Funded by the European Union NextGenerationEU

consorzio di bonifica di piacenza

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

Italiadomani PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

Strada Val Nure 3 – 29122 Piacenza

Titolo del programma:

PNRR MISSIONE 2 COMPONENTE 4 (M2C4).
Investimenti in infrastrutture idriche primarie per la sicurezza dell'approvigionamento idrico dell'investimento 4.1, Missione 2, Componente C4 del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR)

Titolo intervento:

Distretto irriguo Arda: rete di invasi Caolzio-Molinazzo-Moronasco sottesi alla diga di Mignano
LOTTO 2 - INVASO MOLINAZZO

Decreto di finanziamento: **MIMS - R. 0000517 in data 16-12-2021**

Soggetto attuatore: **CONSORZIO DI BONIFICA DI PIACENZA**

Localizzazione: Comuni di **CASTELL' ARQUATO** E **ALSENO** - Prov. di **Piacenza** - Regione **Emilia Romagna**

PROGETTO ESECUTIVO

Importo complessivo:
€ 11.000.000,00
COD. LOC: **00405**
CUP: **G17B20007720005**

Attività	Soggetto	Ente/Oe
PROGETTAZIONE		
Coordinatore dellla progettazione:	Ing. D. CASTELLI	STECI s.r.l.
GRUPPO DI PROGETTAZIONE		
Progettazione:	Ing. D. CASTELLI	STECI s.r.l.
Progetto idraulico:		
Elaborati grafici:		
Stime analitiche costo di costruzione:		
Sicurezza:		
Studio agronomico:		
COLLABORAZIONE		
Rilievi topografici:		
Sistemi telecontrollo:		
Sistema di esecuzione:		
Assistenza tecnico amministrativa:		

Redatto da:

STECI
SOCIETA' DI INGEGNERIA s.r.l.
13100 VERCELLI - C.so Liberta`, 162
Tel. +39 0161 215335 - Fax +39 0161 259070
email: info@stecisrl.it - pec: steci@pec.stecisrl.it

(Dott. Ing. Domenico CASTELLI)

L'impresa appaltatrice:

SOMOTER s.r.l.
Via XI Settembre, 23 - Tel. 0171 266268
12011 BORGO SAN DALMAZZO (CN)
Partita IVA: 00604240042

RUP:
ARCH. PIERANGELO CARBONE

Gruppo Elaborati: **LOTTO 2**

Titolo:

Studio idrologico (progetto definitivo)

ELABORATO NUM.:
R19

DATA:
GENNAIO 2024

LIV. PROG:	LOTTO:	DOC:	PROGR:	TAV:	SCALA:	REV:	CODICE ELABORATI:
PE	2	.	.	.	.	1	.

Revisione:	Descrizione:	Redatto:	Data:	Verificato:	Data:	Approvato:	Data:
4							
3							
2							
1	RECEPIMENTO REPORT DI VERIFICA N°1 DEL 23-05-2024	STECI s.r.l.	GIUGNO 2024				
0	EMISSIONE		MARZO 2024				

URBER 5 della Bonifica

ANBI ASSOCIAZIONE NAZIONALE BONIFICHE IRRIGAZIONI

PREMESSA

Il progetto definitivo del "Distretto irriguo Arda: rete di invasi Caolzio-Molinazzo-Moronasco sottesi alla diga di Mignano - LOTTO 2 - INVASO MOLINAZZO" è stato positivamente sottoposto mediante conferenza dei servizi al Provvedimento Autorizzatorio Unico di VIA conclusosi mediante verbale conclusivo nella seduta del 21.03.2019 approvato con la Delibera di Giunta Regionale n. 717 del 13.05.2019.

Nell'ambito della succitata Conferenza dei servizi, trattandosi di provvedimenti Autorizzativo Unico, erano presenti, tra gli altri, gli Enti ed Uffici avente titolo ad esprimersi in merito alla conformità dei contenuti progettuali a:

- aspetti tecnici e rispetto delle normative in materia di opere di ritenuta;
- aspetti tecnici e rispetto delle normative in materia di idrogeologia;
- aspetti tecnici e rispetto delle normative in materia di idrologia;
- aspetti tecnici e rispetto delle normative in materia di archeologia.

Successivamente il progetto definitivo è stato oggetto di appalto integrato del quale è risultata aggiudicataria l'impresa Somoter s.r.l. formulando, tra l'altro, alcune migliorie di carattere ambientale ed organizzativo. Tali migliorie non hanno in alcun modo interessato gli aspetti tecnici o il rispetto delle normative nelle materie sopra elencate.

In tal senso lo sviluppo della progettazione esecutiva costituendo la mera ingegnerizzazione del livello precedente ne condivide i contenuti informativi e non necessita di sviluppare o approfondire ulteriormente tali relazioni tematiche in quanto esaustivamente trattate.

Al fine di una più comoda lettura di tutti i dati informativi del progetto esecutivo si allega di seguito la relazione idrologica già approvata in sede di approvazione del progetto definitivo.

CONSORZIO DI BONIFICA DI PIACENZA

Sede legale: 29122 Piacenza – strada Val Nure, 3 – tel. 0523 464811 – fax 0523 464800 – C.F. 91096830335
info@cbpiacenza.it – www.cbpiacenza.it
e-mail certificata: cbpiacenza@pec.it

Titolo del programma:

PNRR MISSIONE 2 COMPONENTE 4 (M2C4).
Investimenti in infrastrutture idriche primarie per la sicurezza dell'approvvigionamento idrico dell'Investimento 4.1, Missione 2, Componente C4 del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR)

Titolo intervento:

Distretto irriguo Arda: rete di invasi Caolzio-Molinazzo-Moronasco sottesi alla diga di Mignano
LOTTO 2 - INVASO MOLINAZZO

Decreto di finanziamento: **MIMS – R. 0000517 in data 16-12-2021**

Soggetto attuatore: **CONSORZIO DI BONIFICA DI PIACENZA**

Localizzazione: Comuni di **CASTELL'ARQUATO** E **ALSENO** – Prov. di **Piacenza** – Regione **Emilia Romagna**

PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO

Importo complessivo:
€ 11.000.000,00
COD. LOC: **00405**
CUP:**G17B20007720005**

Attività	Soggetto	Ente/Oe
PROGETTAZIONE		
Coordinatore della progettazione:	D. SIVIERO	CBPC
GRUPPO DI PROGETTAZIONE		
Progettazione:	A. TERRET	CBPC
Progetto idraulico:		
Elaborati grafici:		
Stime analitiche costo costruzione:		
Sicurezza:		
Studio agronomico:		
COLLABORAZIONE		
Rilievi topografici:		
Sistemi telecontrollo:		
Sistema di esecuzione:		
Assistenza tecnico amministrativa:		

Redatto da:
ING. DEBORA SIVIERO

RUP:
ARCH. PIERANGELO CARBONE

Gruppo Elaborati: **LOTTO 2**

FILE:server/progettazione/progetti/PNRR/2021/00405

Titolo:

Studio idrologico

ELABORATO NUM.:
151

DATA:
22/12/2021

LIV. PROG:	LOTTO:	DOC:	PROGR:	TAV:	SCALA:	REV:	CODICE ELABORATO:
PD	**2**	**Z2**	**M**	**0**		**2**	**2.Z2.M.0**

Revisione:	Descrizione:	Redatto:	Data:	Verificato:	Data:	Approvato:	Data:
4							
3							
2	ADEGUAMENTO P.N.R.R.	D. SIVIERO	22/12/2021	--	22/12/2021	--	22/12/2021
1	ADEGUAMENTO PRESCRIZIONI V.I.A.	A. TERRET	30/04/2019	--	30/04/2019	D.G. RER 717/2019	30/04/2019
0	EMISSIONE	A. TERRET	31/01/2019	--	--		31/01/2019

Sommario

PREMESSE 2

PROGETTAZIONE IDRAULICA 2

- Descrizione delle opere in progetto 3
- Localizzazione dell'invaso da realizzare 5
- Bacino di carico 7
- Funzionamento idraulico e quote di progetto 9
- Rete di adduzione 10
  - Canale di alimentazione 10
  - Manufatto di alimentazione 11
  - Tubazione di adduzione 12
- Invaso 12
  - Manufatto di carico 12
  - Bacino di accumulo 13
  - Rilevato arginale 13
  - Impermeabilizzazione 14
  - Manufatto di scarico 14
  - Manufatto di scarico di superficie 16
- Rete di distribuzione 22
- Verifiche statiche delle condotte 22
  - Azione verticale dovuta al terreno di rinterro 23
  - Carico dovuto ai sovraccarichi mobili 24
- Verifica statica in regime elastico 25
  - Verifica dell'inflessione diametrale per tubazioni flessibili 25
  - Verifica all'instabilità elastica per tubazioni flessibili 26
  - Risultati 27
- Bacino sotteso all'invaso 29
- Sfioro e scarico in condizioni di emergenza 30
- Valutazione delle conseguenze in ipotesi di collasso dell'invaso 32

ALLEGATO 1 34

REALIZZAZIONE DI INVASO AD USO IRRIGUO PRESSO LOC. MOLINAZZO DI LUSURASCO NEL DISTRETTO IRRIGUO VAL D'ARDA (PC)

PREMESSE

Il presente progetto è soggetto a Valutazione di Impatto Ambientale in quanto ricadente nella tipologia individuata nell'allegato "A1" di cui all'art. 4, comma 1) lett. A) della Legge Regionale n. 4 del 20-4-2018. In data 25-10-2018 la Regione Emilia Romagna, Servizio Valutazione Impatto e Promozione Sostenibilità Ambientale, ha trasmesso al Consorzio di Bonifica di Piacenza le richieste integrative alla documentazione presentata per l'attivazione della procedura di VIA, pervenute da parte di alcuni degli Enti facenti parte della Conferenza di Servizi.

La presente Relazione idraulica è stata quindi revisionata per ottemperare alle richieste di cui sopra.

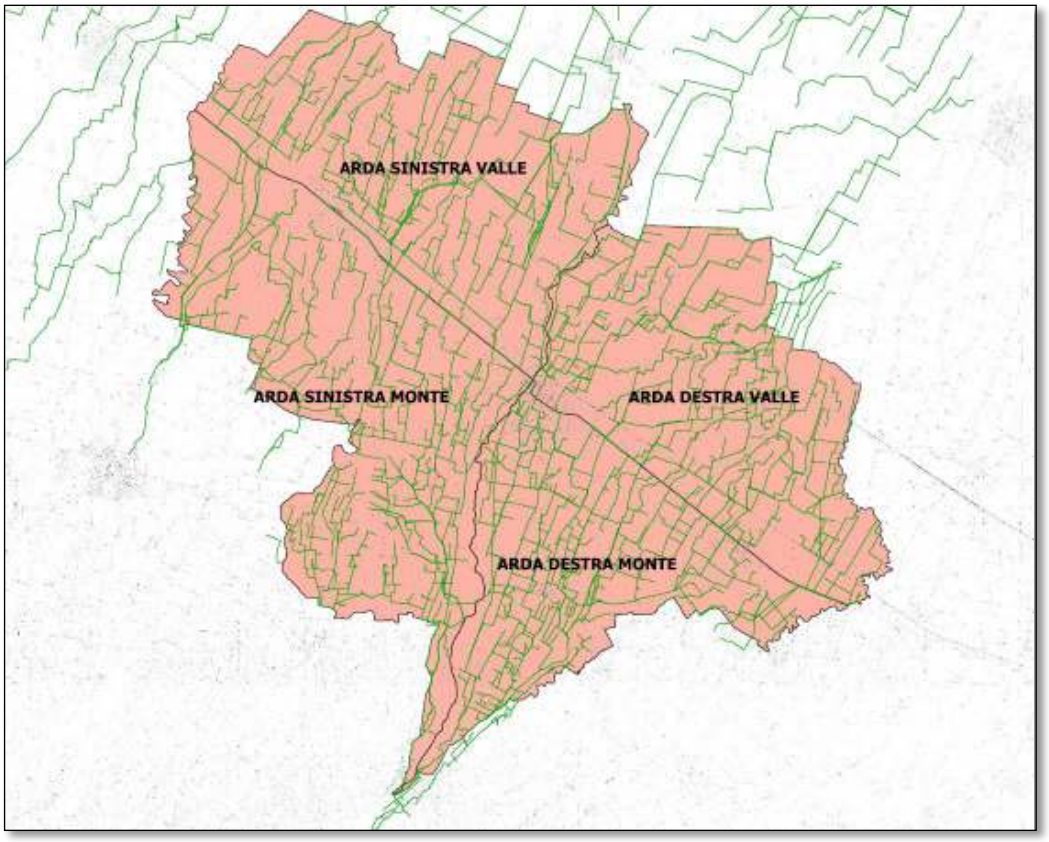
In particolare sono stati aggiunti due paragrafi alla fine della relazione, denominati:

- Sfioro e scarico in condizioni di emergenza;
- Valutazione delle conseguenze in ipotesi di collasso dell'invaso.

È stato inoltre prodotto l'Allegato 1 alla presente relazione, in cui è riportata in planimetria la valutazione delle aree allagabili a seguito della rottura arginale.

PROGETTAZIONE IDRAULICA

Il presente elaborato racchiude la progettazione idraulica degli elementi che costituiscono l'invaso in oggetto. L'invaso insiste nello schema irriguo censito nel database nazionale SIGRIAN, denominato Arda.



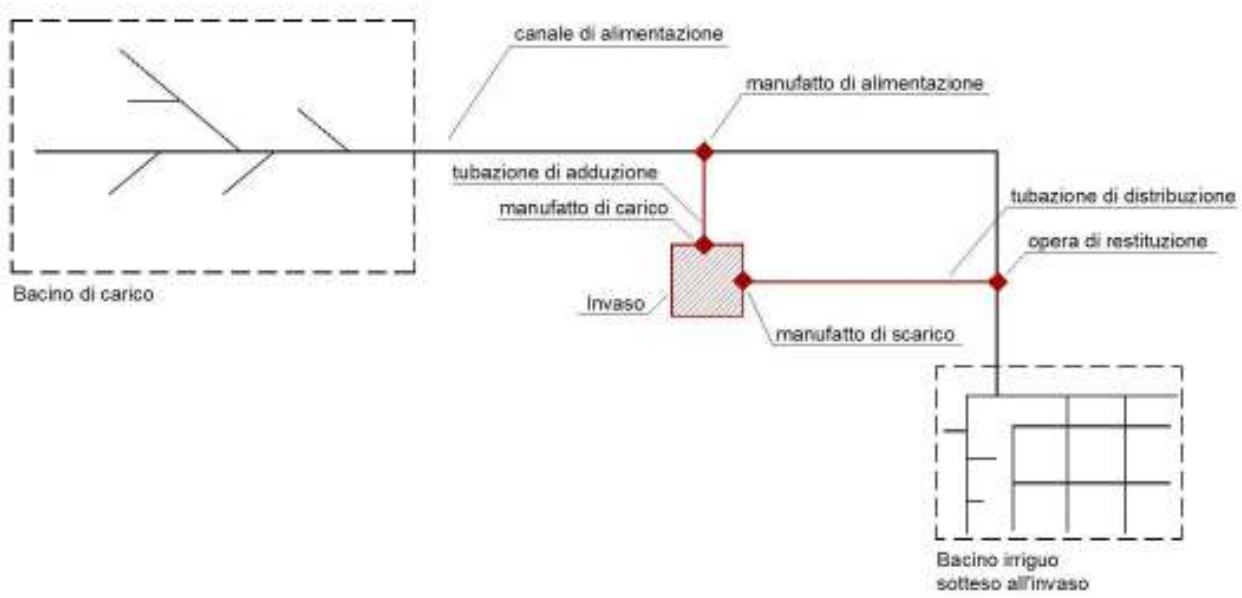
Comprensorio irriguo Val d'Arda

Lo schema è dettagliatamente illustrato nella Relazione Generale di progetto.

Descrizione delle opere in progetto

Il progetto riguarda la realizzazione di un invaso ad uso irriguo che consente di immagazzinare la risorsa idrica per poterla utilizzare nei periodi di carenza e deficit della risorsa stessa.

Il funzionamento dell'opera in progetto è schematizzato come segue:



Gli elementi progettuali possono essere raggruppati nelle seguenti categorie:

- opere generali;
- rete di adduzione;
- invaso;
- rete di distribuzione.

Le opere generali comprendono tutte le attività di preparazione propedeutiche allo svolgimento dei lavori di realizzazione delle opere in progetto, come l'allestimento del cantiere, i rilievi e i tracciamenti vari.

La rete di adduzione consente di derivare le acque e convogliarle verso l'invaso in progetto ed costituita dai seguenti elementi:

- canale di alimentazione esistente, è il canale consortile che raccoglie le acque di precipitazione sul bacino imbrifero sotteso dall'invaso;
- manufatto di alimentazione, è l'opera di presa che consente di alimentare l'invaso. E' costituito da un sistema di 2 paratoie per regolare il livello idrico nel canale di derivazione, da un pozzetto prefabbricato ispezionabile e da una tubazione di adduzione che parte dal pozzetto stesso.

L'invaso è l'opera che consente di stoccare il volume idrico necessario ai fini irrigui ed è costituito dai seguenti elementi:

- manufatto di carico, è l'opera che consente di caricare l'invaso in progetto. E' localizzato a monte del rilevato arginale dell'invaso ed è costituito da n. 2 pozzetti prefabbricati ispezionabili dotati di valvola di regolazione e misuratore di portata elettromagnetico, una tubazione in pressione annegata in una trave in c.a. (in quanto attraversa l'argine in terra, al di sotto del suo piano di fondazione) e da

una scogliera in massi intasati a protezione della sponda e del fondo dell'invaso nel punto di immissione della tubazione stessa;

- bacino di accumulo, è la parte dell'invaso che viene realizzata tramite scavo del terreno in sito e realizzazione di apposito strato impermeabile;
- rilevato arginale, è la parte dell'invaso che viene realizzata in rilevato tramite riporto e compattazione di idoneo terreno. La sponda interna del rilevato è protetta tramite un apposito strato impermeabile e rete antinutria;
- manufatto di scarico, è l'opera che consente di svasare il volume idrico accumulato nella vasca. La realizzazione di tale manufatto prevede la posa in opera di una tubazione in pressione annegata in una trave in c.a. (in quanto attraversa l'argine in terra, al di sotto del suo piano di fondazione) e la costruzione di una struttura di protezione localizzata della scarpata in c.a. su cui fissare una griglia per evitare l'intasamento della tubazione stessa;
- manufatto di scarico di superficie, realizzato tramite un localizzato abbassamento della sommità del rilevato arginale fino alla quota di massima regolazione. E' costituito da una soglia tracimabile in massi intasati e da un canale fugatore a cielo aperto che allontana le acque di sfioro verso il primo ricettore a disposizione.

La rete di distribuzione consente di utilizzare le acque dell'invaso recapitandole verso la rete di canali consortili che convogliano le acque all'utenza. E' costituita da una tubazione di distribuzione che collega lo scarico dell'invaso con la tubazione Principale di Destra, tramite l'immissione in apposita opera di restituzione sita in località le Catellane.

Localizzazione dell'invaso da realizzare

L'invaso in progetto sarà realizzato in località Molinazzo di Lusurasco, in comune di Alseno (PC):

- coordinate nel sistema di riferimento adottato dalla regione Emilia-Romagna:
  ETRS89 / UTM zone 32N **(EPSG 25832):** X = 572305,89 - Y = 4970285,70;
- riferimenti catastali: mappali n. 32-33-42-70-71-87 del foglio n. 28 del comune di Alseno.



Localizzazione invaso in progetto

Il territorio interessato dall'intervento è localizzato all'intero del distretto irriguo consortile della Val d'Arda. Tale territorio ha come baricentro l'area urbana di Fiorenzuola. A sud i distretti partono dal limite della collina e seguono la destra e la sinistra Arda. L'asse della Via Emilia direzione NO-SE assieme all'asta fluviale dell'Arda suddividono il comprensorio in quattro aree di analoga estensione territoriale. Lo schema irriguo mappato nel portale nazionale SIGRIAN prevede pertanto la suddivisione del comprensorio irriguo Arda in quattro distretti divisi secondo la destra e sinistra del torrente Arda e secondo la giacitura posta a monte e a valle della via Emilia:

- Sinistra Monte;
- Sinistra Valle;
- Destra Monte;
- Destra Valle.

La classificazione funzionale corrisponde ai seguenti parametri:

- la classificazione rispetto alla destra e sinistra del torrente Arda rispetta il riparto delle acque che dalla traversa di Castell'Arquato mediante i due canali dispensatori principali, il Canale della Sforzesca in sinistra e il Canale Principale di Destra in destra, alimenta i due comparti;
- la classificazione rispetto alla via Emilia (a monte e a valle) rispetta la diversa percorrenza delle acque che determina la condizione di criticità a valle della via Emilia, dovuta alla distanza dei due comparti rispetto all'opera di presa (traversa di Castell'Arquato).

I comizi irrigui costituiscono un'ulteriore suddivisione del comprensorio irriguo Arda in funzione della rete di distribuzione delle acque. Il presente progetto beneficerà alcuni comizi della Destra Arda.

Bacino di carico

Coerentemente con quanto espresso dal fabbisogno F.18 dell'operazione 4.3.02 del bando "aumentare l'efficienza delle risorse idriche", l'invaso in progetto favorisce l'accumulo della risorsa idrica nei periodi in cui la stessa è maggiormente disponibile ovvero nel periodo invernale, dal mese di ottobre al mese di aprile, ed essere impiegato come riserva idrica nei mesi irrigui (maggio-settembre). Le precipitazioni meteoriche che si abbattono sul bacino imbrifero sotteso dall'invaso vengono raccolte tramite la rete di colatori presenti sul territorio e trasformate in deflussi superficiali.

Il calcolo del volume utile d'invaso è correlato alla capacità del bacino imbrifero di riempire il serbatoio in progetto, che viene valutata tramite l'analisi idrologica proposta nel presente paragrafo. La scala di riferimento per le valutazioni idrologiche affrontate è quella del bacino imbrifero sotteso dall'invaso (bacino di carico). Il bacino è stato tracciato con l'ausilio del software Q-Gis sulla base dei dati cartografici a disposizione, ovvero CTR in scala 1:5.000 e rete dei canali consortili (shapefile), come riportato nell'allegato alla presente relazione.

Dal momento che l'invaso è ubicato lungo un corso d'acqua di cui non si hanno a disposizione delle misure di portata, per il calcolo degli apporti idrici si fa affidamento ai dati pluviometrici. La stazione pluviometrica più significativa nell'intorno dell'invaso in progetto risulta essere quella della Diga di Mignano. I dati climatici della stazione di riferimento sono stati reperiti tramite il Sistema Dext3r del Servizio Idrometeorologico dell'ARPA-SIM, assumendo come riferimento per il calcolo i valori registrati negli ultimi 10 anni, dal 2006 al 2015 (durante il 2016 non è stato possibile reperire tali dati).

Si riporta di seguito il campione di precipitazioni cumulate a scala mensili, indicandone la media sugli ultimi 10 anni:

Precipitazioni mensili area intervento (mm)

Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
2006	37,4	62,2	27,2	60,2	39,0	1,8	24,8	126,0	197,0	27,2	26,2	42,4
2007	22,4	46,8	125,6	23,2	81,8	136,2	0,0	53,0	29,8	137,0	128,0	4,8
2008	766,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2009	65,6	79,4	102,6	255,4	4,6	47,6	26,6	29,8	87,2	38,0	179,6	54,2
2010	20,8	62,2	76,2	146,2	120,4	145,4	34,4	99,8	69,8	207,0	176,2	64,4
2011	15,8	45,6	105,8	11,8	23,2	100,8	74,0	0,6	59,2	79,4	125,4	8,0
2012	22,4	0,0	27,6	100,2	98,0	33,6	17,0	11,6	105,0	100,2	136,4	12,4
2013	2,6	22,8	135,8	122,2	102,0	33,4	6,4	35,8	47,0	172,0	137,2	44,0
2014	146,4	143,8	109,0	118,8	55,4	78,8	99,0	61,8	34,8	73,4	126,8	53,0
2015	21,8	90,4	147,4	86,8	20,6	32,2	37,8	94,8	133,4	74,8	36,8	3,0
MEDIA	**39,5**	**61,5**	**95,2**	**102,8**	**60,6**	**67,8**	**35,6**	**57,0**	**84,8**	**101,0**	**119,2**	**31,8**

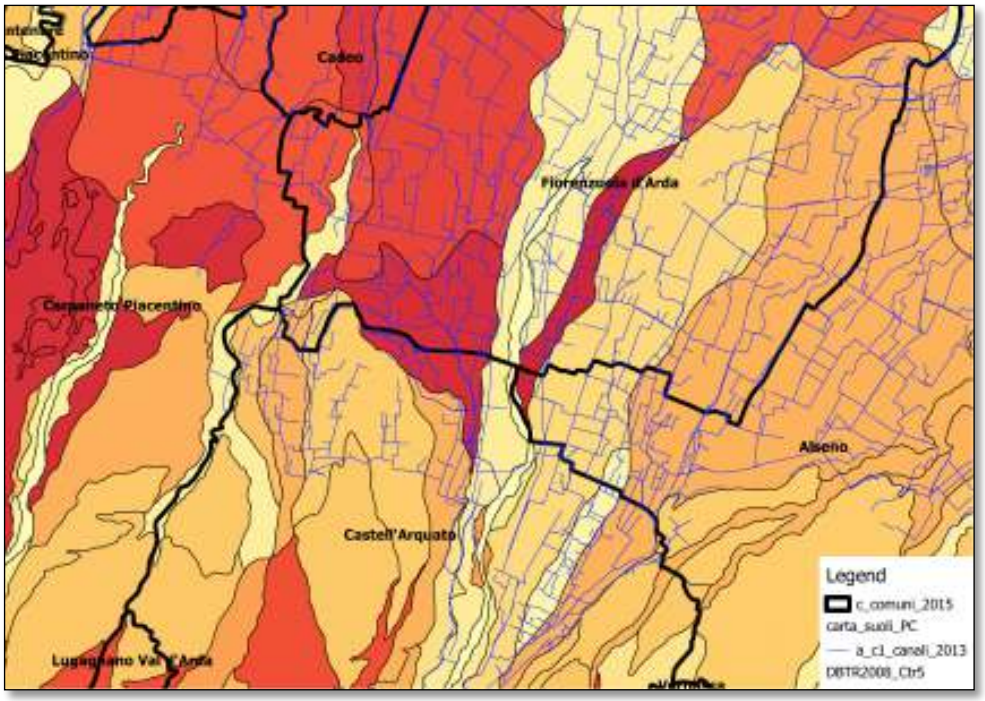
La precipitazione annuale media sui 10 anni è pari a circa 857 mm (dal calcolo è stato escluso l'anno 2008 per mancanza di dati registrati). L'invaso è progettato per essere caricato nel periodo invernale, dal mese di ottobre al mese di aprile, ed essere impiegato come riserva idrica nei mesi irrigui (maggio-settembre). La

precipitazione invernale media sugli ultimi 10 anni è quindi pari a circa 551 mm.
E' stato quindi applicato un modello di trasformazione afflussi-deflussi, che consente di stimare i deflussi sulla base delle precipitazioni che si abbattono sul bacino imbrifero. Si ipotizza che il deflusso medio sia pari alla precipitazione netta sul bacino, ottenuta depurando le precipitazioni dalle perdite per infiltrazione nel terreno. Al fine della valutazione delle perdite per infiltrazione nel terreno si è valutato il coefficiente di afflusso medio, definito come il rapporto tra la precipitazione efficace e quella totale. Si decide per semplicità di adottare un unico coefficiente costante durante l'evento pluviometrico, che quindi dipende dalle caratteristiche del bacino imbrifero, come riporta la seguente tabella:

Caratteristiche del bacino			Coefficiente di afflusso Φ		
Manto vegetale	Morfologia del suolo	Pendenza dell'asta principale (%)	Terreno con sabbia grossa	Terreno con argilla e limo	Terreno con argilla compatta
Bosco	pianeggiante	0-5	0,10	0,30	0,40
	ondulato	5-10	0,25	0,35	0,50
	montuoso	10-30	0,30	0,50	0,60
Pascolo	pianeggiante	0-5	0,10	0,30	0,40
	ondulato	5-10	0,16	0,36	0,55
	montuoso	10-30	0,22	0,42	0,60
Coltivato	pianeggiante	0-5	0,30	0,50	0,60
	ondulato	5-10	0,40	0,60	0,70
	montuoso	10-30	0,52	0,72	0,82

Tabella coefficienti di deflusso, Frevert

Sulla base delle informazioni a disposizione sulla tessitura dei terreni del bacino idraulico di carico, ricavate tramite la "Carta dei suoli" della Regione Emilia-Romagna, e sulla presenza di infrastrutture e centri abitati, è stato valutato un coefficiente medio di afflusso pari a 0,3.



Estratto della "Carta dei suoli" della Regione Emilia Romagna

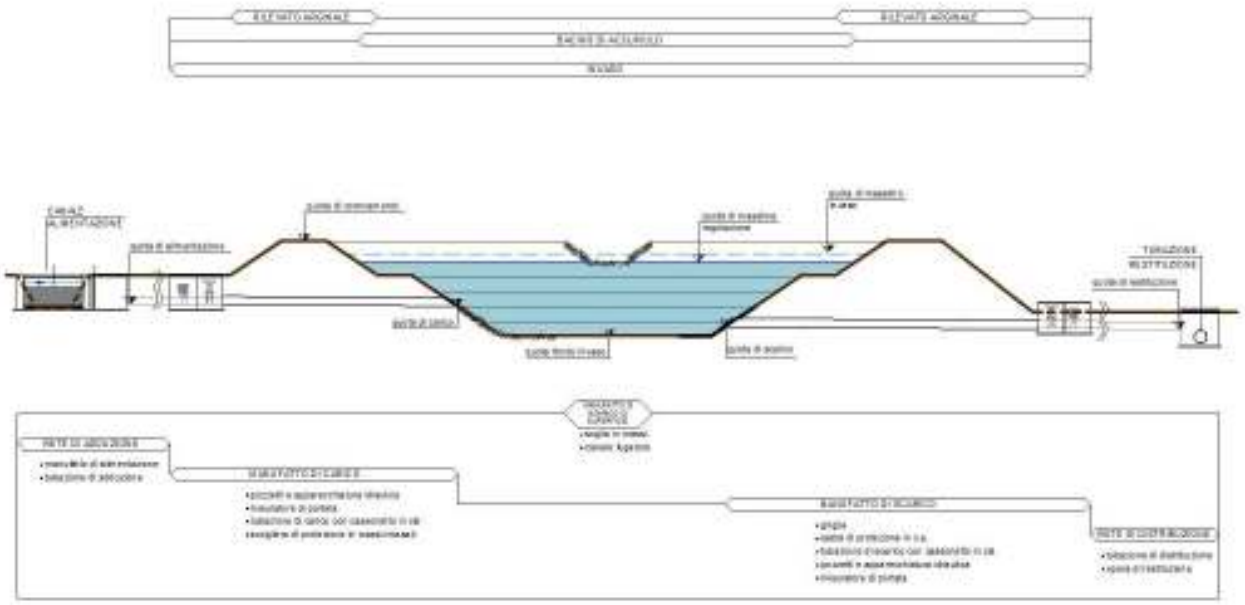
Si riporta di seguito la stima della capacità di accumulo dell'invaso in progetto:

Invaso	Pluviometro	Superficie bacino imbrifero	Precipitazione	Precipitazione	Coefficiente deflusso medio Φ	Capacità di accumulo
		(ha)	(mm)	(mc/ha)	(-)	(mc)
MOLINAZZO	Diga Mignano	176	551	5.510	0,3	290.928

Il volume dell'invaso in progetto è pari a circa 203.000 mc. Si conclude che l'apporto meteorico del bacino imbrifero sotteso dall'invaso in progetto è sufficiente ad invasarlo completamente grazie al contributo delle sole precipitazioni invernali, consentendo di accumulare la risorsa quando risulta maggiormente disponibile ed utilizzarla nel periodo irriguo quando è meno abbondante.

Funzionamento idraulico e quote di progetto

Per avere una visione complessiva del funzionamento dell'invaso in progetto occorre definire gli elementi che compongono le opere in progetto e le relative quote topografiche.



Lo schema idraulico riportato evidenzia tutte le opere che portano ad un corretto funzionamento del sistema, di seguito sintetizzate:

- rete di adduzione, che consente di convogliare le acque meteoriche in prossimità dell'invaso;
- manufatto di carico dell'invaso, che consente di invasare il serbatoio con i deflussi convogliati tramite il canale di alimentazione;
- invaso, opera finalizzata all'accumulo della risorsa idrica il cui volume si sviluppa in parte in scavo e in parte in rilevato (arginature in terra), con sponde e fondo resi impermeabili;

- manufatto di scarico dell'invaso, che consente di svuotare il serbatoio senza necessità di sollevamento, alimentando la rete di distribuzione;
- rete di distribuzione, che riceve le acque di scarico dell'invaso e consente di servire il distretto irriguo che sottende l'opera in progetto.

Nello schema sono riportate le quote che descrivono compiutamente il funzionamento dell'invaso, definite di seguito:

- quota di alimentazione, rappresenta la quota della tubazione (fondo tubo) che consente di invasare il serbatoio in progetto, nel punto di presa dal canale di alimentazione;
- quota di carico, rappresenta la quota della tubazione (fondo tubo) che consente di invasare il serbatoio in progetto, nel punto di immissione nel serbatoio;
- quota di massima regolazione, rappresenta la quota del livello dell'acqua oltre la quale ha inizio automaticamente lo sfioro;
- quota di massimo invaso, quota a cui può giungere il livello dell'acqua dell'invaso nel caso si verifichi il più gravoso evento di piena previsto in progetto;
- quota di coronamento, piano orizzontale che costituisce la massima quota dei rilevati arginali;
- quota di fondo invaso, rappresenta il piano di fondo scavo del bacino di accumulo;
- quota di scarico, rappresenta la quota a cui viene posata la tubazione di scarico dell'invaso in uscita dal bacino (fondo tubo);
- quota di restituzione, rappresenta la quota della tubazione che si ricollega con la rete consortile esistente, che rappresenta la distribuzione alle aziende.

Le quote di progetto relative all'invaso analizzato sono di seguito riassunte:

Invaso	$z_{alimentazione}$	z_{carico}	$z_{regolazione}$	$z_{max,invaso}$	$z_{coronamento}$	$z_{fondo,invaso}$	$z_{scarico}$	$z_{restituzione}$
	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)
MOLINAZZO	127,47	126,00	127,50	127,65	128,50	122,50	122,70	117,35

Rete di adduzione

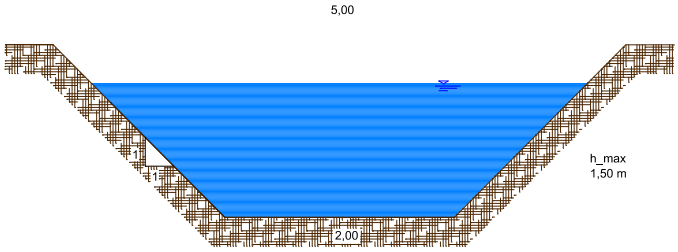
L'invaso sarà alimentato a gravità dal canale consortile Principale di Destra mediante la realizzazione di un'opera di presa (manufatto di alimentazione) e i volumi stoccati saranno scaricati da una tubazione più a valle con un'opera di restituzione in un tratto tubato del canale Principale di Destra. L'ubicazione dell'invaso in progetto garantisce il funzionamento dello stesso a caduta, senza che sia necessario realizzare stazioni di sollevamento.

Canale di alimentazione

Il canale di alimentazione denominato Principale di Destra fa parte della rete di canali del consorzio di bonifica e consentirà di convogliare verso l'invaso le acque meteoriche del bacino imbrifero di carico dell'opera. Il canale è caratterizzato dai seguenti elementi:

- canale a cielo aperto;
- sezione trapezia;

- base pari a 2,00 m;
- pendenza delle sponde pari a 45°;
- altezza massima 1,50 m;
- pendenza media del fondo 5‰.



Manufatto di alimentazione

Le acque di scolo del bacino idrografico sotteso dall'invaso in progetto verranno derivate tramite la realizzazione di un manufatto di alimentazione costituito da una paratoia sul canale Principale di Destra, che farà crescere il livello a monte della stessa e permetterà di alimentare un canale di derivazione tramite una seconda paratoia un pozzetto di partenza ispezionabile.

La paratoia da realizzare sul canale di alimentazione per consentire l'aumento del livello idrico avrà le seguenti caratteristiche e dimensioni:

- paratoia fissa;
- larghezza 2,00 m;
- altezza 0,80 m;
- materiale alluminio.

La seconda paratoia permetterà il prelievo dell'acqua di scolo del bacino imbrifero, alimentando una tubazione che convoglierà le acque fino all'invaso. Tale paratoia avrà le seguenti caratteristiche e dimensioni:

- paratoia fissa;
- larghezza 0,80 m;
- altezza 0,80 m;
- materiale alluminio.

Verranno inoltre realizzati dei muretti di spalla e una platea in c.a. per consentire la protezione del canale e l'alloggiamento delle due paratoie.

Entrambe le paratoie sul canale di derivazione verranno automatizzate e gestite tramite un sistema di telecontrollo, permettendo di regolare la portata derivata e il livello idrico nel canale di presa. Si avrà quindi la possibilità di registrare e monitorare in continuo le portate in ingresso alla tubazione.

Il pozzetto è costituito da 1 blocco prefabbricato di dimensioni pari a m 1,50x1,50 e altezza 1,5-3 m, e sarà ispezionabile da piano campagna. Da tale pozzetto partirà una tubazione di adduzione che si immetterà tramite un manufatto di carico nel bacino di accumulo.

Tubazione di adduzione

Dal manufatto di alimentazione partirà una tubazione di adduzione che convoglierà le acque fino al manufatto di carico dell'invaso in progetto. Detta tubazione avrà le seguenti caratteristiche:

- materiale PVC;
- DN 500 mm;
- spessore 12,3 mm;
- pendenza media 7,3‰;
- lunghezza 202,20 m.

Lo spessore medio del terreno di ricoprimento della tubazione è pari a circa 1,20 m.

Invaso

Manufatto di carico

L'opera di carico è costituita da:

- tubazione di carico in pressione;
- pozzetti di ispezione prefabbricati;
- misuratore di portata;
- valvola di regolazione della portata;
- valvola a clapet.

Dal pozzetto prefabbricato verrà realizzata una tubazione di carico che convoglierà le acque fino all'invaso in progetto, avente le seguenti caratteristiche:

- materiale PVC;
- DN 500 mm;
- spessore 12,3 mm;
- lunghezza 18,10 m.

Sulla tubazione di carico sopra dimensionata verranno inseriti una valvola di regolazione della portata (valvola a cuneo) e uno strumento per la misurazione della portata stessa di tipo elettromagnetico (oltre ai tronchetti in acciaio necessari per l'installazione degli organi di regolazione). Tali apparecchiature saranno realizzate all'interno di un apposito pozzetto in c.a. costituito da n. 2 blocchi prefabbricati, ispezionabili e accessibili da piano campagna, ciascuno avente dimensione pari a m 1,50x1,50 e altezza 1,5-3 m. Le

strumentazioni idrauliche verranno automatizzate e gestite tramite un sistema di telecontrollo, permettendo di regolare e misurare in continuo la portata derivata.

L'opera di carico sarà realizzata appena a monte del rilevato arginale che costituisce il perimetro dell'invaso in progetto, al fine di poter accedere in qualunque momento per manutenzioni o controlli vari. La tubazione al di sotto del rilevato arginale sarà protetta tramite una trave in c.a., realizzata all'esterno della tubazione stessa, al fine di prevenire eventuali filtrazioni lungo la discontinuità che si crea tra terreno ed estradosso della tubazione e per proteggere la tubazione dal carico di terreno che grava sulla stessa. Il cassonetto in c.a. avrà una sezione quadrata pari a m 1,00x1,00 e una lunghezza tale da sottopassare completamente il rilevato arginale.

All'immissione della tubazione di carico nel bacino di accumulo, verrà realizzata una scogliera di protezione in massi intasati in cls, per una lunghezza di 10 m, larghezza di 2 m e altezza media di 50 cm.

Bacino di accumulo

Il bacino di accumulo in progetto ha la funzione di stoccare la risorsa idrica prelevata durante il periodo non irriguo. Verrà realizzato in terra, in parte in scavo e in parte in rilevato, al fine di massimizzare il volume invasabile. L'invaso verrà riempito e svuotato senza la necessità di sollevare meccanicamente le acque, al fine di contenere i costi di costruzione, oltre quelli per la manutenzione e gestione. L'invaso ha una capacità di stoccaggio di ca. 203.000 mc e può essere riempito durante il normale esercizio fino alla quota di massima regolazione. Oltre tale quota avviene lo sfioro tramite uno scaricatore superficiale in massi intasati che recapita le acque della piena di progetto nel canale ricettore più vicino, consentendo di garantire un franco di sicurezza di circa 85 cm in caso di raggiungimento della quota di massimo invaso.

Nella progettazione del bacino di accumulo si è valutata la stabilità delle sponde dello scavo necessario per la realizzazione del bacino stesso, verificando il grado di sicurezza allo scivolamento delle sponde in terra tramite la metodologia descritta nella relazione geotecnica di progetto.

Il fondo del bacino è caratterizzato da una pendenza variabile, per consentire un maggiore accumulo della risorsa idrica all'interno del bacino e favorire eventuali attività di svuotamento.

Rilevato arginale

Il rilevato arginale svolge la funzione di contenimento della risorsa idrica nel bacino di accumulo, impedendone la fuoriuscita dal serbatoio stesso. Verrà infatti realizzato lungo tutto il perimetro dell'invaso. L'altezza del rilevato è tale da massimizzare il volume invasabile, mantenendo un adeguato franco di sicurezza in caso della piena di progetto. La sagoma arginale, a sezione trapezia, invece è determinata dal soddisfacimento delle verifiche di stabilità globale e di quelle di filtrazione e sifonamento, al fine di garantire il contenimento della linea di saturazione all'interno della sezione arginale. Il rilevato arginale sarà realizzato in terra, utilizzando parte del terreno scavato in sito e parte di terreno portato da apposita cava. Il materiale impiegato dovrà essere idoneo ad assicurare la stabilità del rilevato e la giusta compattazione dello stesso, ottenuta tramite la costruzione del rilevato tramite strati di altezza pari a 20 cm, adeguatamente compattati e rullati. La progettazione si basa sugli esiti della campagna geognostica effettuata nella fase iniziale, sia in campo tramite prove in sito sia in laboratorio tramite analisi svolte su provini e campioni indisturbati. Inoltre

sono state effettuate delle analisi chimiche preliminari al fine di attestare l'idoneità chimica del terreno da impiegare. Sulla sommità del rilevato arginale è prevista la realizzazione di una pista carrabile lungo tutto il perimetro, al fine di consentire le attività di manutenzione e garantire l'accessibilità alle opere. Tale pista è costituita da uno strato di ghiaia di spessore pari a 30 cm. Inoltre verrà realizzata una pista di accesso alla sommità arginale, inghiaiata per una larghezza di 3 m e avente una pendenza massima indicativa del 10%.

Impermeabilizzazione

Data la natura ghiaiosa del terreno, il paramento e il fondo del rilevato lato bacino saranno impermeabilizzati mediante la posa di una geomembrana impermeabile in EPDM. Nel dettaglio il rivestimento del fondo e della sponda interna è composto da:

- regolarizzazione del fondo scavo;
- tessuto non tessuto;
- geomembrana in EPDM dello spessore di 1,10 mm;
- rete antinutrie a doppia torsione maglia 6 x 8 e filo Φ 2,20/3,20 mm.

La livellazione del terreno consentirà di lisciare e compattare le pareti dello scavo, al fine di evitare la messa a nudo di trovanti che potrebbero causare la rottura o il danneggiamento del telo.

Il tessuto non tessuto verrà posizionato tra il terreno dello scavo e la geomembrana in EPDM e avrà una massa areica pari a 300 g/mq.

Il telo in EPDM è realizzato in materiale gommoso al fine di garantire un'adeguata durabilità e affidabilità del materiale.

La rete antinutrie verrà posata per tutta l'altezza della sponda e per qualche metro del fondo dell'invaso, al fine di evitare che si possano creare dei percorsi di filtrazione preferenziale in corrispondenza dei buchi scavati dalle nutrie. La rete rimarrà tesa mediante l'utilizzo di una barra in ferro Φ 24 mm posizionata orizzontalmente nella parte inferiore della rete.

Manufatto di scarico

Il manufatto di scarico è costituito da una tubazione in PVC annegata in una trave in c.a., protetta in ingresso da una struttura dotata di apposita griglia. La tubazione non può attraversare il corpo del rilevato arginale e pertanto verrà alloggiata in una trincea scavata nel terreno naturale. Attorno ad essa verrà realizzato il cordolo armato che consente di aumentare la resistenza alle sollecitazioni meccaniche e ridurre gli eventuali fenomeni di filtrazione. Attorno alla trave il terreno di rinfianco dovrà essere adeguatamente costipato con la massima cura. Questa tubazione da un lato consente di prelevare i volumi irrigui necessari al soddisfacimento dei fabbisogni colturali dell'areale servito dall'invaso, e dall'altro di svuotare quasi completamente il bacino stesso all'occorrenza.
Il dimensionamento dello scarico è eseguito mediante la simulazione dello svuotamento dell'invaso, con lo scopo di calcolare il tempo occorrente per lo svuotamento dell'invaso e la massima portata che può essere scaricata tramite lo stesso.
Il problema idraulico si pone impostando l'equazione di continuità all'interno dell'invaso:

$$\frac{dV}{dT} = Q_{in}(t) - Q_{out}[h(t)]$$

dove

$\frac{dV}{dT}$ è la variazione del volume idrico del serbatoio

$Q_{in}(t)$ è la portata in ingresso all'invaso

Q_{out} [h(t)] è la portata in uscita dallo scarico

h(t) è il carico idraulico nel lago riferito allo sbocco dello scarico.

La funzione Q_{in}, che esprime un eventuale apporto idrico al lago durante le operazioni di scarico, è in genere posta costante pari a zero, mentre la funzione Q_{out}, che rappresenta la portata in uscita dallo scarico, è funzione della tipologia dello stesso. Più spesso però conviene applicare la funzione di moto permanente in condotte in pressione:

$$\frac{\Delta h}{L} = J = \frac{\lambda}{D}(1+\xi)\frac{v^2}{2g}$$

con

D, diametro della condotta

v, velocità della corrente

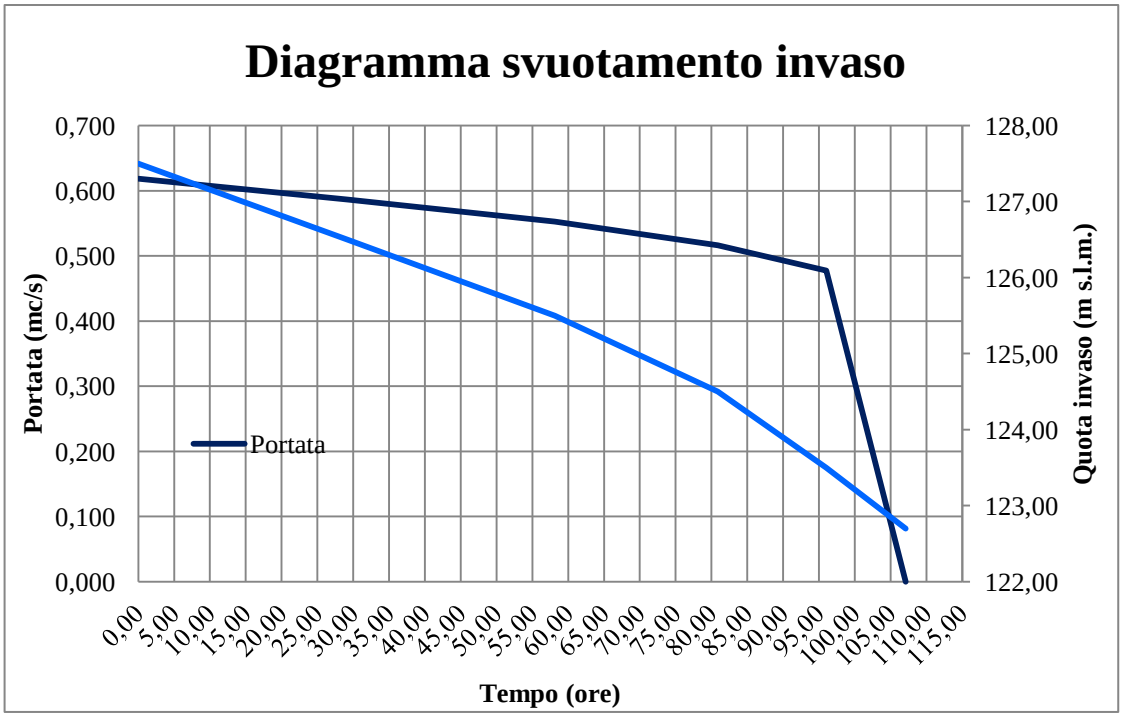
λ, parametro adimensionale di attrito

ξ, coefficiente per le perdite concentrate dell'imbocco e dello sbocco.

Il coefficiente di perdita ξ considerato è pari a 1, sia per l'imbocco con tubo rientrante a spigolo vivo che per lo sbocco nell'opera di restituzione. Si ipotizza di realizzare una tubazione in PVC di diametro interno pari a 500 mm. La lunghezza della condotta è approssimata a quella della tubazione di distribuzione, pari a circa 820 m.

Si riportano di seguito i calcoli effettuati:

MOLINAZZO				
Quota invaso	Q_{out}	V	t	t_cum
(m s.l.m.)	(mc/s)	(mc)	(ore)	(ore)
127,50	0,618	203.000	0	0
126,50	0,586	139.826	29,13	29,13
125,50	0,552	80.389	29,00	58,13
124,50	0,516	36.594	22,77	80,89
123,95	0,477	9.537	15,13	96,02
122,70	0	0	11,10	107,12



Il tempo di svuotamento dell'invaso è stimato in circa 107 ore (4 giorni), che risulta compatibile con la funzione dell'opera progettata.

La tubazione verrà quindi realizzata in PVC e il diametro sarà pari a 500 mm. Sulla tubazione di scarico verranno inseriti una valvola di regolazione della portata (valvola a cuneo) e un misuratore di portata elettromagnetico (oltre ai tronchetti in acciaio necessari per l'installazione degli organi di regolazione). Tali apparecchiature saranno realizzate all'interno di un apposito pozzetto in c.a. costituito da n. 2 blocchi prefabbricati, ispezionabili e accessibili da piano campagna, ciascuno avente dimensione pari a m 1,50x1,50 e altezza 1,5-3 m. Le strumentazioni idrauliche verranno automatizzate e gestite tramite un sistema di telecontrollo, permettendo di regolare e misurare in continuo la portata derivata.

Con la tubazione di scarico è possibile alimentare anche la tubazione Terzuola dei Fiducia mediante l'installazione di un giunto a T. Sul tronco di connessione con la condotta Terzuola dei Fiducia è collocata una valvola a saracinesca a cuneo gommato all'interno di un pozzetto prefabbricato in c.a. ispezionabile e accessibile da piano campagna, ciascuno avente dimensioni interne pari a m 1,50x1,50.

La tubazione al di sotto del rilevato arginale sarà protetta tramite una trave in c.a., realizzata all'esterno della tubazione stessa, al fine di prevenire eventuali filtrazioni lungo la discontinuità che si crea tra terreno ed estradosso della tubazione e per proteggere la tubazione dal carico di terreno che grava sulla stessa. Il cassonetto in c.a. avrà una sezione quadrata pari a m 1,00x1,00 e una lunghezza tale da sottopassare completamente il rilevato arginale.

Manufatto di scarico di superficie

Lo scarico di superficie dell'invaso è costituito da una soglia libera che immette le acque di sfioro in un canale fugatore. Lo scarico di superficie ha lo scopo fondamentale di evitare che durante una piena

particolarmente gravosa si verifichi una tracimazione della sommità arginale dell'invaso. Pertanto lo scaricatore viene dimensionato per smaltire la portata di piena quando nel serbatoio viene raggiunta la quota di massima regolazione. L'evento di progetto dello sfioratore è legato a due fattori:

- portata massima in ingresso;
- precipitazione di progetto sull'area di invaso.

La stima della massima portata di piena è importante al fine della progettazione idraulica dello scarico di superficie dell'invaso. Nel caso di bacini di accumulo con rilevati in terra, la condizione di sormonto dell'acqua al di sopra del coronamento della struttura è da evitare perché potrebbe provocare il collasso dell'intera struttura stessa. La velocità dell'acqua infatti produce una forza di trascinamento sulla terra che può provocare l'asportazione della stessa, innescando un processo auto-distruttivo.

La condizione più gravosa ai fini del dimensionamento dello sfioratore, ovvero quella che produce la massima portata di progetto in ingresso all'invaso, risulta essere quella caratterizzata da:

- raggiungimento della quota di massima regolazione dell'invaso;
- massimo riempimento del canale di alimentazione.

Il canale di alimentazione ha le seguenti caratteristiche medie, valutate nei pressi del manufatto di alimentazione:

- canale a cielo aperto;
- sezione trapezia;
- base pari a 2,00 m;
- pendenza delle sponde pari a 45°;
- altezza massima 1,50 m;
- pendenza media del fondo 5‰.

Per la valutazione della portata transitante nel canale nella condizione di massimo riempimento si impiega la formula della portata uniforme di Chezy-Strickler:

$$Q = k_s \cdot A \cdot R^{1/6} \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

dove
Q, portata transitante (m^3/s)

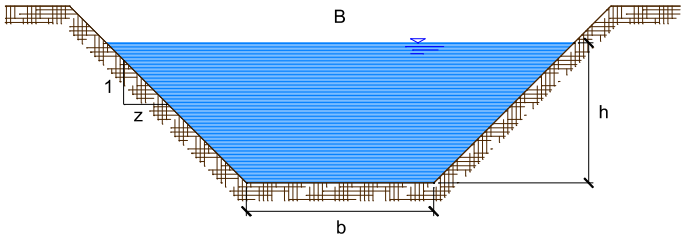
k_s scabrezza di Strickler ($m^{1/3}/s$)

A, area bagnata (m^2)

R, raggio idraulico (m)

i, pendenza media del fondo alveo (-).

Nel caso di canale a sezione trapezia si possono usare le seguenti formulazioni per valutare l'area, il contorno bagnato (P) e la larghezza del pelo libero (B) in funzione del tirante raggiunto nel canale:



$$A = h \cdot (b + z \cdot h)$$

$$P = b + 2h \cdot \sqrt{1 + z^2}$$

$$R = b + 2zh$$

A favore di sicurezza si effettua il calcolo considerando il canale completamente pieno (h_{max}, massimo tirante), a cui corrisponde la portata pari a:

Invaso	b	**h_{max}**	α	z	B	A	P	R	k_s	i	**Q**
	(m)	**(m)**	(°)	(-)	(m)	(m^2)	(m)	(m)	($m^{1/3}$/s)	(-)	**(m^3/s)**
MOLINAZZO	2,00	**1,50**	45	1,00	5,00	5,25	6,24	0,841	35	0,005	**11,58**

Tale portata è la massima transitante nel canale Principale di Destra a cui verrà collegata la tubazione di carico dell'invaso. La condizione più sfavorevole ai fini della sicurezza dell'invaso è quella in cui transiti nel canale di alimentazione la massima portata smaltibile in concomitanza di serbatoio pieno, che corrisponde al transito della portata di piena precedentemente calcolata nel canale Principale di Destra (a cui corrisponde il tirante h_{max}), nel caso in cui l'invaso sia riempito fino alla quota di regolazione. La portata che defluisce nella tubazione di carico è calcolata schematizzando tale situazione come condotta in pressione tra due serbatoi (canale a monte, invaso a valle).

Facendo riferimento a condizioni di moto permanente, deve essere risolta l'equazione del moto:

$$\Delta H = L \cdot J + \Sigma P_c$$

dove ΔH indica la differenza tra i carichi totali a monte e a valle della condotta (avente lunghezza pari a L), J la cadente piezometrica che dipende da portata, diametro della tubazione e relativa scabrezza, e con ΣP_c la somma delle perdite di carico concentrate presenti lungo la condotta. Le perdite concentrate comportano una diminuzione della portata transitante in condotta e pertanto ai fini della sicurezza verranno trascurate, massimizzando la portata in ingresso all'invaso.

I dati di progetto della condotta sono di seguito riassunti:

- diametro D = 500 mm;
- materiale PVC;

- scabrezza assoluta ε = 0,002 mm;
- scabrezza relativa $\varepsilon/D = 4 \cdot 10^{-6}$;
- lunghezza 202,2 m;
- pendenza media 7,3‰.

I carichi a monte e a valle della condotta sono rispettivamente:

- carico dato dal tirante nel canale pari a 128,77 m s.l.m.;
- carico dato dalla quota di regolazione nell'invaso pari a 127,50 m s.l.m.;

Di conseguenza la differenza di carico è pari a 1,27 m.

Il legame tra cadente piezometrica e diametro è espresso dalla seguente relazione:

$$J = \lambda \cdot \frac{v^2}{2gD} = \lambda \cdot \frac{Q^2}{2gDA^2}$$

dove λ rappresenta l'indice di resistenza di Darcy-Weisbach per la cui valutazione si fa riferimento alla formulazione di Prandtl-Nikuradse, valida per moto assolutamente turbolento:

$$\lambda = \left[2 \cdot \log_{10} \left(\frac{3.71 \cdot D}{\varepsilon} \right) \right]^{-2}$$

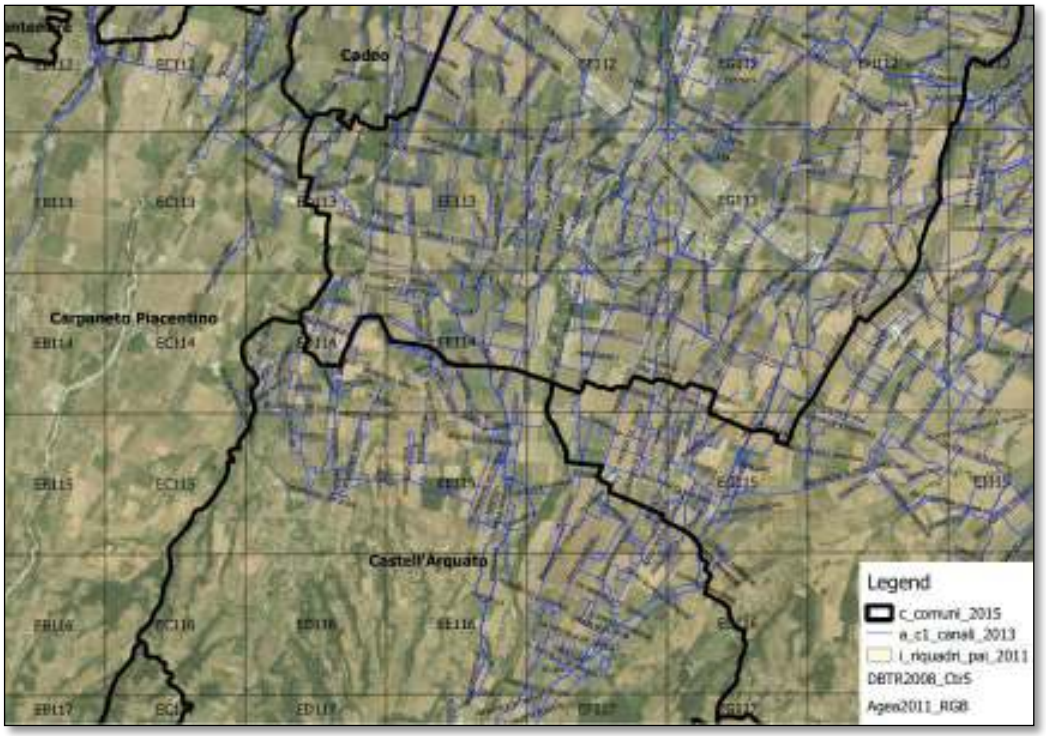
Si riportano di seguito i risultati dei calcoli effettuati:

Invaso	H_{monte}	H_{valle}	ΔH	D	A	**Q**	v	ε	ε/D	λ	J	L
	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m)	(m)	(m^2)	**(m^3/s)**	(m/s)	(mm)	(-)	(-)	(m/m)	(m)
MOLINAZZO	128,77	127,50	1,27	0,5	0,1963	**0,471**	2,4	0,002	$4 \cdot 10^{-6}$	0,010723	0,0063	202,2

A favore di sicurezza si decide di considerare anche la portata che genera dalla precipitazione sullo specchio liquido dell'invaso, corrispondente ad un evento meteorico di progetto con tempo di ritorno pari a 200 anni. La valutazione dell'altezza di precipitazione corrispondente all'evento meteorico di progetto viene effettuata tramite l'analisi probabilistica delle precipitazioni, determinando le Curve di Possibilità Pluviometrica (CPP) dell'area in oggetto. Tali curve legano l'altezza di precipitazione corrispondente ad un evento con tempo di ritorno prefissato con la durata dell'evento stesso, e sono approssimate dalla relazione:

$h = a \cdot t^n$

in cui h è l'altezza di precipitazione espressa in mm, t è la corrispondente durata espressa in ore, a è un parametro che dipende dall'ordine e n è un esponente che risulta sempre $0 < n < 1$ a causa della concavità verso il basso della CPP . All'interno dello strumento PAI (Autorità di Bacino del Po, 1999) sono riportati i parametri a e n delle CPP associati i tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni, per ognuna delle celle della discretizzazione territoriale (maglia quadrata di lato pari a 2 km).



Celle pluviometriche PAI

Pertanto è possibile ricavare i parametri delle CPP relativi al tempo di ritorno di 200 anni, e di conseguenza l'altezza di precipitazione di progetto riferita ad una durata critica pari a 1 ora.

La portata che si genera durante l'evento pluviometrico con Tr = 200 anni sullo specchio liquido dell'invaso risulta:

Invaso	A	cella PAI	a_{200}	n_{200}	t	h_{200}	V	**Q**
	(m^2)		(mm/h)	(-)	(ore)	(mm)	(m^3)	**(m^3/s)**
MOLINAZZO	65.000	EG115	71,75	0,256	1	71,75	4.664	**1,295**

La portata di dimensionamento dello scarico di superficie risulta pari alla somma della massima portata in ingresso all'invaso e dalla portata corrispondente alla pioggia sullo specchio liquido dell'invaso stesso (Tr200):

Q = 0,471 + 1,295= 1,766 m^3/s.

Lo sfioratore verrà cautelativamente dimensionato per una portata pari a 2,00 m^3/s.

Il progetto prevede la realizzazione di uno scarico di superficie costituito da una soglia di sfioro che immette le acque in un canale fugatore a cielo aperto. La formula dello stramazzo utilizzata nel dimensionamento dello sfioratore di superficie è la seguente:

$$Q = \mu L h \sqrt{2gh}$$

dove

Q, portata scaricata (m^3/s)

μ, coefficiente di efflusso (-)

L, sviluppo longitudinale della soglia di sfioro (m)

h, carico idraulico sulla soglia (m)

g, accelerazione di gravità (9,81 m/s^2).

Nel caso di soglia non sagomata, il coefficiente di efflusso μ da adottare è quello valido in caso di stramazzo in parete grossa, di valore pari a 0,385.

Dal calcolo idraulico si ricava il dimensionamento dello sfioratore:

Invaso	Q_{prog} (m^3/s)	L (m)	h (m)	μ (-)
MOLINAZZO	2,00	20	0,15	0,385

La soglia sfiorante avrà lunghezza pari a 20 m e verrà raccordata con il piano di coronamento dell'arginatura in terra dell'invaso (gaveta trapezia). Entrerà in funzione una volta che, durante un evento pluviometrico, verrà superata la quota di regolazione dell'invaso, per consentire il transito della portata di progetto. Il massimo carico idraulico sopra soglia sarà pari a 15 cm, pertanto la quota di massimo invaso supererà di tale valore la quota di massima regolazione. Il franco idraulico di sicurezza sarà quindi pari a 85 cm.

Il canale fugatore è progettato per smaltire la portata di piena di progetto e convogliarla verso il canale ricettore più vicino. Verrà rivestito in massi intasati in cls nel tratto iniziale, per evitare fenomeni di erosione. Le dimensioni e le caratteristiche del canale, verificate tramite la formula del moto uniforme in canale a cielo aperto, sono di seguito riassunte:

Invaso	$Q_{scaricata}$	b	**h**	α	z	B	A	P	R	k_s	i
	(m^3/s)	(m)	**(m)**	(°)	(-)	(m)	(m^2)	(m)	(m)	($m^{1/3}/s$)	(-)
MOLINAZZO	2,00	1,5	**0,72**	45	1,00	2,94	1,60	3,54	0,452	30	0,005

Nel canale, in condizione di moto uniforme, si ha un tirante pari a 72 cm. Considerando un adeguato franco di sicurezza, la sezione di progetto del canale avrà le seguenti caratteristiche:

- base minore pari a 1,50 m;
- pendenza delle sponde pari a 45°;
- altezza pari a 1,50 m;
- pendenza media pari a 5‰.

Il canale avrà una lunghezza pari a 30 m e convoglierà le acque nel colatore più vicino, ovvero il canale Principale di Destra.

Rete di distribuzione

La connessione idraulica alla rete consortile esistente è realizzata tramite una condotta in PVC di diametro pari a 500 mm. L'immissione nella rete irrigua esistente avviene tramite la realizzazione di un pozzetto prefabbricato in c.a. che costituisce l'opera di restituzione. Il pozzetto consente di collegare la tubazione di distribuzione con il reticolo consortile esistente, per poter raggiungere tutte le utenze servite dall'invaso artificiale. La tubazione di restituzione ha una lunghezza pari a circa 819,8 m e una pendenza pari a 6,5‰.

Verifiche statiche delle condotte

Lo scopo delle verifiche statiche è di accertare che le tubazioni in progetto siano in grado di resistere, con un adeguato margine di sicurezza, ai carichi agenti su di esse, rispettando le condizioni necessarie per il normale esercizio ed assicurandone la conservazione e la funzionalità nel tempo.

La verifica statica di una tubazione interrata consiste, quindi, nell'accertare che i carichi agenti sulla struttura provochino tensioni e deformazioni compatibili con la geometria, con il materiale della tubazione e con le esigenze di progetto e funzionalità.

Il comportamento statico di una tubazione interrata dipende dalla resistenza del materiale costituente la condotta, da quella del materiale che la circonda e dalla metodologia di posa della stessa. Ne conseguono criteri di verifica differenti a seconda della rigidezza della condotta.

Per stabilire il comportamento della condotta, in riferimento alla norma UNI 7517/76, è possibile definire il coefficiente di elasticità n come segue:

$$n = \frac{E_t}{E}\left(\frac{r}{s}\right)^3$$

dove:

- Et = modulo di elasticità del terreno;
- E = modulo di elasticità del materiale costituente la tubazione;
- r = raggio della fibra media del tubo;
- s = spessore della tubazione.

Se n>1 allora la condotta è definita come flessibile, in alternativa è classificata come rigida.

Le tubazioni cosiddette flessibili possono subire deformazioni significative prima di giungere alla rottura. Di conseguenza per valutarne il comportamento statico non è possibile fare riferimento al carico di rottura, ma il criterio di dimensionamento considera la massima ovalizzazione ammissibile o la sollecitazione di flessione massima ammissibile.

Per l'effettuazione delle verifiche sulle tubazioni è, quindi, necessario determinare i carichi che gravano su di esse: una tubazione interrata risulta, infatti, sottoposta a carichi verticali costituiti dal peso del terreno di ricoprimento e da eventuali sovraccarichi accidentali che tendono ad ovalizzare la tubazione. Analogo effetto di ovalizzazione è prodotto dal peso dell'acqua contenuta nel tubo. Per effetto dell'ovalizzazione il tubo

esercita sul terreno una spinta la cui reazione contrasta l'ovalizzazione stessa della tubazione contribuendo a migliorarne la stabilità. Questo effetto stabilizzante è normalmente quantificato in un coefficiente di posa che dipende dal modo in cui la tubazione è posata e dal tipo di rinfianco (grado di costipazione).

Particolare cura dovrà, pertanto, essere rivolta all'esecuzione del letto di posa ed alla selezione del materiale costituente il riempimento dello scavo in modo da consentire la totale collaborazione a fronte delle deformazioni indotte dalla tubazione da carichi esterni mobili o dal semplice ricoprimento. Lo scavo sarà tale da consentire la posa in opera delle tubazioni nelle migliori condizioni di operatività.

Azione verticale dovuta al terreno di rinterro

Le disposizioni per il carico dovuto al rinterro, fornite dalla norma UNI 7517/76, rispecchiano le ipotesi di Spangler. Tale carico viene calcolato in maniera differente a seconda che la posa sia in trincea stretta o in trincea larga.

Per indicare la trincea stretta occorre che almeno una delle due condizioni seguenti sia verificata:

$$B \leq 2D \text{ e } H \geq 1{,}5B$$

$$2D < B < 3D \; e \; H \geq 3{,}5B$$

dove

B, larghezza della trincea a livello della generatrice superiore del tubo;

H , altezza del rinterro al di sopra della generatrice superiore del tubo;

D, diametro esterno della tubazione.

Nel caso di trincea stretta il carico del rinterro viene calcolato con la formula:

$$Q_{st} = c_t \cdot \gamma_t \cdot B^2$$

dove

Q_{st} = carico verticale sul tubo dovuto al rinterro;

γ_t = peso specifico del materiale di rinterro;

c_t = coefficiente di carico del terreno nella posa in trincea stretta, calcolato in funzione dell'angolo di attrito interno del materiale di rinterro ρ come segue:

$$c_t = \frac{1 - e^{-2\cdot[\tan^2(45°-0{,}5\rho)]\cdot(H/B)\cdot\tan(\rho)}}{2 \cdot [\tan^2(45° - 0{,}5\rho)] \cdot \tan(\rho)}$$

Nel caso in cui Q_{st} risultasse minore del peso stesso del prisma di terreno sovrastante si utilizza il peso di quest'ultimo come carico gravante sulla condotta, calcolato come Qst = γt HD.

Nel caso di trincea larga e tubazione rigida il carico dovuto al rinterro è calcolabile come:

$$Q_{st} = c_e \cdot \gamma_t \cdot D^2$$

dove il coefficiente di carico del terreno ce è funzione del rapporto H/D secondo la relazione:

$$\text{per } H/D > 2{,}66: \; c_e = 0{,}1 + 1{,}68 \cdot {}^{H}/_{D}$$

$$\text{per } H/D < 2{,}66: \; c_e = 0{,}1 + 0{,}85 \cdot {}^{H}/_{D} + 0{,}33\left({}^{H}/_{D}\right)^2$$

Se la tubazione fosse classificata come flessibile, il carico verticale dovuto al rinterro si dovrebbe assumere pari al peso del prisma di terreno sovrastante. Dal momento che le tubazioni sono sempre poste al di sopra del livello della falda freatica, si può ritenere nulla la pressione idrostatica esterna.

Carico dovuto ai sovraccarichi mobili

La valutazione del carico sulla generatrice superiore del tubo P_V, dovuto al transito di un mezzo circolante ad una altezza H sopra la generatrice del tubo, qualora si tratti di un sovraccarico verticale concentrato dovuto a veicoli su ruote si calcola, con riferimento alla norma UNI 7517, con la seguente espressione:

$$P_V = \sigma_Z \cdot D \cdot \varphi$$

dove

σ_z = tensione di compressione sulla generatrice superiore del tubo;

φ = coefficiente di amplificazione dinamica.

La tensione di compressione σ_z è calcolata in funzione dello spessore del rinterro e del tipo di convoglio considerato. In particolare:

$$\text{convoglio HT: } \sigma_Z = 0{,}5281 \cdot \frac{P}{H^{1{,}0461}}$$

$$\text{convoglio LT: } \sigma_Z = 0{,}8743 \cdot \frac{P}{H^{1{,}5194}}$$

dove la determinazione del parametro P è effettuata in base ai convogli tipo disciplinati dalla norma DIN 1072 e rappresentati da due tipi di autocarro: pesante HT e leggero LT.

Il coefficiente di amplificazione dinamica φ tiene conto del movimento del carico ed è calcolabile secondo le relazioni:

- per strade e autostrade: $\varphi = 1 + 0{,}3/H$
- per ferrovie: $\varphi = 1 + 0{,}6/H$

Nel caso in esame è stata considerata l'azione di un veicolo di classe LT-12 (DIN1072) a cui corrisponde un carico per la ruota anteriore P di 20 kN.

Verifica statica in regime elastico

Il comportamento statico di una condotta è riconducibile a quello di un anello sottile. L'accertamento sull'ammissibilità dello stato tensionale a cui è soggetta la tubazione è normalmente condotto ipotizzando che la sezione sia completamente reagente e calcolando le sollecitazioni che si verificano nelle tre sezioni più significative: al vertice, sui fianchi e sul fondo.

Oltre al carico verticale dovuto al rinterro e ad eventuali sovraccarichi mobili, la tubazione è soggetta all'azione dei seguenti carichi:

- G_c = peso proprio della condotta pari a:
  $$G_c = \gamma_c \cdot \pi \cdot d \cdot s$$
  dove si indica con γ_c il peso specifico del materiale, con d il diametro della fibra media della condotta e con s lo spessore della tubazione.
- G_a = peso proprio dell'acqua di riempimento calcolata in funzione del peso specifico dell'acqua γ_w e pari a:
  $$G_a = 0{,}25 \cdot \gamma_w \cdot \pi \cdot (d - s)^2$$
- H_0 = spinta orizzontale uniformemente distribuita dipendente dal coefficiente di spinta attiva K_a tramite la relazione:
  $$H_0 = \gamma_t \cdot H \cdot D \cdot K_a$$
- H_t = spinta orizzontale distribuita linearmente pari a:
  $$H_t = \frac{1}{2} \cdot \gamma_t \cdot D^2 \cdot K_a$$
- Q = reazione uniformemente distribuita su Dsinα (dove α è l'angolo di appoggio del tubo sul terreno).

Verifica dell'inflessione diametrale per tubazioni flessibili

La prima delle verifiche eseguite sulle tubazioni di tipo flessibile riguarda la massima inflessione diametrale.

L'esigenza di limitare le deformazioni scaturisce dal fatto che queste, se superano certi limiti di accettabilità, possono dar luogo a una riduzione della portata liquida non trascurabile alterando lo stato delle sollecitazioni.

La massima deflessione delle condotte in progetto è stata determinata mediante la formula di Spangler, che si basa sull'ipotesi che i carichi verticali permanenti e i sovraccarichi diano luogo a pressioni verticali in sommità e alla base del tubo uniformemente distribuite sull'intero diametro orizzontale e a pressioni orizzontali agenti con andamento parabolico sulle corde verticali che sottendono angoli al centro di 100°. L'inflessione massima, con il 95% di probabilità è, pertanto, fornita dalla seguente espressione:

$$\Delta y = \frac{(f_r \cdot Q_{st} + P_V) \cdot K_X \cdot r^3}{EI + 0{,}061 \cdot K_a \cdot E_t \cdot r^3} + \Delta a$$

dove

Δy, inflessione diametrale verticale del tubo [cm];

f_r, fattore di ritardo d'inflessione che tiene conto dell'assestamento del terreno nel tempo varia in funzione del grado di costipamento del terreno di riempimento;

Q_{st}, carico verticale permanente dovuto al rinterro [N/cm];

P_V, sovraccarico mobile [N/cm];

K_X, coefficiente adimensionale d'inflessione o di appoggio. I suoi valori variano da 0,0083 a 0,110 al variare del tipo di posa;

r, raggio medio della tubazione [cm];

EI, fattore di rigidità trasversale della tubazione [N·cm];

E_t, modulo elastico del terreno [N/cm^2];

K_a e Δa, parametri che consentono di passare dall'inflessione media all'inflessione massima caratteristica, dipendenti dall'altezza del rinterro.

Per i vari materiali le specifiche normative o le raccomandazioni dei produttori di tubi consigliano di non superare valori di Δy di 0,08 D_E.

Verifica all'instabilità elastica per tubazioni flessibili

Una tubazione sollecitata da forze radiali uniformemente distribuite e dirette verso il centro, dapprima rimane circolare, poi all'aumentare delle forze, si inflette ovalizzandosi. Per quanto riguarda le tubazioni interrate, la sollecitazione che determina l'instabilità elastica è legata, oltre che alle caratteristiche meccaniche della tubazione, anche al modulo elastico del suolo E_t.

La pressione ammissibile di buckling è stata calcolata con l'espressione:

$$q_a = \frac{1}{FS} \cdot \sqrt{32 \cdot (1 - 0{,}33\frac{H_w}{H}) \cdot \frac{1}{1 + 4e^{-0{,}213H}} \cdot E_t \cdot \frac{EI}{D^3}}$$

dove

q_a, pressione ammissibile di buckling [N/cm^2];

FS, fattore di sicurezza posto pari 2,5;

H_w, altezza della superficie libera della falda misurata dalla generatrice superiore del tubo;

H, altezza del rinterro misurata dalla generatrice superiore del tubo;

E_t, modulo elastico del terreno [N/cm^2];

EI, fattore di rigidità trasversale della tubazione [N cm];

D, diametro esterno della tubazione [cm].

La verifica di buckling risulta soddisfatta se:

$$\gamma_w \cdot H_w + R_w \cdot \frac{Q_{st}}{D} + \frac{P_V}{D} < q_a$$

Risultati

Si riportano nel seguito i risultati ottenuti dall'applicazione delle verifiche sulle tubazioni, descritte nei precedenti paragrafi.

I calcoli di verifica sono stati eseguiti con riferimento al massimo ricoprimento delle tubazioni, pari a 1,5 m. Le tubazioni di carico e scarico del bacino di accumulo, collocate al di sotto del rilevato arginale, sono protette tramite apposito cassonetto in c.a., e pertanto non sono oggetto di verifiche statiche. Sono riportati di seguito i calcoli effettuati in relazione ai parametri geotecnici dei terreni che caratterizzato l'area d'interesse, al fine di soddisfare le verifiche nella situazione peggiore.

La tubazione in progetto, in PVC con diametro interno pari a 500 mm e spessore 12,3 mm, soddisfa le verifiche statiche riportate.

TUBAZIONE IN PVC DN 500				
PARAMETRO	**SIMBOLO**	**U.M.**		
Parametri del materiale				
Materiale			PVC	
Diametro nominale	DN		500	
Diametro esterno del tubo	De	mm	524,6	
Classe di pressione	PN	atm	6	
Modulo elastico tubazione	E	MPa	3000	
Rigidità	SN		4	
Spessore	s	mm	12,3	
Peso specifico materiale tubo	γ_c	kN/mc	13,93	
Parametri del terreno				
Peso specifico del rinterro	γ_t	kN/mc	17	
Angolo attrito terreno	ϕ	°	27	
Modulo elasticità terreno	E_t	MPa	27	
Geometria				
Larghezza Trincea alla generatrice superiore	B	m	3	
Rinterro da generatrice superiore	H	m	1,5	
Condizioni di carico				
Classe veicoli stradali			LT	
			12	
Attraversamento tipo:	Strada			
Presenza falda	No			
Tipologia tubazioni				
	Tubazione flessibile			
	Trincea larga			
Carichi agenti				
Sovraccarico permanente verticale	Q_{st}	kN/m	12,75	
Carico verticale variabile	P_v	kN/m	5,67	
Peso proprio della condotta	G_c	kN/m	0,26	
Peso acqua di riempimento	G_a	kN/m	1,78	
Verifica inflessione diametrale				
Coefficiente d'inflessione	Kx		0,096	
Fattore di ritardo d'inflessione	fr		1,40	
	Ka		0,27	
	Δa		0	
Inflessione diametrale verticale	Δy	mm	1,6	

	Δy/DE		0,33%	<8%
Verifica all'instabilità elastica				
Fattore di sicurezza	FS		2,46	
Pressione ammissibile di buckling	q_a	N/cmq	9,07	
Pressione risultante	p_{ris}	N/cmq	3,68	

Bacino sotteso all'invaso

L'invaso consentirà di migliorare il soddisfacimento idrico delle colture presenti nell'areale irriguo che lo stesso sottende, pur senza il raggiungimento della piena irrigazione. Tale comprensorio irriguo è stato tracciato su supporto cartografico digitale, includendo i terreni che potranno essere serviti dal bacino di accumulo in progetto. L'areale individuato è stato compiutamente descritto, come riportato nell'Allegato 4 del bando di selezione, indicando le seguenti informazioni:

- tipologie di colture presenti e relative superfici in termini di S.A.U.;
- fabbisogno delle colture;
- stima dei volumi irrigui stagionali normalmente applicati;
- metodo irriguo impiegato.

Il Canale Emiliano Romagnolo (CER), dal 2007 in forza di una convenzione con la Regione Emilia Romagna rende disponibili ai diversi Consorzi di Bonifica la "cartografia digitalizzata sull'uso reale del suolo" realizzata in ambiente geodatabase standard ESRI. La cartografia di base utilizzata da CER per la produzione della carta è quella catastale vettoriale. L'unità di base delle analisi e delle restituzioni dell'uso reale del suolo è costituita dalla particella catastale. La procedura implementata da CER è finalizzata ad aggregare un insieme coerente di dati spaziali e aspaziali selezionati per descrivere l'uso del suolo agricolo e la distribuzione reale delle colture. Ad ogni particella catastale sono associati gli attributi relativi al gruppo colturale di appartenenza integrando gli elementi conoscitivi desunti dal telerilevamento satellitare della Regione Emilia Romagna iColt e le basi dati delle dichiarazioni AGREA. La Carta dell'uso reale del suolo, date le procedure di elaborazione, è resa disponibile generalmente nel mese di settembre dell'anno in corso.

Le informazioni sulle tipologie di colture presenti nell'areale irriguo, pertanto, sono state desunte tramite estrazione dalla banca dati della Carta dell'uso reale del suolo (media del quinquennio 2012-2016).

Le superfici riferite alle colture sono state espresse in termini di S.A.U. tramite le informazioni cartografiche a disposizione del consorzio di bonifica.

Il calcolo delle necessità irrigue complessive del comprensorio irriguo è stato ottenuto moltiplicando le superfici delle colture irrigue attualmente utilizzate per i relativi volumi mensili irrigui standardizzati (fabbisogni), riportati nella seguente tabella allegata al bando:

Classe di idroesigenza	Coltura	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Totale
CLASSE I (1000 m^3/ha)	Mandorlo	350					350
	Cereali autunno vernini	350					350
	Loto			300	300	300	900
	Sorgo		450	450			900
	Girasole		450	450			900
	Colture da seme	350	650				1000
CLASSE II (2000 m^3/ha)	Olivo		350	450	350		1150
	Vite			800	450		1250
	Bietola	750	500	300			1550
	Soia		350	1300			1650
	Albicocco	300	900	350	350		1900
	Ciliegio	300	900	350	350		1900
	Patata	700	1000	300			2000
CLASSE III (3000 m^3/ha)	Fragola	450	550		1100	350	2450
	Prati di foraggere	150	650	850	650	250	2550
	Altre ortive	550	550	550	550	550	2750
	Altre colture	550	550	550	550	550	2750
	Cipolla	800	1050	900			2750
	Melone		900	1500	350		2750
	Susino	300	900	1250	350		2800
	Pomodoro da I.	500	550	1300	450		2800
	Pesco e Net.	300	900	1250	350		2800
	Ciclo Fagiolino	300	800	550	800	500	2950
CLASSE IV (4500 m^3/ha)	Cocomero	850	1100	1150			3100
	Mais	450	1000	1250	500		3200
	Pero e Melo	300	1000	1400	1000	150	3850
	Actinidia	150	950	1400	1200	650	4350

Tabella bando PSR-regionale: volumi irrigui standardizzati (m^3/ha)

Sono state inoltre descritte le fonti irrigue a servizio dell'areale in oggetto, indicandone denominazione, tipologia, concessione di derivazione e condizione relativa allo stato quantitativo (Piano di gestione del bacino idrografico fiume Po). I volumi stagionali normalmente applicati sono pari i volumi idrici che attualmente il consorzio consegna alle utenze comprese nell'areale analizzato, stimati grazie al sistema di telecontrollo di cui sono dotate le prese irrigue a servizio del comprensorio stesso.

All'interno del bacino irriguo sotteso all'invaso, il metodo irriguo prevalente è quello del goccia a goccia, adottato dalla maggioranza delle aziende agricole presenti sul territorio (oltre 90% per pomodoro e oltre 75% per mais).

Sfioro e scarico in condizioni di emergenza

Lo schema idraulico di funzionamento dell'opera in progetto prevede di derivare le acque dal canale di alimentazione (canale Principale di Destra) e di caricare il bacino di accumulo tramite una tubazione di carico a gravità. Le acque di scolo del bacino idrografico sotteso dall'invaso in progetto verranno derivate tramite la realizzazione di un manufatto di alimentazione costituito da una paratoia sul canale Principale di Destra, che farà crescere il livello a monte della stessa e permetterà di alimentare un canale di derivazione tramite una seconda paratoia e un pozzetto di partenza ispezionabile. La seconda paratoia permetterà il prelievo dell'acqua di scolo del bacino imbrifero, alimentando una tubazione che convoglierà le acque fino all'invaso. Entrambe le paratoie sul canale di derivazione verranno automatizzate e gestite tramite un sistema di telecontrollo, permettendo di regolare la portata derivata e il livello idrico nel canale di presa. Si avrà quindi la possibilità di registrare e monitorare in continuo le portate in ingresso alla tubazione.

In condizioni di emergenza la prima paratoia verrà aperta completamente per consentire il transito della piena nel canale di scolo mentre la seconda paratoia verrà chiusa (tramite il sistema di telecontrollo dal

personale consortile), al fine di evitare l'ingresso della portata di piena nella tubazione di adduzione all'invaso.

Inoltre all'imbocco della tubazione di carico è prevista l'installazione di:

- valvola di regolazione della portata, che verrà chiusa in caso di previsione di eventi meteorologici intensi;
- misuratore di portata, che in ogni caso permette di monitorare in tempo reale la portata in ingresso all'invaso, e pertanto di avere le informazioni necessarie ai fini della gestione dello stesso invaso anche in caso di emergenza.

Le strumentazioni idrauliche sopra descritte verranno automatizzate e gestite tramite un sistema di telecontrollo, permettendo di regolare e misurare in continuo la portata in ingresso all'invaso, eventualmente anche in caso di emergenza.

In caso di emergenza pertanto la gestione operata dal Consorzio permetterà di non avere interazioni tra la portata di piena transitante nel corso d'acqua e le acque stoccate all'interno dell'invaso irriguo, in quanto come detto in precedenza esistono diverse apparecchiature che consentono di svincolare idraulicamente il canale di alimentazione e il bacino di accumulo.

L'invaso inoltre è dotato di apposito sfioratore superficiale che rappresenta un'ulteriore sicurezza in caso di precipitazioni intense e malfunzionamento delle opere di alimentazione. Lo sfioratore di superficie deve essere in grado di smaltire tutta la portata associata ad un evento pluviometrico intenso, in quanto durante tale evento lo scarico di fondo dell'invaso verrà preventivamente chiuso per mantenere la rete a valle del bacino di accumulo in condizioni di sicurezza. L'opera di sfioro è stata dimensionata nella condizione più gravosa, ovvero quella caratterizzata da:

- raggiungimento della quota di massima regolazione dell'invaso (lago pieno);
- massimo riempimento del canale di alimentazione (massima portata in ingresso al sistema);
- precipitazione avente tempo di ritorno pari a 200 anni sull'intera superficie dell'invaso;
- scarico di fondo chiuso.

Lo sfioratore progettato è in grado di smaltire la portata di dimensionamento, pari a 2 mc/s, con un franco di sicurezza pari a 85 cm (rispetto alla quota di coronamento arginale).

Lo sfioratore smaltirà le acque nel canale fugatore previsto in progetto, opportunamente dimensionato per consentire lo smaltimento delle acque in sicurezza, recapitandole nel canale Principale di Destra. Il tratto iniziale del canale fugatore è stato opportunamente rivestito tramite massi intasati per evitare fenomeni di erosione dovuti alle velocità dell'acqua sulla soglia dello sfioratore.

In caso di malfunzionamento sia delle opere di alimentazione che dello scarico di fondo (scarico aperto) si osserva che la portata massima in uscita dall'invaso, corrispondente alla condizione di invaso pieno (quota di regolazione), è pari a circa 620 l/s. Tale portata risulta compatibile con la capacità di smaltimento delle acque del reticolo consortile a valle dell'invaso stesso, ed è la massima portata in uscita dallo scarico di fondo del bacino di accumulo, ovvero durante un eventuale svuotamento del serbatoio in condizioni di emergenza la stessa andrebbe via via riducendosi.

Il personale consortile inoltre, durante gli eventi meteo-pluviometrici intensi, svolge una costante attività di monitoraggio e sorveglianza idraulica della rete e delle opere, sia operativamente sul territorio sia da remoto tramite i sistemi di telecontrollo. Il personale consortile addetto a tali attività fa parte della Zona Operativa della Val d'Arda.

Valutazione delle conseguenze in ipotesi di collasso dell'invaso

L'invaso di Molinazzo è caratterizzato da un sistema arginale che presenta altezza massima di circa 4,15 m rispetto al piano campagna sul lato Nord del lago.

L'opera può invasare acqua al suo interno fino a 1 m rispetto alla quota di sommità arginale al fine di mantenere un opportuno franco di sicurezza, inoltre, per garantire un adeguato livello di sicurezza l'opera sarà dotata sul lato Sud – Est di un manufatto di scarico di superficie.

Gli invasi sono stati progettati considerando le condizioni più gravose che potrebbero verificarsi, in modo da assicurare un adeguato livello di sicurezza dell'opera in tutte le condizioni. A tal fine, all'interno della relazione geotecnica sono riportate sia le verifiche di stabilità delle sponde dell'invaso, sia le verifiche di filtrazione. Tutte le verifiche riportate in relazione, condotte a favore di sicurezza senza considerare la presenza del telo impermeabile sul paramento arginale interno dell'invaso, hanno dato esito positivo; si ricorda che il telo impermeabile garantisce la completa impermeabilità delle superfici delle sponde dell'invaso scongiurando l'innesco di fenomeni di filtrazione.

Per quanto riguarda le verifiche considerando la concomitanza dell'azione sismica, sempre all'interno della Relazione Geotecnica allegata al progetto, sono riportate tutte le verifiche considerando anche l'azione del sisma secondo le specifiche richieste dalla vigente normativa. L'invaso di Molinazzo previsto in progetto ricade all'interno del territorio comunale di Alseno, classificato ai fini sismici in "zona 3" (Delibera Giunta Regionale dell'Emilia-Romagna n. 1435 del 21 luglio 2003 vigente al momento della progettazione esecutiva). L'aggiornamento nel frattempo intervenuto con DGR 1164 del 23/07/2018, pubblicato sul BUR n. 263 del 08/08/2018 ed entrante in vigore il sessantesimo giorno successivo a quello della sua pubblicazione sul BUR E-R Telematico, ha comunque confermato per il territorio comunale di interesse la classificazione previgente.

Nonostante il lago sia stato progettato garantendo adeguati livelli di sicurezza, sono state eseguite delle analisi per valutare le aree potenzialmente allagabili associate a una rotta nel sistema arginale, come richiesto dall'Agenzia Regionale per la Sicurezza Territoriale e la Protezione Civile.

In particolare le verifiche sono state condotte con riferimento a quanto richiesto nel punto 4.c del DGR 3109 del 19/03/1990 " verifica degli effetti prodotti a valle dell'invaso dall'eventuale crollo istantaneo dell'opera di sbarramento con concomitante stato di massima piena del bacino".

Le verifiche sono state eseguite considerando, in via cautelativa, le condizioni peggiori che potrebbero verificarsi:

- si trascura la presenza del telo impermeabile presente da progetto su tutto il perimetro interno dell'invaso;
- si considera l'invaso pieno alla massima altezza idrica consentita ;
- si considera come meccanismo di rottura l'apertura di una breccia all'interno del sistema arginale sul lato di valle dell'opera con la conseguente fuoriuscita del volume d'acqua contenuto.

L'apertura di una breccia sul rilevato arginale comporterebbe la fuoriuscita di tutto il volume d'acqua contenuto all'interno del lago dalla quota del piano campagna fino a quella di massimo invaso, andando a interessare una porzione di territorio posta a valle dell'invaso. L'analisi delle aree potenzialmente allagabili è stato effettuato utilizzando un metodo geomorfologico funzione delle curve di livello della cartografia regionale.

Lo scenario analizzato è riportato nella cartografia allegata alla relazione idraulica.

Le aree interessate dalla fuoriuscita dell'acqua sono perlopiù a destinazione agricola, con la presenza di locali insediamenti sparsi costituiti da cascine o attività produttive. Soltanto nella parte Nord – Ovest dell'invaso la rottura del rilevato interesserebbe una parte dell'abitato di Lusurasco.

Considerando il volume potenzialmente esondabile e le superfici soggette a potenziale allagamento, è stato valutato un tirante medio su tutta la superficie di circa 9 cm. L'entità del tirante e le aree interessate non determinano un rischio elevato connesso alla rottura del sistema arginale scongiurando eventuali danni anche per l'abitato di Lusurasco.

Si evidenzia comunque che lo scenario di rottura e le relative conseguenze sopra descritte sono stati sviluppati considerando condizioni molto conservative rispetto a quelle realmente previste in progetto e in fase di esecuzione.

ALLEGATO 1