> | <b>26,50</b>        | <b>32,60</b> |

Tabella 16: limiti topografici di invaso e variabilità delle quote dei tiranti idrici in esercizio a fini irrigui

Il volume che si ottiene con le quote sopra considerate è pari a **1.016.000 m<sup>3</sup>**.

#### 4.1.4 Lago In.Cal System minore

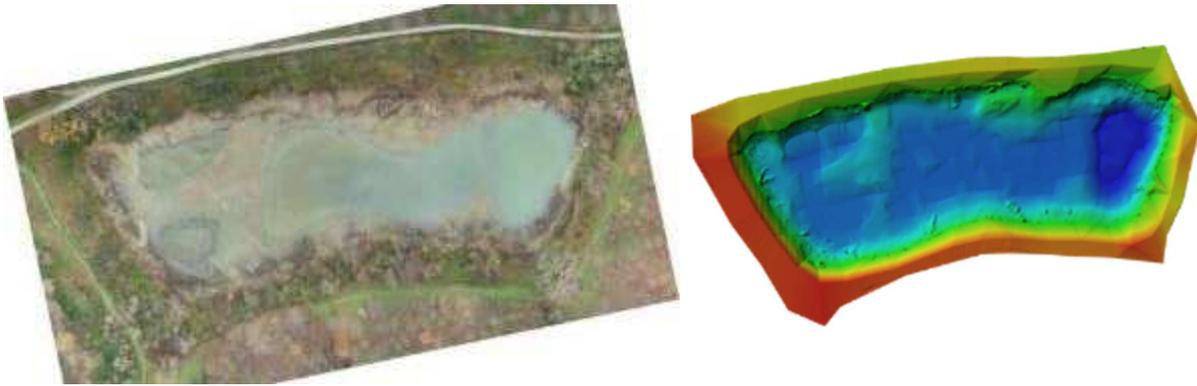


Figura 8: Ortofoto (sinistra) e DTM (destra) del lago In.Cal System Minore

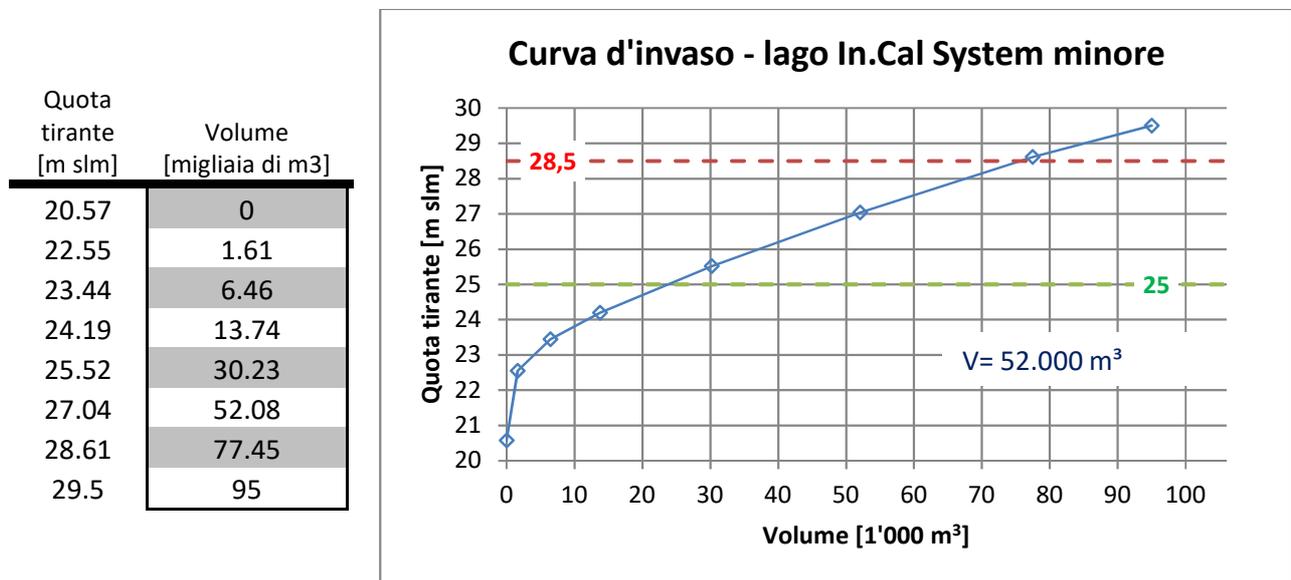


Tabella 17: valori della curva d'invaso per il lago In.Cal System minore, desunti dal rilievo (quota minima asciutta rilevata 23.40 m slm)

| Limiti topografici invaso |              | Limiti di esercizio |              |
|---------------------------|--------------|---------------------|--------------|
| zmin [m slm]              | zmax [m slm] | zmin [m slm]        | zmax [m slm] |
| <b>20,57</b>              | 29,50        | 25,00               | 28,50        |

Tabella 18: limiti topografici di invaso e variabilità delle quote dei tiranti idrici in esercizio a fini irrigui

Il volume che si ottiene con le quote sopra considerate è pari a **52.000 m<sup>3</sup>**.

#### 4.1.5 Riepilogo volumi utili geometrici disponibili

I volumi utili determinati imponendo la quota minima e massima di esercizio sono riportati nella successiva tabella.

|   |                        | Santarini   | Azzurro     | Incal System | Incal System minore |
|---|------------------------|-------------|-------------|--------------|---------------------|
| Quote<br>[m slm]                          | del punto più depresso | 33,96       | 22,87       | 24,17        | 20,57               |
|   | massima                | 44,00       | 39,00       | 33,50        | 30,00               |
|   | minima di progetto     | 39,15       | 29,00       | 26,50        | 25,00               |
|   | massima di progetto    | 43,50       | 36,10       | 32,60        | 28,50               |
| Tirante massimo di progetto [m]           |                        | 4,35        | 7,10        | 4,00         | 7,93                |
| Volume utile [milioni di m <sup>3</sup> ] |                        | <b>0,98</b> | <b>0,81</b> | <b>1,02</b>  | <b>0,05</b>         |

Tabella 19: dati sulle quote topografiche minime e massime dei laghi topografiche e di esercizio in progetto, e volume utili di immagazzinamento idrico.

Perciò, in totale, si ha un volume utile geometrico di **2,86 milioni di m<sup>3</sup>**.

## 4.2 Indagini geologiche su fondo e sponde dei laghi

A seguito di rilievi geologici, sono state valutate le caratteristiche del materiale costituente il fondo e le sponde dei laghi Azzurro e Incal System, mentre per il lago Santarini, essendo invaso, tale verifica si è limitata alle sole sponde.<sup>[1]</sup>

In tutti e tre i laghi sono state eseguite prove di permeabilità in sito a carico variabile, che hanno dato i risultati riportati in Tabella 20 e Tabella 21.

Le indagini hanno anche evidenziato che:

- sul fondo del lago In.Cal System è stata rilevata la presenza di uno strato di materiale fine limoso di spessore 10-20 cm, omogeneamente distribuito;
- gran parte delle sponde del lago Santarini sono costituite da materiale limoso-argilloso di riporto, derivante dalle prime fasi di riempimento della cava; per questo motivo nella stima dei costi riportata nel Paragrafo 8, si è conteggiata l'impermeabilizzazione della superficie delle sponde del lago.

<sup>1</sup> In base alle informazioni assunte dalla proprietà, il fondo del lago Santarini è stato utilizzato per numerosi anni per il lavaggio inerti, per cui dovrebbe risultare coperto da un importante strato di depositi limo-argillosi

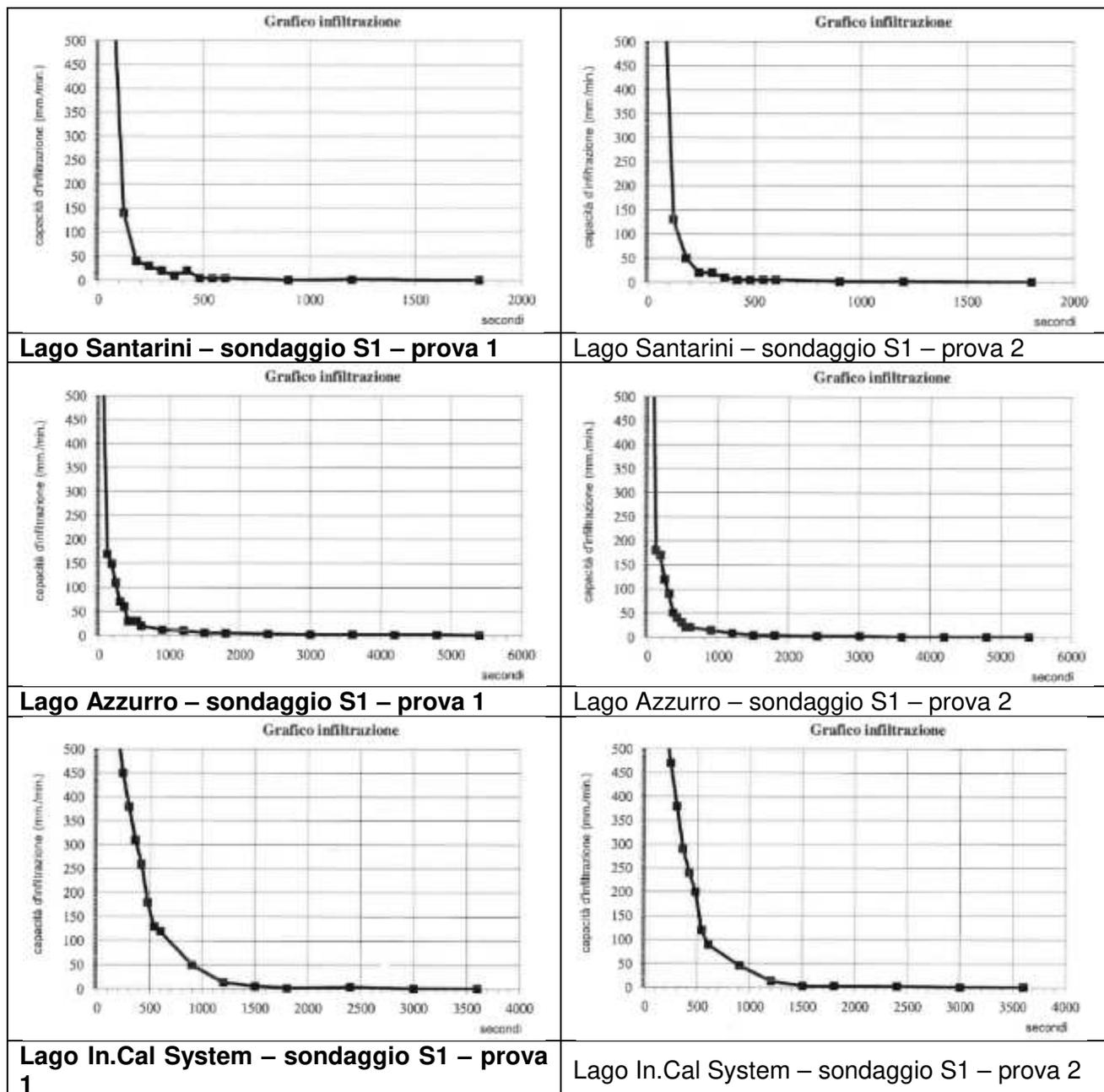


Tabella 20: risultati delle prove di filtrazione eseguite sui laghi Santarini, Azzurro e In.Cal System, in termini di capacità d'infiltrazione in funzione del tempo di prova

| Lago          | Prova | Intervallo profondità tratto indagato (m) | Conduttività idraulica (m/s) | Intervallo temporale di riferimento per il calcolo della conduttività idraulica (s) |
|---------------|-------|---|------------------------------|---|
| Santarini     | 1     | 7,50 - 8,00                               | 1,11E-6                      | 60 - 1800   |
|               | 2     | 7,50 - 8,00                               | 1,04E-6                      | 60 - 1800   |
| Azzurro       | 1     | 4,70 - 5,20                               | 1,68E-6                      | 180 - 3000  |
|               | 2     | 4,70 - 5,20                               | 1,76E-6                      | 180 - 3000  |
| In.Cal System | 1     | 4,15 - 4,65                               | 1,42E-5                      | 180 - 3000  |
|               | 2     | 4,15 - 4,65                               | 1,41E-5                      | 180 - 3000  |

Tabella 21: Valori di conduttività idraulica, con l'intervallo temporale di riferimento per il calcolo, relativamente alle due prove eseguite sui laghi Santarini, Azzurro e In.Cal System

### 4.3 Riempimento dei laghi con derivazione di acqua dal fiume Marecchia

Come riportato al Paragrafo 2.2, la concessione di derivazione dal fiume Marecchia attualmente in essere al Consorzio di Bonifica della Romagna nel periodo non irriguo consiste nella derivazione della portata di 1 m<sup>3</sup>/s per il riempimento dei laghi della ex cava, fatto salvo il rispetto del DMV e del limite massimo di prelievo di 7,63 milioni di m<sup>3</sup> annuali.

La lunghezza complessiva del canale in destra Marecchia, a partire dalla traversa di derivazione fino al lago Santarini è pari a 7,5 km; stimando un'aliquota di acqua persa nel tragitto (per infiltrazione ed evapotraspirazione) pari al 50% (CdB Romagna, 2014), è possibile aspettarsi una portata massima in ingresso ai laghi pari a 500 l/s. Ipotizzando di poter derivare acqua nei mesi da novembre a febbraio compresi, si ottiene un volume complessivamente immissibile di circa 5,18 milioni di m<sup>3</sup>, che è superiore al volume geometrico utile disponibile nei laghi, tuttavia, considerando l'incertezza sul valore di acqua persa nel canale nel tragitto dalla traversa ai laghi, si ritiene opportuno, a favore di sicurezza, non modificare la portata di concessione.

Tale valore risulta compatibile con le caratteristiche geometriche del canale esistente e dei manufatti presenti lungo il suo corso in quanto la portata massima transitabile si può stimare pari a 3 m<sup>3</sup>/s (CdB Romagna, 2014).

### 4.4 Perdite per evaporazione

Per il calcolo dell'evaporazione media mensile da specchio d'acqua superficiale si è fatto riferimento alle tre formulazioni di Conti (1924), Visintini (1937) e Swedan (2018), in funzione della temperatura media mensile al suolo, ottenuta dalla serie storica 1991-2019 fornita da ArpaE per la stazione di Rimini,<sup>[1]</sup> considerando i valori medi mensili nel periodo; i risultati sono riportati in Tabella 22 e Figura 9.

| Mese | T [°C] | Formule evaporazione media mensile [mm/mese] |                  |               |
|------|--------|--|------------------|---------------|
|      |        | Conti (1924)                                 | Visentini (1935) | Swedan (2018) |
| gen  | 5,5    | 31,5   | 25,8             | 59,4          |
| feb  | 6,7    | 36,8   | 38,6             | 59,6          |
| mar  | 10,2   | 58,4   | 77,0             | 85,7          |
| apr  | 13,6   | 82,4   | 115,0            | 103,1         |
| mag  | 17,9   | 131,1  | 168,3            | 139,1         |
| giu  | 22,0   | 136,1  | 222,0            | 171,6         |
| lug  | 24,3   | 144,4  | 245,5            | 195,9         |
| ago  | 24,2   | 127,9  | 227,8            | 181,8         |
| set  | 20,0   | 99,4   | 159,1            | 128,9         |
| ott  | 15,8   | 76,9   | 108,2            | 102,6         |
| nov  | 11,3   | 43,9   | 54,0             | 71,5          |
| dic  | 6,8    | 28,6   | 30,1             | 61,7          |

Tabella 22: Confronto risultati in termini di altezza evaporata media mensile per i vari mesi dell'anno e la temperatura media al suolo associata

<sup>1</sup> Dati ArpaE Temperatura Periodo 1991-2019 – stazione Rimini urbana, comune RIMINI (RN) Lat: 44.06° Lon: 12.57° alt: 16 m slm – bacino: pianura fra Marecchia e Marano:  
[https://apps.arpae.it/widgets/tabelle-climatologiche/?q=1991\\_2019&v=temperature&t=stazioni](https://apps.arpae.it/widgets/tabelle-climatologiche/?q=1991_2019&v=temperature&t=stazioni)

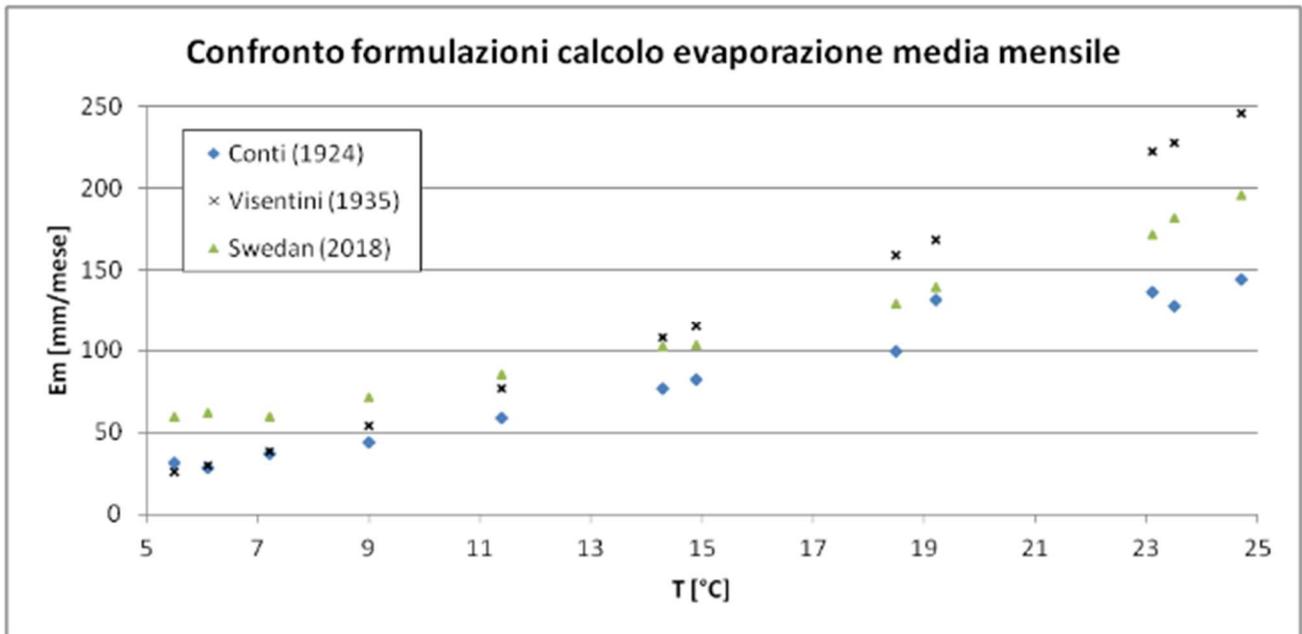


Figura 9: Confronto risultati in termini di altezza evaporata media mensile per le varie temperature media al suolo associate ai mesi dell'anno

In base ai risultati ottenuti, si è scelta la formulazione che fornisce valori intermedi rispetto alle tre formulazioni, cioè Swedan (2018), di cui si riporta l'andamento in Figura 10.

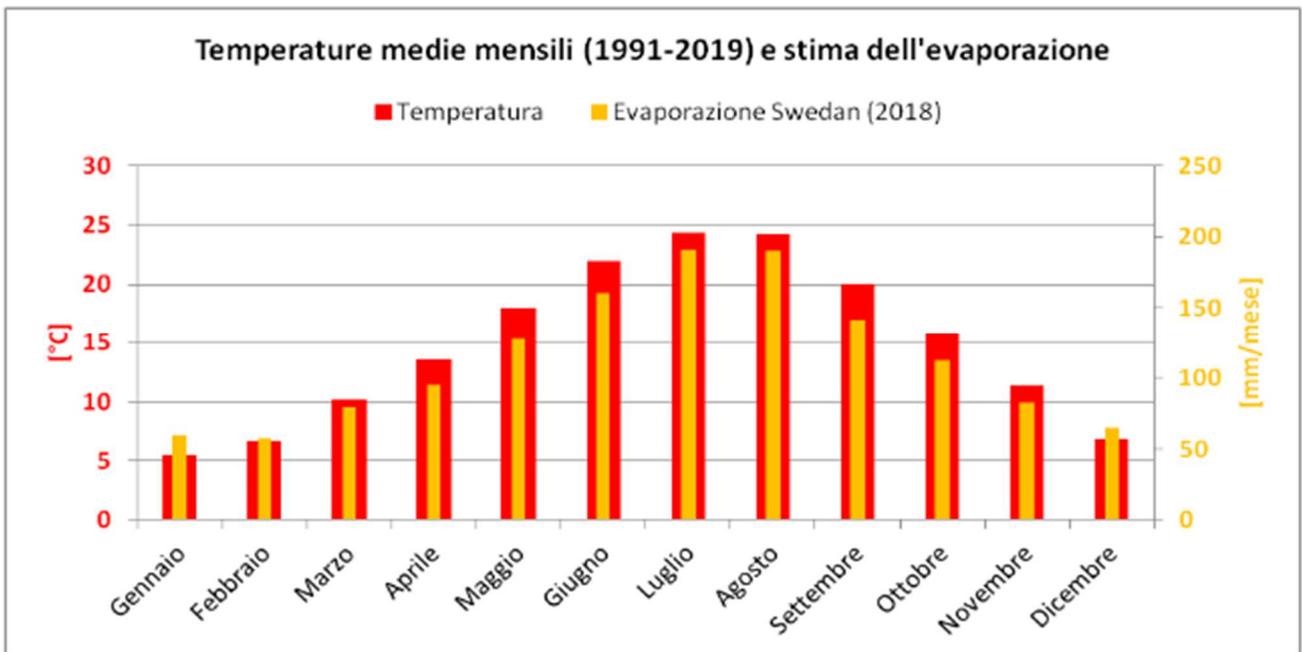


Figura 10: andamento temperatura nel periodo 1991-2019 e stima dell'evaporazione da specchio d'acqua superficiale secondo Swedan (2018)

## 4.5 Contributo piogge

I valori cumulati medi mensili delle precipitazioni, ottenuti dalla serie storica 1991-2019 fornita da ArpaE per la stazione di Santarcangelo di Romagna <sup>[1]</sup>, sono riportati nella tabella seguente.

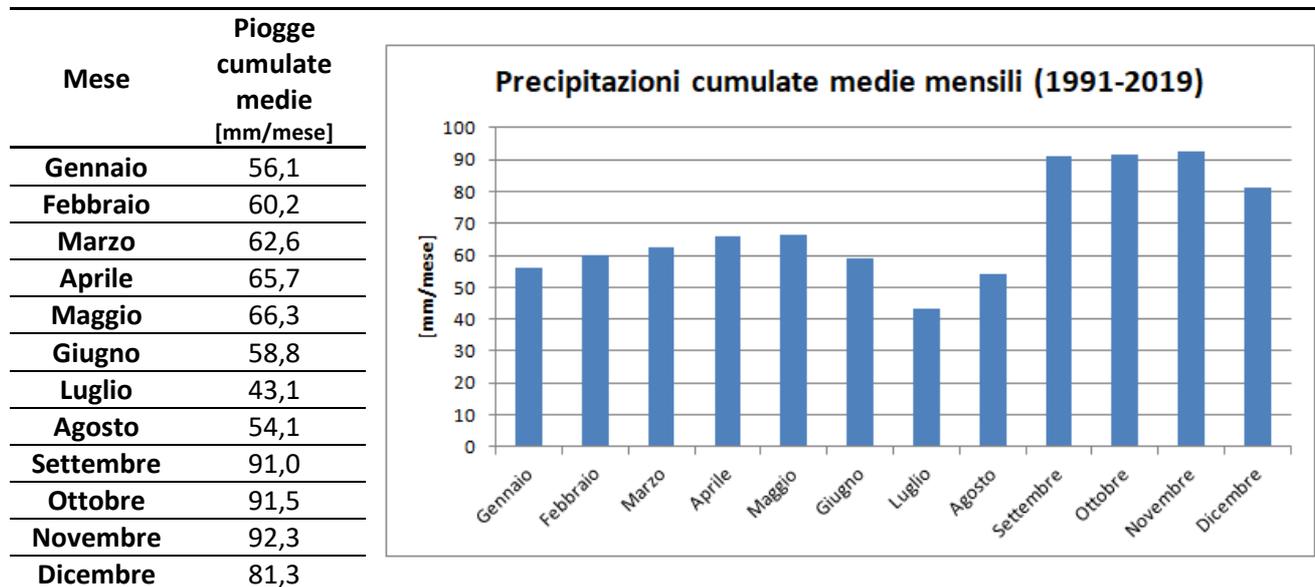


Tabella 23: Valori di pioggia cumulata mensile medie del periodo 1991-2019 per la stazione di Santarcangelo di Romagna.

## 4.6 Perdite per infiltrazione

Nel periodo compreso tra il 2014 e il 2018, presso il lago In.Cal System è stata svolta una serie di sperimentazioni di ricarica della falda in condizioni controllate (Severi, et al., 2014) (Severi, et al., 2016) (Severi, et al., 2018), valutando l'effetto di variazione del livello dei piezometri ubicati nell'area circostante. Tale progetto si è posto l'obiettivo di recuperare il livello piezometrico della falda aumentando la potenzialità idrica di riserva per i periodi siccitosi, migliorare la qualità dell'acquifero grazie all'immissione di acqua qualitativamente migliore in termini di nitrati, contrastare il fenomeno della subsidenza, ridurre l'intrusione del cuneo salino nelle falde costiere.

La sperimentazione ha mostrato che ricaricando il lago con l'acqua trasportata dal canale in destra Marecchia, derivata dal fiume grazie alla traversa di ponte Verucchio, si assiste ad un innalzamento della falda presente nella conoide amalgamata, che risulta massimo nelle vicinanze del lago (piezometro RM1, distante pochi metri dal lago) e via via minore allontanandosi da esso.

Per definire in via preliminare l'entità dell'infiltrazione di tutti e quattro i laghi, ci si è pertanto basati sulle risultanze degli studi sopra citati, effettuati sul lago In.Cal System, estendendoli in prima approssimazione anche ai laghi Santarini e Azzurro. Di fatto si è assunta l'ipotesi che la probabile differenza delle caratteristiche del materiale stratificato presente sul fondo sia trascurabile rispetto all'entità delle grandezze in gioco.

La stima è stata eseguita a partire dai valori di abbassamento nel tempo del piezometro RM1 e, di conseguenza, del livello del pelo libero del lago (che si scosta dal piezometro RM1 di +50 cm). In particolare, si è fatto riferimento all'annata del 2015, nel periodo da giugno a settembre, durante il quale possono essere trascurate le immissioni dal canale, potendo così associare l'abbassamento

<sup>1</sup> Dati ArpaE Precipitazioni periodo 1991-2019 stazione di Santarcangelo di Romagna  
[https://apps.arpa.e.it/widgets/tabelle-climatologiche/?q=1991\\_2019&v=precipitazioni&t=stazioni](https://apps.arpa.e.it/widgets/tabelle-climatologiche/?q=1991_2019&v=precipitazioni&t=stazioni)

del livello del lago principalmente alla concomitanza dei fenomeni di evaporazione, precipitazione atmosferica e infiltrazione.

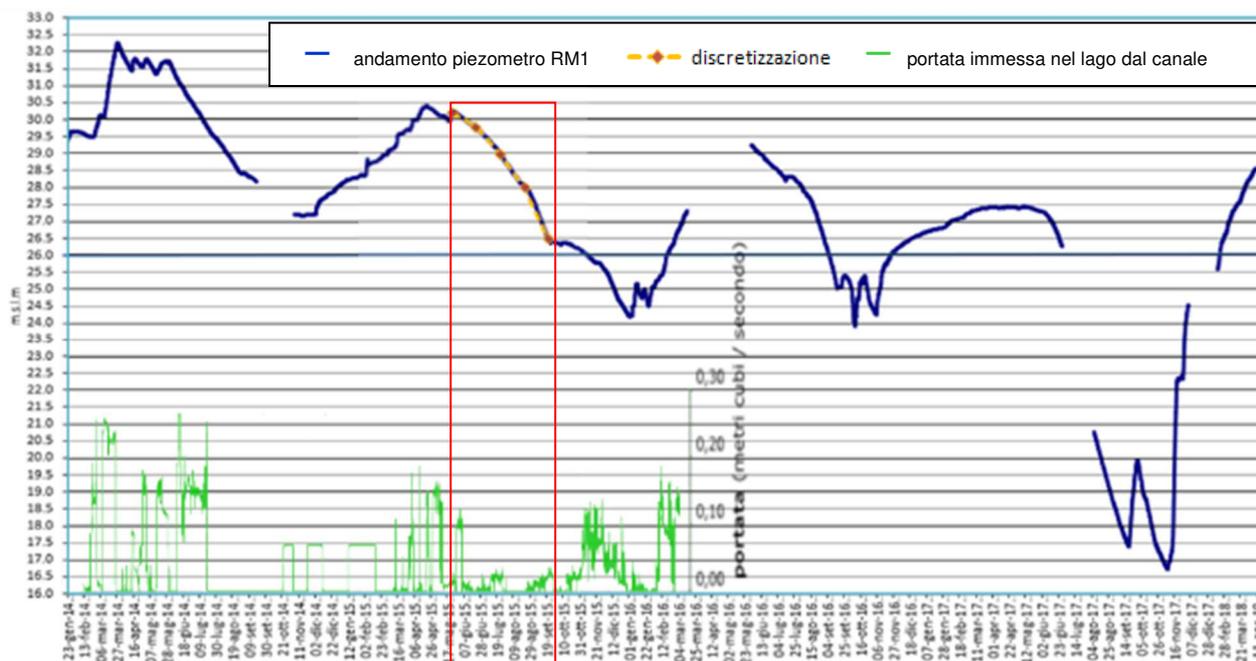


Figura 11: andamento piezometro RM1, discretizzazione operata per la stima dell'infiltrazione e portata immessa nel lago dal canale dei Mulini, con riquadrato in rosso il periodo su cui si è effettuata la stima dell'infiltrazione. (rielaborato da (Severi, et al., 2018))

Partendo dalla discretizzazione effettuata sull'andamento del livello del piezometro RM1 sono stati determinati gli abbassamenti di livello da giugno a settembre, che corrispondono all'abbassamento di quota del pelo libero del lago. Per ottenere l'infiltrazione, sono stati considerati anche i contributi di precipitazione, sulla base dei dati cumulati giornalieri relativi al periodo forniti dal servizio Dext3r<sup>[1]</sup> di Arpae per la stazione di Santarcangelo di Romagna, e di evaporazione, calcolati con l'approccio descritto nel Paragrafo 4.2 sulla base dei dati medi giornalieri di temperatura al suolo per la stazione di Vergiano relativi al periodo considerato; l'infiltrazione è stata perciò determinata effettuando il seguente bilancio mensile<sup>[2]</sup>:

$$I = \Delta z - E - P$$

dove:

- $\Delta z$  è l'abbassamento di quota del pelo libero registrato nel lago (m/mese);
- $I$  è l'entità dell'infiltrazione (m/mese);
- $E$  è l'entità dell'evaporazione (m/mese);
- $P$  è l'entità della precipitazione (m/mese).

Non avendo tenuto conto separatamente delle perdite per traspirazione dovuta alle piante presenti nei pressi dei laghi, queste sono ricomprese nel termine d'infiltrazione  $I$ , che quindi, di per sè, risulta sovrastimato.

<sup>1</sup> DEXT3R – Arpae: <https://simc.arpae.it/dext3r/>

<sup>2</sup> Le granezze sono positive se determinano un innalzamento del livello del lago e negative se determinano un abbassamento del livello del lago

In Tabella 24 si riassumono i risultati ottenuti.

| Mese | P<br>Precipitazioni<br>(m) | E<br>Evaporazione<br>(m) | I<br>Infiltrazione<br>(m) | $\Delta z$<br>Variazione del livello<br>lago<br>(m) |
|------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|---|
| 6    | 0.03                       | -0.18                    | -0.26                     | -0.40   |
| 7    | 0.00                       | -0.26                    | -0.54                     | -0.80   |
| 8    | 0.07                       | -0.21                    | -0.85                     | -1.00   |
| 9    | 0.05                       | -0.16                    | -1.39                     | -1.50   |

Tabella 24: stima dei valori cumulati mensili di altezza di precipitazione, evaporazione, infiltrazione e variazione del livello del lago nei mesi considerati nell'annata del 2015

#### 4.7 Previsione dell'andamento mensile dei volumi utili disponibili nei laghi

Per poter stimare il possibile abbassamento dei livelli dei laghi oggetto di studio sulla base dell'entità delle precipitazioni cumulate medie mensili e dell'evaporazione verificatasi del periodo 1991-2019 (riportate rispettivamente nel Paragrafo 4.5 e 4.2),<sup>[1]</sup> e sulla base dei valori di infiltrazione stimati in Tabella 24, è stato effettuato il bilancio idrico sui laghi, ottenendo questa volta l'abbassamento di livello  $\Delta z$ , ipotizzando che in tutti e quattro i laghi vi sia lo stesso effetto sulla variazione di quota del pelo libero causato dall'infiltrazione.

Il periodo di riferimento per il prelievo da laghi è stato considerato quello da metà marzo a metà ottobre, considerando di poter considerare pieni tutti i laghi a metà marzo. Poiché per i mesi di marzo, aprile, maggio e ottobre non è stato possibile stimare l'entità dell'infiltrazione in quanto è presente l'immissione di acqua da canale nel lago In.Cal System, per il mese di maggio l'entità della filtrazione è stata posta uguale a quella di giugno, per il mese di aprile è stata posta pari a -0,20 m, per la seconda metà di marzo è stata posta pari a -0,10 m e per la prima metà di ottobre è stata posta pari alla metà di quella di settembre.

Sulla base delle curve d'invaso dei laghi riportate nel Paragrafo 4.1, da cui sono state ottenute le curve d'invaso al netto del volume non utilizzato, relativo alla quota inferiore di esercizio, è stato ottenuto l'andamento del volume utile disponibile in ciascun lago, mese per mese del periodo considerato, nel caso di assenza di prelievi di acqua da lago a fini irrigui.

I valori così ottenuti sono da ritenersi cautelativi in quanto non considerano condizioni idrologiche favorevoli, come le piogge primaverili e la conseguente assenza di prelievi irrigui o la possibile derivazione da canale in destra Marecchia nel periodo da marzo a maggio, potendo così compensare l'abbassamento dei livelli dei laghi dovuti all'infiltrazione e all'evaporazione.

I risultati sono riportati in Tabella 25 e Figura 12.

N.B. In questa fase di valutazione preliminare sono state fatte assunzioni semplificative per il calcolo dell'infiltrazione, tuttavia, dato che il terreno sottostante ai quattro laghi potrebbe non essere assimilabile alla stessa categoria di permeabilità e che la velocità di filtrazione potrebbe risentire di effetti locali, si ritiene che, in una fase di studio più approfondita, siano da eseguire su

<sup>1</sup> ipotizzando che in tutti e quattro i laghi oggetto di studio vi sia lo stesso effetto sulla variazione di quota del pelo libero da parte delle precipitazioni e dell'evaporazione

tutti i laghi un adeguato numero di prove di filtrazione, e che sia da implementare una modellazione di maggior dettaglio dei processi coinvolti nel bilancio idrico dei laghi, utilizzando ad esempio la modellistica numerica tarata su valori rilevati, al fine di simulare i fenomeni d'infiltrazione e d'interazione dei livelli nei laghi con i livelli della falda nella conoide.

| Intervallo<br>mese | Variazione verificatasi nel periodo (m) |              |              |   | Quota lago a inizio periodo (m slm) |         |                  |                            | Volume utile disponibile a inizio periodo<br>(1000 m <sup>3</sup> ) |         |                  |                            |
|--------------------|---|--------------|--------------|---|-------------------------------------|---------|------------------|----------------------------|---|---------|------------------|----------------------------|
|                    | Precip.                                 | Evap.        | Infiltr.     | Abbassamento quota<br>pelo libero laghi | Santarini                           | Azzurro | In.Cal<br>System | In.Cal<br>System<br>minore | Santarini   | Azzurro | In.Cal<br>System | In.Cal<br>System<br>minore |
| 3,5* - 4           | 0,03                                    | -0,04        | -0,10        | -0,13                                   | 43,5                                | 36,00   | 32,60            | 28,50                      | 976   | 807     | 1.016            | 52                         |
| 4 - 5              | 0,07                                    | -0,10        | -0,20        | -0,28                                   | 43,39                               | 35,89   | 32,49            | 28,39                      | 948   | 795     | 996              | 50                         |
| 5 - 6              | 0,07                                    | -0,13        | -0,26        | -0,38                                   | 43,16                               | 35,66   | 32,26            | 28,16                      | 888   | 770     | 954              | 46                         |
| 6 - 7              | 0,06                                    | -0,16        | -0,26        | -0,41                                   | 42,84                               | 35,34   | 31,94            | 27,84                      | 806   | 736     | 897              | 41                         |
| 7 - 8              | 0,04                                    | -0,19        | -0,54        | -0,72                                   | 42,49                               | 34,99   | 31,59            | 27,49                      | 713   | 698     | 832              | 36                         |
| 8 - 9              | 0,05                                    | -0,19        | -0,85        | -1,01                                   | 41,79                               | 34,29   | 30,89            | 26,79                      | 549   | 623     | 706              | 25                         |
| 9 - 10             | 0,09                                    | -0,14        | -1,39        | -1,49                                   | 40,80                               | 33,30   | 29,90            | 25,80                      | 326   | 517     | 526              | 11                         |
| 10 - 10,5*         | 0,05                                    | -0,06        | -0,69        | -0,73                                   | 39,36                               | 31,86   | 28,46            | 25,00                      | 51  | 361     | 276              | 0                          |
| <b>TOTALE</b>      | <b>0,46</b>                             | <b>-1,00</b> | <b>-4,29</b> | <b>-4,84</b>                            | 39,15                               | 31,16   | 27,76            | 25,00                      | 11  | 290     | 161              | 0                          |
| Contributo %       | 8%                                      | 17%          | 75%          |   |                                     |         |                  |                            | <b>Fine periodo = 462.000 m<sup>3</sup></b>                         |         |                  |                            |

Note:

\* metà mese

Tabella 25: Variazione della quota del pelo libero dei laghi e contributi parziali delle precipitazioni, evaporazione e infiltrazione, operanti durante il mese, quota del pelo libero dei laghi e volumi utili disponibili a inizio mese, nel caso di assenza di prelievi di acqua dai laghi a fini irrigui.

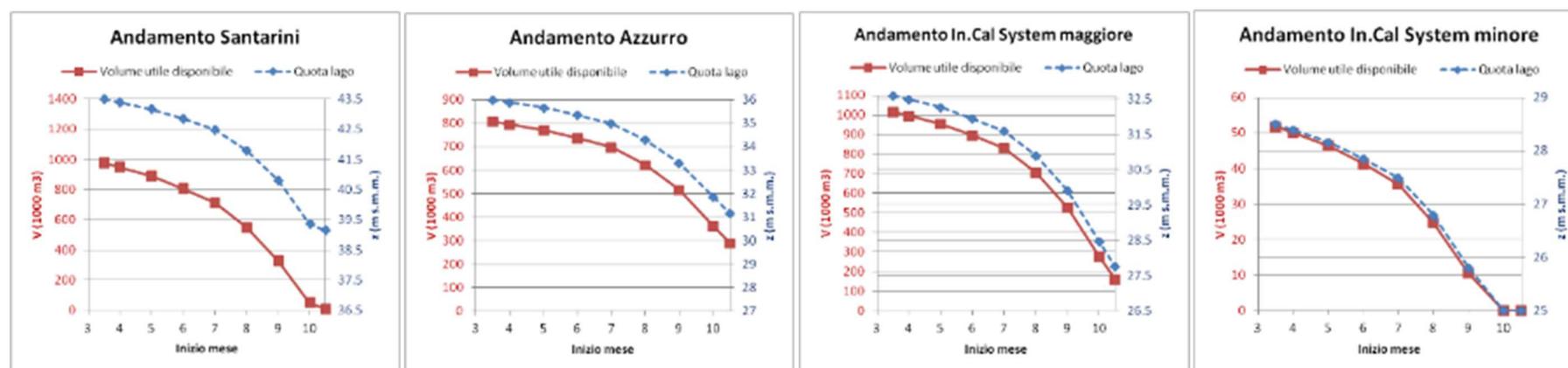


Figura 12: Andamento del volume utile disponibile e della quota dei laghi Santarini, Azzurro, In.Cal System e In.Cal System minore in funzione dei mesi d'interesse, nel caso di assenza di prelievi di acqua dai laghi a fini irrigui

Dai risultati di Tabella 25 e Figura 12 si evince che in assenza di prelievi irrigui, il lago In.Cal System minore risulta completamente vuoto a inizio ottobre, e che a metà ottobre gli altri laghi hanno un volume utile rimanente rispettivamente pari a 11.000 m<sup>3</sup>, 290.000 m<sup>3</sup> e 161.000 m<sup>3</sup> per il lago Santarini, Azzurro e In.Cal System, che corrispondono al 1%, 36% e 16% della capacità utile totale, arrivando, insieme a coprire una disponibilità idrica complessiva a metà ottobre di **462.000 m<sup>3</sup>** (16% della capacità di accumulo totale).

Tali valutazioni portano a concludere che, in assenza di interventi atti a ridurre le perdite per infiltrazione dalle sponde e dal fondo dei laghi, la volumetria disponibile non risulta sufficiente a coprire i fabbisogni degli areali da servire.

Peraltro, l'articolo 3.2 delle norme di attuazione de PTCP 2007 della provincia di Rimini (variante 2012) vieta espressamente l'interramento, l'interruzione e/o la deviazione delle falde acquifere sotterranee in aree di ricarica della falda idrogeologicamente connesse all'alveo (ARA), come quelle su cui insistono i laghi oggetto di studio, nonché interventi di artificializzazione e impermeabilizzazione nel potenziale utilizzo dei bacini di ex-cava come bacini di accumulo della risorsa idrica.

È tuttavia indubbio che con la realizzazione del progetto si verranno a creare le condizioni per una reale tutela delle acque di falda, rendendo disponibile acque di tipo superficiale per gli usi agricoli sarà possibile ridurre la necessità di predisporre in futuro nuovi pozzi di prelievo di acque di falda per tale finalità.

Nei successivi paragrafi si procederà pertanto ad opportuni approfondimenti e considerazioni su tale tematica.

## 5 Ipotesi progettuali

Sono state analizzate alcune ipotesi progettuali, considerando per tutte l'adduzione delle acque derivate dalla Traversa di Ponte Verucchio ai laghi tramite il canale esistente in destra idraulica e considerando l'utilizzo di condotte in pressione per distribuire l'acqua negli areali irrigui.

In considerazione del fatto che i laghi hanno quote di fondo e delle sommità spondali differenti, verranno idraulicamente connessi con condotte a gravità (Figura 14) che risulteranno poste, in uscita da ciascun lago, al livello del minimo invaso.

In tal modo si procederà immettendo l'acqua nel lago Santarini e, tramite la condotta a gravità, si inizierà il riempimento da valle, procedendo poi con i successivi laghi a monte tramite la chiusura in successione di paratoie motorizzate predisposte sugli ingressi dei laghi; in questo modo, posizionando il sollevamento a valle, lo svuotamento di tutto il volume avverrà per gravità tramite le condotte di collegamento (Figura 15).

La condotta in pressione verrà estesa mantenendo la destra idraulica in parallelismo al fiume Marecchia e presenterà derivazioni da cui gli utenti irrigui dell'areale in destra potranno attingere (Figura 13).

Per la soluzione C la condotta in pressione si estende fino alla traversa del ponte Verucchio (nodo 8 di Figura 21) e qui attraversa il fiume in modo da alimentare, nel caso la disponibilità irrigua lo consenta, il canale irriguo esistente in sinistra idraulica, a servizio degli utilizzatori dell'areale posto su questo lato del fiume.

Nelle soluzioni A e B, data la disponibilità ridotta di acqua che le caratterizza, la condotta in pressione si estende solo fino al nodo 7 di Figura 16, senza quindi la predisposizione dell'attraversamento in corrispondenza della traversa di ponte Verucchio e di conseguenza senza apporti all'areale in sinistra.

La soluzione D infine ha anch'essa la condotta di alimentazione in destra idraulica estesa fino al nodo 7, come i casi A e B, ma prevede la realizzazione di una condotta di attraversamento del fiume in corrispondenza del ponte della SP Trasversale Marecchia. Tale attraversamento, in una prima fase rappresenta una predisposizione per l'alimentazione (o integrazione di risorsa delle acque fornite in sx nell'ambito del progetto LIFE) di due distretti irrigui in sinistra idraulica, mentre successivamente potrà essere utilizzato per l'alimentazione di ulteriori distretti irrigui insistenti sull'areale in sinistra Marecchia.

Come anticipato al paragrafo precedente i bacini esistenti sono caratterizzati da valori di permeabilità su sponde e fondo piuttosto elevati, di entità tale che, in assenza di interventi atti a ridurre l'incidenza, la volumetria disponibile non risulta sufficiente a coprire i fabbisogni degli areali da servire per tutta la stagione irrigua. Tale ipotesi tuttavia richiederebbe di poter derogare alla norma del PTCP.

Nelle successive ipotesi progettuali B, C, D è stato pertanto ipotizzato di ridurre la permeabilità del fondo e delle sponde di due laghi (Azzurro e Santarini), attraverso l'utilizzo di materiali ambientalmente compatibili come argille e/o argille bentonitiche, a lasciando il terzo (Incal System) alla finalità ambientale e di ricarica della falda. In tal modo si può ottenere un volume utile disponibile per tutta la stagione irrigua pari a circa 1.425.000 m<sup>3</sup>.

Si ritiene infatti che la realizzazione del progetto abbia comunque una valenza ambientale ai fini di protezione e tutela dell'acquifero sotterraneo andando a creare le infrastrutture necessarie per una riduzione della necessità di predisporre in futuro nuovi pozzi di prelievo per uso irriguo.

Nel dettaglio, le quattro ipotesi sviluppate sono le seguenti:

- A) utilizzo esclusivo di acqua da laghi Santarini, Azzurro, In.Cal System e In.Cal System minore, senza effettuare impermeabilizzazioni, condotta premente fino a nodo 7;
- B) utilizzo esclusivo di acqua dai laghi Santarini e Azzurro, effettuando l'impermeabilizzazione delle sponde del lago Santarini e dell'intero lago Azzurro, condotta premente fino a nodo 7;
- C) utilizzo di acqua dai laghi Santarini e Azzurro, effettuando l'impermeabilizzazione delle sponde del lago Santarini e dell'intero lago Azzurro, con parziale reintegro della risorsa grazie al riutilizzo di acqua in uscita dal depuratore di Santa Giustina, condotta premente fino a nodo 8 e distribuzione tramite canale in areale sinistro;
- D) Deriva dalla soluzione C) ed individua una serie di interventi in modo da ottimizzare i costi realizzativi in funzione delle risorse finanziarie a disposizione dell'Amministrazione. In particolare si prevede utilizzo di acqua dai laghi Santarini e Azzurro, effettuando l'impermeabilizzazione delle sponde del lago Santarini e dell'intero lago Azzurro, con parziale reintegro della risorsa grazie al riutilizzo di acqua in uscita dal depuratore di Santa Giustina, condotta premente fino a nodo 7 e condotta in attraversamento del fiume in corrispondenza del ponte della SP Traversale Marecchia per alimentazione di due distretti irrigui in sinistra idraulica.

Nei seguenti punti 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 del presente paragrafo si riporta un'analisi di dettaglio delle 4 ipotesi progettuali sopra descritte, mentre al successivo paragrafo 7 sono riportate le relative quantificazioni economiche.

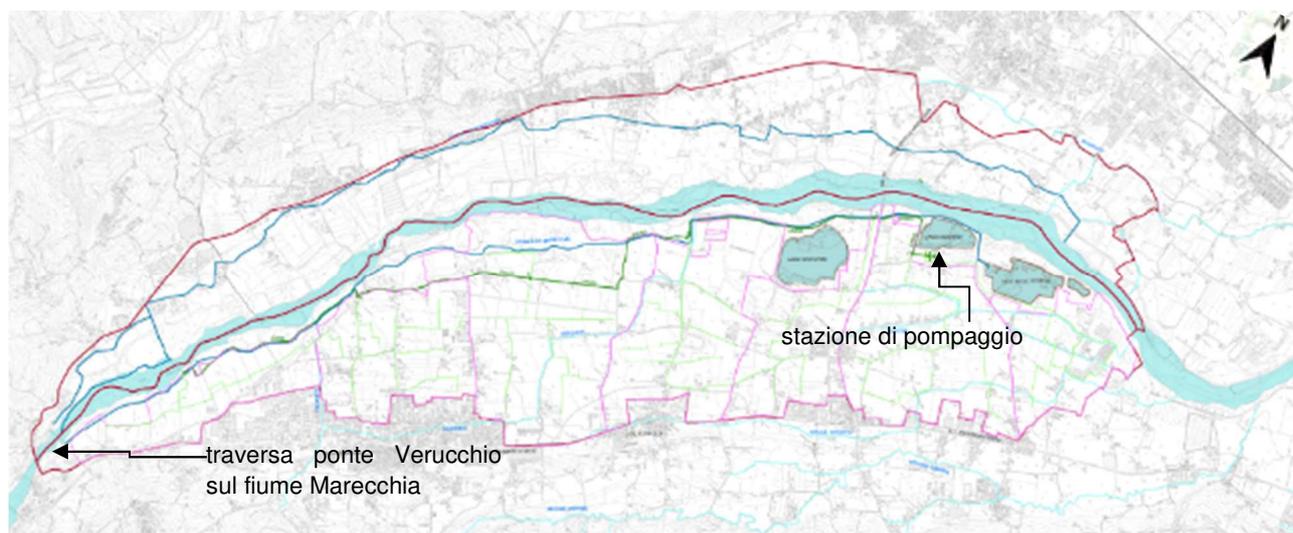


Figura 13: planimetria della rete in pressione di progetto con ubicazione della stazione di pompaggio (in verde) e dei canali esistenti di derivazione idrica dalla traversa del ponte Verucchio (in blu)

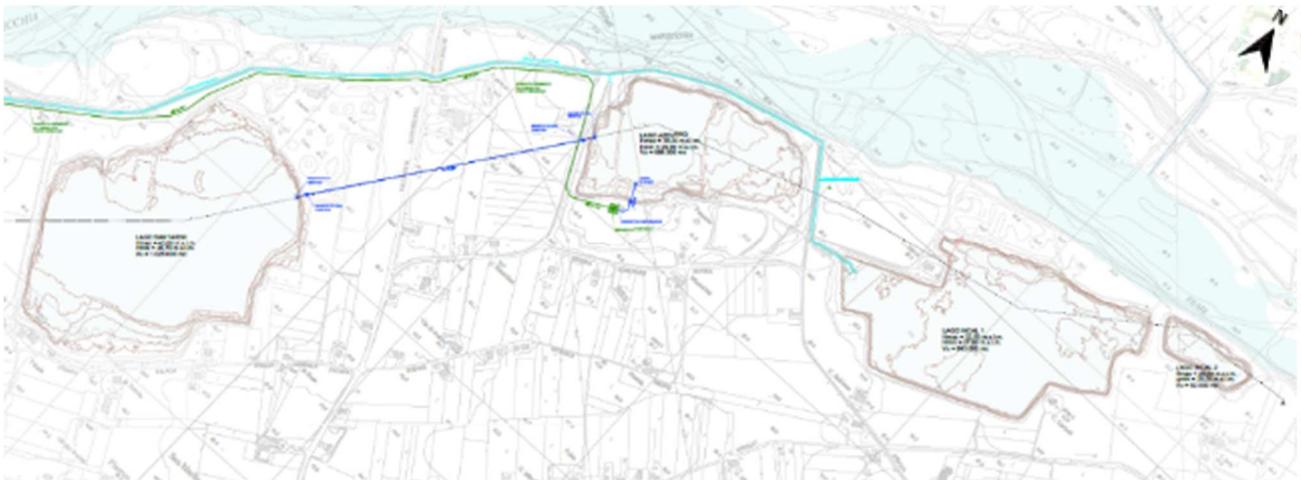


Figura 14: dettaglio planimetrico della connessione idraulica a gravità tra i laghi ex-cava (in blu), del canale di derivazione esistente (in azzurro), della stazione di pompaggio in corrispondenza del lago In.Cal System minore e della rete in pressione in progetto (in verde)

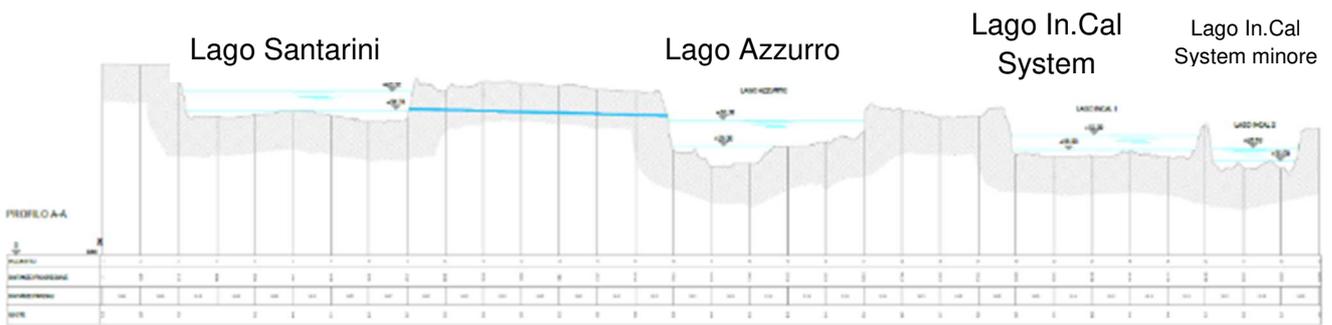


Figura 15: sezione longitudinale rappresentativa della connessione idraulica a gravità (in blu) tra i laghi ex-cava

## 5.1 Soluzione A

Partendo dai risultati riportati nel Paragrafo 4.7, è possibile valutare l'areale irriguo servibile con l'andamento nel tempo delle volumetrie utili disponibili nei laghi; in particolare, con **0,46 milioni di m<sup>3</sup>** utili disponibili dai laghi, relativamente al periodo tra metà marzo e metà ottobre, è possibile soddisfare il **32% del fabbisogno dell'areale in destra del bacino del Marecchia attualmente servito** (1,45 milioni di m<sup>3</sup>, calcolati nel Paragrafo 3.2).

Questo risultato mostra l'insufficienza delle volumetrie utili attualmente disponibili nei laghi, tenendo conto anche dell'evaporazione e dell'infiltrazione stimate, nel coprire il fabbisogno complessivo dell'areale irrigabile del fiume Marecchia attualmente servito. Come anticipato al paragrafo precedente, vi è pertanto la necessità di aumentare la capacità di stoccaggio di volume idrico nei laghi ovvero di ridurre le perdite, predisponendo ad esempio, in deroga all'articolo 3.2 delle norme di attuazione del PTCP 2007 di Rimini (variante 2012), l'impermeabilizzazione del fondo e delle sponde in maniera ambientalmente compatibile (ad esempio con argilla e/o argilla bentonitica), e/o di integrare tali volumi con altre fonti, come di seguito illustrato per le soluzioni di progetto B, C e D.

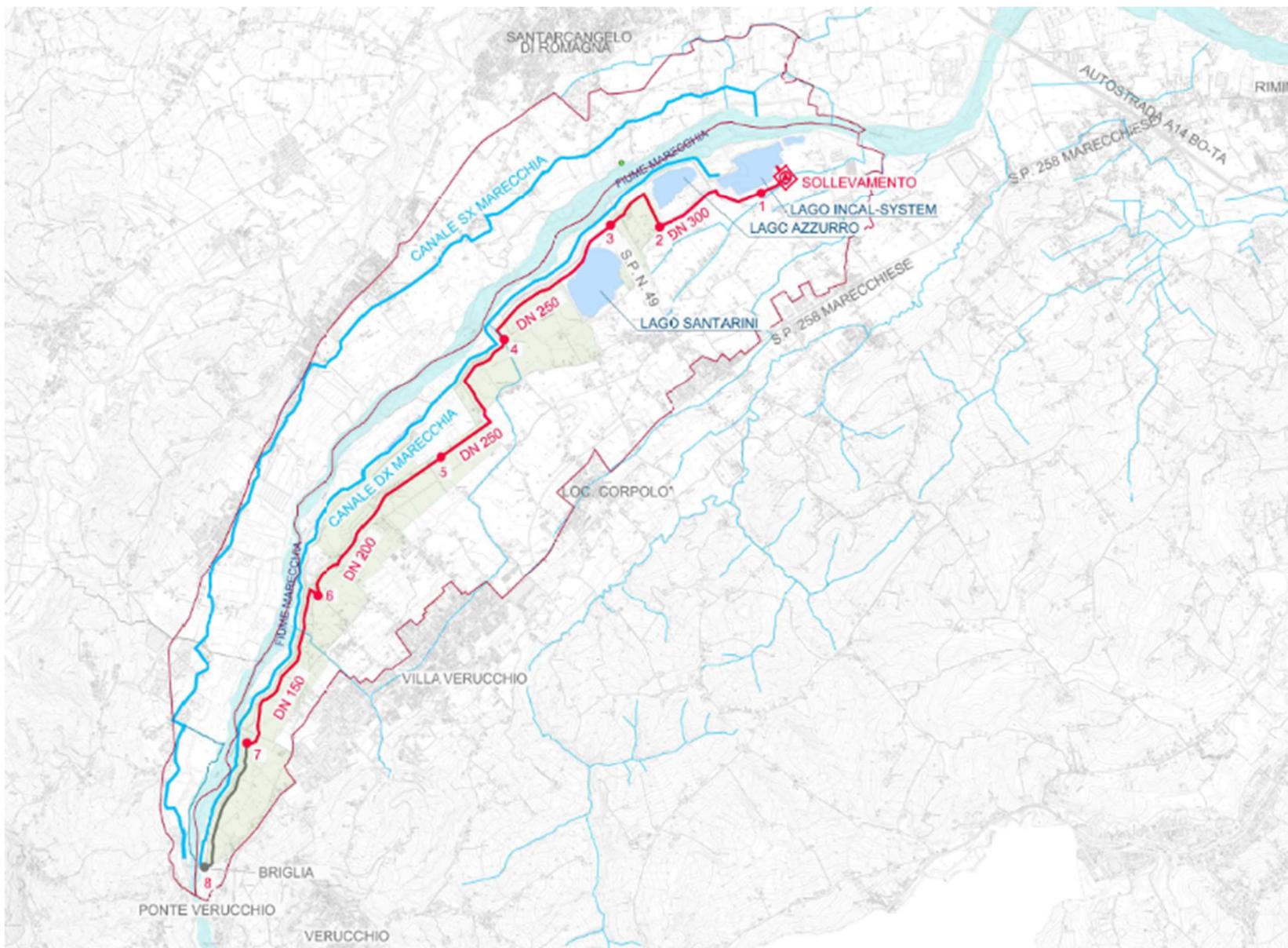


Figura 16: Rappresentazione schematica soluzione A

## 5.2 Soluzione B

Per la soluzione B è stato valutato in primo luogo l'effetto dell'impermeabilizzazione di due dei quattro laghi, proposta in deroga all'articolo 3.2 delle norme di attuazione del PTCP 2007 di Rimini (variante 2012) sulla base delle considerazioni riportate al paragrafo 4.7. L'impermeabilizzazione riguarda in particolare le sponde del lago Santarini e il fondo e le sponde del lago Azzurro, e ne è prevista la realizzazione con metodi ambientalmente compatibili, ad esempio utilizzando argilla e/o argilla bentonitica, ipotizzando di poter ridurre l'infiltrazione del 90%, cioè considerando in termini di abbassamento del livello per infiltrazione un valore pari ad 1/10 di quello attuale.

I risultati sono riportati in Tabella 25 e in Figura 17.

In questo caso si evince che, in assenza di prelievi irrigui dai laghi, a metà ottobre il lago Santarini e Azzurro hanno un volume utile rimanente rispettivamente pari a 723.000 m<sup>3</sup> e 702.000 m<sup>3</sup>, che corrispondono al 74% e 87% della capacità utile totale, arrivando, insieme anche agli altri due laghi, a coprire una disponibilità idrica complessiva a metà ottobre di 1.586.000 m<sup>3</sup>.

Tuttavia, dato il modesto contributo fornito dai laghi In.Cal System e In.Cal System minore, e considerando la maggior valenza ambientale e paesaggistica di questi due laghi, in questa soluzione di progetto sono stati esclusi dalla funzione di stoccaggio di volume lasciandoli completamente dedicati alle finalità ecologiche e di ricarica della falda che attualmente svolgono.

In tale ipotesi la disponibilità idrica complessiva è pertanto di **1,42 milioni di m<sup>3</sup>**.

Con tale disponibilità, in riferimento al fabbisogno irriguo colturale calcolato nel Paragrafo 3.2, si può affermare che il fabbisogno dell'areale in destra attualmente irrigato (1,4 milioni di m<sup>3</sup>) viene interamente soddisfatto.

| Intervallo mese | Variazione verificatasi nel periodo (m) |              |                                  |  | Quota lago a inizio periodo (m slm) |         |               |                      | Volume utile disponibile a inizio periodo (1000 m <sup>3</sup> ) |         |               |                      |
|-----------------|---|--------------|----------------------------------|--|-------------------------------------|---------|---------------|----------------------|--|---------|---------------|----------------------|
|                 | Precip.                                 | Evap.        | Infiltr. laghi impermeabilizzati | Abbassamento quota pelo libero laghi impermeabilizzati | Santarini                           | Azzurro | In.Cal System | In.Cal System minore | Santarini  | Azzurro | In.Cal System | In.Cal System minore |
| 3,5* - 4        | 0,03                                    | -0,04        | -0,01                            | -0,02  | 43,46                               | 35,96   | 32,60         | 28,50                | 976  | 807     | 1.016         | 52                   |
| 4 - 5           | 0,07                                    | -0,10        | -0,02                            | -0,05  | 43,48                               | 35,98   | 32,49         | 28,39                | 971  | 805     | 996           | 50                   |
| 5 - 6           | 0,07                                    | -0,13        | -0,03                            | -0,09  | 43,43                               | 35,93   | 32,26         | 28,16                | 959  | 799     | 954           | 46                   |
| 6 - 7           | 0,06                                    | -0,16        | -0,03                            | -0,13  | 43,34                               | 35,84   | 31,94         | 27,84                | 936  | 790     | 897           | 41                   |
| 7 - 8           | 0,04                                    | -0,19        | -0,05                            | -0,20  | 43,22                               | 35,72   | 31,59         | 27,49                | 903  | 776     | 832           | 36                   |
| 8 - 9           | 0,05                                    | -0,19        | -0,09                            | -0,22  | 43,02                               | 35,52   | 30,89         | 26,79                | 850  | 754     | 706           | 25                   |
| 9 - 10          | 0,09                                    | -0,14        | -0,14                            | -0,19  | 42,79                               | 35,29   | 29,90         | 25,80                | 793  | 731     | 526           | 11                   |
| 10 - 10,5*      | 0,05                                    | -0,06        | -0,07                            | -0,08  | 42,60                               | 35,10   | 28,46         | 25,00                | 743  | 710     | 276           | 0                    |
| <b>TOTALE</b>   | <b>0,46</b>                             | <b>-1,00</b> | <b>-0,43</b>                     | <b>-0,98</b>   | 42,52                               | 35,02   | 27,76         | 25,00                | 723  | 702     | 161           | 0                    |
| Contributo %    | 24%                                     | 53%          | 23%                              |  |                                     |         |               |                      | <b>Fine periodo = 1.586.000 m<sup>3</sup></b>                    |         |               |                      |

Note: \* metà mese

Tabella 26: Variazione della quota del pelo libero dei laghi e contributi parziali delle precipitazioni, evaporazione e infiltrazione, operanti durante il mese, quota del pelo libero dei laghi e volumi utili disponibili a inizio mese, nel caso di assenza di prelievi di acqua dai laghi a fini irrigui e impermeabilizzazione del lago Santarini e Azzurro.

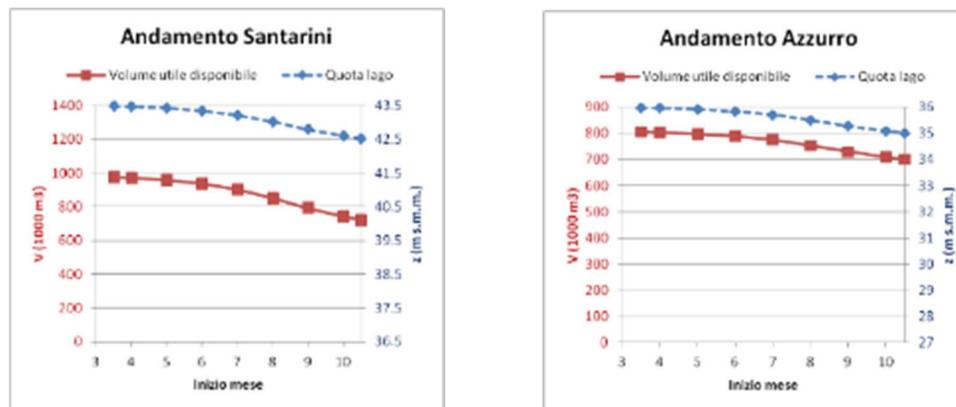


Figura 17: Andamento del volume utile disponibile e della quota dei laghi Santarini, Azzurro, in funzione dei mesi d'interesse, nel caso di assenza di prelievi di acqua dai laghi a fini irrigui e impermeabilizzazione del lago Santarini e Azzurro.

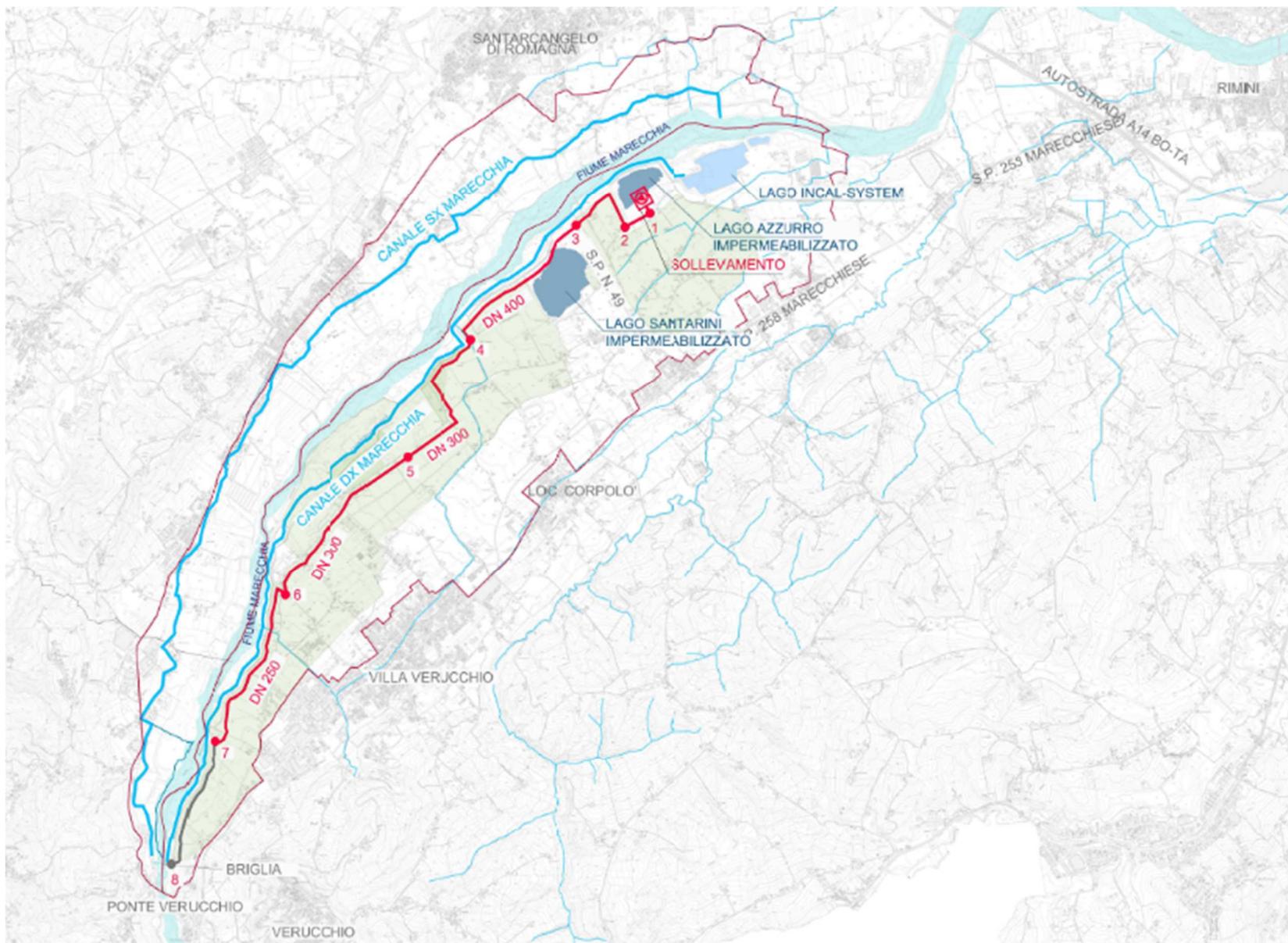


Figura 18: Rappresentazione schematica soluzione B

### 5.3 Soluzione C

Alla luce di quanto illustrato ai paragrafi precedenti, per consentire di irrigare l'intero areale dominato risulta necessario prevedere ulteriori apporti idrici oltre a quelli finora considerati.

Nella soluzione C, oltre all'impermeabilizzazione dei laghi Santarini e Azzurro (proposta in deroga all'articolo 3.2 delle norme di attuazione del PTCP 2007 di Rimini, variante 2012, sulla base delle considerazioni riportate ai paragrafi precedenti) e il non utilizzo dei laghi In. Cal System e In. Cal System minore, al pari della soluzione B, è stato considerato un reintegro della volumetria idrica disponibile con l'acqua in uscita dal depuratore di Santa Giustina, permettendo in questo modo l'integrazione del presente progetto con il progetto europeo LIFE denominato "WAVE".

Il progetto LIFE "WAVE" prevede in dettaglio di riutilizzare le acque in uscita dal depuratore di Santa Giustina (RN) per irrigare gli areali potenzialmente irrigabili presenti in sinistra idraulica (Figura 20), per un totale di circa 410 ettari e per un'estensione lineare di 12 km a monte del depuratore stesso, lungo il fiume Marecchia. In particolare sono coinvolte nel progetto sei aree di invaso (laghetti) con superficie complessivamente pari a 36 ettari circa, di cui alcuni attualmente già esistenti, altri da adeguare o da predisporre. La funzione dei laghetti è quella di stoccaggio dell'acqua che verrà pompata dal depuratore per mezzo di una condotta in pressione; a partire dai laghi l'acqua è poi distribuita agli appezzamenti di terreno da irrigare tramite il canale dei Mulini (fosso Viserba). Per tale progetto è previsto l'utilizzo di n. 2 stazioni di pompaggio, la prima presso il depuratore, composta da due pompe in parallelo e una pompa di riserva, con portata complessiva di circa 590 m<sup>3</sup>/h, la seconda posta a circa metà della linea in pressione, composta da due pompe, di cui una di riserva, della portata complessiva di 308 m<sup>3</sup>/h.

Il totale di acqua invasabile nei sei laghi è stato stimato complessivamente pari a 1,55 milioni di m<sup>3</sup>.

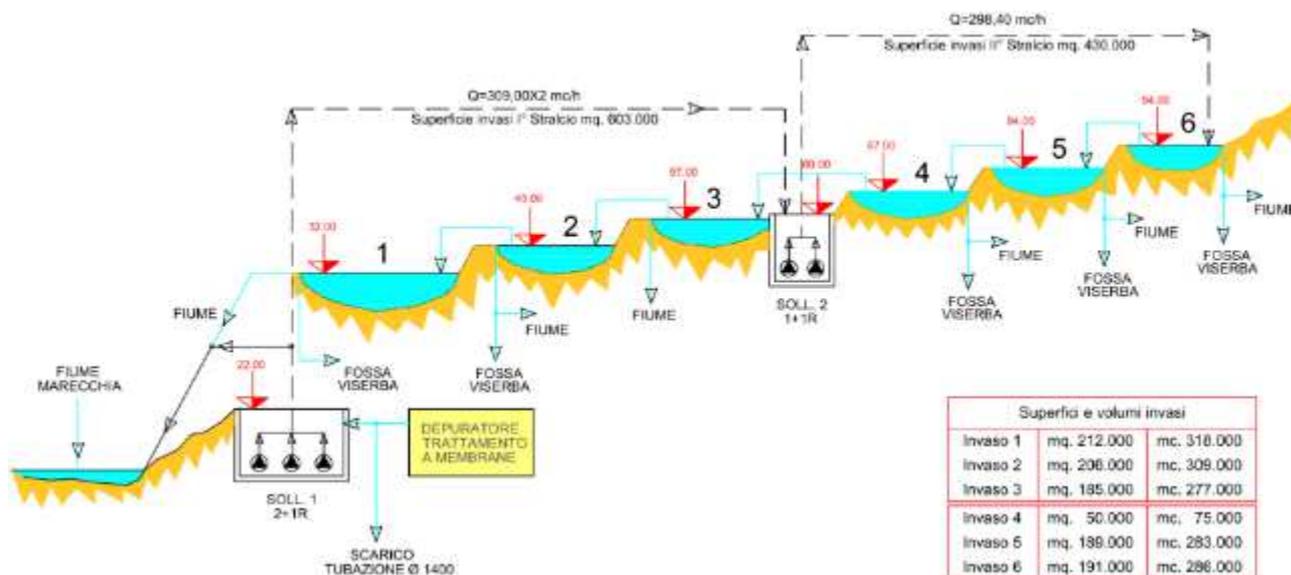


Figura 19: schema relativo al progetto LIFE "WAVE" dell'impianto di accumulo e distribuzione dell'acqua verso i sei laghi e verso il fiume Marecchia e la fossa Viserba (canale dei Mulini), a partire dai due sollevamenti SOLL.1 (depuratore) e SOLL.2 (metà linea)

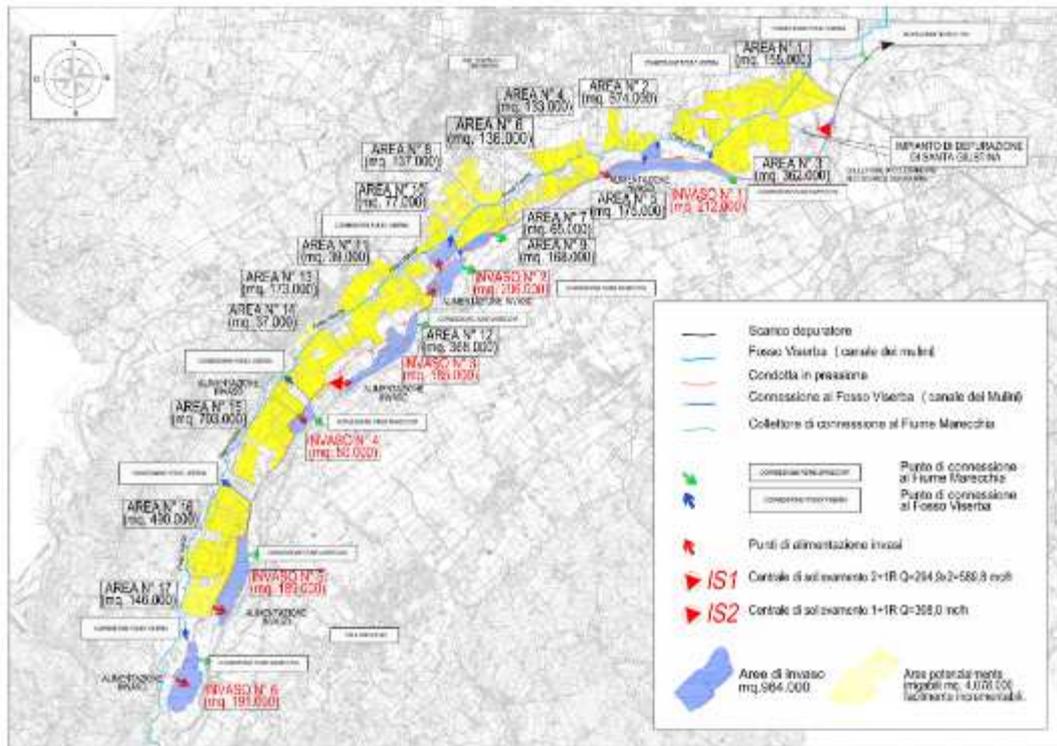


Figura 20: Planimetria del progetto LIFE “WAVE” dello schema dell'impianto di pompaggio e distribuzione dell'acqua nell'areale sinistro irrigabile del fiume Marecchia

Vista la notevole disponibilità residua di acque in uscita dal depuratore, nella presente soluzione progettuale è stato ipotizzato di utilizzare una quota parte di queste acque per integrare la risorsa disponibile nei laghi ex-cava posti in destra del fiume Marecchia, con lo scopo di coprire l'intero fabbisogno dell'areale potenzialmente irrigabile in destra e in sinistra<sup>[1]</sup> idraulica. In questo modo si andranno ad integrare i due sistemi di approvvigionamento e distribuzione, garantendo, per entrambi gli areali, sia i quantitativi che la qualità costante e controllata della risorsa idrica, grazie alla possibilità di miscelare nella rete distributiva le acque superficiali da lago con quelle depurate.

Pertanto, in questa ipotesi progettuale si prevede di derivare dalla rete di pompaggio delle acque in uscita dal depuratore una portata pari indicativamente a 450 l/s, da collettare direttamente all'interno della vasca del sollevamento di progetto in prossimità del lago Azzurro.

In questo caso infatti il totale del volume necessario pari a circa 6 milioni di m<sup>3</sup> sarebbe soddisfatto per il 24% circa dal volume accumulato nei laghi (1,42 milioni di m<sup>3</sup>) e per il restante 76% dal volume derivato dal depuratore di Santa Giustina.

Per fare questo sarà necessario sovradimensionare rispetto alle previsioni originarie l'impianto di sollevamento del progetto LIFE ubicato presso il depuratore (denominato Soll1), e realizzare una condotta premente di collegamento con il sollevamento previsto nel presente progetto, da posare in attraversamento del fiume Marecchia fruttando l'esistente ponte sulla S.P. 49 Traversale Marecchia. Si evidenzia che gli oneri di adeguamento dell'impianto di sollevamento e della condotta premente, fino al punto di allacciamento con la linea in attraversamento del Marecchia lungo la SP 49, non sono stati considerati nelle stime economiche di cui al successivo paragrafo 7 ma andranno considerati all'interno del quadro economico del progetto LIFE.

<sup>1</sup> In sinistra tramite il nodo 8, traversa di ponte Verucchio

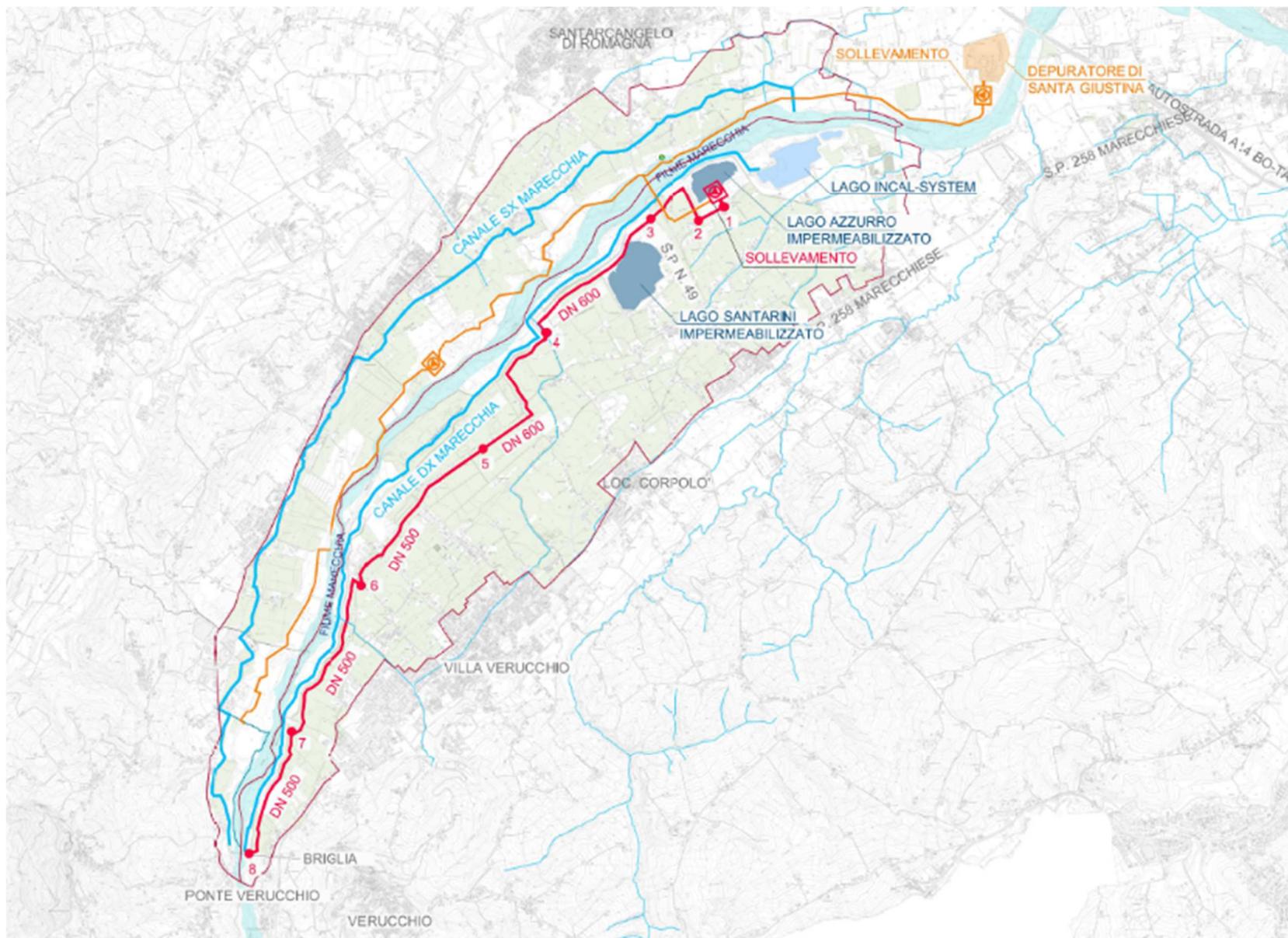


Figura 21: Rappresentazione schematica soluzione C

## 5.4 Soluzione D

La soluzione D rappresenta sostanzialmente un adattamento della soluzione C, al fine di contenere in costo delle opere all'interno dell'importo di finanziamento disponibile, una volta verificato in fase di calcolo sommario della spesa (di cui si dirà nel Paragrafo 8), che la soluzione C risulta di difficile sostenibilità economica.

Pertanto nella soluzione D, oltre all'impermeabilizzazione dei laghi Santarini e Azzurro (proposta in deroga all'articolo 3.2 delle norme di attuazione del PTCP 2007 di Rimini, variante 2012, sulla base delle considerazioni riportate ai paragrafi precedenti), il non utilizzo dei laghi In.Cal System e In.Cal System minore e il reintegro di acqua in uscita dal depuratore di Santa Giustina, al pari della soluzione C, sono state introdotte le seguenti ipotesi atte a contenere il costo complessivo dell'intervento:

- la realizzazione della condotta premente in sponda destra fino al nodo 7 rinunciando a servire l'areale in sinistra dalla Traversa di Ponte Verucchio;
- la predisposizione dell'alimentazione di due primi distretti irrigui in sinistra Marecchia attraverso una specifica condotta in attraversamento del fiume da posare lungo il ponte della S.P. 49 Traversale Marecchia;
- riduzione della portata da derivare dalla rete di pompaggio dal depuratore a circa 320 l/s.

Anche in questo caso sarà comunque necessario sovradimensionare l'impianto di sollevamento dal depuratore rispetto alle previsioni del progetto LIFE e realizzare una condotta di collegamento con il sollevamento di progetto, da posare in attraversamento del fiume Marecchia fruttando l'esistente ponte sulla S.P. 49 Traversale Marecchia.

Il totale del volume necessario pari a circa 4,6 milioni di m<sup>3</sup> sarebbe soddisfatto per il 30% circa dal volume accumulato nei laghi (1,42 milioni di m<sup>3</sup>) e per il restante 70% dal volume derivato dal depuratore di Santa Giustina.

Il vantaggio di questa soluzione è quello che anche gli areali in sinistra idraulica potranno usufruire di un'acqua miscelata tra le due fonti di approvvigionamento disponibili (uscita depuratore e laghi).

Anche in questo caso, come per la soluzione C, gli oneri di adeguamento dell'impianto di sollevamento e della condotta premente, fino al punto di allacciamento con la linea in attraversamento del Marecchia lungo la SP 49, non sono stati considerati nelle stime economiche di cui al successivo paragrafo 7 ma andranno considerati all'interno del quadro economico del progetto LIFE

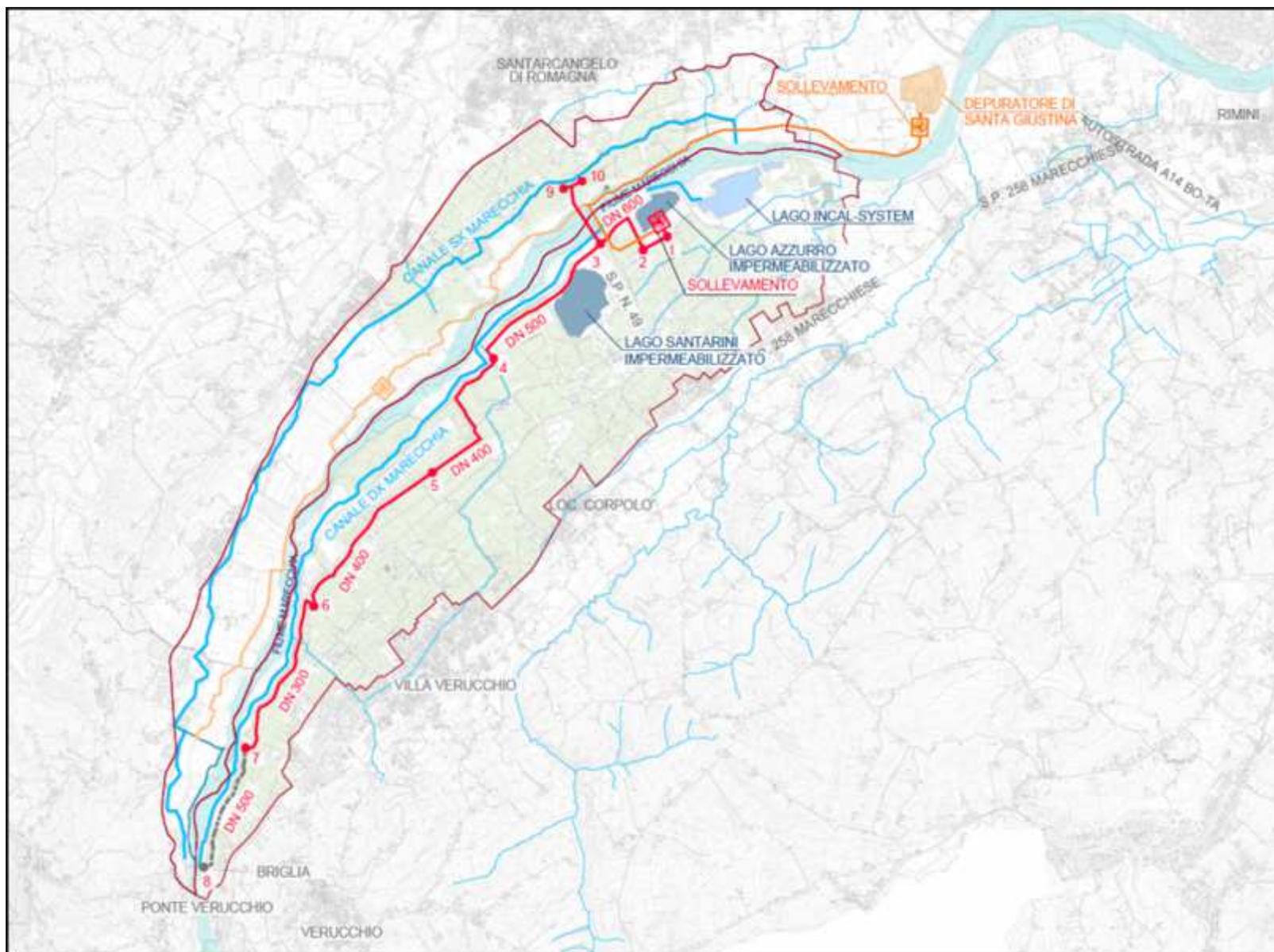


Figura 22: Rappresentazione schematica soluzione D

## 6 Dimensionamento di massima della rete di distribuzione irrigua primaria

Per un dimensionamento di massima della sola rete di distribuzione primaria (non considerando le reti secondarie di distribuzione ai distretti irrigui) nelle quattro soluzioni di progetto si è proceduto innanzitutto alla definizione delle portate in base alle considerazioni fatte sui bacini irrigabili.

Pertanto sono state innanzi tutto definite le portate totali da fornire nelle quattro soluzioni, successivamente si è provveduto a definire i possibili distretti irrigui con i relativi nodi di collegamento alla linea di alimentazione primaria, si sono quindi definite le portate di progetto ai vari nodi secondo un principio di proporzionalità tra l'areale servito del nodo e quello complessivamente servito.

Solo nel caso della soluzione C si è considerato di assegnare al nodo 8, in corrispondenza della Traversa di Ponte Verucchio, l'intera portata del bacino dominato in sinistra idraulica.

Le portate ottenute sono riportate nella tabella seguente.

| Nodo            | Superficie<br>(ettari) | Portata (l/s) |             |             |             |
|-----------------|------------------------|---------------|-------------|-------------|-------------|
|                 |                        | soluzione A   | soluzione B | soluzione C | Soluzione D |
| 1               | 78                     | 4             | 6           | 29          | 29          |
| 2               | 169                    | 9             | 14          | 63          | 63          |
| 3               | 95                     | 5             | 8           | 36          | 36          |
| 4               | 146                    | 8             | 12          | 55          | 55          |
| 5               | 231                    | 12            | 19          | 87          | 87          |
| 6               | 116                    | 6             | 9           | 43          | 43          |
| 7               | 81                     | 4             | 6           | 30          | 30          |
| <b>Tot dx</b>   | 916                    | <b>47</b>     | <b>73.5</b> | <b>344</b>  | <b>344</b>  |
| 8               |                        |               |             | 256         |             |
| 9               | 151                    |               |             |             | 95          |
| 10              | 103                    |               |             |             | 65          |
| <b>altri sx</b> | 154                    |               |             |             |             |
| <b>Tot sx</b>   | 408                    |               |             | <b>256</b>  | <b>159</b>  |
| <b>Q totale</b> |                        | <b>47</b>     | <b>73.5</b> | <b>600</b>  | <b>503</b>  |

Tabella 27: Portate ai nodi della condotta premente

Successivamente, tramite l'utilizzo del software di simulazione idraulica di reti in pressione EPANET, si sono definiti i vari diametri nelle diverse soluzioni e le caratteristiche del sistema di pompaggio.

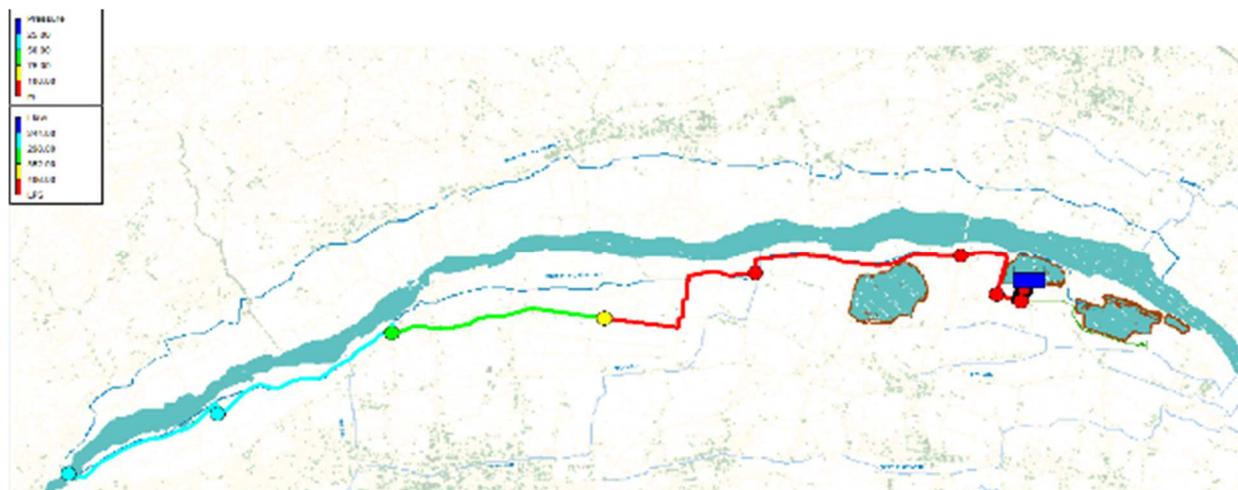


Figura 23: Rappresentazione della rete di progetto - Schermata software EPANET

I diametri derivanti da questo dimensionamento di massima, sotto riportati, sono poi stati utilizzati ai fini della stima sommaria dei costi di cui al paragrafo successivo.

| tratto        | SOLUZIONE A   |         | SOLUZIONE B   |         | SOLUZIONE C   |         | SOLUZIONE D   |         |
|---------------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|
|               | Lunghezza (m) | DN (mm) |
| <b>Soll-1</b> | 310           | 300     | 50            | 400     | 50            | 800     | 50            | 800     |
| <b>1-2</b>    | 1120          | 300     | 100           | 400     | 100           | 800     | 100           | 800     |
| <b>2-3</b>    | 750           | 250     | 750           | 400     | 750           | 800     | 750           | 800     |
| <b>3-4</b>    | 1880          | 250     | 1880          | 400     | 1880          | 600     | 1880          | 500     |
| <b>4-5</b>    | 1700          | 250     | 1700          | 300     | 1700          | 600     | 1700          | 400     |
| <b>5-6</b>    | 1830          | 200     | 1830          | 250     | 1830          | 500     | 1830          | 300     |
| <b>6-7</b>    | 1860          | 150     | 1860          | 150     | 1860          | 500     | 1860          | 250     |
| <b>7-8</b>    | -             | -       | -             | -       | 1580          | 500     | -             | -       |
| <b>3-9-10</b> | -             | -       | -             | -       | -             | -       | 640           | 400     |

Tabella 28: Lunghezze e diametri nominali dei tratti di tubazione

Si tratta naturalmente di dimensionamenti di massima che devono trovare un loro affinamento nei calcoli delle successive fasi progettuali.

## 7 Impianto di sollevamento

Nella soluzione di progetto D la realizzazione dell'impianto di sollevamento è prevista in adiacenza al lago Azzurro, in corrispondenza dell'area occupata attualmente dai ruderi del vecchio frantoio.

L'area occupata dall'impianto avrà un'estensione pari a circa 1.260 m<sup>2</sup> e sarà delimitata con recinzione di rete metallica e schermata con alberature e siepi per limitarne l'impatto visivo.

L'accesso all'area è previsto dalla via Savina, in corrispondenza del vecchio accesso del sito estrattivo.

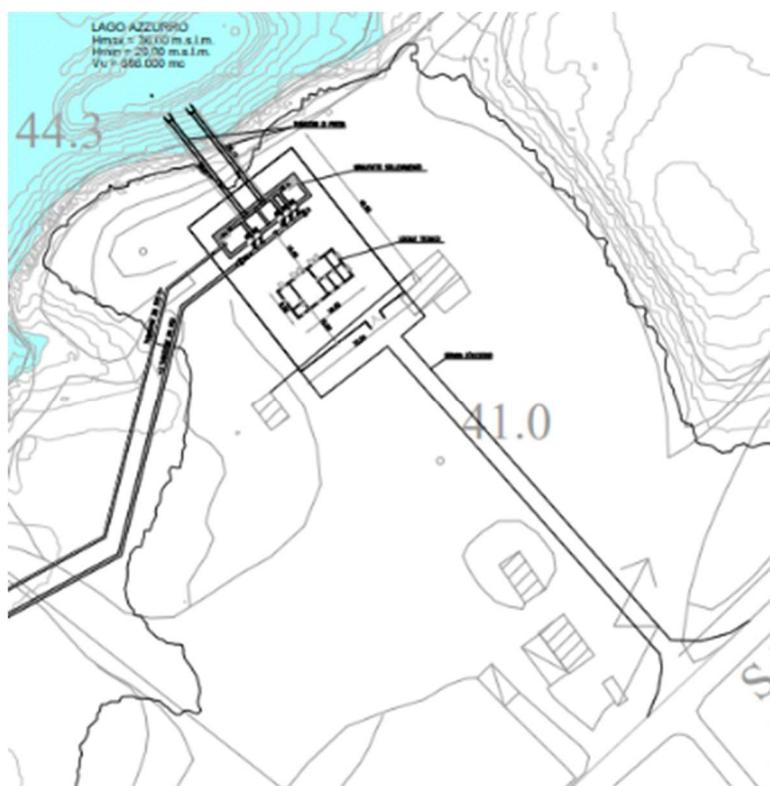


Figura 24: Planimetria area impianto

L'impianto sarà costituito da due camere distinte, eventualmente collegabili tra loro. Una delle due camere sarà dedicata al pompaggio dell'acqua dei laghi, mentre l'altra sarà dedicata al pompaggio delle acque di riutilizzo del depuratore di Santa Giustina, provenienti dalla rete in sinistra idraulica del Marecchia.

In questo modo si avrà massima flessibilità nell'utilizzo esclusivo o promiscuo delle due risorse idriche, prevedendone l'eventuale miscelazione direttamente in rete secondo proporzioni tra le portate immesse controllabili e modificabili in tempo reale a seconda delle esigenze dell'utenza e della disponibilità della risorsa stessa.

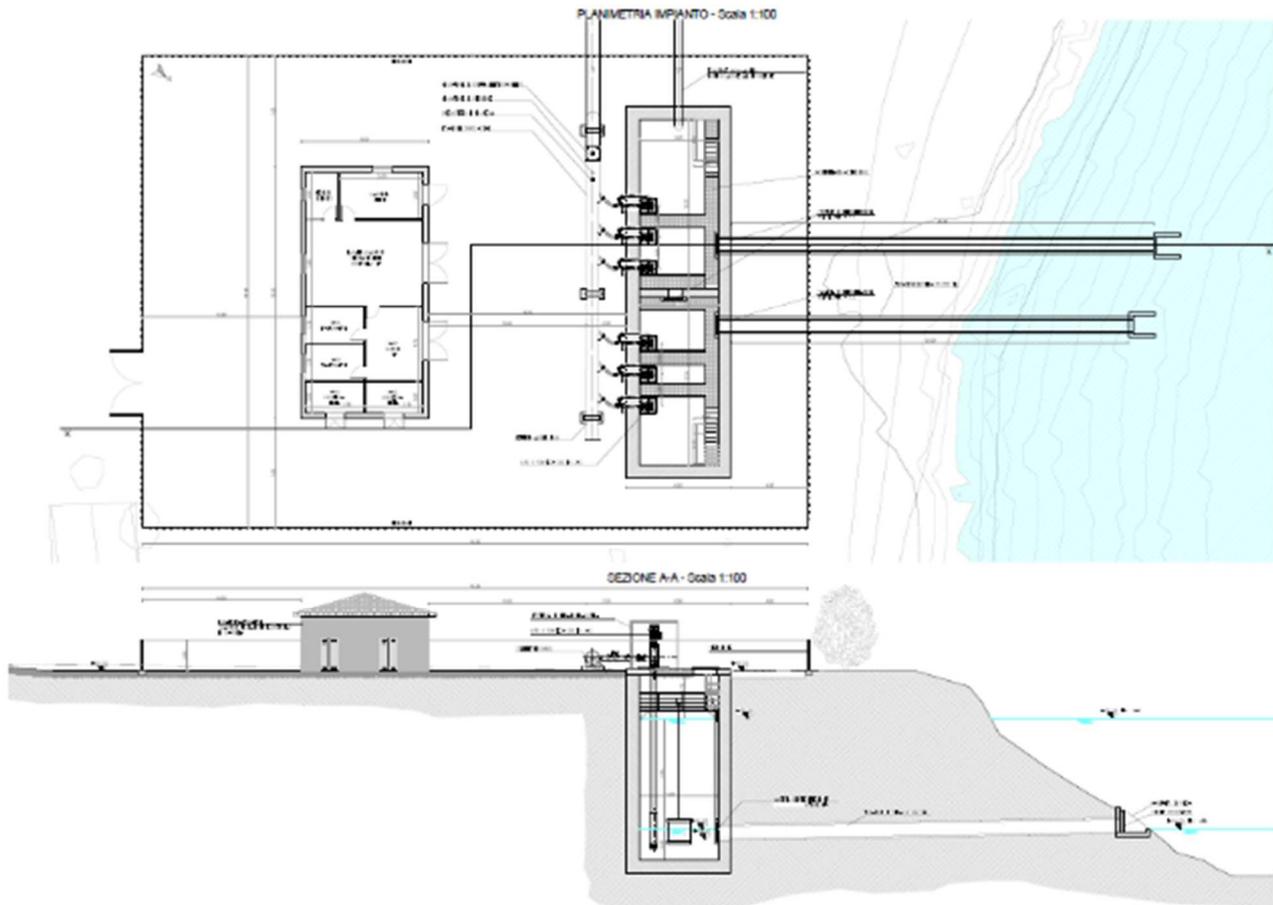


Figura 25: Pianta e sezione dell'impianto di sollevamento

Le vasche di accumulo per il pompaggio saranno collegate entrambe al lago da due tubazioni di derivazione DN 800 intercettate da altrettante paratoie motorizzate che consentiranno di utilizzare all'occorrenza entrambe le camere per il pompaggio dell'acqua del lago e consentire in questo modo le operazioni periodiche di manutenzione e pulizia delle vasche.

Le pompe e il collettore, con relative strumentazioni di misura di pressione e portata, saranno poste esternamente in adiacenza alla vasca di accumulo.

All'interno dell'area vi sarà poi il locale tecnico e di guardiania che ospiterà i quadri elettrici, i trasformatori, ufficio e servizi igienici, ecc.

Tutto il sistema sarà completamente automatizzato e telecontrollato a distanza con possibilità di intervenire in remoto nel comando e nella gestione compressiva dell'impianto.

## 8 Stima sommaria dei costi

La stima dei costi è stata eseguita su base parametrica tramite il calcolo di costi unitari e lo sviluppo delle quantità ipotizzabili per le diverse soluzioni di progetto.

Le somme riportate nelle tabelle che seguono sono relative alle sole opere di progetto e pertanto, per poter calcolare l'intero importo dell'intervento sarà necessario aggiungere le relative somme a disposizione della Stazione Appaltante. Tale valutazione complessiva è stata effettuata per la sola soluzione D, in quanto ritenuta la migliore sia in termini costi benefici che in considerazione delle risorse economiche disponibili.

Si evidenzia infine che per tutte le soluzioni di progetto sono state assunte le seguenti ipotesi:

- realizzazione della condotta premente ove possibile lungo l'area demaniale posta in fregio al Fiume Marecchia, parallelamente al percorso storico naturalistico ovvero sul sedime del percorso stesso in presenza di vincoli di vario genere. Ove tale soluzione non era perseguibile, per l'eccessiva vicinanza del percorso all'alveo inciso del fiume, ovvero per la presenza di vincoli esterni (quali l'area del golf), la condotta è stata prevista lungo viabilità secondarie di tipo vicinale o comunale;
- utilizzo di condotte in ghisa sferoidale rivestite internamente di calcestruzzo applicato per centrifugazione;
- acquisizione delle aree relative ai laghi Santarini e Azzurro e all'impianto di sollevamento in base a quanto riportato nel piano particellare di esproprio;

## 8.1 Soluzione A

|           | Descrizione   | U.M.     | Q               | Prezzo    | Importo             |
|-----------|---|----------|-----------------|-----------|---------------------|
| <b>1</b>  | <b>Fornitura e posa di condotta idrica - terreno agricolo</b> |          |                 |           |                     |
|           | <i>tratto Soll-1</i>  | <i>m</i> | <i>210,00</i>   | 230,00    | 48.300,00           |
|           | <i>tratto 1-2</i>   | <i>m</i> | <i>1.190,00</i> | 230,00    | 273.700,00          |
|           | <i>tratto 2-3</i>   | <i>m</i> | <i>840,00</i>   | 200,00    | 168.000,00          |
|           | <i>tratto 3-4</i>   | <i>m</i> | <i>2.170,00</i> | 200,00    | 434.000,00          |
|           | <i>tratto 4-5</i>   | <i>m</i> | <i>1.190,00</i> | 200,00    | 238.000,00          |
|           | <i>tratto 5-6</i>   | <i>m</i> | <i>1.930,00</i> | 170,00    | 328.100,00          |
|           | <i>tratto 6-7</i>   | <i>m</i> | <i>1.870,00</i> | 140,00    | 261.800,00          |
|           | <i>tratto 7-8</i>   | <i>m</i> | <i>1.370,00</i> |           | 0,00                |
|           |   |          |                 |           | <b>1.703.600,00</b> |
| <b>2a</b> | <b>Maggiorazione per posa in strada sterrata</b>              |          |                 |           |                     |
|           | <i>tratto 3-4</i>   | <i>m</i> | <i>2.170,00</i> | 50,00     | 108.500,00          |
|           | <i>tratto 6-7</i>   | <i>m</i> | <i>1.870,00</i> | 40,00     | 74.800,00           |
|           |   |          |                 |           | <b>183.300,00</b>   |
| <b>2b</b> | <b>Maggiorazione per posa in strada asfaltata</b>             |          |                 |           |                     |
|           | <i>tratto 4-5</i>   | <i>m</i> | <i>1.190,00</i> | 200,00    | 238.000,00          |
|           | <i>tratto 5-6</i>   | <i>m</i> | <i>1.930,00</i> | 180,00    | 347.400,00          |
|           |   |          |                 |           | <b>585.400,00</b>   |
| <b>3</b>  | <b>Realizzazione di attraversamento con spingitubo</b>        |          |                 |           |                     |
|           | <i>Lago Incal-Lago Azzurro</i>                                | <i>m</i> | <i>370,00</i>   |           |                     |
|           | <i>Lago Azzurro-Lago Santarini</i>                            | <i>m</i> | <i>680,00</i>   |           |                     |
|           | <i>SP 49</i>  | <i>m</i> | <i>40,00</i>    |           |                     |
|           |   |          | 1.090,00        | 2.350,00  | 2.561.500,00        |
| <b>4</b>  | <b>Attraversamenti di fossi e canali</b>                      |          |                 |           |                     |
|           |   | <i>n</i> | <i>11,00</i>    |           |                     |
|           |   |          | 11,00           | 5.060,00  | 55.660,00           |
| <b>5</b>  | <b>Pozzetto di sfiato</b>                                     |          |                 |           |                     |
|           |   | <i>n</i> | <i>11,00</i>    |           |                     |
|           |   |          | 11,00           | 4.570,00  | 50.270,00           |
| <b>6</b>  | <b>Pozzetto di scarico</b>                                    |          |                 |           |                     |
|           |   | <i>n</i> | <i>11,00</i>    |           |                     |
|           |   |          | 11,00           | 9.000,00  | 99.000,00           |
| <b>7</b>  | <b>Pozzetto di derivazione tipo</b>                           |          |                 |           |                     |
|           |   | <i>n</i> | <i>7,00</i>     |           |                     |
|           |   |          | 7,00            | 34.360,00 | 240.520,00          |
| <b>8</b>  | <b>Altri pozzetti di linea</b>                                |          |                 |           |                     |
|           |   | <i>n</i> | <i>7,00</i>     | 4.000,00  | 28.000,00           |

|  |           |             |             |                     |
|--|-----------|-------------|-------------|---------------------|
| <b>TOTALE LAVORI TUBAZIONE IDRICA</b>    |           |             | <b>€</b>    | <b>5.507.250,00</b> |
| <b>9 IMPERMEABILIZZAZIONE LAGHI</b>      |           |             |             |                     |
| <i>Lago Azzurro</i>                      | <i>mq</i> | <i>0,00</i> |             |                     |
| <i>Lago Santarini</i>                    | <i>mq</i> | <i>0,00</i> |             |                     |
|  |           | <i>0,00</i> | <i>7,55</i> | <i>0,00</i>         |
| <b>TOTALE IMPERMEABILIZZAZIONE LAGHI</b> |           |             | <b>€</b>    | <b>0,00</b>         |
| <b>9 IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO</b>        |           |             |             |                     |
| <i>Opere civili</i>                      |           |             |             | <i>1.389.885,23</i> |
| <i>Opere elettromeccaniche</i>           |           |             |             | <i>150.000,00</i>   |
|  |           |             |             | <i>1.539.885,23</i> |
| <b>TOTALE IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO</b>   |           |             | <b>€</b>    | <b>1.539.885,23</b> |
| <b>TOTALE COMPLESSIVO</b>                |           |             | <b>€</b>    | <b>7.047.135,23</b> |

Tabella 29: Stima dei costi per la soluzione A

## 8.2 Soluzione B

|           | Descrizione   | U.M.     | Q               | Prezzo    | Importo             |
|-----------|---|----------|-----------------|-----------|---------------------|
| <b>1</b>  | <b>Fornitura e posa di condotta idrica - terreno agricolo</b> |          |                 |           |                     |
|           | <i>tratto Soll-1</i>  | <i>m</i> | <i>180,00</i>   | 290,00    | 52.200,00           |
|           | <i>tratto 1-2</i>   | <i>m</i> | <i>120,00</i>   | 290,00    | 34.800,00           |
|           | <i>tratto 2-3</i>   | <i>m</i> | <i>840,00</i>   | 290,00    | 243.600,00          |
|           | <i>tratto 3-4</i>   | <i>m</i> | <i>2.170,00</i> | 290,00    | 629.300,00          |
|           | <i>tratto 4-5</i>   | <i>m</i> | <i>1.190,00</i> | 230,00    | 273.700,00          |
|           | <i>tratto 5-6</i>   | <i>m</i> | <i>1.930,00</i> | 170,00    | 328.100,00          |
|           | <i>tratto 6-7</i>   | <i>m</i> | <i>1.870,00</i> | 140,00    | 261.800,00          |
|           | <i>tratto 7-8</i>   | <i>m</i> | <i>1.370,00</i> |           | 0,00                |
|           |   |          |                 |           | <b>1.771.300,00</b> |
| <b>2a</b> | <b>Maggiorazione per posa in strada sterrata</b>              |          |                 |           |                     |
|           | <i>tratto 3-4</i>   | <i>m</i> | <i>2.170,00</i> | 50,00     | 108.500,00          |
|           | <i>tratto 6-7</i>   | <i>m</i> | <i>1.870,00</i> | 40,00     | 74.800,00           |
|           |   |          |                 |           | <b>183.300,00</b>   |
| <b>2b</b> | <b>Maggiorazione per posa in strada asfaltata</b>             |          |                 |           |                     |
|           | <i>tratto 4-5</i>   | <i>m</i> | <i>1.190,00</i> | 190,00    | 226.100,00          |
|           | <i>tratto 5-6</i>   | <i>m</i> | <i>1.930,00</i> | 180,00    | 347.400,00          |
|           |   |          |                 |           | <b>573.500,00</b>   |
| <b>4</b>  | <b>Realizzazione di attraversamento con spingitubo</b>        |          |                 |           |                     |
|           | <i>Lago Incal-Lago Azzurro</i>                                | <i>m</i> |                 |           |                     |
|           | <i>Lago Azzurro-Lago Santarini</i>                            | <i>m</i> | <i>680,00</i>   |           |                     |
|           | <i>SP 49</i>  | <i>m</i> | <i>40,00</i>    |           |                     |
|           |   |          | 720,00          | 2.350,00  | 1.692.000,00        |
| <b>5</b>  | <b>Attraversamenti di fossi e canali</b>                      |          |                 |           |                     |
|           |   | <i>n</i> | <i>11,00</i>    |           |                     |
|           |   |          | 11,00           | 5.060,00  | 55.660,00           |
| <b>6</b>  | <b>Pozzetto di sfiato</b>                                     |          |                 |           |                     |
|           |   | <i>n</i> | <i>11,00</i>    |           |                     |
|           |   |          | 11,00           | 4.570,00  | 50.270,00           |
| <b>7</b>  | <b>Pozzetto di scarico</b>                                    |          |                 |           |                     |
|           |   | <i>n</i> | <i>11,00</i>    |           |                     |
|           |   |          | 11,00           | 9.000,00  | 99.000,00           |
| <b>8</b>  | <b>Pozzetto di derivazione tipo</b>                           |          |                 |           |                     |
|           |   | <i>n</i> | <i>7,00</i>     |           |                     |
|           |   |          | 7,00            | 34.360,00 | 240.520,00          |
| <b>10</b> | <b>Altri pozzetti di linea</b>                                |          |                 |           |                     |
|           |   | <i>n</i> | <i>7,00</i>     |           |                     |
|           |   |          | 7,00            | 4.000,00  | 28.000,00           |

|  |           |                   |             |                     |
|--|-----------|-------------------|-------------|---------------------|
| <b>TOTALE LAVORI TUBAZIONE IDRICA</b>    |           |                   | <b>€</b>    | <b>4.693.550,00</b> |
| <b>9 IMPERMEABILIZZAZIONE LAGHI</b>      |           |                   |             |                     |
| <i>Lago Azzurro</i>                      | <i>mq</i> | <i>113.410,00</i> |             |                     |
| <i>Lago Santarini</i>                    | <i>mq</i> | <i>117.000,00</i> |             |                     |
|  |           | <b>230.410,00</b> | <b>7,55</b> | <b>1.739.595,50</b> |
| <b>TOTALE IMPERMEABILIZZAZIONE LAGHI</b> |           |                   | <b>€</b>    | <b>1.739.595,50</b> |
| <b>9 IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO</b>        |           |                   |             |                     |
| <i>Opere civili</i>                      |           |                   |             | <b>1.389.885,23</b> |
| <i>Opere elettromeccaniche</i>           |           |                   |             | <b>250.000,00</b>   |
|  |           |                   |             | <b>1.639.885,23</b> |
| <b>TOTALE IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO</b>   |           |                   | <b>€</b>    | <b>1.639.885,23</b> |
| <b>TOTALE COMPLESSIVO</b>                |           |                   | <b>€</b>    | <b>8.073.030,73</b> |

Tabella 30: Stima dei costi per la soluzione B

## 8.3 Soluzione C

|           | Descrizione   | U.M.     | Q               | Prezzo    | Importo             |
|-----------|---|----------|-----------------|-----------|---------------------|
| <b>1</b>  | <b>Fornitura e posa di condotta idrica - terreno agricolo</b> |          |                 |           |                     |
|           | <i>tratto Soll-1</i>  | <i>m</i> | <i>180,00</i>   | 730,00    | 131.400,00          |
|           | <i>tratto 1-2</i>   | <i>m</i> | <i>120,00</i>   | 730,00    | 87.600,00           |
|           | <i>tratto 2-3</i>   | <i>m</i> | <i>840,00</i>   | 730,00    | 613.200,00          |
|           | <i>tratto 3-4</i>   | <i>m</i> | <i>2.170,00</i> | 490,00    | 1.063.300,00        |
|           | <i>tratto 4-5</i>   | <i>m</i> | <i>1.190,00</i> | 490,00    | 583.100,00          |
|           | <i>tratto 5-6</i>   | <i>m</i> | <i>1.930,00</i> | 390,00    | 752.700,00          |
|           | <i>tratto 6-7</i>   | <i>m</i> | <i>1.870,00</i> | 390,00    | 729.300,00          |
|           | <i>tratto 7-8</i>   | <i>m</i> | <i>1.370,00</i> | 390,00    | 534.300,00          |
|           | <i>derivazione da rete in sx</i>                              | <i>m</i> | <i>1.500,00</i> | 490,00    | 735.000,00          |
|           |   |          |                 |           | <b>4.363.500,00</b> |
| <b>2</b>  | <b>Maggiorazione per posa in strada sterrata</b>              |          |                 |           |                     |
|           | <i>tratto 3-4</i>   | <i>m</i> | <i>1.190,00</i> | 60,00     | 71.400,00           |
|           | <i>tratto 6-7</i>   | <i>m</i> | <i>1.370,00</i> | 70,00     | 95.900,00           |
|           |   |          |                 |           | <b>167.300,00</b>   |
| <b>2a</b> | <b>Maggiorazione per posa in strada asfaltata</b>             |          |                 |           |                     |
|           | <i>tratto 4-5</i>   | <i>m</i> | <i>1.190,00</i> | 270,00    | 321.300,00          |
|           | <i>tratto 5-6</i>   | <i>m</i> | <i>1.930,00</i> | 270,00    | 521.100,00          |
|           |   |          |                 |           | <b>842.400,00</b>   |
| <b>2b</b> | <b>Realizzazione di attraversamento con spingitubo</b>        |          |                 |           |                     |
|           | <i>Lago Incal-Lago Azzurro</i>                                | <i>m</i> |                 |           |                     |
|           | <i>Lago Azzurro-Lago Santarini</i>                            | <i>m</i> | <i>680,00</i>   |           |                     |
|           | <i>SP 49</i>  | <i>m</i> | <i>40,00</i>    |           |                     |
|           |   |          | 720,00          | 2.350,00  | 1.692.000,00        |
| <b>5</b>  | <b>Attraversamenti di fossi e canali</b>                      |          |                 |           |                     |
|           |   | <i>n</i> | <i>13,00</i>    |           |                     |
|           |   |          | 13,00           | 5.060,00  | 65.780,00           |
| <b>6</b>  | <b>Pozzetto di sfiato</b>                                     |          |                 |           |                     |
|           |   | <i>n</i> | <i>13,00</i>    |           |                     |
|           |   |          | 13,00           | 4.570,00  | 59.410,00           |
| <b>7</b>  | <b>Pozzetto di scarico</b>                                    |          |                 |           |                     |
|           |   | <i>n</i> | <i>13,00</i>    |           |                     |
|           |   |          | 13,00           | 9.000,00  | 117.000,00          |
| <b>8</b>  | <b>Pozzetto di derivazione tipo</b>                           |          |                 |           |                     |
|           |   | <i>n</i> | <i>8,00</i>     |           |                     |
|           |   |          | 8,00            | 34.360,00 | 274.880,00          |
| <b>10</b> | <b>Altri pozzetti di linea</b>                                |          |                 |           |                     |
|           |   | <i>n</i> | <i>7,00</i>     | 4.000,00  | 28.000,00           |

|  |           |                   |                          |
|--|-----------|-------------------|--------------------------|
| <b>TOTALE LAVORI TUBAZIONE IDRICA</b>    |           | <b>€</b>          | <b>7.610.270,00</b>      |
| <b>9 IMPERMEABILIZZAZIONE LAGHI</b>      |           |                   |                          |
| <i>Lago Azzurro</i>                      | <i>mq</i> | <i>113.410,00</i> |                          |
| <i>Lago Santarini</i>                    | <i>mq</i> | <i>117.000,00</i> |                          |
|  |           | <b>230.410,00</b> | <b>7,55 1.739.595,50</b> |
| <b>TOTALE IMPERMEABILIZZAZIONE LAGHI</b> |           | <b>€</b>          | <b>1.739.595,50</b>      |
| <b>9 IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO</b>        |           |                   |                          |
| <i>Opere civili</i>                      |           |                   | <b>1.389.885,23</b>      |
| <i>Opere elettromeccaniche</i>           |           |                   | <b>300.000,00</b>        |
|  |           |                   | <b>1.689.885,23</b>      |
| <b>TOTALE IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO</b>   |           | <b>€</b>          | <b>1.689.885,23</b>      |
| <b>TOTALE COMPLESSIVO</b>                |           | <b>€</b>          | <b>11.039.750,73</b>     |

Tabella 31: Stima dei costi per la soluzione C

## 8.4 Soluzione D

|           | Descrizione   | U.M.     | Q               | Prezzo    | Importo             |
|-----------|---|----------|-----------------|-----------|---------------------|
| <b>1</b>  | <b>Fornitura e posa di condotta idrica - terreno agricolo</b> |          |                 |           |                     |
|           | <i>tratto Soll-1</i>  | <i>m</i> | <i>180,00</i>   | 730,00    | 131.400,00          |
|           | <i>tratto 1-2</i>   | <i>m</i> | <i>120,00</i>   | 730,00    | 87.600,00           |
|           | <i>tratto 2-3</i>   | <i>m</i> | <i>840,00</i>   | 730,00    | 613.200,00          |
|           | <i>tratto 3-4</i>   | <i>m</i> | <i>2.170,00</i> | 390,00    | 846.300,00          |
|           | <i>tratto 4-5</i>   | <i>m</i> | <i>1.190,00</i> | 290,00    | 345.100,00          |
|           | <i>tratto 5-6</i>   | <i>m</i> | <i>1.930,00</i> | 230,00    | 443.900,00          |
|           | <i>tratto 6-7</i>   | <i>m</i> | <i>1.870,00</i> | 200,00    | 374.000,00          |
|           | <i>tratto 3-8-9</i>   | <i>m</i> | <i>640,00</i>   | 290,00    | 185.600,00          |
|           | <i>derivazione da rete in sx</i>                              | <i>m</i> | <i>1.500,00</i> | 390,00    | 585.000,00          |
|           |   |          |                 |           | <b>3.027.100,00</b> |
| <b>2a</b> | <b>Maggiorazione per posa in strada sterrata</b>              |          |                 |           |                     |
|           | <i>tratto 3-4</i>   | <i>m</i> | <i>1.190,00</i> | 70,00     | 83.300,00           |
|           | <i>tratto 6-7</i>   | <i>m</i> | <i>640,00</i>   | 50,00     | 32.000,00           |
|           |   |          |                 |           | <b>115.300,00</b>   |
| <b>2b</b> | <b>Maggiorazione per posa in strada asfaltata</b>             |          |                 |           |                     |
|           | <i>tratto 4-5</i>   | <i>m</i> | <i>1.190,00</i> | 220,00    | 261.800,00          |
|           | <i>tratto 5-6</i>   | <i>m</i> | <i>1.930,00</i> | 190,00    | 366.700,00          |
|           |   |          |                 |           | <b>628.500,00</b>   |
| <b>4</b>  | <b>Realizzazione di attraversamento con spingitubo</b>        |          |                 |           |                     |
|           | <i>Lago Incal-Lago Azzurro</i>                                | <i>m</i> |                 |           |                     |
|           | <i>Lago Azzurro-Lago Santarini</i>                            | <i>m</i> | <i>680,00</i>   |           |                     |
|           | <i>SP 49</i>  | <i>m</i> | <i>40,00</i>    |           |                     |
|           |   |          | 720,00          | 2.350,00  | 1.692.000,00        |
| <b>5</b>  | <b>Attraversamenti di fossi e canali</b>                      |          |                 |           |                     |
|           |   | <i>n</i> | <i>11,00</i>    |           |                     |
|           |   |          | 11,00           | 5.060,00  | 55.660,00           |
| <b>6</b>  | <b>Pozzetto di sfiato</b>                                     |          |                 |           |                     |
|           |   | <i>n</i> | <i>11,00</i>    |           |                     |
|           |   |          | 11,00           | 4.570,00  | 50.270,00           |
| <b>7</b>  | <b>Pozzetto di scarico</b>                                    |          |                 |           |                     |
|           |   | <i>n</i> | <i>11,00</i>    |           |                     |
|           |   |          | 11,00           | 9.000,00  | 99.000,00           |
| <b>8</b>  | <b>Pozzetto di derivazione tipo</b>                           |          |                 |           |                     |
|           |   | <i>n</i> | <i>8,00</i>     |           |                     |
|           |   |          | 8,00            | 34.360,00 | 274.880,00          |
| <b>10</b> | <b>Altri pozzetti di linea</b>                                |          |                 |           |                     |
|           |   | <i>n</i> | <i>7,00</i>     | 4.000,00  | 28.000,00           |

|  |           |                   |                          |
|--|-----------|-------------------|--------------------------|
| <b>TOTALE LAVORI TUBAZIONE IDRICA</b>    |           | <b>€</b>          | <b>5.970.710,00</b>      |
| <b>9 IMPERMEABILIZZAZIONE LAGHI</b>      |           |                   |                          |
| <i>Lago Azzurro</i>                      | <i>mq</i> | <i>113.410,00</i> |                          |
| <i>Lago Santarini</i>                    | <i>mq</i> | <i>117.000,00</i> |                          |
|  |           | <b>230.410,00</b> | <b>7,55 1.739.595,50</b> |
| <b>TOTALE IMPERMEABILIZZAZIONE LAGHI</b> |           | <b>€</b>          | <b>1.739.595,50</b>      |
| <b>9 IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO</b>        |           |                   |                          |
| <i>Opere civili</i>                      |           |                   | <b>1.389.885,23</b>      |
| <i>Opere elettromeccaniche</i>           |           |                   | <b>300.000,00</b>        |
|  |           |                   | <b>1.689.885,23</b>      |
| <b>TOTALE IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO</b>   |           | <b>€</b>          | <b>1.689.885,23</b>      |
| <b>TOTALE COMPLESSIVO</b>                |           | <b>€</b>          | <b>9.400.190,73</b>      |

Tabella 32: Stima dei costi per la soluzione D

## 9 Quadro economico

Come anticipato ai paragrafi precedenti, alla luce degli approfondimenti eseguiti e delle stime economiche preliminari riportate al paragrafo precedente, si ritiene che, tra le varie ipotesi analizzate, la soluzione maggiormente sostenibile sia in termini di analisi costi benefici che in considerazione delle risorse economiche disponibili, sia quella denominata "D". Si riporta pertanto il quadro economico di progetto solo per essa.

|  |   |          |                      |
|--|---|----------|----------------------|
| <b>A. Somme in Appalto</b>                           |   |          |                      |
| A.1  | Importo dei lavori a corpo e misura   | €        | 9.400.190,73         |
| A.2  | Per oneri relativi all'attuazione del piano di sicurezza  | €        | 188.003,81           |
| <b>Totale somme in appalto</b>                       |   | <b>€</b> | <b>9.588.194,54</b>  |
| <b>B. Somme a disposizione della Amministrazione</b> |   |          |                      |
| B.1  | Lavori in economia previsti in progetto ed esclusi dall'appalto   | €        | 604.056,26           |
| B.2  | Rilievi, accertamenti e indagini preliminari comprese le eventuali prove di laboratorio per materiali, di cui all'articolo 16, comma 1, lettera b), punto 11  | €        | 40.000,00            |
| B.3  | Allacciamento ai pubblici servizi   | €        | 20.000,00            |
| B.4  | Maggiori lavori imprevisi;  | €        | 156.452,99           |
| B.5  | Acquisizione area o immobili, servitù ed occupazioni  | €        | 1.254.311,00         |
| B.7  | Spese generali di cui all'art. 90 comma 5 e art.92 comma 7-bis del codice, spese tecniche relative alla progettazione, alle necessarie attività preliminari, al coordinamento della sicurezza in fase di progettazione, alle conferenze di servizi, alla direzione lavori e al coordinamento della sicurezza in fase di esecuzione, all'assistenza giornaliera e contabilità, l'importo relativo all'incentivo di cui all'art. 92 comma 5 del codice nella misura corrispondente alle prestazioni che dovranno essere svolte dal personale dipendente. Le opere suddette comprendono inoltre:<br>Spese per attività tecnico-amministrative di supporto al responsabile del procedimento e di verifica e validazione<br>Spese per commissioni giudicatrici<br>Spese per collaudi | €        | 1.034.870,38         |
| B.11   | Spese per pubblicità e, ove previsto, per opere artistiche  | €        | 10.000,00            |
| B.12   | I.V.A. ed eventuali altre imposte x 22%   | €        | 2.292.114,83         |
| <b>Totale somme a disposizione</b>                   |   | <b>€</b> | <b>5.411.805,46</b>  |
| <b>Totale generale A+B+C</b>                         |   | <b>€</b> | <b>15.000.000,00</b> |
| <b>C - Arrotondamento</b>                            |   | <b>€</b> | <b>0,00</b>          |
| <b>Totale importo delle opere A + B + C</b>          |   | <b>€</b> | <b>15.000.000,00</b> |

## 10 Individuazione di possibili lotti funzionali

Il presente progetto è all'occorrenza divisibile in lotti funzionali. Essi, con riferimento alla soluzione D che garantisce il minore rapporto costi/benefici, possono essere suddivisi indicativamente nel modo seguente:

- LOTTO 1: Realizzazione di impianto di sollevamento e condotta premente in destra Marecchia, ottenendo di fatto uno scenario simile a quello della soluzione A;
- LOTTO 2: Impermeabilizzazione dei laghi Santarini ed Azzurro, raggiungendo la configurazione di soluzione B;
- LOTTO 3: Realizzazione di rete di derivazione dal sistema idrico di sinistra Marecchia (acqua dal depuratore) e rete di distribuzione fino ai nodi 9 e 10;

I costi indicativi al netto di IVA di questi 3 lotti funzionali sono:

|                   |                  |
|-------------------|------------------|
| - LOTTO 1:        | 7.027.796 €      |
| - LOTTO 2:        | 1.774.387 €      |
| - <u>LOTTO 3:</u> | <u>786.012 €</u> |
| Totale sol. D     | 9.588.194 €      |

## 11 Ipotesi di futura realizzazione della rete di distribuzione secondaria

Come visibile nell'elaborato grafico TAV SF 03, è stata ipotizzata già in questo progetto la realizzazione di una rete idrica secondaria di distribuzione alle singole utenze agricole. Tale rete, come specificato in legenda, non fa parte del presente progetto, ed i suoi costi non sono quindi indicati nelle stime di cui al paragrafo 8.

L'ipotesi di estensione della rete è comunque da considererare con particolare attenzione già in questa fase progettuale poiché gli areali indicati nella tabella 5 relativi al bacino dominato sono effettivamente irrigabili solamente a seguito di una distribuzione capillare delle acque. Diversamente, con la realizzazione della sola distribuzione primaria, sarà possibile servire continuativamente solo le utenze più vicine alla rete e quelle dei frontisti del canale attualmente serviti (ad oggi serviti nei soli periodi di disponibilità di acqua, peraltro assente nelle mensilità di massima richiesta).

Una stima dei costi per questa estensione della rete può essere fatta parametricamente considerando un costo di infrastrutturazione pari a 5.000 €/ha, come derivante da recenti esperienze svolte dal Consorzio di Bonifica.

Pertanto considerando gli areali serviti nella soluzione D dai nodi di distribuzione primaria numerati da 1 a 10 si ottiene:

Costo = Superficie (ha) x 5.000 €/ha = 1.216 ha x 5.000 €/ha = 6.080.000 €

Considerando anche le somme a disposizione della stazione applatante si può stimare un importo totale dell'investimento pari a 10.000.000 €.

## **12 Valutazione del possibile utilizzo di parte dei volumi di ex cava a fini della laminazione delle piene**

L'ipotesi circa il possibile utilizzo dei volumi di ex cava a fini della laminazione delle piene è stata analizzata nella Relazione idrologica-idraulica di progetto, alla quale si rimanda per ulteriori approfondimenti.

Preme sottolineare che gli interventi richiesti per trasformare in bacini di laminazione i laghi ex cava sono stati sviluppati a livello indicativo al solo fine di definire il livello di efficienza di laminazione ottenibile dal sistema.

Qualora si ritenessero i risultati di tali valutazioni interessanti per la protezione idraulica del territorio di valle, occorrerà procedere con i necessari approfondimenti di dettaglio.

Per tale motivo nelle valutazioni economiche dei paragrafi precedenti non sono stati considerati i costi da sostenere per adattare i laghi a tali finalità (ad esempio con la realizzazione sfioratori laterali, opere di mitigazione, ecc.).

Dai risultati delle simulazioni si evince comunque che, predisponendo tre sfioratori laterali a servizio dei laghi Santarini, Azzurro e In.Cal System (Figura 26), si otterrebbero gli effetti di laminazione significativi, riportati in Tabella 33.

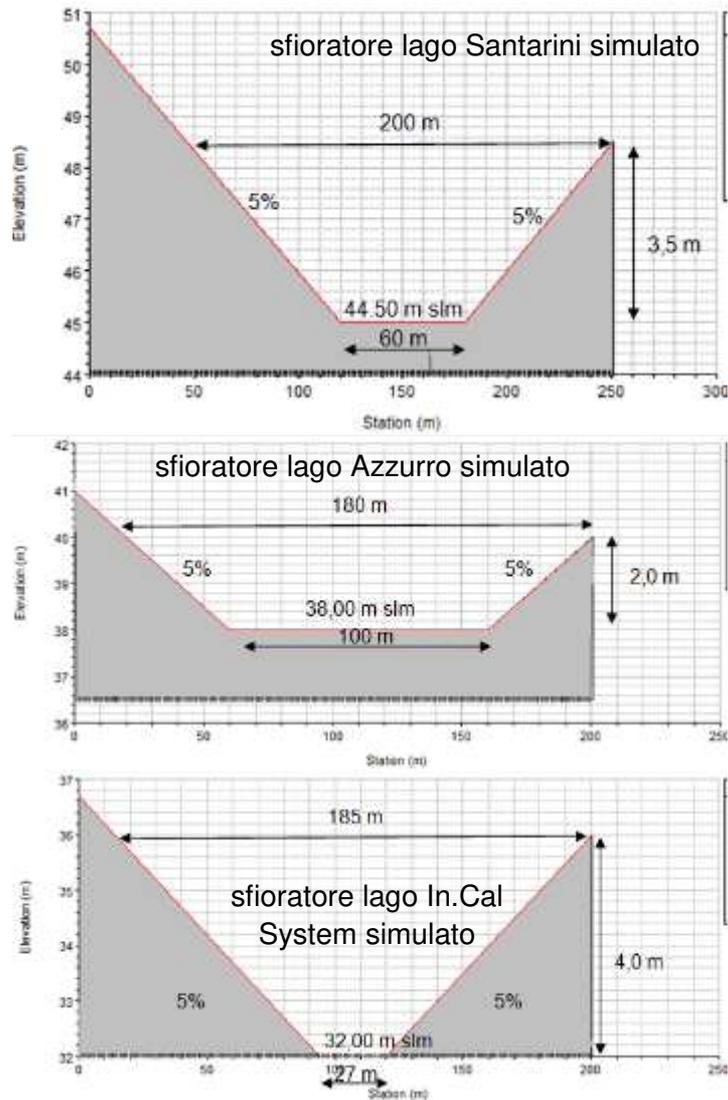


Figura 26: sfioratori a servizio dei laghi Santarini, Azzurro e In.Cal System simulati

| Grandezze  |                              | TR = 20 anni |        | TR = 50 anni |        | TR = 200 anni |        |
|--|------------------------------|--------------|--------|--------------|--------|---------------|--------|
|  |                              | SdF          | SdP    | SdF          | SdP    | SdF           | SdP    |
| <b>Portata al colmo</b><br>[m <sup>3</sup> /s]                         | di monte                     | 739          |        | 930          |        | 1220          |        |
|  | di valle                     | 730          | 657    | 927          | 779    | 1217          | 992    |
| <b>Riduzione portata al colmo</b>                                      | [m <sup>3</sup> /s]          | 9            | 82     | 3            | 150    | 3             | 228    |
|  | [%]                          | 1,2 %        | 11,1 % | 0,4 %        | 16,2 % | 0,2 %         | 18,7 % |
| <b>Volume di piena</b><br>[milioni di m <sup>3</sup> ]                 | di monte                     | 26,08        |        | 32,82        |        | 42,70         |        |
|  | di valle                     | 25,66        | 23,85  | 32,27        | 29,81  | 42,06         | 38,73  |
| <b>Riduzione volume di piena</b>                                       | [milioni di m <sup>3</sup> ] | 0,43         | 2,23   | 0,55         | 3,02   | 0,64          | 3,97   |
|  | [%]                          | 1,6 %        | 8,6 %  | 1,7 %        | 9,2 %  | 1,5 %         | 9,3 %  |
| <b>Massimo tirante nella sezione di valle</b>                          | [m]                          | 2,80         | 2,67   | 3,09         | 2,87   | 3,47          | 3,18   |
|  | [m slm]                      | 28,29        | 28,16  | 28,58        | 28,36  | 28,96         | 28,67  |
| <b>Riduzione del tirante nello SdP rispetto a SdF nella sezione di</b> | [m]                          | 0,13         |        | 0,22         |        | 0,29          |        |

valle

Tabella 33: Portate al colmo di piena, riduzione delle portate, volumi di piena e riduzione dei volumi per laminazione nell'intero tratto modellato, per TR=20, 50 e 200 anni, in riferimento allo stato di fatto e di progetto

Dal confronto degli schemi riportati alla pagina precedente si può considerare che la predisposizione a invaso di laminazione sia effettivamente perseguibile per il solo lago Azzurro, in quanto lo sfioratore necessario per il lago Santarini avrebbe dimensioni eccessivamente impattanti mentre il lago In.Cal System ne risulterebbe compromesso nelle sue valenze ambientali.

In tale ipotesi, nella configurazione simulata, si determina un significativo abbassamento del picco di piena (Figura 27), pari a 73 m<sup>3</sup>/s (6,5%); si evidenzia tuttavia che la reale stima dell'abbassamento del colmo di piena e dell'efficienza di laminazione in tale evenienza è comunque da determinare simulando l'esclusiva presenza dello sfioratore a servizio del lago Azzurro, in assenza di quello a servizio del lago Santarini.

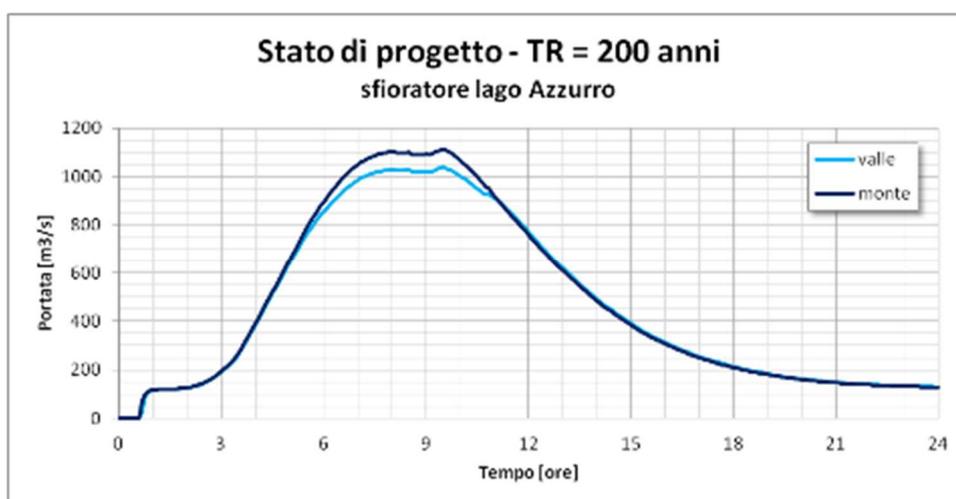


Figura 27: dettaglio dell'effetto sulla laminazione dell'onda di piena in ingresso per TR=200 anni, relativamente allo sfioratore associato al lago Azzurro

## 13 Conclusioni

Il presente Studio di Fattibilità ha analizzato la situazione attuale dei quattro laghi delle ex cave presenti in sponda destra del Fiume Marecchia nonché dei comprensori irrigui in sinistra e destra del fiume.

Sono stati stimati i volumi necessari a soddisfare le esigenze irrigue dell'areale considerato, sia nella situazione attuale che nell'ipotesi di servire l'intero bacino dominato di quel tratto del fiume Marecchia.

| Grandezza  | Areale bacino dominato |            |             | Areale bacino attualmente servito |            |            |
|--|------------------------|------------|-------------|-----------------------------------|------------|------------|
|  | In sinistra            | In destra  | Totale      | In sinistra                       | In destra  | Totale     |
| <b>Area (km<sup>2</sup>)</b>                     | 4,1                    | 9,2        | <b>13,3</b> | 3,0                               | 3,4        | <b>6,4</b> |
| <b>Volume irriguo (milioni di m<sup>3</sup>)</b> |                        |            |             |                                   |            |            |
| <b>alla pianta x stagione irrigua</b>            | 0,8                    | 2,0        | <b>2,8</b>  | 0,6                               | 0,8        | <b>1,4</b> |
| <b>totale x stagione irrigua</b>                 | 2,5                    | 3,5        | <b>6,0</b>  | 1,9                               | 1,4        | <b>3,3</b> |
| <b>totale x 4 mesi (15mag - 15set)</b>           | 1,8                    | 2,4        | <b>4,2</b>  | 1,3                               | 1,0        | <b>2,3</b> |
| <b>Portata oraria media (l/s)</b>                |                        |            |             |                                   |            |            |
| <b>totale Q 24</b>                               | 171                    | 233        | <b>404</b>  | 126                               | 98         | <b>224</b> |
| <b>totale Q 16</b>                               | <b>256</b>             | <b>344</b> | <b>600</b>  | <b>188</b>                        | <b>147</b> | <b>335</b> |

Tabella 34: riepilogo per il bacino dominato dal Consorzio di Bonifica della Romagna e per il bacino attualmente servito dell'areale irriguo, dei volumi necessari alla pianta e in totale, considerando anche le perdite, per l'intera stagione irrigua e per i soli 4 mesi di punta, e portata oraria media totale sulle 24 ore e di punta sulle 16 ore

Contestualmente sono stati calcolati i volumi geometrici disponibili e quelli netti utili ai fini di un possibile accumulo di acque per usi irrigui.

|  | Santarini   | Azzurro     | In.Cal System | In.Cal System minore |
|--|-------------|-------------|---------------|----------------------|
| <b>Tirante massimo [m]</b>                     | 10,04       | 16,13       | 9,33          | 9,43                 |
| <b>Tirante massimo di progetto [m]</b>         | 9,54        | 13,13       | 8,43          | 7,93                 |
| <b>Volume utile [milioni di m<sup>3</sup>]</b> | <b>0,98</b> | <b>0,81</b> | <b>1,02</b>   | <b>0,05</b>          |

Tabella 35: volumi utili nei laghi ex cava e relativi tiranti massimi d'invaso e di progetto

Il confronto tra i volumi potenzialmente disponibili (al netto delle perdite per evaporazione e infiltrazione) e quelli necessari (considerando le efficienze dei sistemi di irrigazione e distribuzione) ha reso evidente che la condizione imprescindibile per poter disporre di un volume sufficiente a soddisfare i fabbisogni del bacino attualmente irrigato, ed eventualmente ampliare lo stesso, è quella di prevedere l'impermeabilizzazione del lago Santarini e del lago Azzurro, in deroga all'articolo 3.2 delle norme di attuazione del PTCP 2007 di Rimini (variante 2012), deroga che si ritiene in questa sede ammissibile sulla base delle considerazioni riportate ai paragrafi precedenti.

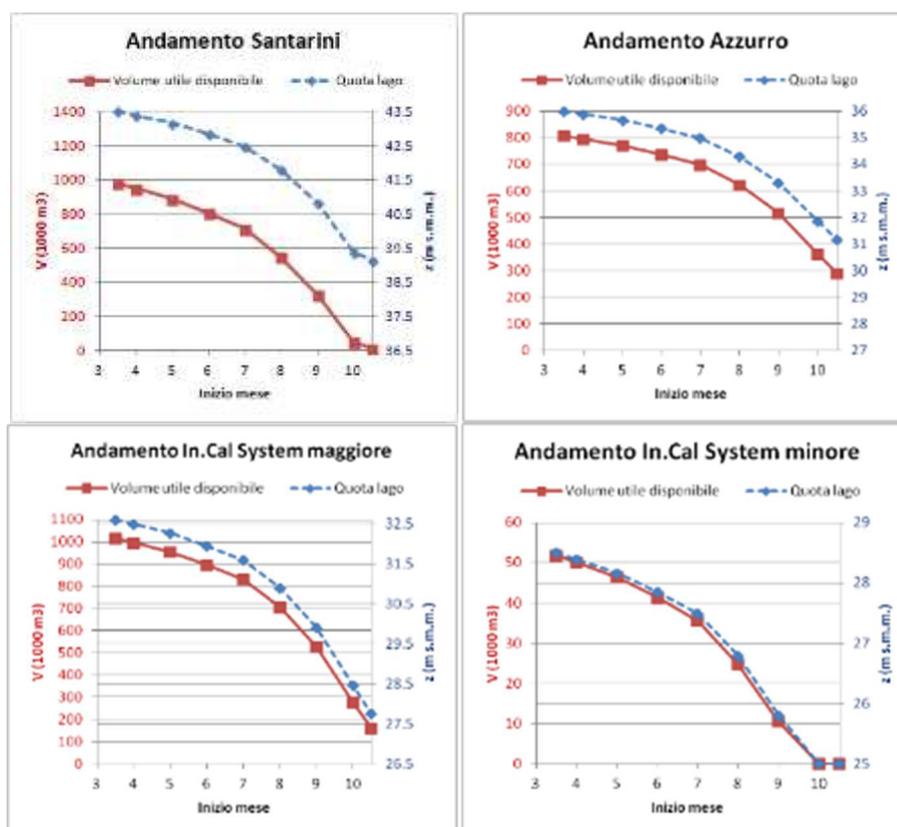


Figura 28: Andamento del volume utile disponibile e della quota dei laghi Santarini, Azzurro, In.Cal System e In.Cal System minore in funzione dei mesi d'interesse, nel caso di assenza di prelievi di acqua dai laghi a fini irrigui

Nelle soluzioni progettuali B e C si è quindi previsto di impermeabilizzare con tecniche naturali (argilla e/o argilla bentonitica) i due laghi Santarini ed Azzurro, mantenendo inalterato il lago In.Cal System in virtù della sua valenza naturalistica ed ambientale.

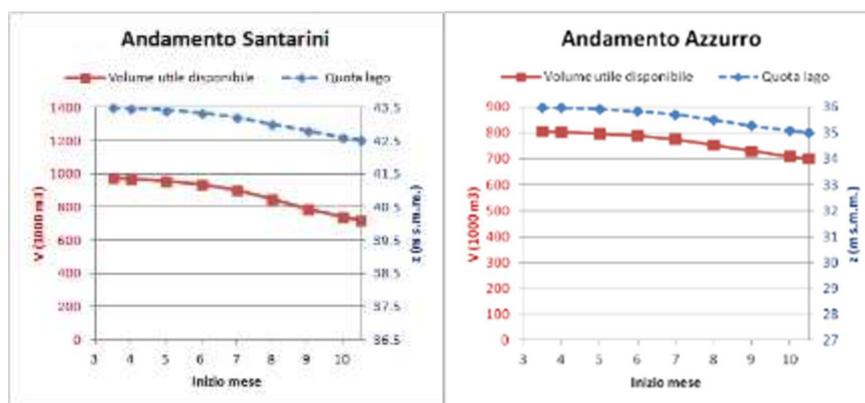


Figura 29: Andamento del volume utile disponibile e della quota dei laghi Santarini, Azzurro, in funzione dei mesi d'interesse, nel caso di assenza di prelievi di acqua dai laghi a fini irrigui e impermeabilizzazione dei laghi Santarini e Azzurro.

Nella soluzione C si è previsto di integrare la risorsa idrica disponibile con la derivazione di una quota parte di portata dal sistema idrico in progetto sulla sponda sinistra (progetto LIFE WAVE attualmente in corso di elaborazione) che prevede di riutilizzare l'acqua prelevata dall'uscita del depuratore di Santa Giustina. In questa soluzione si viene a creare un sistema integrato tra le due reti di accumulo e distribuzione previsti in destra e sinistra idraulica dai due diversi progetti. Questa

integrazione consentirebbe di disporre di una maggiore quantità d'acqua complessiva, e di poter agire sulla componente qualitativa della stessa tramite miscelazione, nell'impianto ed in rete di distribuzione, delle due tipologie d'acqua prelevate.

| Volume<br>(milioni di m <sup>3</sup> ) necessario   |                            |          | Volume<br>(milioni di m <sup>3</sup> )<br>irrigabile | Soluzione |      |      |        |
|---|----------------------------|----------|--|-----------|------|------|--------|
|   |                            |          |  | A         | B    | C    | D      |
|   |                            |          |  | 0,47      | 1,43 | 5,98 | 5,35   |
| Percentuale   | Bacino dominato            | Destra   | 3,45   | 14%       | 41%  | 100% | 100%   |
|   |                            | Sinistra | 2,53   | 0%        | 0%   | 100% | 62% *  |
|   | Bacino attualmente servito | Destra   | 1,45   | 32%       | 100% | 100% | 100%   |
|   |                            | Sinistra | 1,86   | 0%        | 0%   | 100% | 86% ** |
| <b>Stima del costo ***</b><br>(milioni di €)  |                            |          |  | 7,0       | 8,1  | 11,0 | 9,4    |
| <p>Note:</p> <p>(*) il volume irriguo rimanente dall'utilizzazione nel bacino dominato di destra (pari a <math>5,35 - 3,45 = 1,9</math> milioni di m<sup>3</sup>) non viene utilizzato tutto in sinistra in quanto l'areale servito dai nodi 9 e 10 è inferiore al complessivo bacino dominato in sinistra, perciò la fornitura irrigua in sinistra è stata stimata dalla proporzione delle aree <math>2,53 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \cdot \frac{254 \text{ ha}}{408 \text{ ha}} = 1,58 \cdot 10^6 \text{ m}^3</math> (frazione dei 1,9 milioni di m<sup>3</sup>), pari al 62% del volume irriguo necessario al bacino dominato in sinistra.</p> <p>(**) sulla base delle considerazioni di cui alla nota precedente, la fornitura irrigua in sinistra è stata stimata pari a <math>1,58 \cdot 10^6 \text{ m}^3</math>, che è pari all'85% del volume irriguo necessario al bacino attualmente servito in sinistra.</p> <p>(***) Stima del costo delle opere al netto degli oneri della sicurezza e di tutte le altre voci del quadro economico</p> |                            |          |  |           |      |      |        |

Tabella 36: volumi fornibili e necessari nelle varie soluzioni progettuali, con riferimento al bacino dominato e al bacino attualmente irrigato, in destra e in sinistra, calcolo della percentuale di copertura del fabbisogno e stima del costo nelle varie soluzioni progettuali

Le valutazioni economiche eseguite hanno tuttavia messo in evidenza che:

- la soluzione C garantisce l'approvvigionamento irriguo di entrambi gli areali in sinistra e destra idraulica per tutta la stagione irrigua, ma risulta difficilmente sostenibile da un punto di vista economico, avendo un importo dei soli lavori (IVA compresa) pressochè prossimo a quello del finanziamento disponibile;
- le soluzioni A e B non garantiscono un risultato soddisfacente in termini di areali irrigabili e/o di disponibilità della risorsa nel corso della stagione irrigua, a fronte di costi comunque ingenti da sostenere;
- la soluzione D invece, elaborata sulla base della soluzione C, ma cercando di ridurre ed ottimizzare i costi, limitando le opere a quelle strettamente necessarie, consente di garantire l'irrigazione per tutta la stagione irrigua di tutto l'areale di destra e di una parte di quello di sinistra (quest'ultimo eventualmente ampliabile in caso di futuri finanziamenti).

## 14 Riferimenti bibliografici

**AdB MC. 2007.** *Aggiornamento ed integrazione delle attività di studio per la determinazione sperimentale dei valori di deflusso minimo vitale (DMV) per il fiume Marecchia – Relazione Generale.* s.l. : Autorità di bacino interregionale Marecchia-Conca, 2007.

—. **2004.** *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico - Relazione.* s.l. : Autorità interregionale di Bacino Marecchia-Conca, Regione Emilia-Romagna, Regione Marche, Regione Toscana, 2004.

**Arpae. 2020.** *iColt2020.* s.l. : Arpae Servizio Idro Meteo Clima, 2020.

—. **2006.** *Studio della conoide alluvionale del fiume Marecchia: analisi quali-quantitativa a supporto della corretta gestione della risorsa idrica.* s.l. : Regione Emilia-Romagna, 2006.

**ATERSIR. 2018.** *Aggiornamento del Piano d'Ambito del servizio idrico integrato del bacino territoriale di Rimini: approvazione.* s.l. : Agenzia Territoriale dell'Emilia-Romagna per i Servizi Idrici e Rifiuti. Consiglio d'Ambito, 2018. Area Servizio idrico integrato. Schema di convenzione ATERSIR – SIS S.p.A approvato con deliberazione CAMB n. 31/2018: rettifica. CAMB/2018/76 del 10/12/2018.

**Casini, Lino, et al. 2019.** La ricarica della conoide alluvionale del fiume Marecchia (Rimini) in un sito di Rete Natura 2000: aspetti geologici, idrogeologici e di gestione della biodiversità. [Online] 2019. <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/pubblicazioni/articoli-su-riviste-specialistiche/articolo-fiume-marecchia-2019>.

**CdB Romagna. 2014.** *Relazione tecnica e descrittiva sulle esigenze irrigue dei distretti in sinistra e in destra Marecchia.* s.l. : Consorzio di Bonifica della Romagna, 2014.

**CdB Romagna Occidentale, Cangini, Elvio e Andrea, Fabbri. 2010.** *Distribuzione plurima delle acque del C.E.R. - Progetto esecutivo per l'area "Senio-Lamone" nei Comuni di COtignola e Faenza - 2.1 Relazione Generale.* s.l. : Consorzio di Bonifica della Romagna Occidentale, 2010.

**DGR-ER. 1415/2016.** *Approvazione delle linee guida per la regolamentazione da parte delle Regioni delle modalità di quantificazione dei volumi idrici ad uso irriguo.* s.l. : BUR, 1415/2016.

**MIPAAF. 2016.** *Linee guida sulle metodologie di stima degli utilizzi ai fini irrigui e delle restituzioni al reticolo idrografico.* 2016.

**PTCP-RN. 2012.** *Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale - Relazione Generale.* Rimini : s.n., 2012. PTCP 2007 variante 2012. fonte: ARPA.

**QGIS. 2020.** *QGIS Geographic Information System - Open Source Geospatial Foundation Project.* s.l. : QGIS Development Team, 2020.

**Regione ER e Arpae. 2016.** *Individuazione del deflusso minimo vitale di riferimento – Allegato D.* s.l. : Regione Emilia-Romagna, 2016.

—. **2005.** *Piano di Tutela delle Acque - Relazione generale.* 2005.

**Regione ER, Comune Rimini e Ente Parchi. 2017.** *Rapporto sull'impatto ambientale del progetto per la realizzazione di un impianto di ricarica in condizioni controllate nella conoide alluvionale del*

*fiume Marecchia (comune di Rimini)*. Bologna : contenuto nell'Allegato 1 alla DGR 1649/2017, 2017.

**Severi, Paolo e Bonzi, Luciana. 2018.** *Realizzazione di un impianto di ricarica in condizioni controllate nella conoide alluvionale del fiume Marecchia (Rimini)*. Rimini : Regione Emilia - Romagna, Comune di Rimini, Ente di Gestione per i Parchi e la Biodiversità della Romagna, 2018.

**Severi, Paolo, Bonzi, Luciana e Ferrari, Venusia. 2016.** *Ricarica in condizioni controllate della conoide del fiume Marecchia (Rimini) - esiti della sperimentazione*. Rimini : Regione Emilia-Romagna, 2016.

—. **2014.** *Ricarica in condizioni controllate della conoide del Fiume Marecchia (Rimini), avvio della sperimentazione e primi risultati*. Rimini : Italian Journal of Groundwater, 2014.

**Swedan, N.H. 2018.** *Calculation of Open Water Evaporation as a Climate Parameter*. s.l. : Journal of Water Resource and Protection, 2018. p. 762-779. Vol. 10.

**Visentini, M. 1937.** *L'evapotraspirazione dagli specchi liquidi*. Roma : Mem. e Studi idrografici, Pubblicazione n. 2 del Servizio idrografico, 1st. Poligrafico dello Stato, 9, 1937.