

COMUNE DI BARBERINO VAL D'ELSA e POGGIBONSI


Provincia di FIRENZE e SIENA



INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO DELLA DIGA DROVE DI CEPPARELLO

Codice Elaborato:	Nome Elaborato:	Scala:
DG01	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	-
		Data:
		Marzo 2017

Settore:	Sede Firenze Via de Sanctis, 49 Cod. Fiscale e P.I. 06111950488
	<small>Organizzazione dotata di Sistema di Gestione Integrato certificato in conformità alla normativa ISO9001 - ISO14001 - OHSAS18001 - SA8000</small>

PROGETTO: 	RESPONSABILE SICUREZZA : INGEGNERIE TOSCANE	COLLABORATORI GEOLOGIA: Dott. Geol. Carlo FERRI Dott. Geol. Alessandro AGNELLI
PROGETTISTA: Dott. Ing. David SETTESOLDI	IL GEOLOGO : Dott. Geol. Nicola CEMPINI	INDAGINI GEOLOGICHE: GAIA SERVIZI srl LABORATORIO SIGMA Società Geologica e Geofisica AMBIENTE SC
PROGETTISTA STRUTTURE: Dott. Ing. Cristiano REMORINI	UFFICIO ESPROPRI : Geom. Andrea PATRIARCHI Geom. Marco MENICHINI Per. Agr. Davide MORETTI	COMMESSA I.T. :
COLLABORATORI TECNICI: Dott. Ing. Michele CATELLA Dott. Ing. Roberto PINELLI Dott. Geol. Silvia ANGELINI	COMMESSA COMMITTENTE :	
INGEGNERE RESPONSABILE DIGA : RESPONSABILE COMMESSA I.T. : Dott. Ing. Damasco MORELLI	RESPONSABILE DI COMMESSA : Geom. Alessandro PIOLI	
DIRETTORE TECNICO INGEGNERIE TOSCANE : Dott. Ing. Mario CHIARUGI	COMMITTENTE : Dott. Ing. Roberto CECCHINI	

Rev.	Data	Descrizione / Motivo della revisione	Redatto	Controllato / Approvato
00	Marzo 2017	Emissione Progetto di FATTIBILITA'		Morelli / Chiarugi

INDICE

1	PREMESSA	1
2	INQUADRAMENTO GENERALE E ANALISI DELLE ALTERNATIVE.....	2
2.1	DESCRIZIONE GENERALE	2
2.2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	4
2.3	CARATTERISTICHE DELLO SBARRAMENTO ALLO STATO ATTUALE	5
2.3.1	<i>Limitazioni di invaso.....</i>	6
2.3.2	<i>Altezza della diga.....</i>	6
2.3.3	<i>Paramenti della diga.....</i>	6
2.3.4	<i>Franco di sicurezza.....</i>	9
2.3.5	<i>Soglie sfioranti e canali fuggatori.....</i>	9
2.3.6	<i>Opera di presa.....</i>	9
2.3.7	<i>Scarico di fondo.....</i>	10
2.3.8	<i>Scaricatori a sifone.....</i>	10
2.4	ANALISI DELLE CRITICITÀ.....	11
2.5	ANALISI DELLE ALTERNATIVE	11
3	DESCRIZIONE DEL PROGETTO	15
3.1	INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO SISMICO	15
3.1.1	<i>Caratteristiche dei terreni di rinfianco.....</i>	15
3.1.2	<i>Messa in opera del terreno di rinfianco.....</i>	16
3.1.3	<i>La protezione del rilevato a lavori ultimati.....</i>	16
3.2	INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO IDRAULICO	16
3.2.1	<i>Interventi di adeguamento dello scarico di superficie</i>	<i>16</i>
3.2.1.1	Adeguamento scolmatore sinistro.....	19
3.2.1.2	Spostamento viaBilità	20
3.2.1.3	Sostituzione condotte.....	21
3.2.1.4	Nuove passerelle	22
3.2.1.5	Adeguamento scolmatore destro	22
3.2.1.6	Setti impermeabili	23
3.2.1.7	Adeguamento della vasca di dissipazione	23
3.2.2	<i>Interventi di adeguamento dello scarico di fondo</i>	<i>24</i>
3.2.2.1	L'opera di presa	24
3.2.2.2	L'opera di manovra.....	25
3.2.2.3	La tubazione di scarico.....	25
4	QUADRO ECONOMICO.....	28

ELENCO FIGURE

Figura 2-1 – Ortofoto 1954 (Volo GAI) dello stato dei luoghi prima della costruzione della diga Drove di Cepparello (base RT-OFC 10k54). La sagoma attuale della diga è rappresentata dalle linee di colore rosso. .	2
Figura 2-2 – Ortofoto 1965 della Diga Drove di Cepparello (base RT-OFC 10k65).....	3
Figura 2-3 – Ortofoto 2013 della Diga Drove di Cepparello (base RT-OFC 10k13).....	3
Figura 2-4 – Inquadramento bacino idrografico sotteso alla diga di Cepparello (base RT-topogr. 50k).	4
Figura 2-5 – Vista aerea della diga di Cepparello con limitazione di invaso alla quota di 177.0 m s.l.m.....	6
Figura 2-6 – Planimetria della diga Drove di Cepparello allo stato attuale.....	7
Figura 2-7 – Sezione trasversale della diga Drove di Cepparello allo stato attuale.	8
Figura 2-8 – Opera di presa esistente (estate 2003).	10
Figura 3-1 – Planimetria della diga Drove di Cepparello nello stato di progetto.	17
Figura 3-2 – Sezione trasversale della diga Drove di Cepparello nello stato di progetto.	18
Figura 3-3 – Schema di funzionamento delle condotte afferenti all'invaso.....	21

ELENCO TABELLE

Tabella 2-1 – Dati caratteristici dello sbarramento allo stato attuale.....	5
Tabella 2-2 – Dati caratteristici del serbatoio allo stato attuale.	5

1 PREMESSA

La società Ingegnerie Toscane S.r.l. ha incaricato la società West Systems S.r.l. per la progettazione per la realizzazione degli interventi di miglioramento della diga di Cepparello ubicata nel Comune di Poggibonsi (Prov. SI) sul Borro di Cepparello.

Gli interventi di miglioramento sono finalizzati ad aumentare la sicurezza attuale della diga benché senza raggiungere i livelli richiesti dal D.M. del 26 giugno 2014 *“Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)”*.

Secondo quanto riportato al cap. H.2.2. del D.M. 26/06/2014 per la diga di Cepparello risulta necessario procedere sia ad interventi di miglioramento idraulico sia ad interventi di miglioramento sismico:

[...]

È fatto obbligo di procedere almeno ad interventi di miglioramento idraulico, in conseguenza alla valutazione della sicurezza idraulica in base ai criteri di cui al cap. H.3.4., se il tempo di ritorno della portata di piena scaricabile rispettando il franco idraulico indicato al cap. C.1 risulti inferiore a 500 anni per le dighe in calcestruzzo e a 1000 anni per le dighe in materiali sciolti.

È fatto obbligo di procedere almeno ad interventi di miglioramento sismico quando le analisi svolte come prescritto ai capp. H3 e H4 per valutare la verifica sismica lascino prevedere il raggiungimento di uno SLU (SLV/SLC).

[...]

Il presente progetto preliminare viene predisposto in conformità con il D.P.R. 207/2010, vigente regolamento di esecuzione ed attuazione del D.Lgs. 163/2006 (Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture).

La presente relazione illustrativa (art. 18 del D.P.R. 207/2010) si articola nei seguenti punti:

- scelta delle alternative (§ 2);
- descrizione puntuale del progetto (§ 3), con riferimento alla fattibilità dell'intervento, agli aspetti legati all'accessibilità ed alle interferenze, all'accertamento in ordine alla disponibilità delle aree ed infine agli indirizzi per la stesura del progetto definitivo ed al cronoprogramma delle fasi attuative;
- aspetti economici e finanziari (§ 4).

2 INQUADRAMENTO GENERALE E ANALISI DELLE ALTERNATIVE

2.1 DESCRIZIONE GENERALE

La diga Drove di Cepparello (n. arch. 766), ubicata nel Comune di Poggibonsi (Prov. SI), è classificata come diga in terra omogenea ai sensi del D.M. 24/03/1982 (B.a).

La diga presenta un'altezza di 28.0 m ai sensi del D.M. 24/03/1982 e di 25.17 m ai sensi della L. 584/94. Avendo un'altezza maggiore di 15 m lo sbarramento è classificato come "grande diga" e soggetto alla vigilanza statale per quanto attiene alla sicurezza.

Il proprietario della diga è il Comune di Poggibonsi con sede in Piazza Cavour 2, 53036 Poggibonsi (Prov. SI). Il soggetto gestore è la società Acque S.p.A., con sede in via Bellaria 1, 56121 Spedaletto (Prov. PI), che utilizza l'invaso a scopo idropotabile.

La concessione alla derivazione è stata rinnovata con Del. Reg. n. 1230 del 14/02/1994. Ad oggi la diga è gestita con vaso limitato e con collaudo ex art. 14 del D.P.R. 1363/59 in corso.

Il progetto originario della diga risale al 1957 e fu assentito dalla IV Sezione del Consiglio LL.PP. (nota prot. n. 977 del 26/06/1959). I lavori di costruzione sono stati terminati nel 1962 (Figura 2-1 e Figura 2-2).

Nel 1967 è stato realizzato un diaframma impermeabilizzante nella porzione di monte del paramento, adiacente all'ammorsatura, con lo scopo di eliminare le sensibili perdite manifestatesi dopo il primo vaso.

Nella seconda metà degli anni '80 sono stati eseguiti dei lavori di ripristino del canale fugatore destro della diga e, contestualmente, è stata realizzata la vasca di dissipazione che raccoglie entrambi gli scarichi dei canali scolmatori destro e sinistro (Figura 2-3).



Figura 2-1 – Ortofoto 1954 (Volo GAI) dello stato dei luoghi prima della costruzione della diga Drove di Cepparello (base RT-OFC 10k54). La sagoma attuale della diga è rappresentata dalle linee di colore rosso.



Figura 2-2 – Ortofoto 1965 della Diga Drove di Cepparello (base RT-OFC 10k65).



Figura 2-3 – Ortofoto 2013 della Diga Drove di Cepparello (base RT-OFC 10k13).

2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

La diga Dovre di Cepparello sbarrava il corso del Borro di Cepparello e quello del Borro di Granaio, che confluisce nel Cepparello poco a monte dello sbarramento (Figura 2-4). La corografia generale è riportata nell'elaborato EG.01.

Il Borro di Cepparello drena un bacino che in corrispondenza dello sbarramento si estende per una superficie di circa 11.36 km². L'area collinare drenata dal reticolo idrografico si trova a quote comprese fra 580 m s.l.m. e 165 m s.l.m. in corrispondenza dello sbarramento.

A valle della diga il Borro di Cepparello confluisce nel Torrente Dovre di Tattera, il quale si immette nel Torrente Staggia dopo 5.6 km, immediatamente a valle dell'abitato di Poggibonsi. Prima dell'immissione nello Staggia il Torrente Dovre di Tattera riceve le acque del Torrente Dovre di Cinciano, sottendendo congiuntamente un bacino di circa 60 km².

Il Torrente Staggia, a monte dell'immissione, sottende un'area di circa 180 km². Circa 1.5 km a valle della confluenza con il Torrente Dovre, il Torrente Staggia si immette nel Fiume Elsa che a monte della confluenza sottende un bacino di 188 km².

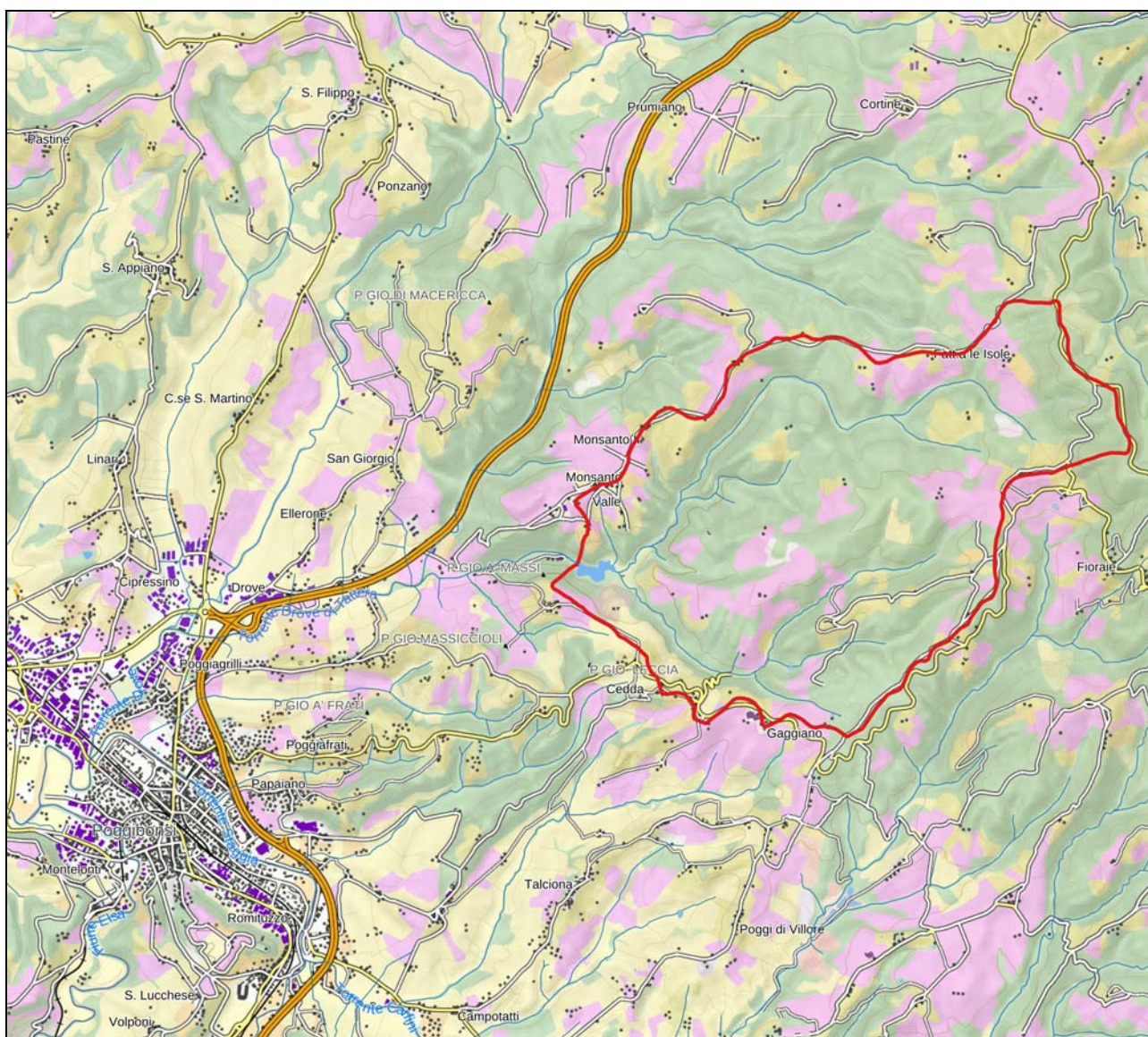


Figura 2-4 – Inquadramento bacino idrografico sotteso alla diga di Cepparello (base RT-topogr. 50k).

2.3 CARATTERISTICHE DELLO SBARRAMENTO ALLO STATO ATTUALE

Lo sbarramento è costituito da un rilevato in terra omogenea le cui caratteristiche geometriche sono ricavate dal rilievo topografico condotto nel novembre 2002 (Figura 2-6 e Figura 2-7).

La planimetria dello sbarramento allo stato attuale è riportata nell'elaborato EG.02a, le sezioni trasversali del corpo diga allo stato attuale sono rappresentate nell'elaborato EG.04a, mentre negli elaborati EG.06a e EG.07a sono riportate le sezioni trasversali attuali dei canali fugatori sinistro e destro.

I dati caratteristici dello sbarramento sono riportati nella Tabella 2-1, mentre nella Tabella 2-2 si riportano i principali dati del serbatoio.

Descrizione	Valori
Quota del coronamento Hc (da rilievo del novembre 2002)	189.0 m s.l.m.
Quota di fondo dell'invaso Ho (desunto da progetto originale)	166.0 m s.l.m.
Quota delle soglie sfioranti (da rilievo del novembre 2002)	186.0 m s.l.m.
Larghezza delle soglie sfioranti (desunta da progetto originale)	31.0 m
Larghezza del coronamento (da rilievo del novembre 2002)	5.0 m
Quota media del piede esterno dello sbarramento (da rilievo del novembre 2002)	163.96 m s.l.m.
Larghezza sbarramento in sommità (da rilievo del novembre 2002)	68.0 m
Larghezza dello sbarramento al fondo dell'invaso (da rilievo del novembre 2002)	11.0 m
Bacino imbrifero sotteso	11.25 km ²
Diametro scaricatore di fondo	400 mm
Quota di presa dello scaricatore di fondo (desunta da progetto originale)	169.0 m s.l.m.
Portata massima in uscita dallo scaricatore di fondo	0.74 m ³ /s
Pendenza paramento di valle tratto coronamento – banca	1:2.10
Pendenza paramento di valle tratto banca – piede	1:2.39
Pendenza paramento di monte	1:2.21
Franco lordo (ai sensi del D.M. n. 44 del 24/03/1982) per evento con Tr = 1000 anni	trascurabile
Franco netto (ai sensi del D.M. n. 44 del 24/03/1982) per evento con Tr = 1000 anni	trascurabile
Franco lordo (ai sensi del D.M. n. 44 del 24/03/1982) per evento con Tr < 30 anni	1.50 m

Tabella 2-1 – Dati caratteristici dello sbarramento allo stato attuale.

Descrizione	Valori
Bacino imbrifero sotteso	11.25 km ²
Volume invasato alla soglia dello sfioratore (186 m s.l.m.)	520'000 m ³
Volume invasato al coronamento (189 m s.l.m.)	830'000 m ³
Quota di massimo invaso (limitata con nota prot. UTDFI/919 del 27/06/2013)	186.0 m s.l.m.
Quota di massima di regolazione (limitata con nota prot. UTDFI/919 del 27/06/2013)	177.0 m s.l.m.
Quota di minima di regolazione	172.0 m s.l.m.

Tabella 2-2 – Dati caratteristici del serbatoio allo stato attuale.

A valle della diga in sponda sinistra sono collocati i manufatti civili a servizio dell'impianto di potabilizzazione e i locali adibiti a foresteria.

2.3.1 LIMITAZIONI DI INVASO

Con le note n. 360 del 22/03/2002 e n. 679 del 05/06/2003 erano state imposte le seguenti limitazioni di invaso:

- quota di massima di regolazione (limitata) 183.0 m s.l.m. in condizioni ordinarie di esercizio;
- quota di massimo invaso 186.5 m s.l.m. in occasione di eventi di piena eccezionali.



Figura 2-5 – Vista aerea della diga di Cepparello con limitazione di invaso alla quota di 177.0 m s.l.m..

Successivamente, con nota prot. UTDFI/919 del 27/06/2013, il Ministero delle Infrastrutture e trasporti ha modificato le precedenti limitazioni come segue:

- quota di massima di regolazione (limitata) 177.0 m s.l.m. in condizioni ordinarie di esercizio (Figura 2-5);
- quota di massimo invaso 186.0 m s.l.m. in occasione di eventi di piena eccezionali.

2.3.2 ALTEZZA DELLA DIGA

L'altezza dello sbarramento, misurata tra la sommità del coronamento ed il punto più depresso di valle lungo il piede del rilevato, è di **28.0 m** (ai sensi del punto A.2 del D.M. 24.03.1982) e **25.17 m** (ai sensi dell'art. 1 comma 4 della della L.584/94).

Per il calcolo dell'altezza ai sensi del D.M. 24/03/1982 è stato preso come punto più depresso del piano di fondazione il piano di imposta del taglione di ammorsatura che risulta da progetto estendersi per 2.0 m di larghezza e per 3.0 m di profondità ovvero fino alla quota di 161.0 m s.l.m..

2.3.3 PARAMENTI DELLA DIGA

Il paramento lato monte della diga ha una pendenza pari a 1:2.21.

Il paramento lato valle della diga ha una pendenza nel tratto compreso tra il coronamento e la banca intermedia pari a 1:2.10, mentre nel tratto tra la banca ed il piede del rilevato pari a 1:2.39.

La berma sul paramento di valle ha una larghezza di circa 3.0 m e si trova ad una distanza di 25.0 m dal coronamento ad un'altezza di circa 178.0 m s.l.m..

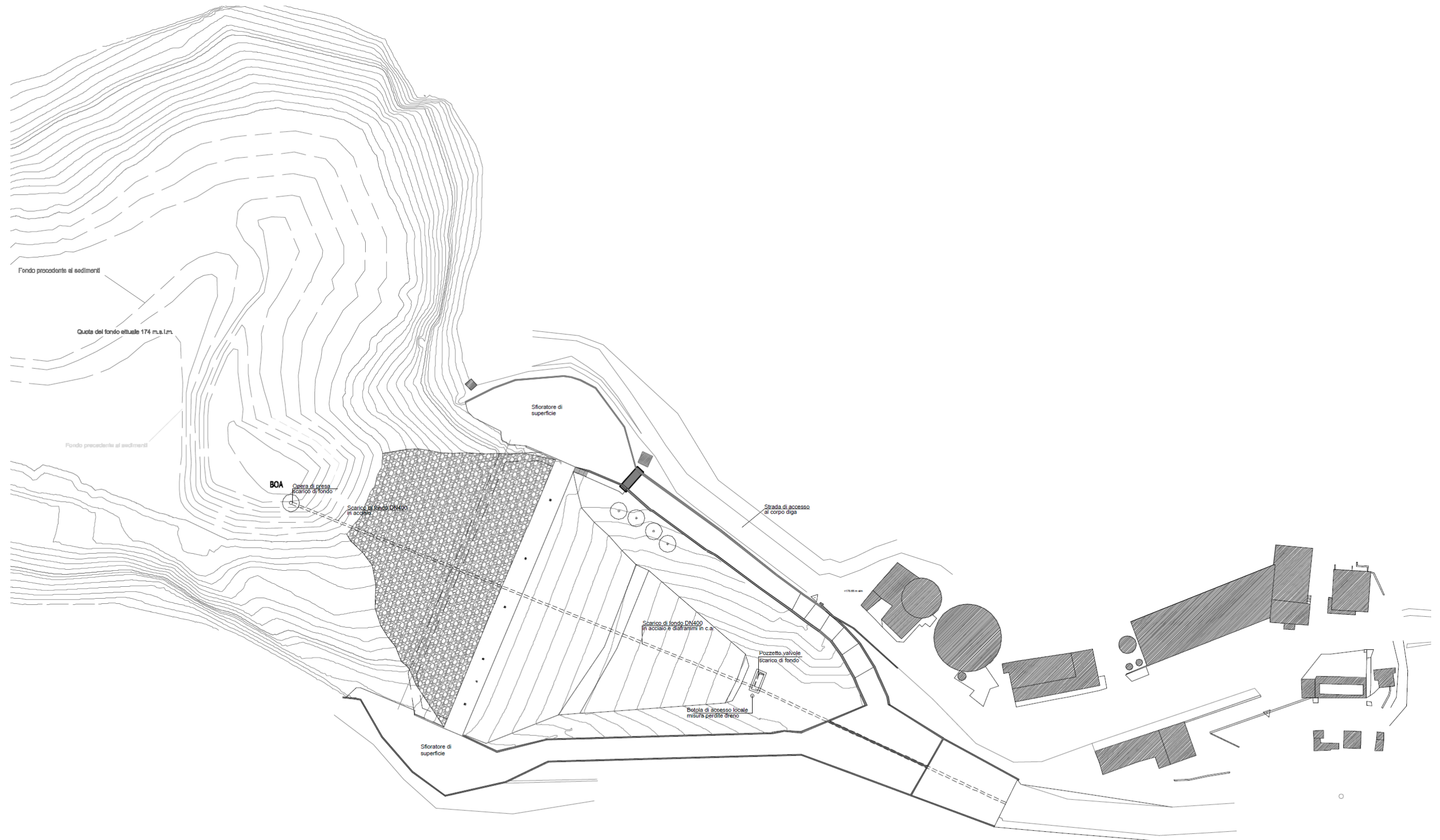


Figura 2-6 – Planimetria della diga Drove di Cepparello allo stato attuale.

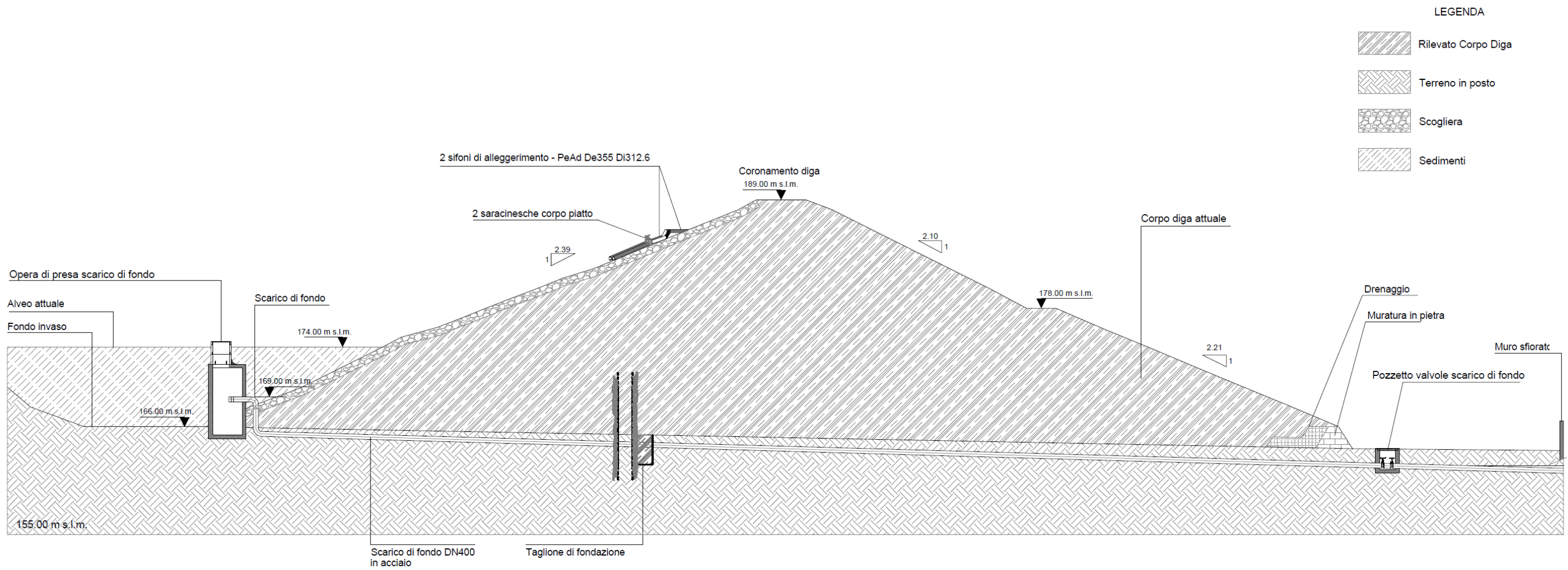


Figura 2-7 – Sezione trasversale della diga Drove di Cepparello allo stato attuale.

2.3.4 FRANCO DI SICUREZZA

La diga è stata progettata nel 1957. Il progettista ing. Ernesto Cornieri aveva adottato un franco di 2.5 m a partire dalla quota della soglia di sfioro (citata come quota di massimo invaso). Tale franco includeva 1.5 m di minimo e un'ampiezza d'onda pari a 0.79 m.

Il suddetto calcolo era stato condotto in ottemperanza alla normativa vigente all'epoca ovvero il Regio Decreto n. 1370 del 1 ottobre 1931, che recitava all'art. 52 del capitolo VI: *"Il franco del coronamento, da stabilirsi sopra la massima ritenuta possibile, sarà tale da contenere con margine di sicurezza di almeno mt. 1.50, la massima altezza d'onda che può aversi nel lago"*. La quota del coronamento di progetto era pertanto fissata a 188.5 m s.l.m. data la quota delle soglie sfioranti a 186.0 m s.l.m..

Dai calcoli condotti dallo stesso progettista la massima piena (stimata in 167 m³/s tenendo conto della laminazione dell'invaso) sarebbe stata smaltita con una battente di 1.5 m sulla soglia di sfioro (indicata nel Regio Decreto n. 1370 del 1 ottobre 1931 come massima ritenuta possibile) e quindi con un franco residuo di 1.0 m nella sezione della soglia di sfioro.

Successivamente la quota di coronamento della diga fu modificata a seguito del voto del C.S. dei LL.PP. Il Sezione Servizio Dighe n. 977 del 26/06/1959 e portata a 189.0 m s.l.m.. Pertanto il franco residuo veniva aumentato a 1.5 m nella sezione della soglia di sfioro.

Con nota prot. n. 2127 del 12/02/2013, l'Ufficio Idraulica – Div. 7 della Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche ha trasmesso la relazione istruttoria relativa alla rivalutazione della sicurezza idrologica-idraulica della diga in oggetto. Da tale relazione emerge che il rispetto del franco lordo originariamente previsto (pari a 1.5 m) è garantito al più per un evento di piena con tempo di ritorno di 200 anni qualora il livello di invaso è limitato alla quota di 177.0 m s.l.m..

2.3.5 SOGLIE SFIORANTI E CANALI FUGATORI

Lo scarico di superficie è costituito da n. 2 soglie libere fisse, rivestite in calcestruzzo, poste ai lati delle spalle della diga ed alimentano ciascuna un canale fugatore, destro e sinistro, che convergono in un'unica vasca di dissipazione posta a valle del piede diga.

Le soglie di sfioro si trovano alla quota di 186.0 m s.l.m. ed hanno una larghezza totale di circa 31.0 m (nella loro parte iniziale).

Le soglie hanno entrambe una forma irregolare del tutto singolare, procedendo con un primo allargamento per poi avere una larghezza progressivamente decrescente, fino a raggiungere in destra i 7.15 m mentre in sinistra i 4.85 m nel punto in cui cambia la pendenza.

Complessivamente i canali fugatori sono lunghi rispettivamente circa 119.70 m in destra (quota monte ultimo salto di fondo 164.66 m s.l.m.) e circa 104.30 m in sinistra (quota vasca 163.05 m s.l.m.).

2.3.6 OPERA DI PRESA

L'opera di presa è costituita da un fabbricato in c.a. di dimensioni in pianta di circa 3.80 x 3.80 m per 5.80 m di altezza, sovrastato da una struttura costituita da scatolari in calcestruzzo di pianta 2.0 x 2.0 m e di altezza 2.30 m presidiata da una griglia che funziona sia da passo d'uomo che da opera di presa per l'acqua. L'intera struttura è normalmente sommersa.

La sommità del torrino di accesso è sopraelevata di circa 60 cm rispetto al piano dei sedimenti depositatesi sul fondo lago.



Figura 2-8 – Opera di presa esistente (estate 2003).

2.3.7 SCARICO DI FONDO

Lo scarico è realizzato con una condotta di acciaio del diametro di 400 mm sottopassante il corpo diga a circa 1.5 ÷ 2.0 m dal piano di fondazione, annegato in un getto di calcestruzzo diaframmato ogni 5 metri con uno sviluppo in lunghezza pari a 122.0 m.

Lo scarico è regolato da due valvole a farfalla poste alle estremità di monte e di valle della condotta. La valvola a farfalla in testa alla tubazione è comandata da un circuito oleodinamico collegato ad un compressore posto in sponda sinistra in corrispondenza dello scarico di superficie. Allo stato attuale il circuito oleodinamico non è funzionante (comunicazioni del Gestore con note prot. n. 50931 del 26/09/2012 e prot. n. 54685 del 16/10/2012).

La portata smaltita alla massima ritenuta (186.0 m s.l.m.) dallo scarico di fondo allo stato attuale è di circa 740 l/s.

Nel 2003, a seguito dello svuotamento dell'invaso, è stata eseguita la revisione della valvola a farfalla di monte, il ripristino della prima parte della condotta di scarico e la sostituzione della valvola di valle.

Inoltre, è stata tamponata la principale infiltrazione presente nella condotta posta circa 60.0 m a monte dalla valvola di valle, precedentemente identificata con una telecamera mobile.

Ad oggi non è stato fatto alcun intervento risolutivo per garantire la tenuta di tutta la condotta, pertanto, le manovre dello scarico di fondo sono limitate dalla non perfetta tenuta della condotta di scarico.

2.3.8 SCARICATORI A SIFONE

In attesa del completo ripristino dello scarico di fondo sono stati messi in opera n. 2 sifoni di alleggerimento disposti a cavaliere dell'incile del canale fugatore di sinistra.

Si tratta di due condotte in PeAd De355 Di312.6 dotate di quattro valvole necessarie per le operazioni di adescamento.

Le due tubazioni, realizzate nel 2003, sono state prolungate a più riprese, l'ultima delle quali nel mese di ottobre 2014. La quota di imbocco di entrambe le condotte è 173.50 m s.l.m..

La quota minima per l'innescò "naturale" dei due sifoni è 180.87 m s.l.m., mentre con riempimento forzato delle canne è possibile innescare i due sifoni fino alla quota minima di 177.50 m s.l.m.. Le operazioni di adescamento forzate sono condotte utilizzando una linea di approvvigionamento derivata dalla tubazione di adduzione all'impianto di potabilizzazione.

I due scaricatori sono in grado di smaltire complessivamente una portata di 800 l/s pari a quella dello scarico di fondo.

2.4 ANALISI DELLE CRITICITÀ

Risulta ormai assodato che la diga Dovre di Cepparello presenta allo stato attuale carenze strutturali che non garantiscono le minime condizioni di sicurezza idraulica e geotecnica previste dalle norme del D.M. del 26 giugno 2014 per le nuove realizzazioni.

La relazione istruttoria relativa alla rivalutazione della sicurezza idrologica-idraulica della diga, redatta dall'Ufficio Idraulica – Div. 7 della Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche (trasmessa con nota prot. n. 2127 del 12/02/2013 e prot. UTDFI/919), rimarca che lo scarico di superficie è insufficiente a garantire condizioni, seppur minimali e provvisorie, di sicurezza idraulica della diga.

In particolare, il succitato Ufficio, allo stato dell'informazione idrologica disponibile all'epoca, conferma in 190 m³/s la portata al colmo millenaria e afferma che, al verificarsi di tale evento, la diga sarebbe tracimata (o comunque a rischio tracimazione) anche qualora l'invaso fosse limitato o addirittura pressoché vuoto ad inizio evento.

Da tale relazione emerge che l'attuale limitazione alla quota di 177.0 m s.l.m. riesce a garantire il rispetto del franco lordo originariamente previsto per la diga (pari a 1.5 m) al più per un evento di piena con tempo di ritorno di 200 anni.

Le verifiche di stabilità condotte nel presente progetto sulla base dei parametri geotecnici risultanti dalle indagini geognostiche condotte sul corpo diga nel corso del 2016, nonché secondo i criteri di cui alle N.T.C. 2008 e i criteri di cui al D.M. del 26/06/2014 hanno messo in evidenza che:

- il paramento di valle nelle verifiche a lungo termine non raggiunge il coefficiente di sicurezza di 1.2 previsto dalla normativa e nelle verifiche a breve termine con sisma (SLV e SLC) presenta coefficienti di sicurezza inferiori a 0.6 con spostamenti inammissibili dell'ordine di 2 metri;
- il paramento di monte, in condizioni di vaso pieno, nelle verifiche a lungo termine raggiunge un coefficiente di sicurezza maggiore di 1.2 (limite normativo) e in condizioni a breve termine con sisma (SLV e SLC) mostra coefficienti di sicurezza inferiori a 0.8 con spostamenti di lieve entità (dell'ordine dei millimetri). Le criticità maggiori per il paramento di monte si evidenziano nelle condizioni di svaso rapido per cui i coefficienti di sicurezza risultano inferiori a 0.9.

2.5 ANALISI DELLE ALTERNATIVE

Gli interventi di miglioramento idraulico e sismico della diga di Cepparello individuati nel presente progetto preliminare rappresentano la sintesi di varie soluzioni progettuali redatte per soddisfare le diverse esigenze manifestate dai vari Enti coinvolti nel corso delle varie fasi progettuali fin qui svolte.

Nel presente paragrafo si riportano tutti i dati e le considerazioni sulla base delle quali si è giunti alla determinazione della soluzione progettuale scelta.

L'illustrazione delle ragioni della soluzione selezionata sotto il profilo funzionale ed economico, nonché delle problematiche connesse al suo inserimento nella situazione complessiva della diga viene condotta illustrando in modo dettagliato tutte le attività svolte dagli scriventi fino alla data di redazione del presente progetto preliminare.

L'invaso di Cepparello è stato oggetto in passato di numerosi studi e progetti finalizzati ad adeguare o ripristinare le condizioni di sicurezza e di operatività previste nel progetto originario.

Nel **dicembre del 2002**, a seguito della nota n. 679/766 del 05/06/2002 trasmessa dal Servizio Nazionale Dighe - Ufficio Periferico di Firenze è stato predisposto uno "*Studio della diga di Drove di Cepparello*", per la redazione del Foglio Condizioni per l'Esercizio e la Manutenzione (FCEM) della stessa come richiesto dalla sede centrale del SND (prot. n. SD I/1464/UPCL del 11/03/2002).

In tale studio venivano forniti i seguenti dati e condotte le seguenti elaborazioni:

- a) Calcolo delle altezze dello sbarramento ai sensi del DM 24/03/82 e L.584/94;
- b) Planimetria generale del serbatoio con l'ubicazione dei locali dell'impianto di potabilizzazione adibiti a foresteria;
- c) Sezione dello sbarramento;
- d) Disegni degli scarichi superficiali e profondi;
- e) Localizzazione dei punti di misura delle perdite;
- f) Diagrammi dei tempi di svuotamento dell'invaso;
- g) Curva di deflusso degli scarichi in funzione del livello nel serbatoio;
- h) Piano di monitoraggio per il controllo degli spostamenti altimetrici dello sbarramento tramite livellazione topografica di capisaldi da ubicare sul coronamento.

Per quanto riguarda il punto g), in riferimento anche a quanto già riportato in calce alla precedente nota del 05/06/2002, oltre alla verifica della capacità di smaltimento attuale era stata anche verificata un'ipotesi progettuale finalizzata a ripristinare la capacità di deflusso degli scarichi come da progetto originario.

In riferimento alla nota prot. n. SDI/1246/UCPL del 01/03/2002 del Servizio Nazionale Dighe era stata anche condotta una verifica di stabilità ai sensi del D.M. del 24/03/1982 utilizzando le caratteristiche geotecniche desunte dal progetto originario sia dello stato attuale che di quello di progetto.

Nel **marzo 2006** è stato redatto il "*Progetto definitivo adeguamento scaricatori della diga Drove di Cepparello nel Comune di Poggibonsi*", elaborato a partire dalle analisi condotte nello studio del dicembre 2002, e relativo all'adeguamento della capacità di smaltimento degli sfioratori di superficie e alla realizzazione delle necessarie opere accessorie.

In particolare il suddetto progetto mirava ad adeguare gli scaricatori in funzione della normativa vigente al momento del progetto (1958) (R.D. 01/10/1931 n. 1370) e delle prescrizioni imposte dal C.S. dei LL.PP. II Sezione Servizio Dighe con voto n. 977 del 26/06/1959 (precedente al D.P.R. n. 1363 del 01/11/1959).

In particolare le lavorazioni previste erano le seguenti:

- adeguamento dello sfioratore di sinistra con soglia di sfioro a quota 184.6 m.s.l.m. contro i 186.0 m.s.l.m. attuali;
- posa in opera di una paratoia a ventola metallica associata a una struttura tubolare flessibile con funzione di sostegno per il ripristino della quota di massima regolazione a 186.0 m s.l.m. e lunghezza di 12.5 m;
- spostamento verso monte della viabilità in sinistra dello sfioratore per l'accesso alla cabina di manovra dello scarico di fondo;
- sostituzione delle condotte presenti al disotto della suddetta viabilità (i.e. condotta di alimentazione della centrale; condotta di troppo pieno; condotta di alimentazione dall'Elsa);

- demolizione e rifacimento della passerella di accesso al coronamento della diga;
- adeguamento dello sfioratore di destra con soglia di sfioro a quota 186.4 m s.l.m. contro i 186.0 m s.l.m. attuali;
- posa in opera di una paratoia a ventola metallica associata a una struttura tubolare flessibile con funzione di sostegno per il ripristino della quota di massima regolazione a 186.0 m s.l.m. e lunghezza di 10.5 m;
- sbassamento di circa 60 cm delle soglie di sfioro della vasca di dissipazione a valle dei canali di scarico.

Lo sbassamento delle soglie di sfioro necessitava dell'adeguamento degli sfioratori a valle. In particolare lo sfioratore sinistro veniva adeguato per circa 60 m (fino al secondo salto) e lo sfioratore destro per circa 50 m a valle delle paratoie.

Il progetto conseguì parere favorevole dall'Ufficio di coordinamento con nota prot. n. 7437 del 18/09/06, trasmessa al Gestore con nota UPFI n. 1568 del 31/10/06.

Successivamente, al fine di ottenere un adeguato quadro conoscitivo della diga e del substrato su cui l'opera idraulica insiste, sono stati realizzati una serie di *sondaggi geognostici a carotaggio continuo* sul corpo diga (**luglio 2005** e **ottobre 2006**), e una campagna di indagini mediante sismica *down-hole* con onde P e SH.

Il sondaggio sismico *down-hole* è stato eseguito nel corpo diga mentre la sismica a rifrazione è stata eseguita, nella parte a monte della strada di accesso al corpo diga (lato sinistro lago).

Tali indagini hanno permesso di definire un assetto litostratigrafico aggiornato del corpo diga determinando dei parametri geotecnici differenti da quelli riportati nel progetto definitivo del marzo 2006.

Nel **novembre 2007** è stato redatto un "*Aggiornamento del progetto di adeguamento degli scarichi di superficie*" che recepiva le nuove informazioni sui parametri geotecnici dei terreni nel lato sinistro del lago e aggiornava i calcoli strutturali degli scatolari e dei muri in base al Testo Unico - Nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni.

Lo studio del dicembre 2002 aveva verificato la stabilità della diga con i parametri di progetto. Sulla base delle succitate campagne di indagini geotecniche sono state condotte, ai sensi del D.M. 24/03/1982, altre verifiche che hanno evidenziato alcune criticità in merito alle verifiche sismiche del paramento di valle.

Tale progetto fu esaminato dall'UPFI che si espresse con nota n. 44 del 13/02/08 richiedendo integrazioni.

Nel **gennaio 2008** sono state emanate le nuove "*Norme tecniche per le costruzioni*" (D.M. 14/01/2008)

Nel **luglio 2011** è stato redatto il "*Progetto definitivo degli interventi di ripristino dello scarico di fondo*" della diga di Cepparello, in merito al quale la Divisione di coordinamento si è espressa in via interlocutoria con nota n. 12410 del 29/10/12 richiedendone integrazioni.

Nel **maggio 2013** è stato redatto il "*Progetto esecutivo per il ripristino dello scarico di fondo*" della diga di Cepparello.

Il progetto prevedeva di risanare lo scarico esistente mediante l'inserimento all'interno della tubazione in acciaio esistente, una tubazione in polietilene di opportuno diametro. Contemporaneamente si prevedeva di realizzare una nuova opera di presa che consentiva una più agevole manutenzione dello scarico e una migliore operatività con lo spostamento della valvola di controllo dello scarico di fondo nella sua sezione terminale.

Il progetto fu esaminato dall'UPFI che si espresse con nota n. 44 del 13/02/08 richiedendo integrazioni.

Con nota del **27 giugno 2013** il Ministero delle Infrastrutture e trasporti fissava le seguenti *limitazioni di invaso* nell'ambito della rivalutazione della sicurezza idrologica-idraulica:

- livello di invaso a 177.0 m s. l.m. in condizioni ordinarie;
- livello temporaneo di invaso a 186.0 m s.l.m. in condizioni di piena.

Nel **giugno 2014** sono state emanate le nuove "*Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta*" (D.M. 26/06/2014).

Nel **luglio 2014** veniva redatto uno "*Studio per la stagionalizzazione dei livelli di invaso*". Tale studio non è stato condiviso dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti che ha ritenuto di dover confermare le limitazioni di invaso individuata della nota del giugno 2013.

Nel **novembre 2015** veniva elaborato il "*Programma indagini geognostiche*" per la caratterizzazione dello sbarramento ai fini delle verifiche di stabilità.

Il suddetto programma veniva approvato dal Servizio Dighe con note prot. n. 166 del 05/01/2016 e prot. n. 3772 del 25/01/2016.

Tra **febbraio e marzo 2016** è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche secondo quanto stabilito nel "*Programma indagini geognostiche*" del 19 novembre 2015. Nel corso dell'indagine geognostica sono stati eseguiti n. 5 carotaggi continui, di cui n. 3 sul coronamento e n. 2 sulla banca intermedia del paramento di valle. Nei sondaggi sono state eseguite prove penetrometriche SPT e prove *Lefranc*. In totale sono stati prelevati n. 35 campioni, di cui n. 33 indisturbati contenuti in fustella metallica tipo *Shelby* e n. 2 disturbati contenuti in busta di cellophane sigillata. Le prove geotecniche eseguite sui campioni prelevati hanno riguardato la determinazione del peso di volume, contenuto d'acqua, analisi granulometrica, limiti di *Atterberg*, massa volumica reale, nonché l'esecuzione della prova di taglio diretto CD, di compressione ELL, triassiale UU e triassiale CIU.

Le indagini condotte hanno consentito di definire il modello dello sbarramento e l'inquadramento dei parametri geotecnici del materiale presente nell'area di intervento.

Stante le attuali limitazioni di invaso e le variate possibilità di approvvigionamento idrico per la città di Poggibonsi da parte del gestore Acque s.p.a., la funzionalità dell'invaso e degli impianti ad esso collegati risultano fortemente limitati.

In tal senso l'Autorità Idrica Toscana in accordo con il Comune di Poggibonsi, proprietario dell'invaso, hanno valutato la possibilità di una dismissione della diga ai sensi del punto H.2.5 delle norme tecniche del giugno 2014.

Visti gli ingenti costi della dismissione è stato deciso di procedere individuando i necessari interventi di miglioramento previsti al punto H.2.2. delle Norme finalizzati a mantenere in esercizio l'invaso.

Le soluzioni progettuali individuate per gli interventi di adeguamento degli sfioratori e di recupero dello scaricatore di fondo, nonché di miglioramento sismico dello sbarramento discendono dalle soluzioni proposte nei progetti già presentati, tenendo conto delle indicazioni, integrazioni e prescrizioni richieste nel corso dei vari procedimenti autorizzativi e adeguati al nuovo quadro conoscitivo e normativo.

3 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Gli interventi previsti nel presente progetto ricadono in parte nel Comune di Poggibonsi (Prov. SI) e in parte nel Comune di Barberino Val d'Elsa (Prov. FI).

La planimetria degli interventi di progetto è riportata nell'elaborato EG.02b (Figura 3-1), le sezioni trasversali dello corpo diga di progetto sono rappresentate nell'elaborato EG.04b (Figura 3-2), mentre negli elaborati EG.06b, EG.07b e EG.08b sono riportate le sezioni trasversali di progetto dei canali fugatori sinistro e destro, nonché della vasca di dissipazione.

Infine negli elaborati EG.15 e EG.16 sono raffigurati i tipologici strutturali e costruttivi delle opere d'arte.

Gli interventi di progetto consistono in interventi di ristrutturazione mediante lavori e opere di trasformazione atti ad aumentare la sicurezza attuale della diga, pur senza raggiungere i livelli richiesti per le nuove costruzioni, così come definito al cap. H.2 del D.M. 26/06/2014.

3.1 INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO SISMICO

È necessario procedere ad interventi di miglioramento sismico secondo quanto riportato al cap. H.2.2. del D.M. 26/06/2014, in quanto le verifiche di stabilità, condotte come prescritto ai capp. H.3 e H.4, mostrano il raggiungimento per lo stato attuale di uno SLU (SLV e SLC).

I risultati delle verifiche di stabilità mettono in luce significative criticità nella stabilità del corpo diga alcune delle quali (paramento di valle) già evidenziate nelle verifiche degli studi e dei progetti precedenti, altre (paramento di monte per svaso rapido) emerse alla luce della nuova caratterizzazione geotecnica del terreno del corpo diga a seguito della campagna di indagini del 2016.

Gli interventi volti a garantire la stabilità del corpo diga prevedono un ricarico dei paramenti di monte e di valle, in modo da addolcire il pendio ed appesantire il corpo diga al piede ovvero:

- **paramento di monte:** realizzazione di un riporto con pendenza di 1:3 con una banca intermedia alla quota delle soglie sfioranti pari a 183.5 m s.l.m.;
- **paramento di valle:** realizzazione di un ricarico fino al coronamento, con banca intermedia alla quota di 178 m s.l.m., per ottenere una pendenza costante di 1:3.

3.1.1 CARATTERISTICHE DEI TERRENI DI RINFIANCO

Il terreno utilizzato per il rinfianco della diga deve avere le caratteristiche previste nelle verifiche di stabilità. Il terreno utilizzato per il rinterro è assunto con le stesse caratteristiche di quelle del corpo diga.

In particolare, si prevede di utilizzare un terreno che una volta messo in opera possieda un angolo di attrito di almeno 28.7° , un peso insaturo di circa 2.083 t/m^3 e un peso saturo di circa 2.094 t/m^3 come il materiale del rilevato esistente.

Si prevede di utilizzare un terreno a grana fine ricadente nella categoria delle sabbie limo argillose, in modo che, se opportunamente compattato, fornisca una resistenza al taglio in termini di tensioni totali di 68.9 kPa e una resistenza in termini di tensioni efficaci di 8.1 kPa.

Inoltre, il rinfianco deve soddisfare alle relazioni sperimentali che correlano le dimensioni limite dei diametri caratteristici dei terreni a contatto.

Basandosi sulla classificazione fornita dal AASHO i materiali che meglio interpretano le nostre esigenze, sono quelli ricadenti all'interno delle categorie A-4, A-5, A-6 e A-7.

Al di sopra della sommità della banca di valle è riportato uno strato di 30 cm di pietrisco misto di cava stabilizzato di pezzatura 0÷50 mm.

3.1.2 MESSA IN OPERA DEL TERRENO DI RINFIANCO

La densità relativa ottenuta in loco dovrà essere almeno il 90% di quella determinata all'ottimo delle prove Proctor standard (ASTM D-698 e AASHTO T-99) effettuate sul materiale da porre in opera.

Il costipamento deve avvenire utilizzando rulli a masse vibranti. L'effetto di costipamento del rullo vibrante risulta di maggiore efficacia a profondità variabili tra 40 cm e 80 cm, per cui si prevede di porre il materiale a strati di 40 cm.

La verifica del raggiungimento della densità relativa prevista deve essere effettuato con misure di densità in numero di almeno 1 ogni 500 m³ di materiale posto in opera.

Eventuali variazioni sulle caratteristiche del materiale devono essere opportunamente verificate attraverso nuove verifiche di stabilità del rilevato.

Il rinfienco è ammorsato nel terreno di fondazione attraverso un taglione di 1.0 m di profondità e 2.0 m di larghezza posto in corrispondenza dell'estremità di valle. L'ammorsamento nel rilevato esistente viene realizzato mediante incassi con due superfici di taglio a 45°.

Il terreno di riempimento degli incassi deve avere le stesse caratteristiche del rinfienco.

3.1.3 LA PROTEZIONE DEL RILEVATO A LAVORI ULTIMATI

A ultimazione dei lavori è importante provvedere alla protezione del nuovo paramento del rinfienco, al fine di scongiurare fenomeni erosivi dovuti al dilavamento.

Per questo motivo il paramento di valle dello sbarramento è seminato a spaglio e protetto con una biostuoia composta da fibre naturali biodegradabili, opportunamente ammorsata in sommità ed alla base e picchettata per il fissaggio al paramento.

Il paramento di monte dello sbarramento è rivestito interamente con una scogliera costituita da massi naturali, non gelivi, compatti e fortemente resistenti all'abrasione, disposti per uno strato di circa 80 cm su uno strato di 30 cm pietrisco di granulometria adeguata steso su un geotessile.

3.2 INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO IDRAULICO

È necessario procedere ad interventi di miglioramento idraulico secondo quanto riportato al cap. H.2.2. del D.M. 26/06/2014, in quanto il tempo di ritorno della portata di piena scaricabile rispettando il franco idraulico indicato al cap. C.1 è inferiore a 1000 anni.

3.2.1 INTERVENTI DI ADEGUAMENTO DELLO SCARICO DI SUPERFICIE

Gli interventi di adeguamento previsti hanno lo scopo di ripristinare una capacità di smaltimento che migliori sensibilmente il livello di sicurezza rispetto lo stato attuale della diga.

La soluzione progettuale è sviluppata tenendo conto i seguenti vincoli:

- vincolo imposto dal regolamento dighe circa la necessità di smaltire la portata millenaria interamente con scaricatori di superficie a soglia fissa (parere espresso in via interlocutoria nel corso dell'incontro svolto presso la sede di Roma in data 17/01/2017);
- vincolo sollecitato dal Gestore di massimizzare il volume utile di regolazione;
- vincolo topografico connesso allo sviluppo trasversale dei canali fugatori destro e sinistro.

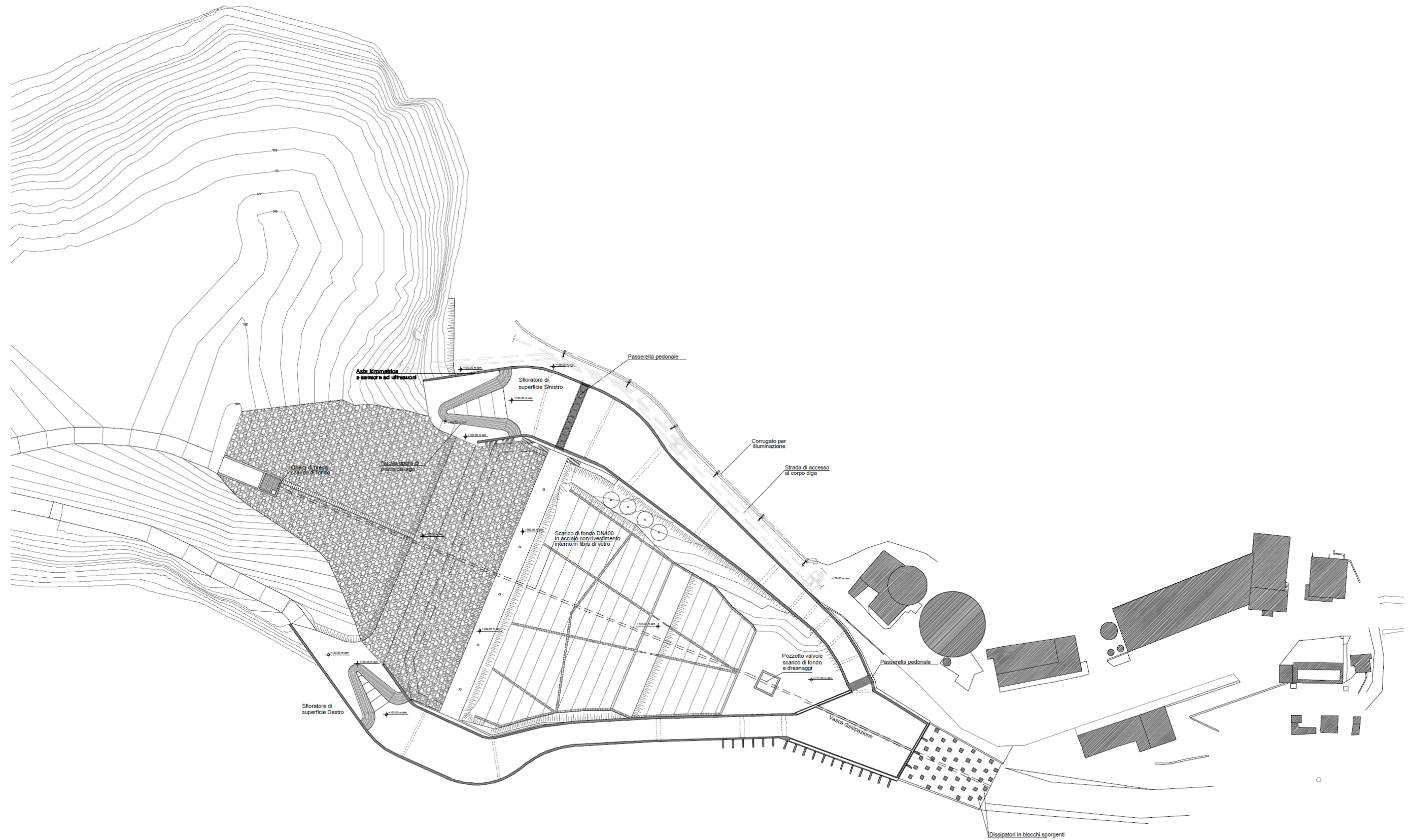


Figura 3-1 – Planimetria della diga Drove di Cepparello nello stato di progetto.

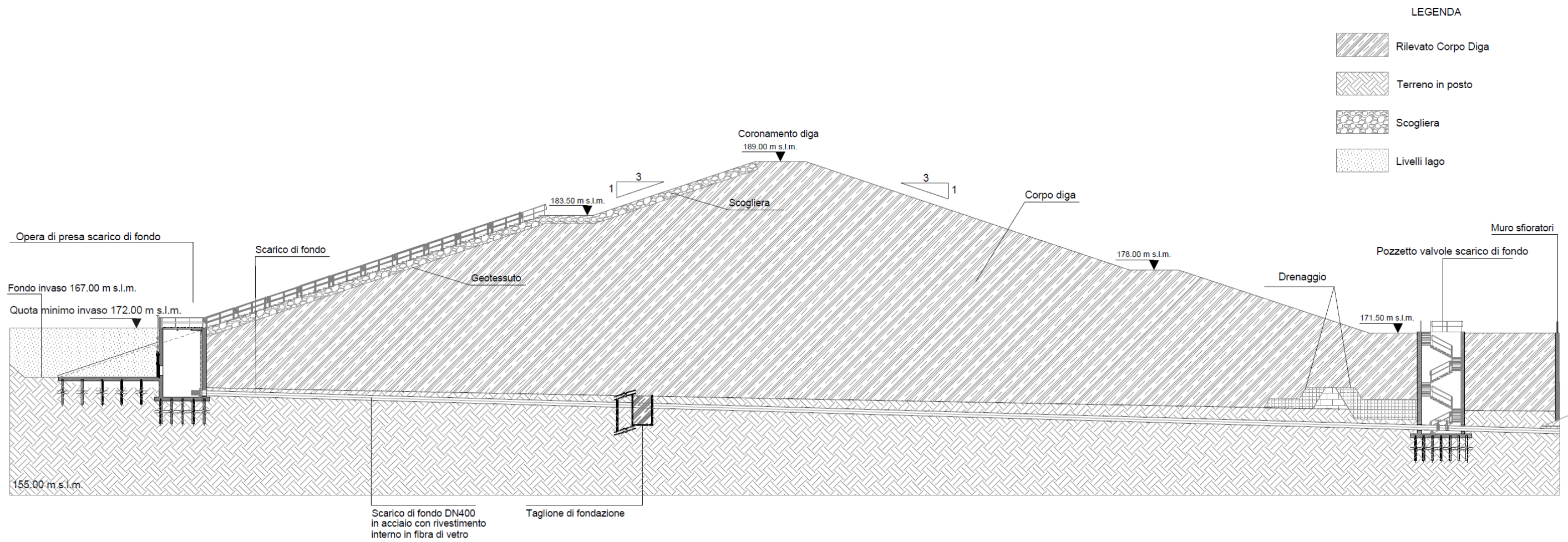


Figura 3-2 – Sezione trasversale della diga Drove di Cepparello nello stato di progetto.

Al fine di rispettare i vincoli prima elencati sono adottati sfioratori della tipologia a “becco d’anatra”, i quali, attraverso un’opportuna conformazione geometrica, riescono a garantire uno sviluppo del ciglio sfiorante dello stramazzo superficiale sufficiente con una struttura portante contenuta.

L’opera di sfioro presenta una sezione trasversale sagomata secondo un profilo di *Greager-Scimeni*.

Lo stato di progetto consente alla piena con **tempo di ritorno 1000 anni** di essere evacuata con una **quota di massimo invaso di 186.67 m s.l.m.** e quindi con un **franco di 2.29 m**, superiore al franco idraulico minimo regolamentare calcolato secondo quanto riportato ai capp. C.1 e C.2 del D.M. 26/06/2014.

L’ipotesi progettuale proposta consiste nel procedere all’abbassamento della quota di stramazzo attuale di circa 1 m e all’allungamento del ciglio sfiorante per mezzo di sfioratori del tipo a “becco d’anatra”, nonché alla riprofilatura del fondo e delle sezioni trasversali dei canali fugadori destro e sinistro.

In particolare sono previsti i seguenti interventi:

- adeguamento dello sfioratore di sinistra mediante la realizzazione di una soglia di sfioro fissa del tipo a “becco d’anatra” lunga complessivamente 38.0 m posta a quota 185.0 m s.l.m. contro i 186.0 m s.l.m. attuali;
- riprofilatura del fondo e delle sezioni trasversali del canale fugatore sinistro nel tratto compreso tra la sezione SX-1 e la sezione SX-14a;
- spostamento verso monte della viabilità in sinistra dello sfioratore per l’accesso alla cabina di manovra dello scarico di fondo;
- sostituzione delle condotte presenti al disotto della suddetta viabilità (condotta di alimentazione della centrale, condotta di troppo pieno, condotta di alimentazione dall’Elsa);
- demolizione e rifacimento delle passerelle di accesso al coronamento e al pozzetto di manovra della diga presenti sullo canale fugatore sinistro;
- adeguamento dello sfioratore di destra tramite la realizzazione di una soglia di sfioro fissa del tipo a “becco d’anatra” lunga complessivamente 28.7 m posta a quota 185.0 m s.l.m. contro i 186.0 m s.l.m. attuali;
- riprofilatura del fondo e delle sezioni trasversali del canale fugatore destro nel tratto compreso tra la sezione DX-1 e la sezione DX-7a;
- adeguamento dei muri della vasca di dissipazione a valle dei canali di scarico;
- realizzazione di blocchi dissipatori sulla platea in calcestruzzo posta a valle della vasca di dissipazione prima della restituzione nell’alveo naturale.

3.2.1.1 ADEGUAMENTO SCOLMATORE SINISTRO

Lo sfioratore sinistro presenta attualmente una larghezza in corrispondenza dell’asse della diga di circa 18.0 m. Tale larghezza si riduce a circa 5.2 m all’imbocco del canale fugatore in corrispondenza della passerella.

Sempre in corrispondenza della passerella sulla sinistra è presente un piccolo locale per la manovra delle valvole poste sulla condotta di presa dall’invaso.

In tal senso preme ricordare che il progetto originario prevedeva la presa come derivazione dallo scarico di fondo. Attualmente la presa dal lago avviene con due pompe montate su una zattera galleggiante posta nei pressi della sponda sinistra del lago, nel punto di maggiore profondità, che recapitano attraverso due condotte flessibili nella condotta di alimentazione posta al disotto dello sfioratore di sinistra. Al disopra di certi livelli di invaso è possibile derivare le acque dal lago con un funzionamento a sifone.

Il progetto di adeguamento dello sfioratore sinistro prevede l’abbassamento della soglia sfiorante di 1.0 m con la creazione di uno sfioro del tipo a “becco d’anatra” con soglia di stramazzo lunga complessivamente 38.0 m posta a quota 185.0 m s.l.m..

A valle dell'opera di sfioro è prevista la creazione di un'ampia savanella rettangolare larga 16.0 m con quota di fondo posta a 183.0 m s.l.m.. In corrispondenza della soglia di sfioro è previsto, pertanto, un salto di 2.0 m. Intorno allo sfioratore viene realizzato un setto impermeabile per contrastare i fenomeni di filtrazione. Al disotto della struttura è prevista una rete drenante per annullare le sottospinte.

L'abbassamento del fondo interessa tutto il tratto compreso tra la sezione SX-1 e la sezione SX-8a. Dalla sezione SX-9b il fondo alveo di progetto è più alto di 50 cm rispetto a quello attuale, avendo previsto di realizzare la platea del nuovo canale sopra quella esistente.

Lato diga (sponda destra) vengono mantenuti i muri attuali fino alla sezione SX-3a, in adiacenza ai quali viene realizzato un muro su pali di grande diametro. In particolare, è prevista l'esecuzione di pali secanti Ø600 con passo di 50 cm, armati uno sì e due no, lunghi 10.0 m con infissione minima di 6.0 m, in modo da contenere il fronte di scavo a ridosso della struttura esistente. La struttura di pali secanti viene realizzata nello spazio intercluso tra la nuova savanella e il muro esistente, la cui estensione è variabile ma comunque non inferiore a 75 cm.

A valle della sezione SX-3a il muro attuale in sponda destra viene demolito, in quanto si prevede di allargare la sezione trasversale anche lato diga.

Dalla sezione SX-13b alla sezione SX-14b il muro lato diga è sostenuto da una serie di speroni spessi 35 cm di altezza variabile (< 3.30 m) con passo di 2.40 m. Gli speroni sono realizzati su una platea in c.a. larga 2.0 m.

Lato versante viene demolito il muro attuale fino alla sezione SX-10a. In tale tratto il nuovo muro viene realizzato con una paratia di micropali Ø220 con passo di 60 cm e infissione minima di 3.0 m, opportunamente tirantata con tiranti passivi della dimensione di 160 mm. Fino alla sezione SX-4 i tiranti sono disposti su tre ordini, nel tratto tra le sezioni SX-4 e SX-6 sono disposti su 2 ordini, mentre nel tratto tra le sezioni SX-6 e SX-9a è previsto un solo ordine di tiranti. Il tratto a valle del primo salto di fondo, compreso tra le sezioni SX-9b e SX-10a, sono previsti nuovamente due ordini di tiranti passivi.

La paratia di micropali è dotata di cordolo di testa in c.a.. Gli ordini di tiranti, che non sono posizionati sul cordolo di testa in c.a., sono messi in opera su una trave metallica di ripartizione costituita da un doppio profilo HEB160.

Dalla sezione SX-10b il nuovo muro lato versante viene assestato a ridosso di quello esistente. Il muro è provvisto di un ordine di tiranti passivi messi in opera sul cordolo in c.a. previsto sulla testa del muro esistente.

I muri sono previsti dello spessore di 50 cm sia per la parte in elevazione che in fondazione.

Il muro presenta altezze variabili da 6.0 m a 5.25 m nella parte finale.

La realizzazione del muro in sponda sinistra necessita della demolizione della cabina di manovra e della passerella.

A tergo dei muri lato versante è previsto un materassino drenante con alla base un tubo drenante con recapito nello sfioratore a valle della sezione SX-9a.

3.2.1.2 SPOSTAMENTO VIABILITÀ

La viabilità di accesso alla cabina di manovra dello scarico di fondo viene spostata lato versante mediante la realizzazione di un muro di sostegno lungo circa 90 m con altezza massima di 4.5 m.

Il muro della strada a ridosso del versante viene realizzato con una paratia di micropali Ø220 con passo di 60 cm e infissione minima di 3.0 m, opportunamente tirantata con tiranti passivi della dimensione di 160 mm messi in opera con un numero di ordini variabile a seconda dell'altezza del muro.

A tergo del muro di sostegno è posto un materassino drenante con alla base un tubo drenante che recapita in un pozzetto posto in corrispondenza della sezione SX-9a.

La strada ha una larghezza netta di 4.0 m considerando una banchina di 50 cm posta al piede del muro e l'occupazione del guard-rail lato sfioratore per altri 50 cm. Il guard-rail di classe H2 è dotato di corrimano di

altezza almeno pari a 1.1 m dal piano stradale. La strada bianca è realizzata con la posa in opera di pietrisco 40/60 e regolarizzazione della superficie di transito tramite stesa di pietrisco 12/22, compresa la compattazione con rullo.

Le acque meteoriche sono recapitate direttamente nel canale fugatore sinistro con un pozzetto posto in corrispondenza dalla sezione SX-9a tramite un tubo in PVC Ø300. La strada ha una pendenza trasversale verso monte del 2%.

La strada è dotata di n. 6 punti luce posti sul muro a ridosso del versante.

3.2.1.3 SOSTITUZIONE CONDOTTE

Al disotto della viabilità posta in sponda sinistra sono presenti le seguenti condotte:

- condotta di alimentazione della centrale di potabilizzazione;
- condotta di troppo pieno;
- condotta di derivazione delle acque dell'Elsa.

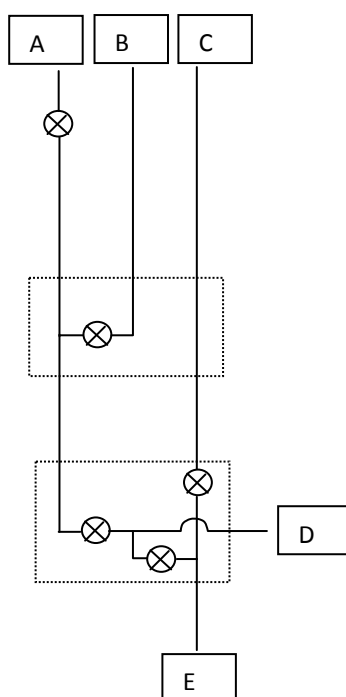


Figura 3-3 – Schema di funzionamento delle condotte afferenti all'invaso.

Lo schema di funzionamento è riportato nella Figura 2-8 in cui sono adottate le seguenti tipologie:

- A - Condotta proveniente dalle pompe poste sulla zattera galleggiante;
- B - Condotta di troppo pieno con scarico nel lago;
- C - Condotta di alimentazione del lago dall'Elsa;
- D - Condotta verso l'impianto di potabilizzazione;
- E - Condotta premente dall'Elsa.

Le condotte sono attualmente parte in acciaio e parte in polietilene. Si prevede la loro sostituzione con condotte in acciaio Ø300 rivestite esternamente e internamente.

Le condotte sono poste tutte al disotto della nuova sede stradale.

Un pozzetto è realizzato in prossimità della sezione SX-5, all'interno del quale è previsto l'alloggiamento della valvola sulla condotta di troppo pieno.

Infine, in corrispondenza della sezione SX-9a è realizzato un ulteriore pozzetto per il posizionamento delle valvole di by-pass da utilizzarsi nel caso si renda necessario alimentare l'impianto direttamente con l'acqua dell'Elsa.

3.2.1.4 NUOVE PASSERELLE

Allo stato attuale sono presenti n. 2 passerelle sul canale scolmatore sinistro.

Quella più a monte è ubicata in prossimità della sezione SX-4, ove il canale subisce un marcato allargamento nello stato di progetto. La passerella attuale deve essere pertanto demolita e viene ricostruita in un'altra posizione in asse al coronamento, tra le sezioni SX-2a e SX-3.

Attualmente la passerella ha una struttura in calcestruzzo con una luce di circa 5.20 m. La nuova passerella ha una luce di 17.25 m da appoggio a appoggio ed è costruita interamente in acciaio.

La passerella ha un franco di circa 4.3 m sulla piena millenaria, l'estradosso a quota 189.0 m s.l.m. e l'intradosso a quota 188.50 m s.l.m..

La passerella ha una larghezza netta di 2.0 m, la soletta è costituita da un grigliato, le travi portanti sono due IPE450.

Sul lato di valle della passerella saranno ancorati i cavi di alimentazione delle pompe poste sulla zattera galleggiante.

La passerella di valle è ubicata in corrispondenza della sezione di chiusura del canale scolmatore, immediatamente a monte della sezione SX-14a. La passerella attuale deve essere demolita in quanto i contenimenti vengono sopraelevati fino alla quota di 171.50 m s.l.m.. In questo caso la nuova passerella viene ricostruita nella medesima posizione.

Attualmente la passerella ha una struttura in acciaio con una luce di circa 4.90 m. La nuova passerella ha una luce di 5.0 m da appoggio a appoggio ed è costruita interamente in acciaio.

La passerella ha un franco di circa 6.1 m sulla piena millenaria, l'estradosso a quota 171.50 m s.l.m. e l'intradosso a quota 171.0 m s.l.m..

La passerella ha una larghezza netta di 2.0 m, la soletta è costituita da un grigliato, le travi portanti sono due IPE450.

3.2.1.5 ADEGUAMENTO SCOLMATORE DESTRO

Lo sfioratore destro presenta attualmente una larghezza in corrispondenza dell'asse della diga di circa 13.0 m. Tale larghezza si riduce a circa 7.2 m all'imbocco del canale fugatore.

Il progetto di adeguamento dello sfioratore destro prevede l'abbassamento della soglia sfiorante di 0.9 m con la creazione di uno sfioro del tipo a "becco d'anatra" con soglia di stramazzo lunga complessivamente 28.7 m posta a quota 185.0 m s.l.m..

A valle dell'opera di sfioro è prevista la creazione di un'ampia savanella rettangolare larga 12.0 m con quota di fondo posta a 183.0 m s.l.m.. In corrispondenza della soglia di sfioro è previsto, pertanto, un salto di 2.0 m. Intorno allo sfioratore viene realizzato un setto impermeabile per contrastare i fenomeni di filtrazione.

Al disotto della struttura è prevista una rete drenante per annullare le sottospinte.

L'abbassamento del fondo interessa il tratto compreso tra la sezione DX-1 e la sezione DX-6b. A valle della sezione DX-6b il fondo alveo di progetto è più alto di 50 cm rispetto a quello attuale, avendo previsto di realizzare la platea del nuovo canale sopra quella esistente.

Lato diga (sponda sinistra) vengono mantenuti i muri attuali fino circa la sezione DX-5, in adiacenza ai quali viene realizzato un muro su pali di grande diametro. In particolare, è prevista l'esecuzione di pali secanti Ø600 con passo di 50 cm, armati uno si e due no, lunghi 10.0 m con infissione minima di 6.0 m, in modo da contenere il fronte di scavo a ridosso della struttura esistente. La struttura di pali secanti viene realizzata nello spazio intercluso tra la nuova savanella e il muro esistente, la cui estensione è variabile ma comunque non inferiore a 75 cm.

A valle della sezione DX-5 il muro attuale in sponda sinistra viene demolito, in quanto si prevede di allargare la sezione trasversale lato diga.

Lato versante il muro attuale viene demolito e ne viene ricostruito uno nuovo fino alla sezione DX-6a. Il muro presenta altezze variabili da 6.0 m a 5.30 m nella parte finale. Il nuovo muro viene realizzato con una paratia di micropali Ø220 con passo di 60 cm e infissione minima di 3.0 m, opportunamente tirantata con tiranti passivi della dimensione di 160 mm messi in opera con un numero di ordini variabile a seconda dell'altezza del muro.

Dalla sezione DX-6a alla sezione DX-6c il nuovo muro lato versante viene assestato a ridosso di quello esistente.

Dalla sezione DX-6c alla sezione DX-7b i muri in elevazione in destra e sinistra sono sostenuti da una serie di speroni spessi 35 cm di altezza variabile (< 5.0 m) con passo di 2.40 m. Gli speroni sono realizzati su una platea in c.a. larga 2.0 m.

I muri sono previsti dello spessore di 50 cm sia la parte in elevazione che in fondazione.

3.2.1.6 SETTI IMPERMEABILI

Al fine di garantire la necessaria tenuta idraulica degli scarichi di superficie destro e sinistro, è prevista la realizzazione di un diaframma impermeabile, costituito da colonne di pali di grosso diametro secanti Ø600 con passo di 50 cm, armati uno si e due no, lunghi 10.0 m con infissione minima di 6.0 m.

Il tracciato del diaframma impermeabile segue quello dei contenimenti dei due canali fuggatori. La chiusura trasversale è realizzata in corrispondenza dell'estremità di monte della platea dei due canali fuggatori.

Per lo sfioratore sinistro il setto impermeabile ha origine sul lato del versante in corrispondenza della sezione SX-1d, posta immediatamente a valle dell'opera di sfioro, mentre lato diga prosegue verso valle fino a raggiungere la sezione SX-3a.

Per lo sfioratore destro il setto impermeabile ha origine sul lato del versante in corrispondenza della sezione DX-1d, posta immediatamente a valle dell'opera di sfioro, mentre lato diga si estende per circa 6.30 m a valle della sezione SX-4.

3.2.1.7 ADEGUAMENTO DELLA VASCA DI DISSIPAZIONE

La vasca di dissipazione è costituita da due parti ove recapitano rispettivamente il canale fuggatore destro e quello sinistro.

A monte la vasca è delimitata da un muro con sommità a quota 167.0 m s.l.m., lateralmente da due muri con sommità a quota 169.8 m s.l.m. e a valle da una soglia posta a quota 166.55 m s.l.m. che si raccorda al setto centrale che la divide in due parti posto anch'esso alla quota di 166.55 m s.l.m..

Le verifiche condotte hanno evidenziato che i muri perimetrali non risultano sufficienti a garantire il contenimento delle acque rigurgitate dalla soglia di valle.

Pertanto, è previsto di procedere al rialzamento dei contenimenti fino alla quota di 171.50 m s.l.m.. Il rialzamento dei muri laterali è di 1.70 m, mentre il sopralzo del muro di monte, prossimo al pozzetto dello scarico di fondo e dei drenaggi, è di 4.50 m.

Anche i muri di contenimento nei tratti terminali dei due canali fugatori vengono sopraelevati fino alla quota di 171.50 m s.l.m., al fine di contenere il profilo di rigonfiamento indotto dalla soglia di scarico della vasca di dissipazione durante la fase calante dell'idrogramma, quando la spinta della corrente veloce proveniente dai canali fugatori potrebbe essere insufficiente a contenere il risalto idraulico nella vasca.

Sulla parete laterale sinistra si prevede di realizzare un nuovo muro a ridosso di quello esistente opportunamente tirantato con tiranti passivi della dimensione di 160 mm disposti su tre ordini e messi in opera ciascuno su una trave metallica di ripartizione costituita da un doppio profilo HEB160.

Il muro di contenimento attuale della parete laterale destra viene rivestito con due cartelle dello spessore di 15 cm e sopraelevato di 1.70 m fino alla quota di 171.50 m s.l.m. con un muro spesso 95 cm. Il muro è sostenuto a campagna da una serie di speroni spessi 35 cm di altezza variabile (< 3.80 m) con passo di 2.40 m. Gli speroni sono realizzati su una platea in c.a. larga 2.0 m provvista di una doppia fila di micropali Ø220. La fila di micropali più interna è realizzata con passo di 240 cm e infissione minima di 15.0 m, mentre quella più esterna è realizzata con passo di 80 cm e infissione minima di 20.0 m.

Analogamente il muro di contenimento attuale della parete di monte viene rivestito con due cartelle dello spessore di 15 cm e sopraelevato di 1.70 m fino alla quota di 171.50 m s.l.m. con un muro spesso 70 cm. Il muro è sostenuto a campagna da una serie di speroni spessi 35 cm di altezza variabile (< 4.15 m) con passo di 2.40 m. Gli speroni sono realizzati su una platea in c.a. larga 2.50 m provvista di una doppia fila di micropali Ø220. La fila di micropali più interna è realizzata con passo di 240 cm e infissione minima di 15.0 m, mentre quella più esterna è realizzata con passo di 80 cm e infissione minima di 20.0 m.

Sulla parete di valle, oltre alle cartelle di rivestimento dello spessore di 15 cm, sono previsti tre speroni dello spessore di 35 cm e altezza di 3.50 m con passo 3.50 m.

3.2.2 INTERVENTI DI ADEGUAMENTO DELLO SCARICO DI FONDO

Gli interventi necessari all'adeguamento dello scarico di fondo riguardano il rifacimento dell'opera di presa di monte, dell'opera di alloggiamento delle valvole e il ripristino dell'efficienza dell'attuale tubazione di scarico.

Si osserva che nello stato di progetto il presidio dello scarico di fondo è pensato a valle e non a monte come nello stato attuale.

3.2.2.1 L'OPERA DI PRESA

L'opera di presa viene arretrata verso l'interno del lago di circa 4.5 m rispetto alla posizione attuale in seguito alla realizzazione del rinfiango sul paramento di monte.

È prevista la demolizione dell'attuale pozzetto e del tratto iniziale della tubazione costituito dal collo d'oca. La tubazione attuale dello scarico di fondo viene intercettata e prolungata verso monte fino ad immettersi nel nuovo pozzetto.

Il nuovo pozzetto ha una pianta quadrata di dimensioni interne 4.0x4.0 m e un'altezza utile interna di 7.0 m con quota dell'estradosso a 172.0 m s.l.m..

L'interno del pozzetto funge da pozzo di manutenzione ed è privo di interruzioni orizzontali e sarà utilizzato per svolgere le attività di pulizia del pozzetto e dello scarico di fondo. Tale pozzo sarà utilizzato anche nella fase di ripristino della tubazione di scarico per il tiro della condotta di rivestimento.

Sul lato che guarda l'invaso è presente un'apertura a sezione quadrata di dimensioni 1.0×1.0 m, con soglia di scorrimento a quota di 167.20 m s.l.m., dotata di paratia mobile in acciaio inox protetta all'esterno da una griglia.

La paratoia è comandata manualmente tramite un'asta telescopica e volantino, manovrabile dalla copertura dell'opera di presa costituito da un grigliato pedonale antiscivolo.

All'interno del grigliato sulla sommità dell'opera di presa è previsto un passo d'uomo per l'accesso all'interno pozzetto tramite una scala di sicurezza in acciaio inox. La scala di sicurezza è del tipo a pioli con gradini antiscivolo, dotata di fune in acciaio centrale con dispositivo di sicurezza anticaduta.

La paratoia sarà mantenuta normalmente aperta e sarà chiusa solo in caso di ispezione del pozzetto. Il sistema consente di ispezionare il pozzetto qualora il livello nel lago scenda al disotto della quota di 172.0 m s.l.m., previa chiusura della paratoia piana a presidio della luce dello scarico nell'opera di presa e apertura delle valvole di valle a presidio dello scarico di fondo.

Il perimetro dell'opera di presa viene protetto da una ringhiera anticaduta in acciaio inox di altezza pari a 1.1 m con una parte mobile per l'accesso alla sommità del pozzetto.

La struttura dell'opera di presa viene realizzata in cemento armato gettato in opera.

Al di sotto dei muri del pozzetto è prevista la realizzazione di una fila di micropali Ø220 con passo di 110 cm e infissione minima di 15.0 m, mentre in corrispondenza di ciascun muro d'ala i micropali Ø220 hanno passo di 2.0 m e infissione minima di 15.0 m.

3.2.2.2 L'OPERA DI MANOVRA

L'opera di controllo e manovra dello scarico di fondo e dei drenaggi viene avanzata verso la vasca di dissipazione di circa 15.0 m rispetto alla posizione attuale, in seguito alla realizzazione del riporto sul paramento di valle.

È prevista la demolizione dell'attuale pozzetto. La tubazione attuale dello scarico di fondo viene intercettata e prolungata verso valle fino ad immettersi nel nuovo pozzetto.

Il nuovo pozzetto ha una pianta quadrata di dimensioni interne 4.0×4.0 m e un'altezza utile interna di 10.0 m con quota dell'estradosso a 171.50 m s.l.m., pari alla quota del piazzale che viene realizzato tra il ciglio del piede del paramento di valle ed il muro di contenimento di monte della vasca di dissipazione.

La struttura dell'opera è realizzata in cemento armato gettato in opera.

Ai lati dei muri del pozzetto sono previste due file di micropali Ø220 con passo di 80÷90 cm e infissione minima di 22.0 m.

Per accedere al fondo del pozzetto è prevista una scala di sicurezza composta da otto rampe, realizzata con gradini e pianerottoli in grigliato elettrosaldato e provvista di parapetto di altezza pari a 1.1 m. I gradini sono previsti antiscivolo dotati di rompivisuale antiscivolo e fermapiede.

3.2.2.3 LA TUBAZIONE DI SCARICO

È prevista l'esecuzione dei lavori di "rinnovamento" della tubazione di scarico esistente in acciaio con il sistema "C.I.P.P. - Blue Liner" per le tubazioni in pressione.

Il sistema "C.I.P.P. - Blue Liner" è un sistema di *relining* per il rinnovamento delle tubazioni con una guaina impregnata di resina epossidica termoindurente.

La calza ha un rivestimento interno in Polietilene PE dello spessore di 1 mm, applicato su un *Liner* costituito da feltro e fibre di vetro composte da vetro E oppure vetro E-CR o equivalente, con una percentuale di peso di vetro maggiore del 50%. La fibra di vetro è inglobata nel feltro stesso senza creare uno strato di puro vetro.

La calza viene impregnata con resina epossidica bi-componente mescolata da impianto automatizzato che garantisce l'uniformità della mescola. L'inserimento della resina avviene in cantiere su un'unità mobile con un procedimento sottovuoto (tramite pompe Vacuo). La stessa calza dopo l'impregnazione viene calibrata attraverso il passaggio nel rullo calibratore per garantire una distribuzione equilibrata della resina nella calza.

Lo spessore del *Liner*, calcolato sulla base della norma ASTM F1216 e dei valori di seguito indicati, risulta essere di 9.0 mm. (misurazione secondo UNI EN ISO 11296-4).

Il dimensionamento dello spessore è eseguito secondo norma ASTM F1216 per *Liner* auto portante mettendo a base del calcolo seguenti parametri:

- tubazione acciaio: DN 400;
- pressione di esercizio : 10 bar;
- pressione di collaudo: 10 bar;
- depressione interna: 0.0 bar;
- coefficiente di sicurezza 2;
- colonna d'acqua sopra condotta: 20.0 m;
- *Liner* pienamente portante (Strutturale);
- diametro di fori nella condotta: 50 mm.

La resina utilizzata per l'impregnazione della calza è del tipo epossidica e libera da cariche e da pigmenti, si tratta di una resina epossidica amminica tipo 1021-0 secondo DIN 16946-2. Il sistema della resina è protetto dalla corrosione e dall'ossidazione e possiede le stesse caratteristiche fisiche della calza (non vi devono essere restringimenti).

La reversione del *Liner* viene eseguita tramite tamburo ad aria compressa e, al termine dell'operazione di posizionamento, agganciato ad un apposito impianto per il pompaggio del vapore all'interno.

Durante questo processo, il *Liner* acquista la sua rigidità strutturale, aderendo perfettamente alla tubazione esistente.

Prima dell'operazione di inserimento del *Liner* vengono eseguite le operazioni di pulizia preliminare della tubazione esistente con sistemi meccanici di fresatura e di calibrazione per controllare eventuali deformazioni che potrebbero ostacolare il *relining*.

Dopo il taglio del *Liner* indurito vengono montati 2 anelli *RedEx*, uno sulla parte iniziale ed uno su quella finale dell'installazione. Il manicotto tipo *RedEx* è costituito da un manicotto in gomma EPDM con n. 2 nastri di tiro in Acciaio Inox 1.4571 e 260 mm di lunghezza. Il manicotto aderisce alla condotta attraverso la pressione degli anelli in inox che vengono tesi attraverso un martinetto idraulico.

Dopo la prova di tenuta si può eseguire i lavori di collegamento della condotta risanata alla rete e la rispettiva messa in funzione.

La testa di monte della tubazione, posta all'interno dell'opera di presa, è dotata di flangia metallica per l'eventuale sigillatura durante le operazioni di collaudo.

A valle la tubazione è raccordata, all'interno del nuovo pozzetto di manovra, alla vecchia tubazione che prosegue verso il recapito finale.

Fra le due viene interposto un gruppo valvole costituito da due valvole a cuneo inframmezzate da un giunto a "T" in acciaio di derivazione chiuso con un tappo flangiato, quale predisposizione per un'eventuale derivazione di acqua verso l'impianto di potabilizzazione come previsto nel progetto originario.

Inoltre, a valle della seconda saracinesca è posto un giunto di dilatazione in gomma al fine di garantire la necessaria tolleranza per la rimozione delle valvole in caso di manutenzione.

Il gruppo valvole è ancorato ad un apposito appoggio in grado di sostenere la spinta idrodinamica durante le operazioni di manovra per lo scarico delle portate.

Il tempo necessario al completo svuotamento allo stato attuale ammonta a circa 5.6 giorni, mentre nello stato di progetto il valore è di circa 4.4 giorni, con una riduzione temporale pari a circa il 21%.

Nello stato di progetto lo scarico di fondo consente la vuotatura del 75% del volume di invaso del serbatoio a partire dalla quota di massima regolazione, in un periodo di circa 3.2 giorni, mentre la condotta allo stato attuale impiega circa 4.0 giorni.

4 QUADRO ECONOMICO

Il computo metrico estimativo è condotto utilizzando nell'ordine i seguenti prezzari:

- prezzario dei lavori pubblici della Regione Toscana (approvato con Delibera di Giunta Regionale n. 291 del 11 aprile 2016);
- prezzi unitari, relativi alla Provincia di Siena, del "bollettino degli ingegneri" redatto dal Collegio degli Ingegneri della Toscana (aggiornato a Settembre-Dicembre 2016);
- prezzario fornito dalla società Ingegnerie Toscane S.r.l.;
- analisi prezzi con i criteri del Prezzario dei Lavori Pubblici della Toscana.

Nel computo metrico i prezzi codificati TOS16 corrispondono a quelli del prezzario regionale dei Lavori Pubblici, quelli con codifica BI16 al bollettino degli Ingegneri, quelli con codifica WAI al prezzario fornito da Ingegnerie Toscane S.r.l., mentre quelli con codifica NP derivano dall'analisi prezzi.

a) Lavori a base d'asta

a.1) Importo totale lavori a corpo e a misura	€	6'737'445.86
a.2) Importo per l'attuazione dei Piani di Sicurezza	€	336'872.29

Importo lavori a base di appalto	€	<u>7'074'318.15</u>
----------------------------------	---	---------------------

b) Somme a disposizione della stazione appaltante per:

b.1) Spese di progettazione, sicurezza e direzione lavori	€	707'431.82
b.2) spese di collaudo	€	141'486.36
b.3) Cassa Nazionale Previdenza 4% di b.2+b.3	€	33'956.73
b.4) Spese per accertamenti di laboratorio e indagini	€	100'000,00
b.5) Oneri per spostamento sottoservizi	€	0.00
b.6) Indennizzi di esproprio e servitù	€	25'000.00
b.7) Attività espropriative	€	10'000.00
b.8) Imprevisti e arrotondamenti	€	356'741.37
b.9) IVA 22% (a+b.1+b.2+b.3+b.5+b.8)	€	1'851'065.57

Sommano	€	<u>3'225'681.85</u>
---------	---	---------------------

Totale quadro economico	€	<u>10'300'000.00</u>
-------------------------	---	----------------------