



Finanziato
dall'Unione europea
NextGeneration EU



Mims
Ministero delle infrastrutture
e della mobilità sostenibili

*Piano Nazionale per la Ripresa e
Resilienza
M2C4 - 14.1
"Investimenti in infrastrutture idriche primarie
per la sicurezza dell'approvvigionamento idrico"*

**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 DEFINITIVO

Im porto progetto € 15.000.000,00

C.U.P. I61B20001260001



A.1.2

RELAZIONE DI CALCOLO

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Ing. Andrea Cicchetti

PROGETTISTA GENERALE DELL'OPERA
Ing. Alberto Vanni

CONSULENZA SPECIALISTICA
OPERE IDRAULICHE
Ing. Marco Donati

PROGETTISTA DELLE OPERE
ELETTROMECCANICHE
Ing. Marco Timoncini

Codice Progetto	Revisioni	Descrizione	data
T1RN - 01/2022	0	Emissione per progetto definitivo	15/09/2022
	1	Integrazione PAUR - Revisione elaborato	14/03/2023



**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 DI CALCOLO

Rev. 0: Settembre 2022

Rev 1: Marzo 2023

Sommario

1	Premessa.....	3
2	Calcolo del fabbisogno irriguo	4
2.1	Calcolo del fabbisogno irriguo e delle portate di progetto – scenario 2	7
2.1.1	Confronto tra i valori di fabbisogno irriguo calcolato nel presente progetto e quello dichiarato in sede di istanza di Variante alla concessione di derivazione.....	9
2.2	Calcolo del fabbisogno irriguo e delle portate di progetto – scenario 1	10
2.3	Confronto tra portate e volumi nei due scenari di progetto	13
3	Calcolo della capacità d'invaso del lago Santarini e Azzurro	14
3.1	Rilievi topografici dei laghi e calcolo dei volumi utili geometrici di progetto	14
3.1.1	Lago Santarini.....	14
3.1.2	Lago Azzurro.....	15
3.1.3	Riepilogo dati geometrici dei laghi	17
3.2	Calcolo dei volumi utili per l'irrigazione.....	17
3.3	Stima del volume d'acqua restituito al suolo a seguito dell'attività irrigua.....	18
3.3.1	Dati di partenza.....	18
3.3.2	Stima del volume d'acqua restituito al suolo a seguito dell'attività irrigua.....	18
4	Dimensionamento della rete irrigua di distribuzione primaria.....	23
5	Dimensionamento dell'impianto di sollevamento.....	25
6	Dimensionamento della tubazione di collegamento tra i due laghi	27
7	Riferimenti bibliografici.....	31
8	Appendice	33

1 Premessa

La presente relazione di calcolo ha l'obiettivo di sviluppare con maggior dettaglio i calcoli già effettuati in fase di Progetto di fattibilità tecnica ed economica, anche alla luce della soluzione prescelta (soluzione D) e di alcune varianti applicate ad essa.

In particolare la relazione contiene i seguenti calcoli:

- Calcolo del fabbisogno irriguo;
- Calcolo della capacità d invaso dei laghi;
- Dimensionamento della rete irrigua di adduzione primaria;
- Dimensionamento della condotta di collegamento tra i due laghi.

2 Calcolo del fabbisogno irriguo

Tutti i calcoli sono stati elaborati a partire dal dato iniziale ufficiale circa il bacino dominato ed il bacino attualmente servito (potenzialmente) dai canali, così come visibili nell'immagine sotto riportata.

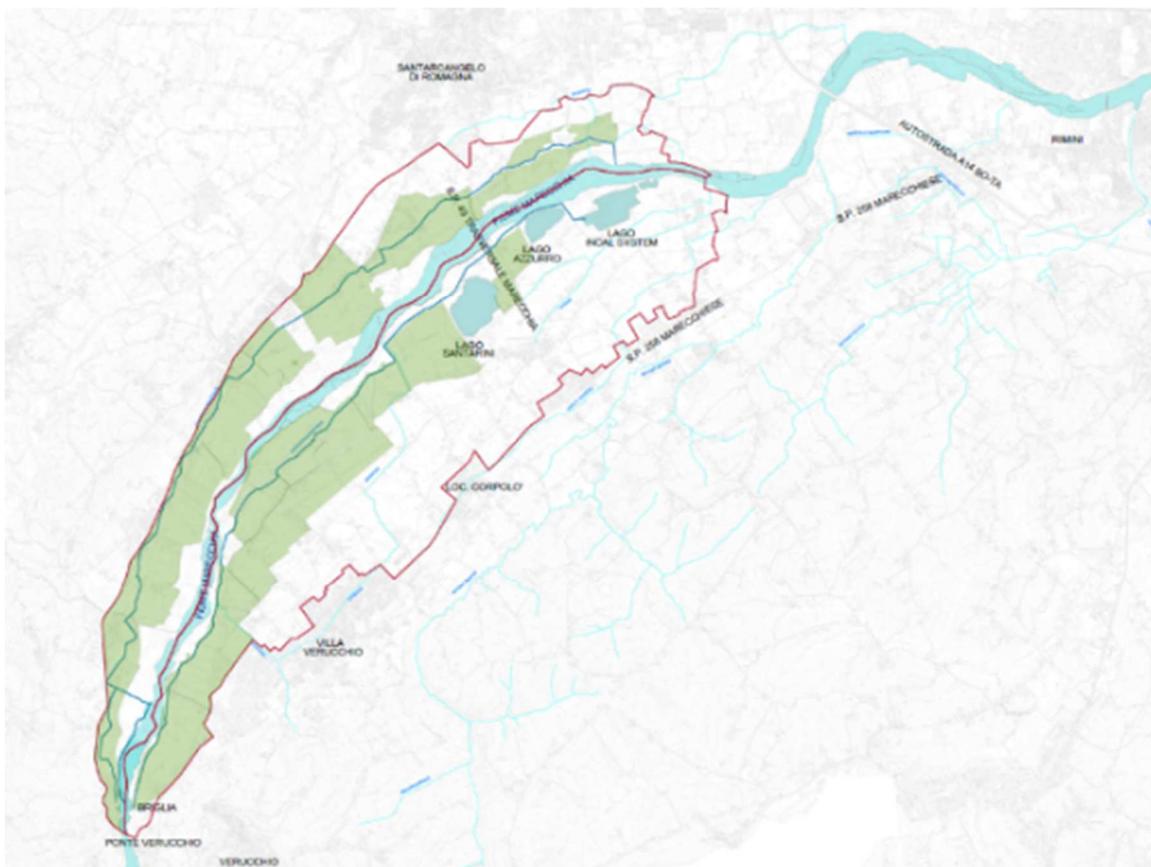


Figura 1: Inquadramento generale. La linea rossa rappresenta il bacino dominato e il retino verde il bacino irrigato

Parliamo di superfici lorde di areali che sono così quantificate:

	SUPERFICI (ha)		
	Destra	sinistra	TOTALE
Bacino dominato	1473,49	900,51	2374,00
Bacino irrigato	443,00	492,10	935,10

Tabella 1: Superfici del bacino dominato e del bacino irrigato

È importante specificare che quando parliamo di bacino irrigato si intende sempre una condizione di tipo teorica e potenziale per i seguenti motivi:

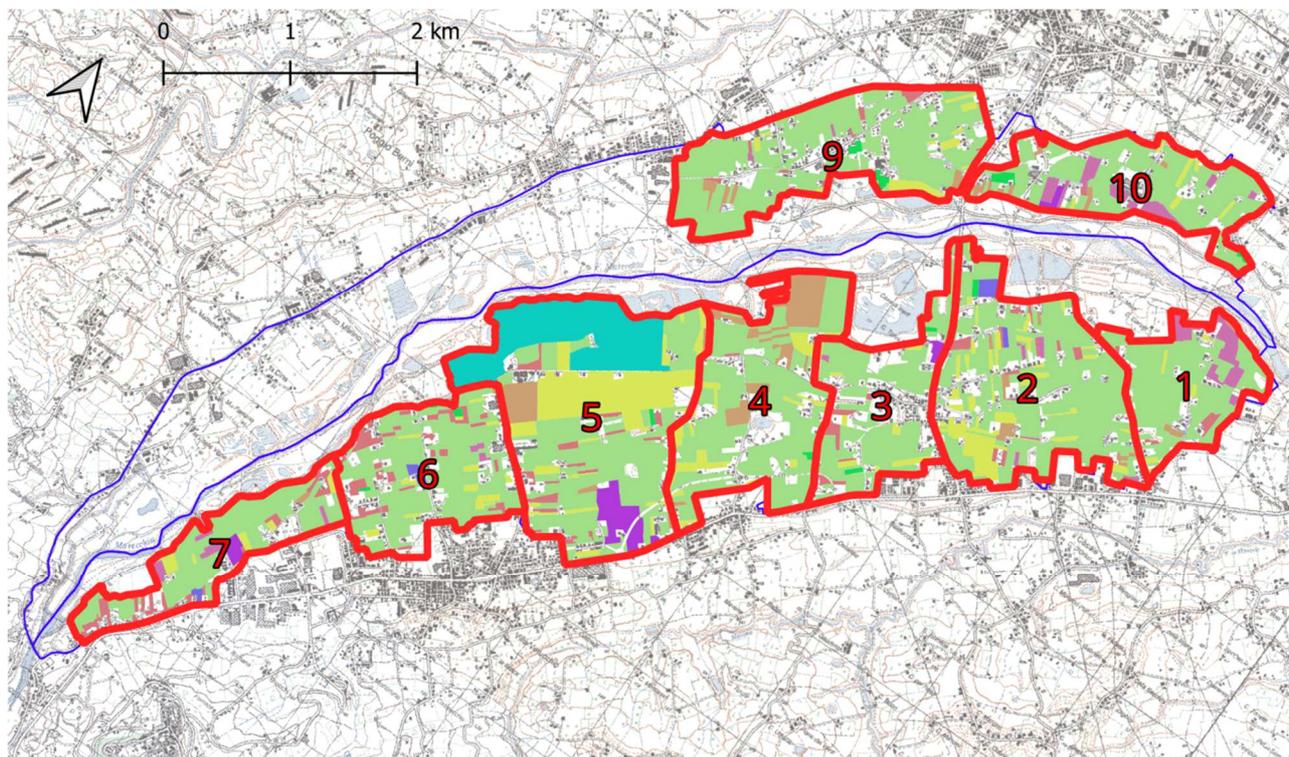
- Nei mesi estivi non vi è di fatto nessuna area irrigata a causa dell'attuale impossibilità di derivare acqua dalla traversa di Ponte Verucchio
- Il bacino effettivamente irrigato attualmente è quello servito dalle prese realizzate sui canali a servizio dei frontisti (non tutti attingono dai canali);

Nel Progetto di fattibilità tecnica ed economica è stata individuata la soluzione D, che viene sviluppata nel presente progetto Definitivo. Tale soluzione, compiutamente descritta nell'elaborato A1 - *Relazione generale*, prevede di poter predisporre una serie di nodi di allaccio per future reti di distribuzione secondarie

che potranno essere realizzate nell'ambito di futuri progetti di sviluppo del compensorio. In tal modo si vengono ad individuare n.ro 8 distretti irrigui che le opere dell'attuale progetto sono predisposte a servire.

Questo scenario viene ora definito come “**Scenario 2**”, poiché come detto è una proiezione di quello che potrà divenire l'intero sistema una volta realizzate altre opere complementari che non fanno parte di questo progetto: il sollevamento e la rete di adduzione delle acque del depuratore di Santa Giustina e le reti di distribuzione secondaria.

In questo scenario 2 si individuano i distretti che si potranno servire, all'interno dei quali si possono individuare le superfici specifiche delle aree agricole da servire in base alla carta dell'uso del suolo 2017 (edizione 2020) della Regione Emilia Romagna, così come rappresentato nella figura sottostante.



Legenda

 Distretti irrigui	 Frutteti
 Bacino del fiume Marecchia dominato dal CdB Romagna	 Oliveti
 Aree con colture agricole e spazi naturali importanti	 Seminativi semplici irrigui
 Campi da golf	 Sistemi colturali e particellari complessi
 Colture orticole	 Vigneti
 Colture temporanee associate a colture permanenti	 Vivai

Figura 2: Identificazione dei distretti irrigui dello scenario 2 e uso del suolo

N.B. I distretti sono numerati in coerenza con la numerazione del Progetto di fattibilità tecnica economica, seguendo un ordine da 1 a 10, e mancando il nodo 8 poiché originariamente rappresentante il nodo di rilascio delle acque nel fosso in sinistra idraulica in corrispondenza della briglia di Ponte Verucchio, non più previsto nella versione del presente progetto definitivo

Le superfici dei distretti così individuati sono espresse nella seguente tabella.

	DISTRETTI									
	1	2	3	4	5	6	7	9	10	TOTALE
Superficie del distretto (ha)	95,69	207,61	116,57	180,15	264,39	141,3	96,08	183,03	124,63	1.409,45
Superficie delle aree da irrigare all'interno del distretto (ha) (da carta uso del suolo)	79,77	164,38	74,58	146,05	181,29	106,09	76,05	138,85	96,88	1.063,94

Tabella 2: Superfici dei distretti serviti e delle relative aree da irrigare - scenario 2

La situazione che si verrà a determinare con la realizzazione delle sole opere previste nel presente Progetto viene invece definita come **“Scenario 1”**; in questo scenario le opere di progetto, seppure predisposte per maggiori e più significativi contributi, potranno servire solo una quota parte del bacino irrigato rappresentato in verde nella figura 1. In particolare, tramite la restituzione delle acque accumulate nei laghi ai fossi irrigui, si potranno servire gli areali posti a valle del nodo di restituzione stesso e limitrofi al canale.

Le aree servite sono quelle rappresentate nella seguente figura.

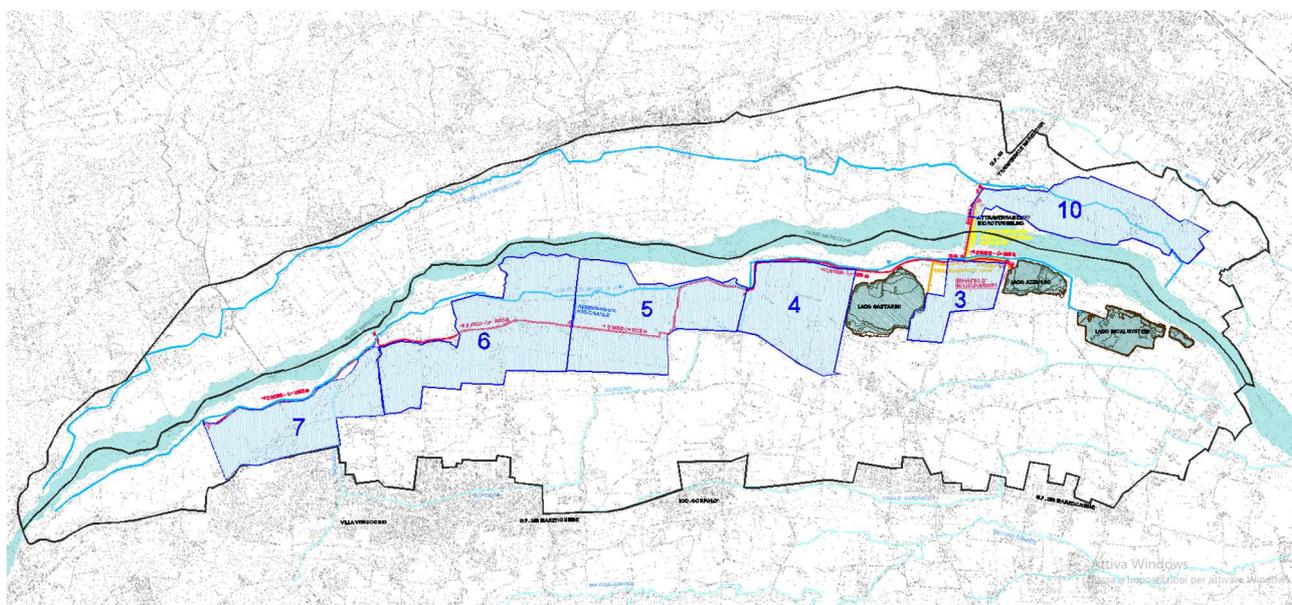


Figura 3: Identificazione dai distretti irrigui a valle dei nodi di restituzione ai canale stessi – scenario 1

Anche in questo caso vi è una differenza tra la superficie “lorda” degli areali e quella “netta” effettivamente da irrigare in base alla carta dell’uso del suolo, secondo la tabella sottostante.

	NODI									
	1	2	3	4	5	6	7	9	10	TOTALE
Superficie del distretto (ha)	0	0	27,39	62,71	90,83	111,34	62,54		64,04	418,85
Superficie delle aree da irrigare all'interno del distretto (ha) (da carta uso del suolo)	0	0	18,80	49,03	50,52	65,35	49,57	0	48,13	281,40

Tabella 3: Superfici dei distretti serviti e delle relative aree da irrigare - scenario 1

Nel seguito di questo capitolo si eseguono dapprima i calcoli per la quantificazione dei volumi necessari a servire le aree individuate per lo scenario 2, poiché le opere (condotta e sollevamento) di questo progetto debbono essere predisposte per i futuri sviluppi.

A seguire si calcola anche la richiesta irrigua nello scenario 1 e si verifica l'effettiva capacità di soddisfare tale richiesta con le opere che si vanno a realizzare e con i volumi che si rendono disponibili con l'accumulo di acqua nei laghi.

2.1 Calcolo del fabbisogno irriguo e delle portate di progetto – scenario 2

Seguendo l'approccio adottato nel Progetto di fattibilità tecnica ed economica, 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.^[1]

In **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** nel paragrafo precedente sono state riportate le aree potenzialmente irrigabili nell'areale d'interesse servito dalla rete di progetto, mentre in tabella 4 si riportano le aree così identificate divise per classi, in relazione ai futuri possibili distretti identificati all'interno del bacino dominato.

Uso suolo	1	2	3	4	5	6	7	9	10
Colture orticole	11,63	2,55	0,27	0	0	1,02	4,07	0,54	10,78
Colture temporanee associate a colture permanenti	0	3,22	0	0	0	1,27	0,65	0	0
Aree con colture agricole e spazi naturali importanti	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fruttetikaki	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fruttetikiwi	0	0	0	16,25	0	0	0	0	0
Fruttetialbicocco	0	0	0	0	0	0	0	1,24	0
Fruttetigliegio	0	0	0	0	0	0	0	0	1,62
Fruttetipesco	0	0	0	3,02	0	0	0	0	0
Frutteti	1,42	3,17	0,17	5,5	1,67	0,41	0,56	1,12	2,49
Fruttetimisti	0	0,84	0	1,42	8,38	0,12	0	0	0
Oliveti	2,18	5,17	3,98	0,26	8,44	13,04	8,66	3,59	0,29
Seminativi semplici irrigui	62,31	124,62	63,25	105,38	96,56	83,73	55,4	121,08	74,94
Sistemi colturali e particellari complessi	0	0,75	0,97	0,5	0,46	0,93	0	2,15	1,96
Vigneti	2,23	24,06	4,36	13,72	53,39	5,57	4,09	7,85	3,11
Vivai	0	0	1,58	0	12,39	0	2,62	0	1,69
TOT	79,77	164,38	74,58	146,05	181,29	106,09	76,05	137,57	96,88
TOTALE									1.063

Tabella 4: Aree da irrigare (ettari), per le varie categorie di uso suolo, divise per i distretti identificati nello scenario 2

Nella seguente **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** è riportato il calcolo dei volumi irrigui alla pianta necessari per i vari distretti nella stagione irrigua.

¹ 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.

Uso suolo vs distretto	Volume irriguo alla pianta (mc)									
	1	2	3	4	5	6	7	9	10	
Colture orticole	22282	4885	517	0	0	1954	7798	1035	20655	
Colture temporanee associate a colture permanenti	0	7001	0	0	0	2761	1413	0	0	
Aree con colture agricole e spazi naturali importanti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Fruttetikaki	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Fruttetikiwi	0	0	0	68250	0	0	0	0	0	
Fruttetialbicocco	0	0	0	0	0	0	0	2542	0	
Frutteticigliegio	0	0	0	0	0	0	0	0	3321	
Fruttetipesco	0	0	0	6191	0	0	0	0	0	
Frutteti	3452	7706	413	13369	4060	997	1361	2723	6053	
Fruttetimisti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Oliveti	1744	4136	3184	208	6752	10432	6928	2872	232	
Seminativi semplici irrigui	123124	246249	124982	208232	190803	165449	109471	239254	148081	
Sistemi colturali e particellari complessi	0	1337	1730	892	820	1658	0	3834	3494	
Vigneti	4127	44519	8068	25385	98776	10306	7568	14527	5755	
Vivai	0	0	6636	0	52038	0	11004	0	7098	
TOT	154.729	315.833	145.530	322.527	353.249	193.557	145.543	266.787	194.689	
TOTALE	2.092.444									

Tabella 5: Volumi irrigui (m³) necessario nell'intera stagione irrigua alla pianta, per le varie categorie di uso suolo, divisi per i distretti identificati nello scenario 2

Considerando anche l'efficienza del sistema di irrigazione (75% per aspersione), del sistema di distribuzione aziendale (85% per reti in pressione) e del sistema di distribuzione del gestore (90% per reti in pressione) si hanno i volumi irrigui richiesti riportati in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, con un totale di **3,63 milioni di m³**:

Distretti	1	2	3	4	5	6	7	9	10
Volume irriguo da fornire	269.680	550.471	253.647	562.139	615.685	337.354	253.670	464.988	339.327
TOTALE	3.646.961								

Tabella 6: Volume irriguo (m³) necessario nell'intera stagione irrigua, considerando anche le perdite, che bisogna garantire alla sorgente

Per il calcolo della portata media giornaliera nel periodo più idroesigente (15 maggio – 15 settembre) si è assunto un coefficiente 0,70 rispetto al volume totale da garantire (coefficiente di punta mensile pari a circa 1,20), da cui sono state ricavate la portata oraria media Q_{24} sulle 24 ore e la portata oraria media Q_{16} sulle 16 ore (portata di punta). I valori così ottenuti sono riportati in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**:

Volume totale da fornire nella stagione irrigua	3,65	milioni di m ³
Volume totale da fornire nei 4 mesi (15 mag - 15 set)	2,55	milioni di m ³
Volume specifico medio giornaliero	20,02	m ³ /d/ha
Portata oraria media Q24	886	m ³ /h
	246	l/s
Portata oraria media specifica Q24	0,23	l/s/ha
Portata oraria media Q16	1330	m ³ /h
	369	l/s
Portata oraria media specifica Q16	0,35	l/s/ha

Tabella 7: volumi irrigui e portate richieste nel periodo più idroesigente

Il totale della portata di punta da fornire è dunque pari a circa **369 l/s**.

Per quanto riguarda il dettaglio dei singoli distretti relativamente alla portata di punta da fornire si ha:

	DISTRETTI									
	1	2	3	4	5	6	7	9	10	TOTALE
Superfici distretti serviti da rete irrigua scenario 2 (ha)	79,77	164,38	74,58	146,05	181,29	106,09	76,05	137,57	96,88	1.062,66
Volume irriguo alla pianta (m3)	154.729	315.833	145.530	322.527	353.249	193.557	145.543	266.787	194.689	2.092.444
Volume totale da fornire (mc) *	269.680	550.471	253.647	562.139	615.685	337.354	253.670	464.988	339.327	3.646.961
Portata di punta giornaliera Q24 (l/s)	18,21	37,17	17,13	37,95	41,57	22,78	17,13	31,39	22,91	246,23
Portata di punta oraria Q16 (l/s)	27,31	55,75	25,69	56,93	62,35	34,16	25,69	47,09	34,36	369,34

Tabella 8: volumi irrigui e portate richieste nel periodo più idroesigente, per i vari distretti nello scenario 2

Questi dati di portata saranno utilizzati per i calcoli di dimensionamento della rete e dell'impianto.

2.1.1 Confronto tra i valori di fabbisogno irriguo calcolato nel presente progetto e quello dichiarato in sede di istanza di Variante alla concessione di derivazione

I valori proposti nel precedente paragrafo non sono direttamente correlabili alle superfici ed alle volumetrie dichiarate in sede di istanza di Variante alla Concessione di Derivazione dalla Traversa di Ponte Verucchio, in quanto la domanda risulta presentata antecedentemente alla predisposizione della presente progettazione.

In sostanza, gli areali serviti dalle opere in progetto, al netto delle modifiche apportate a seguito dell'esclusione dal conteggio dei fabbisogni non agricoli (golf), risultano le seguenti:

Areale totale irrigato: 1064 ha (anziché 1134 ha originariamente indicati)

Volume necessario considerando le perdite: 3 646.961 mc (anziché 4.152.256 mc originariamente indicati)

La differenza è dovuta in parte per il fatto che la distribuzione primaria avverrà da una tubazione in pressione, con coefficiente di efficienza pari a 90% anziché al 50% ed in parte ad un più preciso ricalcolo delle superficie effettivamente servite.

Per uniformare i valori calcolati nel presente progetto è quelli indicati nell'istanza di variante, ai fini di un coerente confronto, ci si può ricondurre all'ipotesi di distribuzione dai canali secondo la quale il volume da fornire risulterebbe pari a: $3.646.961 / 0.5 \times 0.9 = 6.564.530$ mc.

La restante differenza è esclusivamente dovuta al fatto che non tutto l'areale dei bacini in destra e sinistra Marecchia verrà servito dalle opere in progetto. Occorrerà pertanto mantenere la possibilità per le zone non servite (ad es. parte apicale del canale sinistra marecchia) di derivare acqua direttamente dal canale come nello stato attuale.

Si ritiene pertanto di confermare le superfici e volumetrie indicate nelle precedenti istanze di derivazione.

2.2 Calcolo del fabbisogno irriguo e delle portate di progetto – scenario 1

Si procede con la metodologia di calcolo del paragrafo precedente considerando le superfici rappresentate nella figura 3 relativamente allo scenario 1.

Uso suolo	Aree da irrigare (ettari)									
	1	2	3	4	5	6	7	9	10	
Colture orticole	0	0	0	0,27	0	0	0,67	0	9,27	
Colture temporanee associate a colture	0	0	2,57	0	0	0,69	0	0	0	
Aree con colture agricole e spazi naturali importanti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Fruttetikaki	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Fruttetikiwi	0	0	0	14,69	0	0	0	0	0	
Fruttetialbicocco	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Frutteticigliegio	0	0	0	0	0	0	0	0	1,74	
Fruttetipesco	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Frutteti	0	0	0	3,24	2,63	0,41	0,56	0	1,64	
Fruttetimisti	0	0	0	0	0	8,42	0	0	0	
Oliveti	0	0	0	0,01	0,24	5,8	7,79	0	0	
Seminativi semplici irrigui	0	0	14,73	26,65	19,17	36,97	36,61	0	31,46	
Sistemi colturali e particellari complessi	0	0	1,18	0	0,02	0,73	0,03	0	1	
Vigneti	0	0	0,24	4,17	28,46	12,33	1,34	0	1,23	
Vivai	0	0	0,08	0	0	0	2,57	0	1,79	
TOT	0	0	18,8	49,03	50,52	65,35	49,57	0	48,13	
TOTALE	281,4									

Tabella 9: Aree da irrigare (ettari), per le varie categorie di uso suolo, divise per i distretti identificati nello scenario 1

Nella seguente **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** è riportato il calcolo dei volumi irrigui alla pianta necessari per i vari distretti nella stagione irrigua.

Uso suolo	Volume irriguo alla pianta per distretto (mc)									
	1	2	3	4	5	6	7	9	10	
Colture orticole	0	0	0	517	0	0	1283	0	17762	
Colture temporanee associate a colture	0	0	5587	0	0	1500	0	0	0	
Aree con colture agricole e spazi naturali importanti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Fruttetikaki	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Fruttetikiwi	0	0	0	61698	0	0	0	0	0	
Fruttetialbicocco	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Frutteticigliegio	0	0	0	0	0	0	0	0	3568	
Fruttetipesco	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Frutteti	0	0	0	7876	6393	997	1361	0	3986	
Fruttetimisti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Oliveti	0	0	0	8	192	4640	6232	0	0	
Seminativi semplici irrigui	0	0	29107	52660	37880	73053	72342	0	62165	
Sistemi colturali e particellari complessi	0	0	2104	0	36	1301	53	0	1783	
Vigneti	0	0	444	7715	52652	22812	2480	0	2277	
Vivai	0	0	336	0	0	0	10794	0	7518	
TOT	0	0	37578	130474	97153	104303	94545	0	99059	
TOTALE	563.112,0									

Tabella 10: Volumi irrigui (m³) necessario nell'intera stagione irrigua alla pianta, per le varie categorie di uso suolo, divisi per i distretti identificati nello scenario 1

Analogamente a quanto fatto al paragrafo precedente si considera l'efficienza del sistema di irrigazione pari al 75% e quello del sistema di distribuzione aziendale pari all'85% per reti in pressione.

In questo caso però, per quanto riguarda l'efficienza del sistema di distribuzione primaria, si considera un valore pari al 50% tenendo conto del fatto che le acque vengono distribuite ai frontisti utilizzando l'attuale vettore costituito dai fossi in destra e sinistra del Marecchia. Pertanto si hanno i volumi irrigui richiesti riportati in Tabella 11, con un totale di **1,77 milioni di m³**:

Distretti	1	2	3	4	5	6	7	9	10
Volume irriguo da fornire	-	-	117.892	409.330	304.794	327.225	296.612	-	310.773
TOTALE	1.766.626								

Tabella 11: Volume irriguo (m³) necessario nell'intera stagione irrigua, considerando anche le perdite, che bisogna garantire alla sorgente

Per il calcolo della portata media giornaliera nel periodo più idroesigente (15 maggio – 15 settembre) si è assunto un coefficiente 0,70 rispetto al volume totale da garantire (coefficiente di punta mensile pari a circa 1,20), da cui sono state ricavate la portata oraria media Q_{24} sulle 24 ore e la portata oraria media Q_{16} sulle 16 ore (portata di punta). I valori così ottenuti sono riportati in Tabella 12:

Volume totale da fornire nella stagione irrigua	1,77	milioni di m ³
Volume totale da fornire nei 4 mesi (15 mag - 15 set)	1,24	milioni di m ³
Volume specifico medio giornaliero	36,62	m ³ /d/ha
Portata oraria media Q24	429	m ³ /h
	119	l/s
Portata oraria media specifica Q24	0,11	l/s/ha
Portata oraria media Q16	644	m ³ /h
	179	l/s
Portata oraria media specifica Q16	0,64	l/s/ha

Tabella 12: volumi irrigui e portate richieste nel periodo più idroesigente

Il totale della portata di punta da fornire è dunque pari a circa **179 l/s**.

Per quanto riguarda il dettaglio dei singoli distretti relativamente alla portata di punta da fornire si ha:

	NODI									
Superfici servite dai nodi di restituzione scenario 1 (ha)	0,00	0,00	18,80	49,03	50,52	65,35	49,57	0,00	48,13	281,40
Volume irriguo alla pianta (m3)	-	-	37.578	130.474	97.153	104.303	94.545	-	99.059	563.112
Volume totale da fornire (mc) **	-	-	117.892	409.330	304.794	327.225	296.612	-	310.773	1.766.626
Portata di punta giornaliera Q24 (l/s)	-	-	7,96	27,64	20,58	22,09	20,03	-	20,98	119,27
Portata di punta oraria Q16 (l/s)	-	-	11,94	41,45	30,87	33,14	30,04	-	31,47	178,91

Tabella 13: volumi irrigui e portate richieste nel periodo più idroesigente, per i vari distretti nello scenario 2

2.3 Confronto tra portate e volumi nei due scenari di progetto

Di seguito la tabella di riepilogo delle principali grandezze sopra riportate.

		DISTRETTI									
		1	2	3	4	5	6	7	9	10	TOTALE
SCENARIO 2	Superfici distretti serviti da rete irrigua scenario 2 (ha)	79,77	164,38	74,58	146,05	181,29	106,09	76,05	137,57	96,88	1.062,66
	Volume irriguo alla pianta (m3)	154.729	315.833	145.530	322.527	353.249	193.557	145.543	266.787	194.689	2.092.444
	Volume totale da fornire (mc) *	269.680	550.471	253.647	562.139	615.685	337.354	253.670	464.988	339.327	3.646.961
	Portata di punta giornaliera Q24 (l/s)	18,21	37,17	17,13	37,95	41,57	22,78	17,13	31,39	22,91	246,23
	Portata di punta oraria Q16 (l/s)	27,31	55,75	25,69	56,93	62,35	34,16	25,69	47,09	34,36	369,34
		NODI									
SCENARIO 1	Superfici servite dai nodi di restituzione scenario 1 (ha)	0,00	0,00	18,80	49,03	50,52	65,35	49,57	0,00	48,13	281,40
	Volume irriguo alla pianta (m3)	-	-	37.578	130.474	97.153	104.303	94.545	-	99.059	563.112
	Volume totale da fornire (mc) **	-	-	117.892	409.330	304.794	327.225	296.612	-	310.773	1.766.626
	Portata di punta giornaliera Q24 (l/s)	-	-	7,96	27,64	20,58	22,09	20,03	-	20,98	119,27
	Portata di punta oraria Q16 (l/s)	-	-	11,94	41,45	30,87	33,14	30,04	-	31,47	178,91

* con perdite di distribuzione primaria pari al 10% (rete in pressione)

** con perdite di distribuzione primaria pari al 50% (canali)

Tabella 14: Tabella di riepilogo e confronto tra scenario 2 e scenario 1

3 Calcolo della capacità d'invaso del lago Santarini e Azzurro

3.1 Rilievi topografici dei laghi e calcolo dei volumi utili geometrici di progetto

Al pari di quanto riportato nel Progetto di fattibilità tecnica ed economica, 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 aggiornati rispetto al Progetto di fattibilità tecnica ed economica i limiti di esercizio dei tiranti per l'invaso a fini irrigui, considerando il massimo range di tiranti sfruttabile.

3.1.1 Lago Santarini

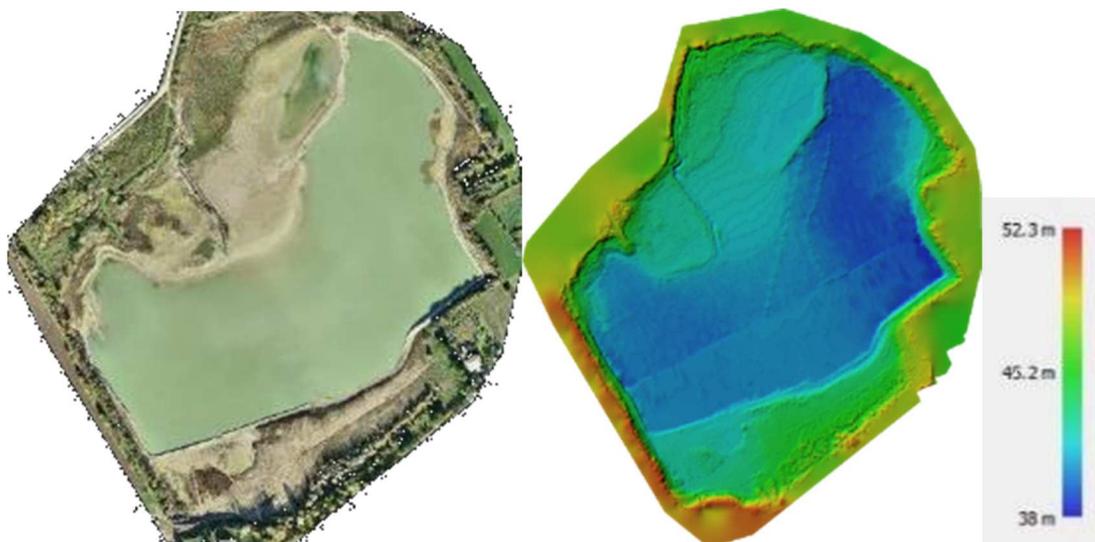


Figura 4: Ortofoto (sinistra) e DTM (destra) del lago Santarini

Quota tirante [m s.m.]	Volume [migliaia di m ³]
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

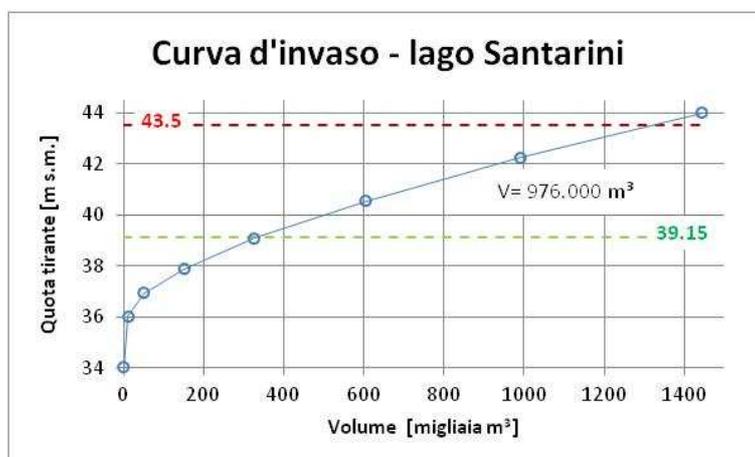


Tabella 15: valori della curva d'invaso per il lago Santarini, desunti dal rilievo

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 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 **976.000 m³**.

La superficie laterale del lago comprendente il fondo e le sponde ha un andamento con la quota pari a quello illustrato di seguito:

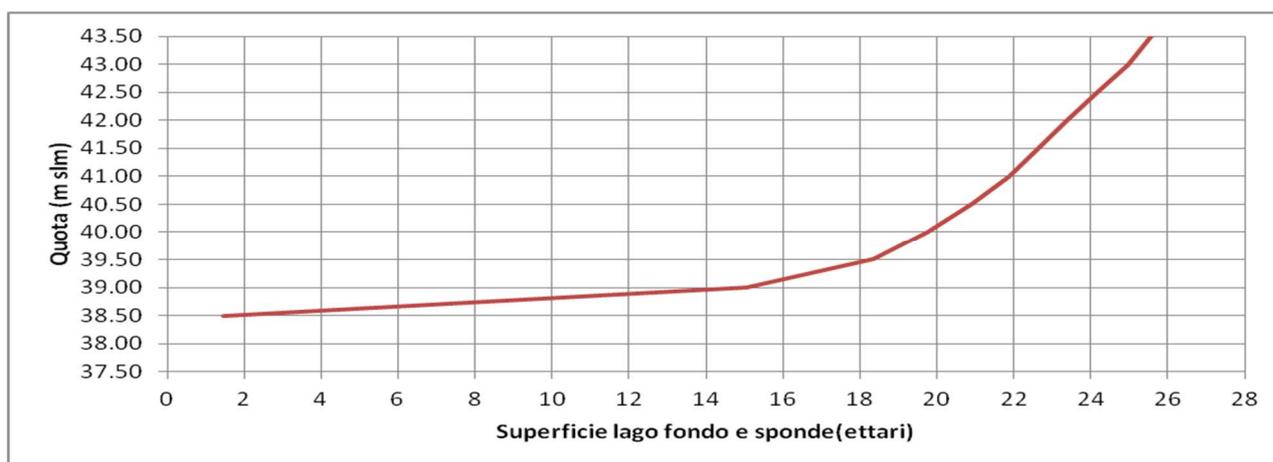


Figura 5: Curva dell'andamento della superficie reale (non proiettata) del lago Santarini in funzione delle quota considerata

3.1.2 Lago Azzurro

Per il lago Azzurro è stata prevista una totale risagomatura di sponde e fondo, al fine di:

- riempire la parte più profonda del lago da quota 23,0 m slm a quota 27,5 m slm per consentire le operazioni di impermeabilizzazione, diversamente non fattibili a causa del livello di falda sempre presente ad una quota minima di 26,0 m slm circa
- ottenere il massimo volume utile data la necessità di abbassare il livello di massimo invaso per consentire il mantenimento degli habitat lacustri presenti;
- ricostituire una zona di bosco lacustre ad una quota (33,5 m slm) compatibile con il massimo livello di riempimento stabilito (36,0 m slm)

Oltre alla livellazione del terreno e risagomatura del fondo e delle sponde del lago, si precede l'impermeabilizzazione di fondo e sponde con argille per uno strato di 60 cm. L'impermeabilizzazione non interesserà la parte posta a nord attualmente coperta dal bosco poiché già caratterizzata da materiale limoso e destinata al mantenimento del bosco.

Di seguito si riportano i grafici dei volumi che si ottengono nella configurazione di progetto,

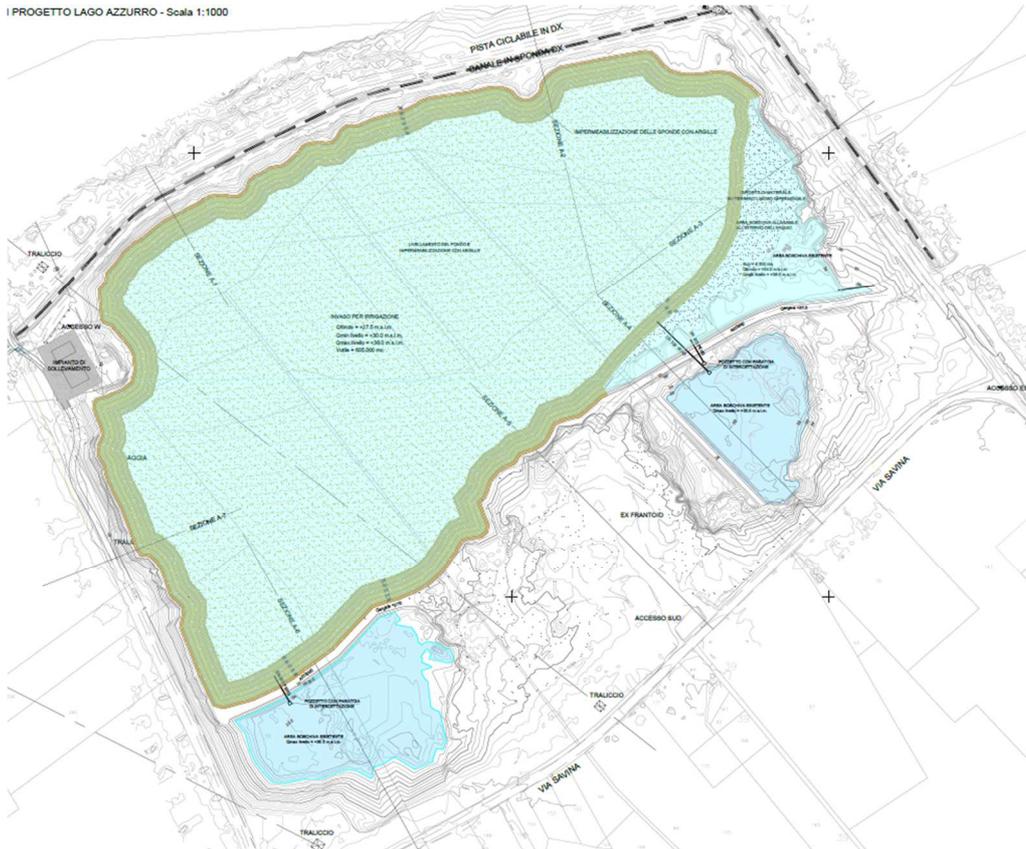


Figura 6: Planimetria di progetto del lago Azzurro del Progetto Definitivo

Quota tirante [m s.l.m.]	Volume [migliaia di m³]
27,5	0.00
28	0.16
29	0.25
30	0.35
31	0.44
32	0.54
33	0.64
34	0.75
35	0.86
36	0.98
37	1.10

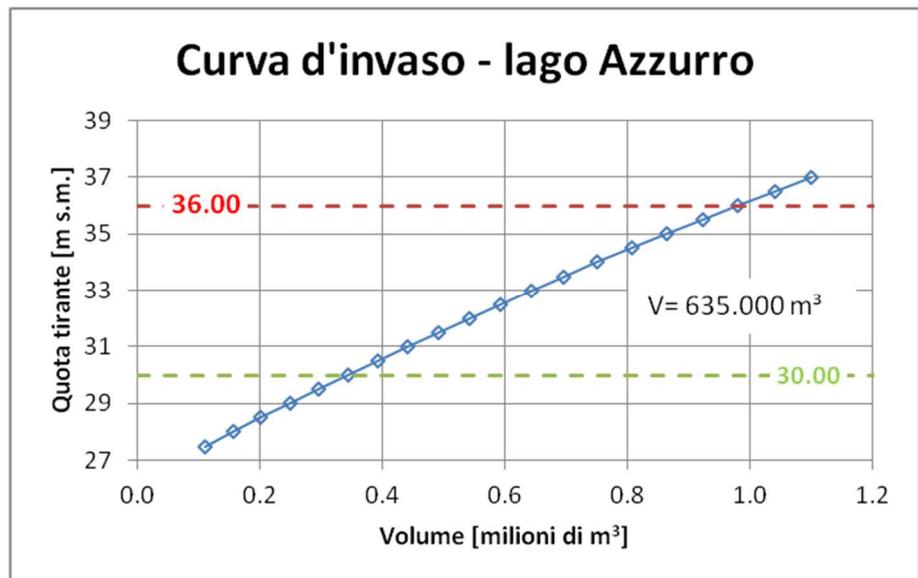


Tabella 17: valori della curva d'invaso di progetto (a seguito della riprofilatura) per il lago Azzurro

Limiti topografici invaso		Limiti di esercizio	
zmin [m s.l.m.]	zmax [m s.l.m.]	zmin [m s.l.m.]	zmax [m s.l.m.]
27,50	39,00	30,00	36,00

Tabella 18: limiti topografici di invaso nello stato di progetto 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 **635.000 m³**.

La superficie laterale del lago comprendente il fondo e sponde ha un andamento con la quota pari a quello illustrato di seguito

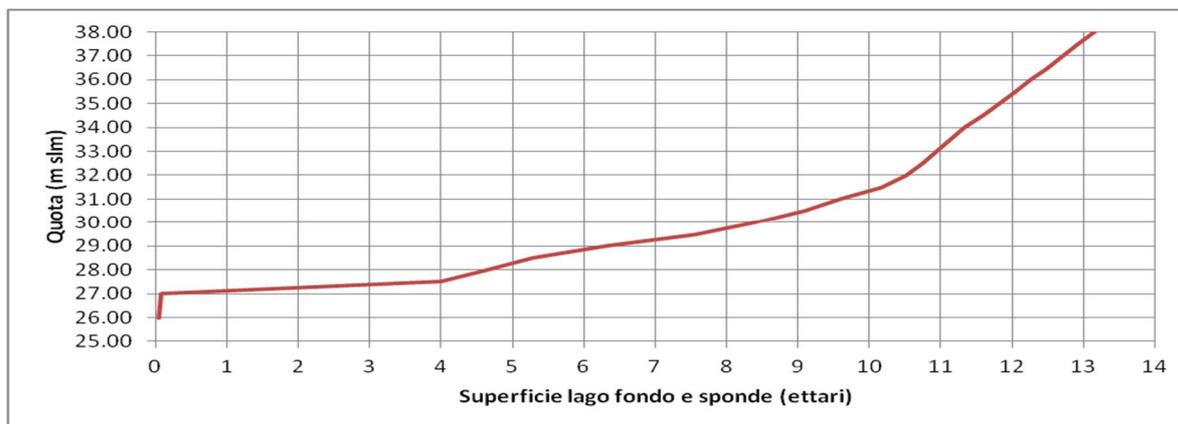


Figura 7: Curva dell'andamento della superficie reale (non proiettata) del lago Santarini in funzione delle quota considerata

3.1.3 Riepilogo dati geometrici dei laghi

I volumi utili determinati imponendo la quota minima e massima di esercizio, oltre che le aree delle superfici, sono riportati nella successiva tabella.

		Santarini	Azzurro
Quote [m s.l.m.]	del punto più depresso	33,96	27,50
	massima di contenimento idrico	44,00	39,00
	minima di progetto	39,15	30,00
	massima di progetto	43,50	36,00
	tirante massimo di progetto [m]	4,35	6,00
volumi utili		976.000	635.000
superficie di fondo [ettari]		23,80	9,47
superficie laterale fino a quota massima di progetto [ettari]		2,00	3,69

Tabella 19: dati sulle quote 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 disponibile all'accumulo di risorsa idrica di **1.611.000 m³**.

3.2 Calcolo dei volumi utili per l'irrigazione

Sulla base delle considerazioni di aggiornamento contenute nella Relazione idrogeologica del Dott. Geol. Fiorini, alla quale si rimanda per ogni approfondimento, si sono ottenuti i seguenti volumi utili:

Laghi	Santarini	Azzurro
Volume utile iniziale (m³)	976.000	635.000
Piovosità (m³)	101.000	46.374
Evapotraspirazione (m³)	249.464	113.694
Infiltrazione (m³)	354.255	0
Volume utile disponibile (m³)	473.281	567.680

Tabella 20: volumi utili disponibili per l'irrigazione a fine stagione, considerato il bilancio globale di piogge, infiltrazione ed evaporazione

Il volume utile disponibile totale per l'irrigazione è perciò pari a 1.040.961 m³.

3.3 Stima del volume d'acqua restituito al suolo a seguito dell'attività irrigua

3.3.1 Dati di partenza

Per la stima del volume d'acqua restituito al suolo a seguito dell'attività irrigua si fa riferimento ai dati di partenza riportati nella Relazione idrogeologica redatta dal Geologo Eugenio Fiorini e nelle relazioni di progetto redatte dall'Ing. Marco Donati.

Dai suddetti elaborati di progetto deriva che la disponibilità di acqua per l'irrigazione¹ (o l'allagamento delle aree lacustri limitrofe al lago Azzurro) è pari a 1.040.961 m³.

Il volume di acqua disponibile risulta maggiore rispetto a quello effettivamente recapitabile alle colture a causa delle perdite derivanti dall'inefficienza dei sistemi di recapito della risorsa.

In particolare, si confermano i parametri di efficienza riportati nella "Relazione tecnica e descrittiva sulle esigenze irrigue dei distretti in sinistra e destra Marecchia" redatta dal Consorzio di bonifica della Romagna nel 2014 (prot. consortile n.1287/RN179).

- Efficienza del sistema di distribuzione del gestore

Posta pari al 50% per i due canali a cielo aperto in destra e sinistra idraulica del fiume Marecchia.

- Efficienza del sistema di distribuzione aziendale

Posta pari al 85% per reti di distribuzione in pressione (condotte interrate).

- Efficienza del sistema di irrigazione

Si è assunta un'efficienza pari al 85% relativa al metodo irriguo a goccia².

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

3.3.2 Stima del volume d'acqua restituito al suolo a seguito dell'attività irrigua

Considerando le perdite derivanti dall'inefficienza dei sistemi di recapito si ha:

- Perdita per inefficienza sistema di distribuzione del gestore:

$$P_1 = 1.040.961 * 0.5 = 520.481 \text{ m}^3$$

- Volume residuo a valle del sistema di distribuzione del gestore

$$V_1 = 1.040.961 - 520.481 = 520.481 \text{ m}^3$$

¹ Comprensiva dell'attività irrigua del campo golf e del signor Montanari, attuale proprietario del lago Santarini.

² Metodo irriguo più efficiente e quindi auspicabilmente più impiegato per gli sviluppi futuri.

- Perdita per inefficienza sistema di distribuzione aziendale:

$$P_2 = 520.481 \cdot 0.15 = 78.072 \text{ m}^3$$

- Volume residuo a valle del sistema di distribuzione aziendale:

$$V_2 = 520.481 - 78.072 = 442.408 \text{ m}^3$$

- Perdita per inefficienza sistema di irrigazione:

$$P_3 = 442.408 \cdot 0.15 = 66.361 \text{ m}^3$$

- Volume residuo "alla pianta":

$$V_3 = 442.408 - 66.361 = 376.047 \text{ m}^3$$

I coefficienti di efficienza utilizzati sono, pertanto, i seguenti:

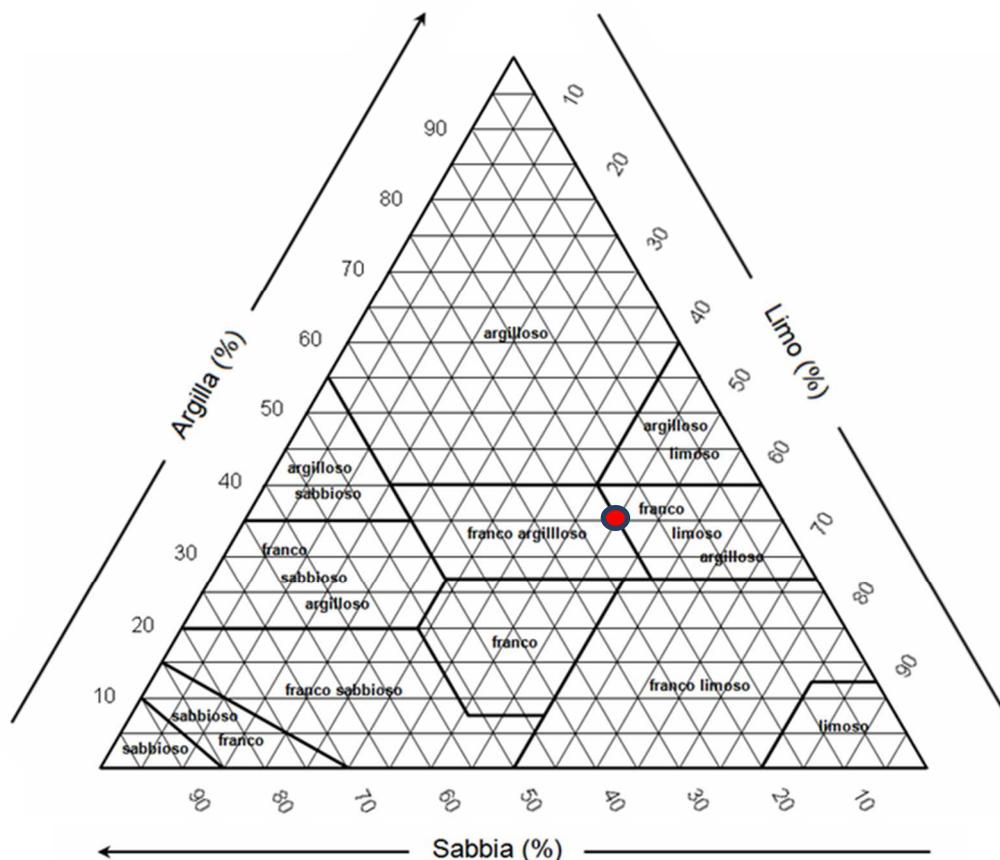
- Efficienza del sistema di distribuzione del gestore: **50%** (per i due canali a cielo aperto in destra e sinistra idraulica del fiume Marecchia).
- Efficienza del sistema di distribuzione aziendale: **85%** (per reti di distribuzione in pressione - condotte interrato).
- Efficienza del sistema di irrigazione: **85%** (relativa al metodo irriguo a goccia)

Pertanto, moltiplicando i coefficienti di efficienza utilizzati, si ricava un'efficienza complessiva del sistema di recapito della risorsa pari al 36% (arrotondato per difetto).

$$E = 0.5 * 0.85 * 0.85 = 0.36$$

- Volume massimo prelevato dalle colture:

Secondo le indicazioni ricevute dal geologo Dott. Eugenio Fiorini, la tessitura del cotico agrario nell'area del bacino irrigato può essere assunta mediamente come segue: 20 % sabbia, 45 % limo, 35 % argilla.



Inserendo tali valori nel triangolo della tessitura si ha che il terreno risulta essere tra franco limoso e franco limoso argilloso.

Da un approfondimento sulle tipologie di suolo descritte all'interno delle delineazioni della Carta pedologica regionale alla scala 1.50000 (ed. 2021), comprese all'interno dell'area di intervento, è emersa la seguente sintesi relativa alla profondità media stimata del tetto delle ghiaie:

Tipologie di suolo con ghiaie	Profondità media del tetto delle ghiaie (cm)	Scheletro superf. (%)	Classe permeabilità	Permeabilità (cm/h)	Presenza % sull'areale totale
BARy	120	5	mod. bassa	0,035-0,35	16,61
CON5	100	15	mod. alta	0,35-3,5	16,61
GATz	70	30	mod. alta	0,35-3,5	4,24
MRC1	100	30	alta	3,5-35	23,15
TOTALE					60,61

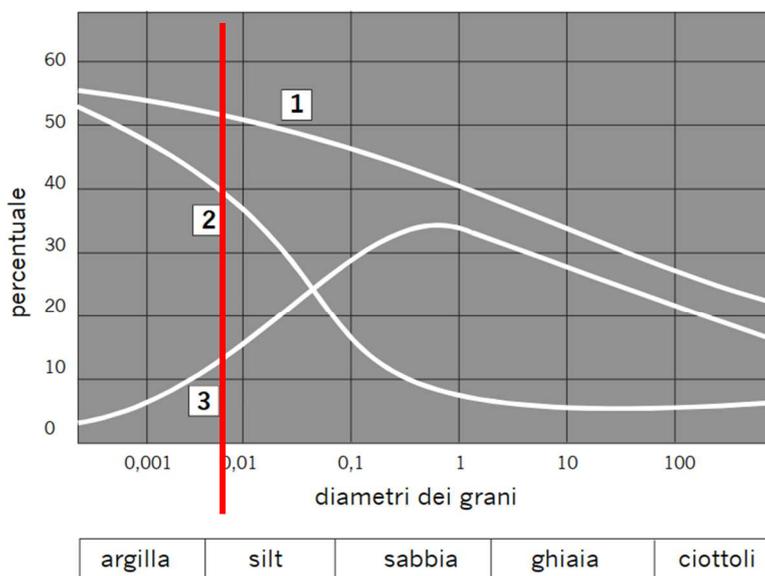
Fonte CER: ASPETTI PEDOLOGICI RELATIVI AD UN TRATTO DI TERRITORIO SITUATO ALL'INTERNO DI BACINI IRRIGUI NELLA CONOIDE DEL F. MARECCHIA (RN).

Documento riportato in appendice.

Dalla lettura della tabella, emerge una stima della presenza di ghiaie ad una profondità variabile fra i 70 ed i 120 cm dal piano campagna, in almeno il 60% dell'area interessata dai bacini irrigui considerati. Inoltre, si stima una incidenza di scheletro, variabile dal 5 al 30 %, all'interno dello strato utile esplorato dagli apparati radicali.

La particolarità di questi suoli, associata alla loro tessitura (suoli franco limosi/franco limosi argillosi), fa ritenere verosimile una porosità efficace¹ che si attesta intorno a valori pari al 15% del volume dei suoli.

Relazioni tra porosità, porosità efficace e ritenzione specifica



1: curva della porosità; 2: curva della ritenzione specifica 3: curva della porosità efficace
(Davis, de Wiest, 1966)

In base a quanto espresso sopra si considera, cautelativamente, un volume perso per infiltrazione negli strati più profondi, pari al 7,5% del volume irriguo stagionale.

Da ciò si ricava che il volume di acqua connesso all'irrigazione restituito al suolo sia pari a:

$$P_4 = 376.047 \cdot 0.075 = 28.204 \text{ m}^3$$

Ne consegue che il volume d'acqua totale di percolazione negli strati profondi del terreno risulta pari a:

$$P = 520.481 + 78.072 + 66.361 + 28.204 = 693.117 \text{ m}^3$$

Nota: le considerazioni del presente paragrafo fanno riferimento allo scenario di progetto "1", cioè quello che si configura con la realizzazione del presente progetto. Tale scenario prevede l'impiego di entrambi i canali consortili in destra e sinistra Marecchia (che generano perdite pari a circa il 50% della risorsa veicolata) per l'adduzione della risorsa idrica.

Nello scenario di progetto "2", invece, che prevede la realizzazione della rete di distribuzione capillare, il vettoriamento tramite i canali verrà sostituito dalla condotta di adduzione di nuova realizzazione. Considerando questo scenario, l'efficienza del sistema di distribuzione del gestore diventerebbe circa del 90%.

¹ La porosità efficace (pe) esprime la quantità dei vuoti che può consentire la circolazione dell'acqua gravifica ed è relativa alla % di vuoti interconnessi o intercomunicanti dei vuoti della roccia, in grado di contenere acqua libera (cioè capace di muoversi sotto l'effetto della forza di gravità). Viene definita anche come porosità effettiva o dinamica o interconnessa o come coefficiente di percolazione.

Pertanto, i calcoli riportati nel presente paragrafo andrebbero reiterati considerando questo nuovo dato, ma a partire da un volume irriguo considerevolmente maggiore (circa 4 milioni di metri cubi, come da relazione di calcolo), in grado di soddisfare il fabbisogno dell'intero areale.

Seppur vi sia, in questo nuovo scenario, una diminuzione in termini percentuali delle perdite dovuta all'efficienza della nuova condotta di adduzione, esse si incrementeranno in termini assoluti a fronte del maggiore volume di risorsa immessa in partenza.

4 Dimensionamento della rete irrigua di distribuzione primaria

Per dimensionare la sola rete di distribuzione primaria (non considerando le reti secondarie di distribuzione ai distretti irrigui poiché non fanno parte del presente progetto) si è partiti dalla conoscenza dei valori di portata richiesta ai nodi che servono i relativi distretti irrigui.

Le portate ottenute sono riportate nella tabella seguente.

Nodo	Distretti serviti	Portata oraria di punta servita Q16 (l/s)
1	1 e 2	83,06
3	3	25,69
4	4	56,93
5	5	62,35
6	6	34,16
7	7	25,69
9-10	9 e 10	82,41

Tabella 21: Portate orarie di punta Q16 da servire nei vari nodi

Successivamente, tramite l'utilizzo del software di simulazione idraulica di reti in pressione EPANET, prevedendo l'uso di ghisa sferoidale per acquedotto (scabrezza Hazen-Williams $c=100$ tenendo conto di un grado di invecchiamento della condotta di 20-30 anni), si sono definiti i diametri dei vari tratti di rete e le caratteristiche del sistema di pompaggio.

In Figura 8 si riportano graficamente i risultati della simulazione in EPANET che identificano con categorie cromatiche i valori di velocità nei tratti di condotta e di carico piezometrico ai nodi; in Tabella 22 e Tabella 23 si riportano i rispettivi risultati numerici.

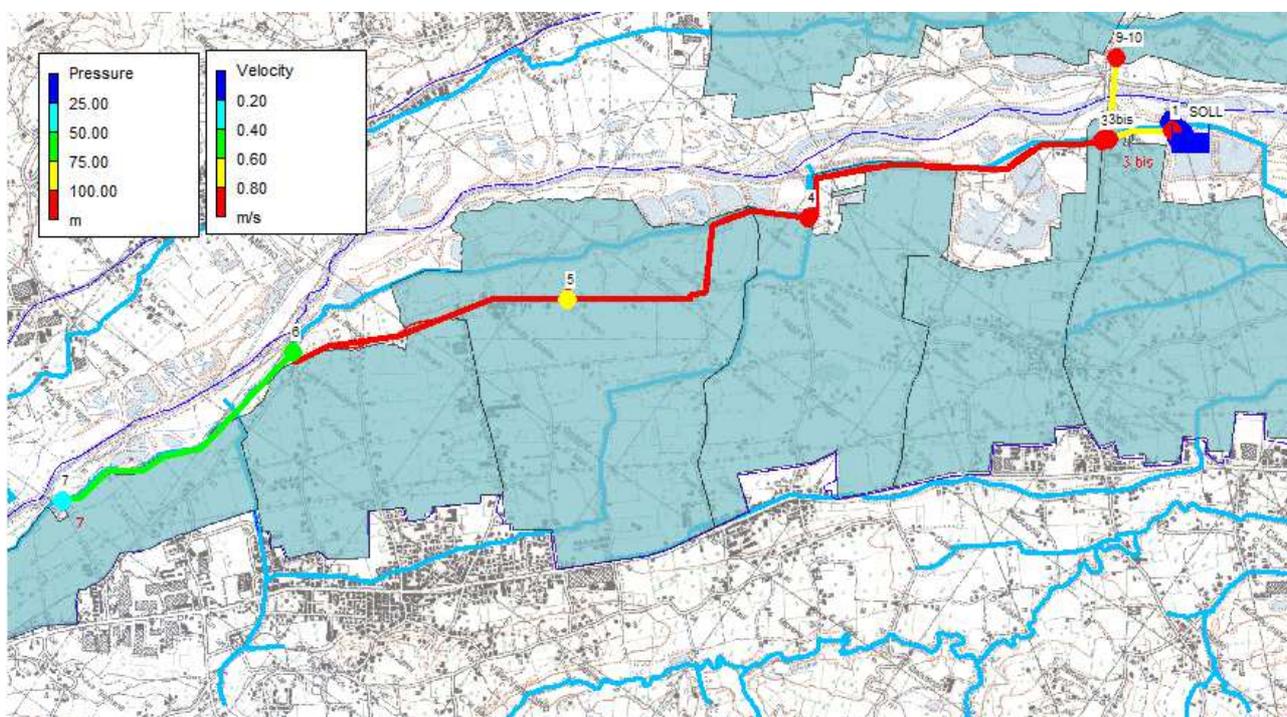


Figura 8: Rappresentazione della rete di progetto dalla schermata software EPANET

Tratto	DN (mm)	Velocità (m/s)
Soll-1	800	
1-3bis	800	0,67
3bis-(9-10)	400	0,66
3bis-3	800	0,51
3-4	600	0,81
4-5	500	0,88
5-6	300	0,85
6-7	250	0,52

Tabella 22: dimensioni dei tubi e velocità dell'acqua nei vari tratti della condotta

Nei nodi si hanno i seguenti carichi piezometrici:

Nodo	Carico piezometrico (m)
1	137,35
3	125,98
4	109,93
5	90,79
6	58,29
7	46,88
9-10	125,12

Tabella 23: carico piezometrico presente nei nodi della rete

5 Dimensionamento dell'impianto di sollevamento

All'interno dell'area del sollevamento troveranno spazio il vano di alloggio delle pompe e degli organi di manovra e il locale tecnico per i quadri elettrici e i trasformatori.

L'impianto di sollevamento sarà composto da 2 gruppi di pompaggio costituiti ciascuno da 2 elettropompe da 250 l/s di cui una di riserva all'altra. Su ciascuno dei 2 gruppi sarà installata una pompa pilota per le fasi di avviamento e arresto dell'impianto.

I 2 gruppi di pompaggio lavoreranno su 2 camere distinte e saranno destinati separatamente al pompaggio in rete delle acque del lago e di quelle in arrivo dalla rete delle acque depurate.

In questo modo si fa sì che le acque depurate non entrino all'interno del lago ma si miscelino con quelle del lago stesso all'interno della tubazione.

In questo progetto definitivo si prevedono solo le opere di predisposizione impiantistica della rete di pompaggio delle acque depurate in sinistra idraulica del fiume Marecchia, che ad oggi non risulta essere ancora presente; tali opere di predisposizione sono costituite dalla condotta di derivazione in attraversamento al fiume Marecchia e dai vani tecnici dell'impianto di pompaggio presso il lago Azzurro.

L'impianto (Figura 9) è progettato per immettere acqua nella condotta premente da 2 diversi gruppi di pompaggio, ciascuno dotato di un misuratore di portata che consentirà di monitorare i consumi e il grado di miscelazione delle 2 tipologie di acque utilizzate.

Nelle more dell'installazione del gruppo di pompaggio dedicato all'acqua depurata, l'impianto funzionerà con un solo gruppo di pompaggio ed un unico misuratore di portata.

Nella configurazione finale le 2 camere e i relativi gruppi di pompaggio saranno completamente interscambiabili in modo da avere massima flessibilità nella gestione e nelle operazioni di manutenzione potendo sfruttare a piacimento una delle 2 risorse idriche in caso di mandata.

Il punto di lavoro del gruppo di pompaggio è determinato dalla prevalenza totale dell'impianto e dalle portate richieste. Il punto di lavoro dei due gruppi di pompaggio è stato definito sulla base del risultato della simulazione in EPANET, che complessivamente dovrà garantire le seguenti caratteristiche:

Portata (l/s)	370,00
Prevalenza (m)	140,35

In una prima fase transitoria, antecedente alla predisposizione della derivazione dell'acqua proveniente dal depuratore e alla realizzazione delle reti di distribuzione secondaria, tale portata sarà garantita dal solo il gruppo di pompaggio associato al prelievo di acqua dal lago, che sarà dotato in prima istanza di una sola pompa principale da 250 l/s e dalla pompa pilota; successivamente, la portata verrà suddivisa tra i due gruppi di pompaggio tramite il funzionamento degli inverter e la lettura dei misuratori installati, in modo da garantire il grado di miscelazione di progetto tra acque prelevate da lago e acque da depuratore (funzione del volume utile irriguo disponibile nei laghi).

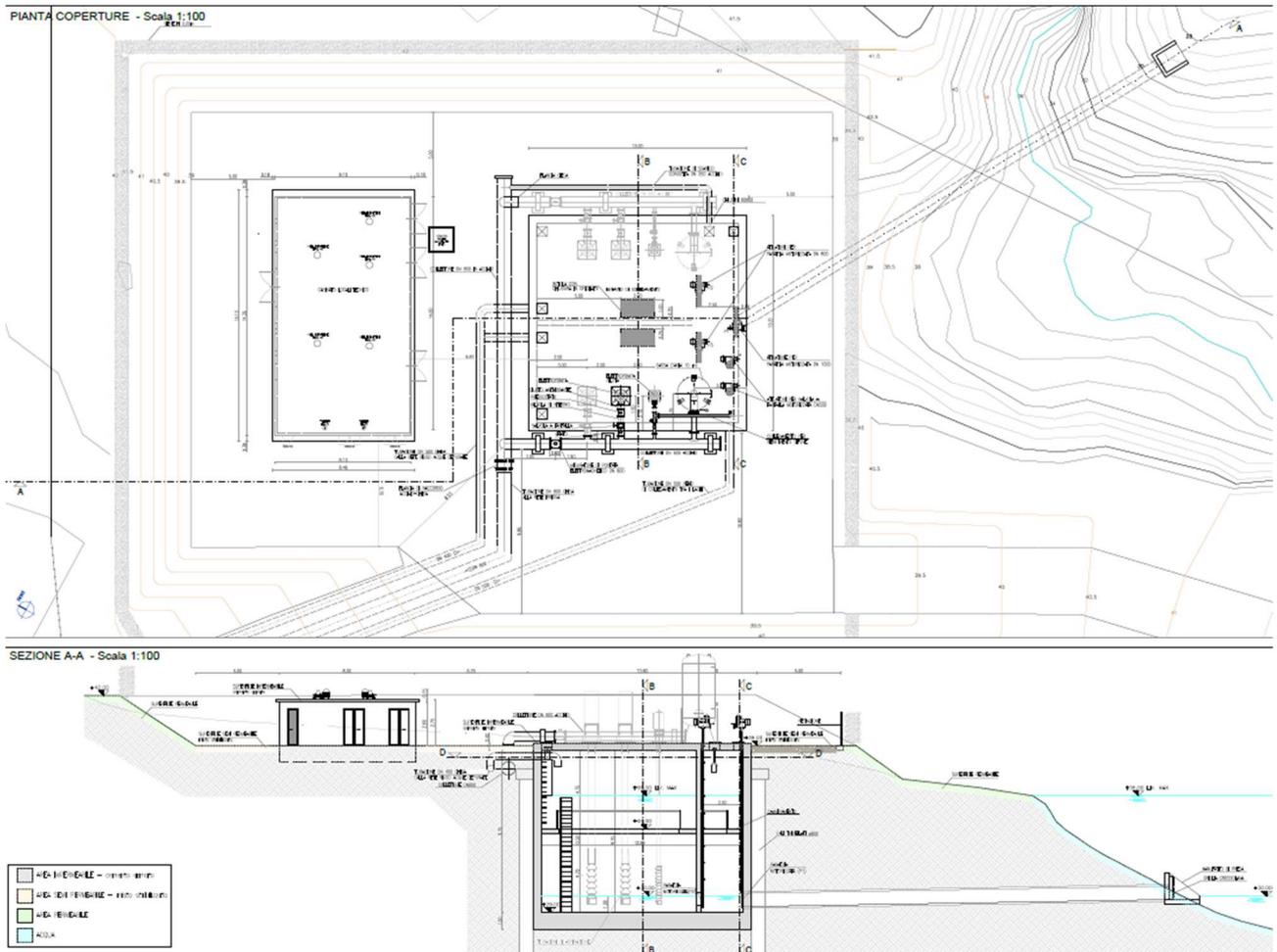


Figura 9: Pianta e sezione impianto di sollevamento

6 Dimensionamento della tubazione di collegamento tra i due laghi

Per convogliare l'acqua accumulata nel lago Santarini al sollevamento posto in prossimità del lago Azzurro si è prevista una condotta con funzionamento "a sifone" in grado di trasferire l'acqua senza sollevamenti meccanici sfruttando la differenza di livello tra il "serbatoio" di monte e quello di valle, vincendo il dislivello dovuto alla presenza delle sponde.

Per il dimensionamento del sifone si è applicata l'equazione di Bernoulli tra la superficie del lago Santarini e l'uscita del sifone nell'impianto di sollevamento lato lago Azzurro, sotto le seguenti ipotesi:

- pressione assoluta della superficie del lago Santarini pari alla pressione atmosferica, quindi pressione relativa nulla ($p_1 = 0$);
- velocità della corrente al pelo libero del lago Santarini trascurabile ($v_1 = 0$);
- moto stazionario;

si ottiene:

$$z_1 = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + \Delta H_{c,1-2} + \Delta H_{d,1-2}$$

dove:

- z_1 e z_2 sono rispettivamente le quote del pelo libero del lago Santarini e dell'uscita della tubazione all'interno del sollevamento presso il lago Azzurro;
- p_2 è la pressione presente all'uscita della tubazione lato Azzurro;
- $\gamma = \rho \cdot g$, peso specifico dell'acqua dato dalla sua densità (1000 kg/m^3) moltiplicato per l'accelerazione di gravità;
- $v_2 = v = \frac{Q}{A}$ è la velocità dell'acqua all'interno del tubo, pari al rapporto tra la portata e l'area della sezione trasversale, costante lungo tutto il tubo;
- $\Delta H_{c,1-2}$ e $\Delta H_{d,1-2}$ sono le perdite di carico tra i punti 1 e 2 dovute rispettivamente alle perdite concentrate e distribuite.

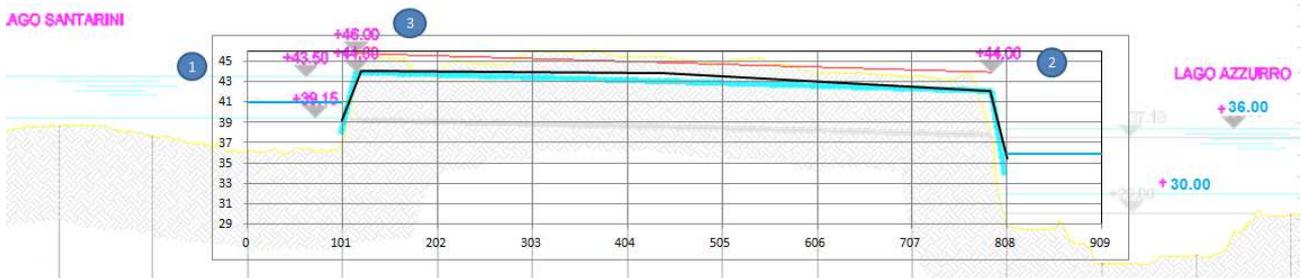


Figura 10: schema di predisposizione del sifone

La pressione p_2 è pari al battente idrico al di sopra dell'uscita della tubazione lato lago Azzurro, cioè pari alla differenza tra la quota del pelo libero del lago Azzurro e la quota della sezione di uscita del tubo, nel caso di battente superiore di quest'ultima, altrimenti è pari a 0.

Le perdite di carico concentrate sono calcolabili una volta noti i componenti idraulici presenti che le determinano, cioè i coefficienti di perdita k_i associati a questi ultimi, che in questo caso sono le curve presenti lungo il tracciato, oltre che l'imbocco e l'uscita della tubazione.

$$\Delta H_{c,1-2} = \sum_i k_i \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Le perdite di carico distribuite sono determinabili da:

$$\Delta H_{d,1-2} = J \cdot L$$

dove:

- J è la cadente piezometrica;
- L è la lunghezza complessiva della tubazione tra i punti 1 e 2.

La cadente piezometrica è determinabile dalla formula di Chezy parametrizzata secondo Gauckler-Strickler:

$$J = 10,29 \cdot \frac{v^2 \cdot A^2}{K_s^2 \cdot D^{5,33}}$$

dove:

- K_s è la scabrezza Gauckler-Strickler;
- D è il diametro del tubo.

Perciò si ottiene:

$$z_1 = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + 10,29 \cdot \frac{v^2 \cdot A^2 \cdot L}{K_s^2 \cdot D^{5,33}} + \sum_i k_i \cdot \frac{v^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} \left(1 + \sum_i k_i + 10,29 \cdot \frac{A^2 \cdot L \cdot 2g}{K_s^2 \cdot D^{5,33}} \right)$$

Da cui, esplicitando v si ha:

$$v = \sqrt{\frac{(z_1 - z_2 - \frac{p_2}{\gamma}) \cdot 2g}{1 + \sum_i k_i + 10,29 \cdot \frac{A^2 \cdot L \cdot 2g}{K_s^2 \cdot D^{5,33}}}}$$

Affinchè sia garantito il flusso all'interno del sifone è necessario che nel punto a quota maggiore della condotta sia presente una pressione superiore a quella critica, cioè quella per cui si iniziano a formare bolle (circa -6 m H_{2O} cioè -58,8 kPa a 20°C) dovute all'espansione dei gas disciolti nel liquido.

La pressione p_3 nel punto più alto della condotta viene ottenuta applicando l'equazione di Bernoulli tra quest'ultimo punto e il pelo libero del lago Santarini, ottenendo:

$$z_1 = z_3 + \frac{p_3}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + \Delta H_{c,1-3} + \Delta H_{d,1-3}$$

dove:

- z_3 è la quota del punto più alto della tubazione;
- $\Delta H_{c,1-3}$ e $\Delta H_{d,1-3}$ sono le perdite di carico tra i punti 1 e 3 dovute rispettivamente alle perdite concentrate e distribuite.

Da cui, esplicitando p_3 si ottiene:

$$p_3 = \gamma \cdot \left(z_1 - z_3 - \frac{v^2}{2g} - \Delta H_{c,1-3} - \Delta H_{d,1-3} \right)$$

Per evitare rientri di aria nella parte terminale lato lago Azzurro, l'uscita della tubazione è prevista con conformazione ad "U".

Come detto, affinché il sifone funzioni è importante che nel punto a pressione inferiore non si raggiunga la pressione critica, perciò il sifone in oggetto è stato progettato nella parte terminale con due uscite a quote

differenti in modo da garantire il funzionamento anche con livello del pelo libero del lago Santarini basso; esso consiste in un tubo che esce a 35,50 m slm con una portata minima 148 l/s per quando il Santarini è a quota compresa tra 35,50 m slm e 41,00 m slm, e in un tubo che esce a 33,00 m slm per quando il Santarini è a quota superiore a 41,00 m slm, garantendo in questo modo una portata compresa tra 219 l/s a 251 l/s.

L'innesco del sifone avviene grazie alla pompa posizionata all'interno del lago Santarini con valvola antiriflusso, che deve riempire completamente la condotta, mentre l'estremità della tubazione lato Azzurro è chiusa, facendo uscire l'aria da un pozzetto collocato nel punto a massima quota della tubazione (adoperabile anche al fine di rimuovere eventuali sacche d'aria che dovessero accumularsi qui durante l'esercizio); una volta che tutta la tubazione è colma d'acqua si interrompe il pompaggio, si chiude il pozzetto del punto a massima quota e si apre la valvola lato lago Azzurro permettendo l'avvio del sifone.

Di seguito si riportano i risultati relativi ai parametri di funzionamento ottenuti relativamente al caso più sfavorevole (lago Santarini al minimo):

z1			39,15 m sm		
p1	0	kPa			
v1	0	m/s			

z2			35,50 m sm		
z lago Azzurro	30,00	m sm			
p2	0	kPa			
v	1,13	m/s			

z3			43,78 m sm		
p3	-58,7	kPa			

Q			148 l/s		
----------	--	--	----------------	--	--

perdite di carico distribuite		
J_Chezy+G-S	0,003	m/m
J_emp_H-W	0,003	m/m
L	1019	m
L1-3	353	m
DhL1-2	2,7	m

perdite di carico concentrate		
ingresso	1,5	
nel percorso	5,8	
uscita	1,9	
DhC1-2	0,6	m

totale perdite di carico		
Dh1-2	3,6	m
Dh1-3	1,3	m

caratteristiche tubo		
materiale tubo	PE	
D esterno	500	mm
D interno	409,2	mm
A	0,132	m ²
Ks	95	m ^{1/3} /s

Tabella 24: risultati per caso più sfavorevole con lago Santarini al minimo

Per una quota di uscita del tubo lato Azzurro pari a 35,50 m si ha una pressione minima nella tubazione di -58,7 kPa, che risulta superiore a -58,8 kPa, perciò è soddisfatta la condizione di continuità del sifone, e la portata che si ottiene è di 148 l/s.

Per il caso di Santarini riempito per metà e lago Azzurro vuoto si ha:

z1			41,00 m sm		
p1	0	kPa			
v1	0	m/s			

z2			33,00 m sm		
z lago Azzurro	30,00	m sm			
p2	0	kPa			
v	1,67	m/s			

z3			43,78 m sm		
p3	-56,4	kPa			

Q			219 l/s		
----------	--	--	----------------	--	--

perdite di carico distribuite		
J_Chezy+G-S	0,006	m/m
L	1019	m
L1-3	353	m
DhL1-2	6,6	m

perdite di carico concentrate		
ingresso	1,5	
nel percorso	5,8	
uscita	1,9	
DhC1-2	1,3	m

totale perdite di carico		
Dh1-2	7,9	m
Dh1-3	2,8	m

caratteristiche tubo		
materiale tubo	PE	
D esterno	500	mm
D interno	409,2	mm
A	0,132	m ²

Ks	95	m ^{^(1/3)/s}
----	----	-----------------------

Tabella 25: risultati per il caso del lago Santarini con pelo libero a quota intermedia

Nel caso succitato la quota di uscita del tubo di 33,00 m permette di aumentare la portata a 219 l/s, rimanendo nel punto a quota maggiore al di sopra della pressione critica.

Con il lago Santarini pieno e lago Azzurro vuoto si ha invece una portata di 251 l/s, massima portata di travaso ottenibile:

z1			43.50 m sm		
p1	0	kPa			
v1	0	m/s			

z2			33.00 m sm		
z lago Azzurro	30.00	m sm			
p2	0	kPa			
v	1.91	m/s			

z3			43.78 m sm		
p3	-40.9	kPa			

Q			251 l/s		
----------	--	--	----------------	--	--

perdite di carico distribuite		
J_Chezy+G-S	0.008	m/m
L	1019	m
L1-3	353	m
DhL1-2	8.6	m

perdite di carico concentrate		
ingresso	1.5	
nel percorso	5.8	
uscita	1.9	
DhC1-2	1.7	m

totale perdite di carico		
Dh1-2	10,3	m
Dh1-3	3,7	m

caratteristiche tubo		
materiale tubo	PE	
D esterno	500	mm
D interno	409,2	mm
A	0,132	m ²

Ks	95	m ^{^(1/3)/s}
----	----	-----------------------

Tabella 26: risultati per il caso del lago Santarini con pelo libero a quota massima

7 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.

8 Appendice

APPENDICE: STUDIO CONDOTTO DAL GEOLOGO STEFANO RAIMONDI

ASPETTI PEDOLOGICI RELATIVI AD UN TRATTO DI TERRITORIO SITUATO ALL'INTERNO DI BACINI IRRIGUI NELLA CONOIDE DEL F. MARECCHIA (RN).

Introduzione

Su richiesta del Consorzio di bonifica della Romagna (CBR) e nell'ambito delle attività previste dalla convenzione Cerlink, è stata eseguita un'analisi documentale delle informazioni pedologiche attinenti ai due bacini idrici posti rispettivamente in sinistra e destra F. Marecchia, fra i centri abitati di S. Arcangelo di Romagna, Poggio Berni, Villa Verucchio e Spadarolo, tutti situati nella provincia di Rimini. I due bacini hanno un'estensione complessiva di 2377 ha ed insistono, ad esclusione di alcuni versanti collinari di ridottissima estensione, sulla conoide alluvionale del fiume Marecchia. Più precisamente, essi comprendono, a sud-ovest, un settore di pianura intravalliva e, a nord-est, uno definibile di conoide amalgamata¹. Nel primo, si osserva uno spessore, non superiore ai 10 m, di depositi prevalentemente ghiaiosi direttamente appoggiati sul substrato impermeabile marino; il secondo è sempre costituito da ghiaie prevalenti, ma per uno spessore massimo di 80 m, al di sopra delle argille marine (*Regione Emilia-Romagna, 2014*). Per quanto riguarda gli aspetti pedologici, è disponibile on line la più recente versione della Carta dei Suoli alla scala 1:50000 (*Regione Emilia-Romagna, 2021*).

I suoli

Sovrapponendo, tramite strumenti GIS, l'area di pertinenza dei due bacini idrici sulla Carta dei suoli regionale alla scala 1:50000, è possibile identificare una serie di delineazioni, appartenenti a differenti Unità Cartografiche (U.C.).

¹ Termine utilizzato nella pubblicazione “*Ricarica in condizioni controllate della conoide del Fiume Marecchia (Rimini), avvio della sperimentazione e primi risultati*” – Regione Emilia – Romagna, 2014.

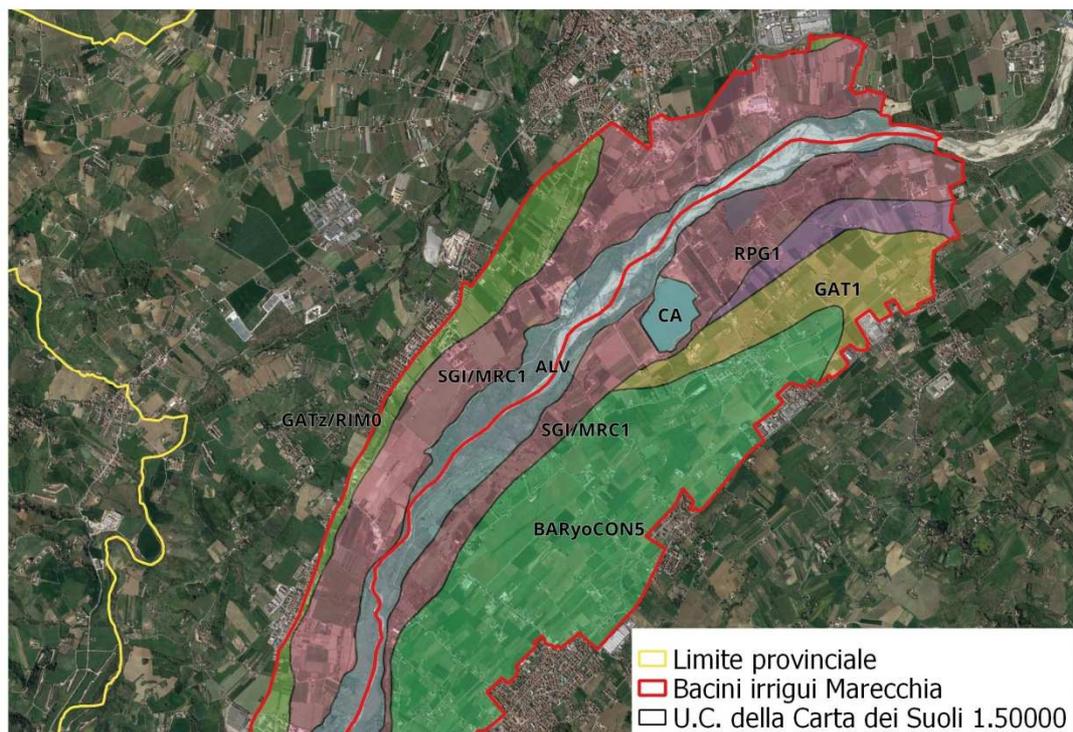


Figura 11: Principali delineazioni di suolo comprese all'interno dei bacini irrigui esaminati. ALV = alveo del fiume Marecchia ed aree golenali; CA = lago Santarini.

In totale, sono state identificate 16 delineazioni o parti di delineazioni, delle quali 8 di estensione < 10 ha, una di 26 ha, corrispondente ad un'ex cava (lago Santarini) ed un'ultima, di oltre 400 ha, comprendente l'alveo del Marecchia e le rispettive aree golenali. Nel complesso, pertanto, sono risultate significative, al fine dell'analisi prevista, sei delineazioni, delle quali due appartenenti alla stessa Unità Cartografica (SGI/MRC1). La tabella seguente mostra, per ciascuna Unità Cartografica, la sigla e la corrispondente estensione in ettari:

Unità Cartografica	Ettari
BARyoCON5	636,80
GAT1	164,62
GATz/RIM0	162,51
RPG1	65,71
SGI/MRC1	887,61
Totale	1917,25

Tabella 27: Estensione areale delle maggiori Unità Cartografiche presenti all'interno dei bacini esaminati. In azzurro, le sigle delle tipologie di suolo caratterizzate dalla presenza di ghiaie entro 150 cm dal p.c.

Facendo riferimento alle tipologie di suoli indicate nelle sigle, che compongono la dicitura delle Unità Cartografiche, si descrivono di seguito alcune delle loro qualità più significative, estratte dall'Archivio regionale dei suoli (codice F5008). Si segnala inoltre che, nell'**Allegato 1** sono riportati, con maggior dettaglio, i principali caratteri degli orizzonti nella sequenza-tipo di ciascun suolo.

U.C. BARyoCON5: Suoli non associati Variante di BARCO a profilo troncato o CONFINE franco argilloso ghiaiosi

I suoli *Variante di BARCO a profilo troncato* hanno profondità utile alle radici moderatamente elevata o elevata sopra strati [a prevalente componente ghiaiosa](#); hanno disponibilità di ossigeno buona, permeabilità moderatamente bassa.

I suoli *CONFINE franco argilloso ghiaiosi* hanno profondità utile moderatamente elevata [sopra strati ghiaiosi](#), buona disponibilità di ossigeno e permeabilità da moderatamente alta ad alta.

U.C. GAT1: Consociazione dei suoli GATTEO argilloso limosi

I suoli *GATTEO argilloso limosi* hanno profondità utile moderatamente elevata sopra orizzonti ad accumulo di carbonato di calcio e con facce di pressione e scorrimento, moderata disponibilità di ossigeno e permeabilità moderatamente bassa.

U.C. GATz/RIM0: Complesso Variante ghiaiosa dei suoli GATTEO / RIMINI

I suoli *Variante ghiaiosa dei suoli GATTEO* hanno profondità utile moderatamente elevata [sopra strati ghiaiosi](#), buona disponibilità di ossigeno e permeabilità moderatamente alta.

I suoli *RIMINI franco argillosi limosi e argillosi limosi* hanno profondità utile da elevata a molto elevata, disponibilità di ossigeno da buona a moderata e permeabilità moderatamente bassa.

U.C. RPG1: Consociazione dei suoli RIO PAGLIA franco argillosi limosi.

I suoli *RIO PAGLIA franco argillosi limosi* hanno profondità utile alle radici elevata o molto elevata sopra sedimenti compatti a tessitura fine o moderatamente fine, disponibilità di ossigeno buona, permeabilità moderatamente bassa.

U.C. SGI/MRC1: Complesso dei suoli SANTA GIUSTINA / MARECCHIA franco argillosi.

I suoli *SANTA GIUSTINA* hanno profondità utile alle radici elevata o molto elevata, disponibilità di ossigeno buona, permeabilità moderatamente alta. Può essere presente ghiaia non alterata a partire da due metri circa di profondità. Il substrato è costituito prevalentemente da ghiaie e sabbie.

I suoli *MARECCHIA franco argillosi* hanno profondità utile moderatamente elevata o elevata [sopra strati ghiaiosi](#), disponibilità di ossigeno buona e permeabilità da moderatamente alta ad alta.

Considerazioni sulla presenza di scheletro negli orizzonti superficiali e quota del tetto delle ghiaie

Come desumibile dalle descrizioni dei suoli riportate nel capitolo precedente, sono presenti quattro tipologie di suolo, aventi orizzonti profondi con ghiaie frequenti od abbondanti, fresche o a diverso grado di alterazione. Esse sono: Variante di BARCO a profilo troncato (BARy), CONFINE franco argilloso ghiaiosi (CON5), compresenti nella stessa U.C., Variante ghiaiosa dei suoli GATTEO (GATz) e MARECCHIA franco argillosi (MRC1). Tutti questi contengono inoltre scheletro ghiaioso negli orizzonti superficiali, in differenti quantitativi, da scarso ad abbondante.

Nella tabella sottostante, si quantificano, per ogni tipologia, i valori che si ritengono più frequenti nel territorio per quanto riguarda: (1) profondità media delle ghiaie rispetto al piano campagna, (2) percentuale di scheletro negli orizzonti superficiali soprastanti le ghiaie, (3) classe di permeabilità e (4) corrispettivi valori medi di velocità d'infiltrazione, secondo la Guida di campagna 2020 per la descrizione delle osservazioni pedologiche della Regione Emilia-Romagna (si veda **Allegato 2**).

Tipologie di suolo ghiaie	Profondità media del tetto delle ghiaie (cm)	Scheletro superf. (%)	Classe permeabilità	Permeabilità (cm/h)	Presenza % sull'areale totale
BARy	120	5	mod. bassa	0,035-0,35	16,61
CON5	100	15	mod. alta	0,35-3,5	16,61

GATz	70	30	mod. alta	0,35-3,5	4,24
MRC1	100	30	alta	3,5-35	23,15
TOTALE					60,61

L'ultima colonna indica la percentuale stimata di presenza, nel tratto di territorio circoscritto all'interno dei due bacini irrigui, di ciascuna tipologia di suolo. Tale stima è stata ricavata in base all'estensione areale delle U.C. in cui sono presenti i suoli esaminati, dimezzandone il valore nel caso di compresenza di due tipologie di suoli. Per esempio, il suolo MRC1, facente parte dell'U.C. SGI1/MRC1 dell'estensione totale di 887,61 ha, è stato considerato come diffuso per $887,61/2 =$

443,81 ha. Quest'ultimo valore corrisponde esattamente al 23,15% dell'intero territorio (1917,25 ha). Si sottolinea che tali ragionamenti sono da considerare, per un insieme di fattori, come approssimativi, in quanto non tengono conto di alcune componenti che ne aumentano la complessità, come la presenza di suoli subordinati, di ridotta estensione, ma comunque presenti all'interno delle diverse U.C.

In conclusione, e sulla base delle precedenti considerazioni, si può affermare che, nel tratto di territorio esaminato, i suoli caratterizzati dalla presenza di un tetto delle ghiaie prossimo alla superficie, può essere stimata a circa il 60% (più precisamente 60,61 %) dell'intero territorio.

ALLEGATO 1: Caratteristiche pedologiche degli orizzonti in profili di riferimento, relativi ai principali suoli identificati all'interno dei bacini irrigui.

Si riporta un estratto di alcune delle principali caratteristiche dei suoli, proveniente dall'Archivio Regionale F5008:

Suoli Variante di BARCO a profilo troncato (BARy)

In un profilo di riferimento, gli orizzonti superficiali, spessi 60 cm, di colore bruno e tessitura argilloso limosa, sono costituiti da materiale derivato da un ricoprimento significativamente successivo rispetto alla messa in posto del suolo sepolto sottostante; gli orizzonti profondi, sepolti, spessi 60 cm, hanno colore bruno rossastro scuro e bruno rossastro, tessitura franco limoso argillosa e molte pellicole di argilla. Il substrato è costituito prevalentemente da ghiaia grossolana, alterata. Gli orizzonti sono non calcarei.

Suoli CONFINE franco argilloso ghiaiosi (CON5)

In un profilo di riferimento, questi suoli hanno orizzonti superficiali, spessi 55 cm, a tessitura franca argillosa con scheletro alterato comune (costituito da arenite) e colore bruno scuro, sono non calcarei ed a reazione debolmente alcalina; gli orizzonti profondi, spessi 60 cm circa, hanno tessitura franca con scheletro alterato abbondante (costituito da arenite), colore da bruno scuro a bruno rossastro e sono non calcarei ed a reazione debolmente alcalina; il substrato, a partire da 115 cm, ha tessitura franco sabbiosa con scheletro inalterato molto abbondante, colore bruno giallastro scuro, molto calcareo e moderatamente alcalino.

Suoli Gatteo argilloso limosi (GAT1)

In un profilo di riferimento, questi suoli sono molto profondi, moderatamente alcalini; da scarsamente a moderatamente calcarei ed a tessitura argillosa limosa nella parte superiore, da moderatamente a molto calcarei ed a tessitura argillosa limosa e franca argillosa limosa in quella inferiore. Sono presenti in profondità (da 80-100 cm ca.) orizzonti ad accumulo di carbonato di calcio da fortemente a estremamente calcarei. Il substrato è costituito da alluvioni a tessitura media e fine

Variante ghiaiosa dei suoli GATTEO (GATz)

In un profilo di riferimento, questi suoli sono molto profondi, a tessitura franca argillosa o argillosa con scheletro da assente a comune; sono da non calcarei a scarsamente calcarei e da neutri a moderatamente alcalini nella parte superiore; da molto ad estremamente calcarei e moderatamente alcalini in quella inferiore. È presente ghiaia non alterata a partire da 50-90 cm circa di profondità, in matrice franca sabbiosa. Il substrato è costituito da alluvioni a tessitura grossolana, comprendenti ghiaie di dimensioni centimetriche e decimetriche.

Suoli RIMINI franco argillosi limosi e argilloso limosi (RIM0)

In un profilo di riferimento, questi suoli molto profondi, da non calcarei a scarsamente calcarei, da neutri a debolmente alcalini ed a tessitura franca argillosa limosa nella parte superiore, da non calcarei a moderatamente calcarei, da debolmente a moderatamente alcalini ed a tessitura argillosa limosa o franca argillosa limosa in quella inferiore. Sono presenti in profondità (80-130 cm) orizzonti a forte accumulo di carbonato di calcio. Il substrato è costituito da sedimenti alluvionali a granulometria fine o moderatamente fine; lungo i terrazzi è possibile riscontrare substrati ghiaiosi oltre 200 cm di profondità.

Suoli RIO PAGLIA franco argillosi limosi (RPG1)

In un profilo di riferimento, questi suoli hanno gli orizzonti superficiali, spessi 60 cm, a tessitura franco limoso argillosa, di colore bruno. Gli orizzonti profondi (Bw), spessi 30 cm, hanno colore bruno oliva chiaro e tessitura franco limoso argillosa. Attorno ai 100 cm di profondità inizia il substrato fine, di colore bruno oliva

chiaro con screziature ossidate e ridotte, a tessitura franco argillosa limosa. Il suolo è molto calcareo e moderatamente alcalino lungo tutto il profilo.

Suoli SANTA GIUSTINA franco argillosi limosi (SGI1)

In un profilo di riferimento, questi suoli sono molto profondi, molto o fortemente calcarei, moderatamente alcalini, a tessitura da media a moderatamente fine. E' presente ghiaia non alterata a partire da due metri circa di profondità. Il substrato è costituito prevalentemente da ghiaie e sabbie.

Suoli MARECCHIA franco argillosi (MRC1)

In un profilo di riferimento, questi suoli sono molto profondi, a tessitura da media a moderatamente fine. Sono molto o fortemente calcarei e moderatamente alcalini in superficie, da fortemente a estremamente calcarei e da moderatamente a fortemente alcalini in profondità. E' presente ghiaia non alterata fra 70 e 130 cm di profondità. Il substrato è costituito da alluvioni ghiaiose a tessitura da media a grossolana.

ALLEGATO 2: Qualità dei suoli.

Sono di seguito elencate alcune delle qualità dei suoli riportate nel presente documento, estratte dalla Guida di campagna 2020 della regione Emilia-Romagna. Le tabelle indicano la decodifica delle differenti classi.

Disponibilità di ossigeno: Caratterizza la presenza di acqua libera nel suolo o di imbibizione capillare e la disponibilità di ossigeno alle diverse profondità, nei diversi periodi dell'anno. Le classi sono le seguenti:

Classe	Descrizione
Buona	L'acqua è rimossa dal suolo prontamente, c/o non si verificano durante la stagione di crescita delle piante eccessi di umidità limitanti per lo sviluppo delle colture mesofitiche
Moderata	L'acqua è rimossa lentamente in alcuni periodi. Questi suoli sono bagnati solo per un breve periodo durante la stagione di crescita delle piante, ma abbastanza a lungo per interferire negativamente sulle colture mesofitiche. Rientrano in questa classe anche quei casi di suoli ad alta permeabilità saturi per lunghi periodi dell'anno con acque sufficientemente ossigenate
Imperfetta	L'acqua è rimossa lentamente, cosicché il suolo è bagnato per periodi significativi durante la stagione di crescita delle piante. L'umidità limita notevolmente lo sviluppo delle colture mesofitiche
Scarsa	L'acqua è rimossa così lentamente che il suolo è saturo periodicamente durante la stagione di crescita delle piante o rimane bagnato per lunghi periodi. La falda è spesso in superficie o in prossimità di essa abbastanza a lungo da non permettere la crescita della maggior parte delle colture mesofitiche. Il suolo non è saturato permanentemente negli strati sottostanti il franco di coltivazione
Molto scarsa	L'acqua è rimossa dal suolo così lentamente da permanere in superficie durante la maggior parte del periodo di crescita delle piante. La maggior parte delle colture mesofitiche non possono crescere.

Profondità utile alle radici: Si assume come orizzonte impenetrabile alle radici quello che presenta una radicabilità inferiore al 30%:

Classe	Profondità media dal p.c.
Molto scarsa	<25 cm (20-30)
Scarsa	25-50 cm (da 20-30 a 40-60)
Moderatamente elevata	50- 100 cm (da 40-60 a 85-115)
Elevata	100-150 cm (da 85-115 a 135-165)
Molto elevata	>150 cm (>135-165)

Permeabilità: essa va stimata per ogni orizzonte sulla base dell'osservazione di tessitura, struttura, porosità, figure superficiali etc. La tabella sottostante riporta il metodo di stima proposto dal National Soil Handbook. La classe di permeabilità riferita all'intero suolo è quella dell'orizzonte o strato per cui è stata stimata la classe più bassa nell'ambito della sezione di controllo, 0-150 cm.

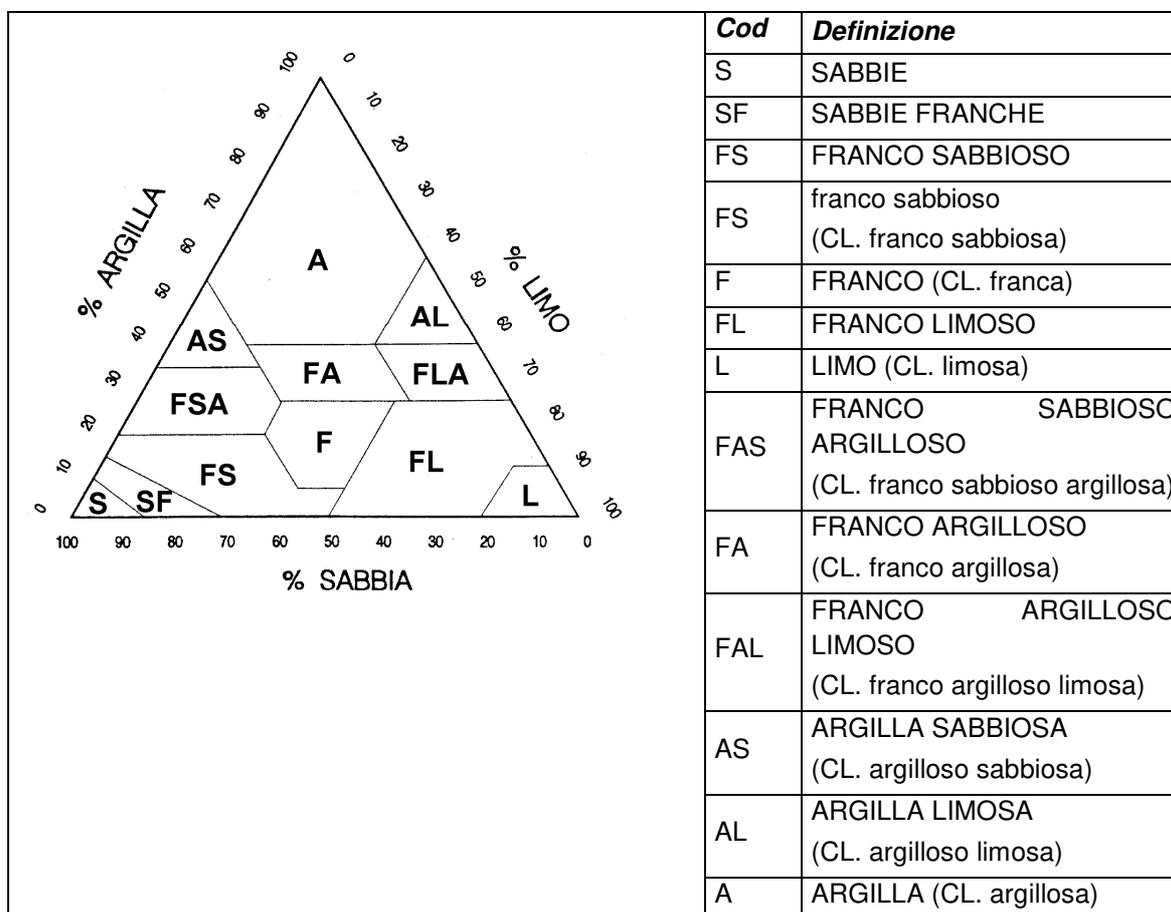
I codici da utilizzare sono:

Classe	<i>K_{sat}</i> (fm/sec)	<i>K_{sat}</i> (cm/h)
1) Molto bassa	<0.01	<0.0035
2) Bassa	0.01-0.1	0.0035-0.035
3) Moderatamente bassa	0.1-1	0.035-0.35
4) Moderatamente alta	1-10	0.35-3.5
5) Alta	10-100	3.5-35
6) Molto alta	>100	>35

Nome	Cod.	Classe	Proprietà del suolo
ELEVATA	6	Molto alta	-frammentale -tessitura sabbiosa o sabbiosa grossolana e consistenza sciolta -pori verticali medi o più grossolani con alta continuità >0,5%
	5	Alta	-altri materiali sabbiosi, sabbiosi-frammentali o limi grossolani che sono molto friabili, friabili soffici o sciolti. -Da molto bagnato a umido ha una struttura granulare moderata o forte oppure poliedrica forte di ogni dimensione o prismatica più fine della molto grossolana, e molte figure superficiali eccetto facce di pressione o slickensides sulle facce verticali degli aggregati; -Pori verticali medi o più grossolani con alta continuità da 0,5 a 0,2 %
MEDIA	4	Moderatamente alta	-classi sabbiose di diversa consistenza eccetto che estremamente massive o cementate; -18-35% di argilla con struttura moderata esclusa la lamellare e la prismatica forte molto grossolana e comuni figure superficiali eccetto facce di pressione e slickensides; -Pori verticali medi o più grossolani con alta continuità da 0,1 a 0,2 %
	3	Moderatamente bassa	-altre classi sabbiose da estremamente massive a cementate; -18-35% di argilla con altre strutture e figure superficiali eccetto facce di pressione e stress cutans ->35% di argille con struttura moderata eccetto la lamellare o prismatica molto grossolana e con comuni figure superficiali eccetto stress cutans o slickensides -Pori verticali medi o più grossolani con alta continuità <0.1 %
LENTA	2	Bassa	-Cementazione continua moderata o debole; ->35% di argilla e con le seguenti proprietà: struttura debole; struttura debole con poche o nulle figure superficiali verticali; struttura lamellare; comuni o molti stress cutans o slickensides.
	1	Molto Bassa	-Cementazione continua indurita o fortemente cementata e poche radici; ->35% di argilla e massiva o chiari strati orizzontali di deposizione e poche radici.

GLOSSARIO

Classi tessiturali: sono espresse in relazione al contenuto % di sabbia, limo ed argilla secondo il seguente triangolo USDA (U.S. Department of Agriculture):



Delineazione: Tratto di territorio circoscritto all'interno di una Carta dei Suoli. Riporta al suo interno la sigla identificativa dei suoli presenti (Unità Cartografica)

Orizzonte: strato di suolo, ad andamento solitamente parallelo alla superficie, con caratteristiche proprie, prodotte dai processi di formazione dei suoli (processi pedogenetici)

Profilo pedologico: Sezione verticale ricavata su un suolo. Nella descrizione dei profili pedologici, gli orizzonti sono descritti dall'alto verso il basso fino ad almeno 150 cm di profondità o al raggiungimento di un orizzonte limitante (roccia dura, acqua libera).

Unità Cartografica: Combinazione di suoli nel territorio riproducibile tramite una sigla e riferibile ad una o più delimitazioni presenti in una Carta dei suoli.

Bibliografia

Regione Emilia-Romagna; Settore Difesa del Territorio; Area geologia, suoli e sismica – Tarocco P. Marchi N. Staffilani F. - Carta dei suoli della Regione Emilia – Romagna alla scala 1:50000 ed. 2021. Note illustrative.

Regione Emilia-Romagna; Settore Difesa del Territorio; Area geologia, suoli e sismica – Tarocco P. Filippi N. Guermandi M. – Guida di campagna 2020 – Descrizione delle osservazioni pedologiche.

Regione Emilia-Romagna; Area geologia, suoli e sismica Settore Difesa del Territorio - Severi P. Bonzi L. Ferrari V; Area Tutela e Gestione Acqua Settore Tutela dell’Ambiente ed Economia Circolare - Pellegrino I. - Ricarica in condizioni controllate della conoide del Fiume Marecchia (Rimini), avvio della sperimentazione e primi risultati. *Acque Sotterranee - Italian Journal of Groundwater (2014) - AS10043.*