



Green Power

Area Italia ed Europa
Unità Territoriale Piemonte

IMPIANTO IDROELETTRICO DI BARDONECCHIA MELEZET

DIGA DI MELEZET

n. arch. 16

Comune di Bardonecchia – Provincia di Torino

**PROGETTO DI ABBASSAMENTO DELLA DIGA
CON CLASSIFICAZIONE TRA LE OPERE DI COMPETENZA REGIONALE**

PROGETTO PRELIMINARE – RELAZIONE TECNICA

 Generazione ed Energy Management Area di Business Generazione					<i>Ingegneria Civile e Idraulica</i> SICUREZZA DIGHE ED OPERE IDRAULICHE NORD-OVEST Corso Regina Margherita, 267 10143 Torino				
Giugno 2015	00/06-2015	-	Melezet_Relazione Tecnica.doc	36					
Data di emissione	Revisione N/data	Numero Allegati	Nome File	Totale pagine					

OGGETTO REVISIONE:

00 – Giugno 2015: Prima emissione

Elaborato da	Verificato da	Approvato da
Geom. Mario GAZZERA Dott. Ing. Enrico FERRARA Dott. Ing. Fabio PLEBANI	Dott. Ing. Francesco FORNARI	Dott. Ing. Francesco FORNARI

0.	GENERALITÀ.....	5
1.	DESCRIZIONE DELLE OPERE ESISTENTI.....	6
1.1	Dati caratteristici della diga.....	7
1.2	Dati caratteristici del serbatoio.....	7
1.3	Opere di scarico della diga.....	8
1.4	Stato di consistenza dell'opera.....	8
1.4.1	INDAGINI 2001 SULLE STRUTTURE – SONDAGGI IN CORPO DIGA.....	9
1.4.2	TERRENI DI FONDAZIONE.....	10
1.5	Serbatoio, bacino e alveo a valle dell'opera.....	11
1.5.1	SERBATOIO, INTERRIMENTO E BACINO IMBRIFERO AFFERENTE L'INVASO.....	11
1.5.2	SPONDE DELL'INVASO.....	11
1.5.3	ALVEO A VALLE.....	11
1.6	Accessi alla diga.....	12
1.7	Determinazione delle portate di piena.....	12
1.8	Sorveglianza – Controllo e monitoraggio.....	12
2.	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO.....	13
2.1	Ipotesi alternative e preliminari di progetto.....	13
2.2	Definizione degli interventi in progetto.....	14
2.3	Inquadramento normativo e variazione dei dati caratteristici della diga.....	15
2.4	Interventi sulle opere di scarico della diga.....	15
2.4.1	GENERALITÀ - INTERVENTI IN PROGETTO.....	15
2.4.2	VERIFICA E DEFINIZIONE DELLE CAPACITÀ DI SCARICO IN PROGETTO.....	16
2.4.3	REALIZZAZIONE DI UN NUOVO SCARICO DI SUPERFICIE CON SOGLIA SFIORANTE.....	20
2.4.4	INTERVENTI E MODIFICA DELLO SCARICO DI ALLEGGERIMENTO.....	21
2.4.5	INTERVENTI E MODIFICHE ALLO SCARICO DI FONDO.....	21
2.4.6	OPERE DI DISSIPAZIONE A VALLE.....	22
2.5	Interventi consolidamento e ripristino delle strutture esistenti.....	23
2.5.1	TRATTAMENTI CON RESINE.....	24
2.5.2	TRATTAMENTI CON MISCELE CEMENTIZIE.....	25
2.6	Interventi sui paramenti.....	25
2.6.1	RISANAMENTO PARAMENTO DI MONTE.....	25
2.6.2	INTERVENTI SUL PARAMENTO DI VALLE.....	26
2.7	Briglie di contenimento all'interno del bacino.....	26
2.8	Controllo e monitoraggio dello sbarramento.....	27
2.9	Sistema di rilascio del DMV.....	27

2.9.1	VALORI CALCOLATI DMV _B PER INVASO E PRESE AFFERENTI L'IMPIANTO	27
2.9.2	DESCRIZIONE CALCOLO PER EVENTUALE RIDETERMINAZIONE DMV _B	28
2.9.3	DMV AMBIENTALE	28
2.9.4	SISTEMA ATTUALE DI RILASCIO DEL DMV	29
2.9.5	SISTEMA IN PROGETTO DEL DMV	29
2.10	Accessi alle opere	31
3.	ASPETTI ESECUTIVI.....	31
3.1	Sequenze operative e programma dei lavori	32
3.2	Opere provvisorie e fuori servizio dell'impianto	33
4.	RIFERIMENTI	34
5.	ALLEGATI	35

O. GENERALITÀ

La presente relazione illustra gli interventi in progetto presso la diga Melezet, sita nell'omonima frazione del Comune di Bardonecchia (TO).

La diga di Melezet risulta essere una grande diga in virtù dell'altezza ex L.584/94 pari a 15,80m e pertanto superiore ai 15m previsti dalla legislazione nazionale per la definizione delle competenze di controllo di tali sbarramenti. L'Organo Tutorio dello sbarramento in argomento è il Ministero per le Infrastrutture e i Trasporti – Direzione Generale per le Dighe – Ufficio Tecnico per le Dighe di Torino.

Gli interventi di seguito illustrati scaturiscono parzialmente da una prescrizione del suddetto Organo in merito alla necessità di risanamento del paramento di valle. Conseguentemente il Concessionario\Gestore si è attivato per prevedere una serie di interventi ulteriori di generale miglioramento strutturale e funzionale di seguito descritti.

Si specifica che le parti idrauliche sono state oggetto di modellazione fisica da parte del POLITECNICO DI TORINO – DIATI – Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture.

Il presente progetto è stato condiviso con parere favorevole dalla Direzione Dighe con nota M_INF.DIGHEIDREL.REGISTRO UFFICIALE.U.0010707.26-05-2015 e inviato per conoscenza alla Regione Piemonte – Settore Sbarramenti con nota Enel-PRO-19/11/2012-0053630 per futura competenza. La stessa ha anticipato per le vie brevi che rilascerà il proprio parere di competenza in seno alla Conferenza dei Servizi nell'ambito della procedura di Autorizzazione Unica ex D.Lgs. 387/03.

Finalità

Il presente progetto ha come finalità la riqualificazione dell'opera e descrive gli interventi di manutenzione straordinaria previsti sulle opere idrauliche e sul corpo murario della diga.

Il progetto tiene conto delle modifiche normative intervenute successivamente al progetto ed alla costruzione della diga (1920-21), delle indagini, valutazioni ed elaborazioni di carattere geologico geotecnico ed idraulico.

Gli interventi previsti hanno la finalità di migliorare le condizioni generali dell'opera sia dal punto di vista strutturale che dal punto di vista della funzionalità e della sicurezza idraulica.

Per quanto riguarda l'aspetto strutturale il progetto prevede infatti l'esecuzione di una campagna di iniezioni di consolidamento delle strutture murarie costituenti lo sbarramento e del primo strato roccioso in fondazione.

Dal punto di vista idraulico il progetto fornisce allo sbarramento uno scarico di superficie che migliorerà la sicurezza e la funzionalità idraulica dell'opera nonché una più

agevole gestione delle piene. Inoltre il progetto prevede la sostituzione delle paratoie dello scarico di alleggerimento e dello scarico di fondo.

Il progetto affronta e tiene in conto anche aspetti legati alla gestione dell'invaso sia in condizione di esercizio ordinario che in occasione di piene, alle problematiche riguardanti l'interrimento del bacino e agli accessi all'opera, alla sorveglianza, al controllo ed alla guardiania della diga.

Le valutazioni economiche eseguite tengono conto sia dei costi di intervento che dei minori ricavi per la non ottimale gestione dell'impianto nelle attuali condizioni. Queste hanno privilegiato le scelte progettuali di seguito descritte, che non prevede alcuna penalizzazione di invaso o di regolazione e che mantiene gli stessi livelli di massimo invaso e di massima regolazione a fronte di una migliore efficienza idraulica, sia in condizione di esercizio che in caso di gestione di piene.

Il nuovo ciglio sfiorante interessa di fatto interamente la sommità dello sbarramento e diventa pertanto di fatto e formalmente la nuova quota di coronamento della diga. Ne consegue pertanto una riduzione dell'altezza diga (facendo riferimento alla quota originale più depressa dei paramenti 1'477,47 m s.l.m.) che passa dall'attuale misura di 15,80 m a quella di progetto pari a 14,53 m. Questa misura comporta l'esonero della stessa diga dalle competenze della legge 584/94 e declasserebbe lo sbarramento dalla attuale condizione di opera iscritta al Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Ufficio Tecnico per le Dighe facendola rientrare tra gli sbarramenti minori di competenza regionale.

1. DESCRIZIONE DELLE OPERE ESISTENTI

La diga di Melezet si trova in territorio italiano appena a valle del confine con la Francia nel Comune di Bardonecchia, in zona denominata "Sette Fontane".

La diga fu realizzata dalle Ferrovie dello Stato tra il 1920 ed il 1921, lungo il corso del Rio di Valle Stretta, che in territorio italiano viene nominato torrente Melezet, affluente di sinistra della Dora di Bardonecchia. La diga è del tipo a gravità massiccia realizzata in calcestruzzo, con un'altezza secondo il D.M. 24/03/1982 di 20,00 m e di 15,80 m secondo la Legge 584/94.

La diga ha un andamento planimetrico leggermente arcuato con raggio $R=100$ m ed il coronamento a quota 1'493,27 m s.l.m. e si sviluppa per 58 m.

Nel 1971, in occasione dei lavori di risanamento dell'opera e di rifacimento del paramento di monte si realizzò il sovrizzo di 17 cm del coronamento della diga la cui quota originaria era pari a 1'493,10 m s.l.m. In concomitanza di questi lavori, furono eseguiti trattamenti impermeabilizzanti e di sigillatura di alcune lesioni risalenti

all'epoca della costruzione della diga e furono realizzati alcuni drenaggi sub orizzontali in corrispondenza del piede di valle dell'opera.

Il paramento di valle è profilato con una pendenza di 0,70 ca. Poco a valle del piede diga, a sbarramento dell'alveo, è posta una piccola briglia che ha la finalità di costituire un modesto cuscino d'acqua atto a moderare e dissipare l'energia idraulica delle portate dallo scarico di fondo della diga.

1.1 Dati caratteristici della diga

La diga è stata costruita negli anni 1920-1921 ed è munita di scarichi di fondo, di alleggerimento e di superficie. La diga è stata collaudata nel 1922 ai sensi del R.D. 2540/1925.

Dati principali dello sbarramento (Vedi all. Rif [1] FCEM diga di Melezet):

Tipo	muraria a gravità in cls	
Classificazione D.M. 24-03-82	A.a.1	
Altezza di massima ritenuta	14,80	m
Quota coronamento	1'493,27	m s.l.m.
Sviluppo del coronamento	58	m
Larghezza del coronamento	3,6	m
Franco netto (ai sensi del D.M. 24-03-82)	0,87	m
Altezza della diga		
- secondo regolamento D.M. 24-03-82	20,00	m
- secondo L. 584/94	15,80	m
Quota alveo a monte	1'477,60	m s.l.m.
Quota più depressa dei paramenti	1'477,47	m s.l.m.
Quota minima fondazioni	1'473,27	m s.l.m.
Volume della diga	5'000	m ³
Grado di sismicità progetto originario	S = 0	

Non esistono cunicoli di ispezione longitudinali, né canne di drenaggio verticali delle fondazioni e del corpo diga.

1.2 Dati caratteristici del serbatoio

Questi i principali dati caratteristici del serbatoio:

• Quota di massimo invaso	1'492,40	m s.l.m.
• Quota massima di regolazione	1'492,00	m s.l.m.
• Quota minima di regolazione:	1'488,50	m s.l.m.
• Volume d'invaso (ai sensi del D.M. 24.3.82)	48'000	m ³

• Volume d'invaso (ai sensi della 584/94)	45'000	m ³
• Volume utile di regolazione	28'000	m ³
• Superficie bacino imbrifero sotteso	46	km ²

1.3 Opere di scarico della diga

Le opere di scarico della diga sono costituite da uno scarico di superficie, uno scarico di alleggerimento ed uno scarico di fondo.

Lo scarico di superficie è costituito dal ciglio tracimabile a quota 1'492,00 m sm delle paratoie a settore dello scarico di alleggerimento avente lunghezza 6 m.

Lo scarico di alleggerimento è costituito da un complesso di due paratoie affiancate e tracimabili, la prima larga 4,5 m con soglia a quota 1'489,00 m s.l.m. e la seconda larga 1,5 m con soglia a quota 1'487,00 m s.l.m.

Lo scarico di fondo è costituito da un condotto circolare avente diametro 800 mm e lunghezza 14,50 m ca avente asse all'imbocco di monte a quota 1'478,90 m s.l.m. ed asse allo sbocco di valle a quota 1'478,15 m s.l.m.

L'imbocco dello scarico di fondo è intercettato a monte da una paratoia piana a strisciamento con imbocco tronco-conico circolare, azionata mediante un'asta di manovra ed a valle da una saracinesca lenticolare manuale.

L'imbocco della paratoia è stato successivamente protetto, allo scopo di evitarne l'inghiainamento durante le piene, da una struttura muraria a forma di torrino sulle cui pareti sono ricavate delle luci di piccola sezione; la struttura ha un'altezza di ca. 8 m, con sovrizzo di ulteriori 2 m in carpenteria metallica.

La massima capacità di scarico della diga risulta allo stato attuale:

• Scarico di superficie	2,10 m ³ /s (in funzione solo a paratoie abbassate)
• Scarico alleggerimento	78,00 m ³ /s
• Scarico di fondo	6,00 m ³ /s
• Capacità totale di scarico	84,00 m³/s

1.4 Stato di consistenza dell'opera

La struttura della diga è stata oggetto di un importante intervento nel 1971. L'intervento ha avuto come oggetto principalmente la realizzazione di un nuovo paramento di monte e di drenaggi sub-orizzontali in corrispondenza del paramento e del piede di valle. La statica della diga, a lavori ultimati, è risultata alquanto diversa e decisamente migliore di quella del progetto originale.

Attualmente sul paramento di valle si evidenziano distacchi dell'intonaco, particolarmente sulla parte centrale della diga. Questo fenomeno, seppure diffuso, si ritiene sia limitato allo strato superficiale del paramento e non sembra interessare la struttura muraria sottostante.

Nel 1971 (probabilmente contestualmente all'intervento sul paramento di monte) sono stati eseguiti dei sondaggi nel corpo diga. Di questi, non si hanno però notizie al riguardo: la loro ubicazione non è nota e tantomeno si conoscono le risultanze ottenute.

Nel 2001 sono stati eseguiti nuovi sondaggi sulle strutture murarie del corpo diga e sulla roccia di fondazione. Nel paragrafo successivo si dà conto delle modalità delle indagini eseguite e si espongono, in sintesi, le risultanze ottenute.

1.4.1 Indagini 2001 sulle strutture – Sondaggi in corpo diga

Nell'anno 2001 sono stati eseguiti n. 2 sondaggi verticali a carotaggio continuo che da quota coronamento hanno attraversato il corpo diga fino a spingersi nella roccia di fondazione sottostante. Durante la perforazione dei sondaggi, sono state eseguite prove di permeabilità di tipo Lugeon. Successivamente, dopo la stesura della stratigrafie, sono stati prelevati dei campioni di calcestruzzo.

Dalle prove eseguite in laboratorio risultano le seguenti caratteristiche:

Campioni	Profondità	Massa volumica	Campioni	Profondità	Massa volumica
<i>foro 1</i>	<i>m</i>	<i>kg/m³</i>	<i>foro 2</i>	<i>m</i>	<i>kg/m³</i>
1	0,4	2572	1	1,2	2417
2	4,5	2509	2	3,6	2452
3	11,7	2826	3	7,1	2590
4	18	2317	4	7,6	2505
5	18,7	2401	5	11,5	2300

La descrizione del materiale riscontrato con il sondaggio 2, profondo 20 m dal piano del coronamento, è la seguente: "Calcestruzzo di natura poligenica di cattiva qualità con inerte costituito da clasti di dimensioni estremamente variabili fino a decimetriche, generalmente a spigoli vivi. Generalmente si presenta con vespai diffusi e molto aperti; a tratti risulta completamente disgregato per mancanza di legante cementizio. In diverse zone, sia di vespaio che disgregate, si osserva la presenza di patine di ossidazione ocracee per passaggio di acqua; negli stessi tratti ma anche più diffusamente è presente una ricementazione calcitica irregolare".

Nei 3 metri al di sotto, ovvero fino a 23 m sotto il piano del coronamento, si trova invece: "Roccia scistosa grigiastra da molto a completamente fratturata. In fase di perforazione si è riscontrata la presenza di sabbia fine e media, poi dilavata, che ingloba i frammenti rocciosi frequentemente a spigoli arrotondati".

Non molto diverse sono le risultanze del sondaggio 1 che riportano materiali con caratteristiche molto simili al sondaggio 2, sia sul corpo diga che sulla roccia di fondazione. Qui il contatto roccia calcestruzzo appare localizzato (anche se non in modo molto netto) a quota -19 m dal piano di coronamento.

In entrambi i fori di sondaggi sono state eseguite prove di permeabilità che hanno evidenziato valori piuttosto elevati:

	Assorbimenti (min-max)
Sondaggio n. 1 – Prova n. 1	7,8 – 22,4 l/min·m
Sondaggio n. 1 – Prova n. 2	9,3 – 21,7 l/min·m
Sondaggio n. 1 – Prova n. 3	6,5 – 20,0 l/min·m
Sondaggio n. 2 – Prova n. 1	15,6 – 24,6 l/min·m
Sondaggio n. 2 – Prova n. 2	11,7 – 38,0 l/min·m
Sondaggio n. 2 – Prova n. 3	13,2 – 31,7 l/min·m

In fase di esecuzione si è rilevata la presenza di vespai molto diffusi e aperti, talvolta accompagnati da disgregazione di materiale attribuibile apparentemente ad una mancanza di legante cementizio.

Quanto sopra sembrerebbe evidenziare in generale una condizione non ottimale delle murature costituenti l'opera. Si deve peraltro sottolineare che, pur ritenendole complessivamente attendibili, le risultanze non appaiono totalmente prive di contraddizioni. Infatti, a titolo esemplificativo a fronte di quanto emerso sulla consistenza delle murature ad una analisi visiva del materiale di campionamento, si sono misurati valori di massa volumica piuttosto elevati.

1.4.2 Terreni di fondazione

La sezione di sbarramento è una stretta non molto pronunciata, ricadente in micascisti analoghi a quelli di contenimento del serbatoio; sul versante sinistro la roccia è affiorante con un'inclinazione di 45° circa, mentre sul fondo e sul versante destro, a lieve pendenza, essa è ricoperta da una coltre alluvionale.

1.5 Serbatoio, bacino e alveo a valle dell'opera

1.5.1 Serbatoio, interrimento e bacino imbrifero afferente l'invaso

Tutta la zona a monte della diga è interessata da forte degrado idrogeologico e periodicamente l'invaso è soggetto a riempimento dovuto a detriti lapidei e materiali legnosi (apporto medio annuo 1000-2000 m³/anno). Tra le diverse motivazioni di questo fenomeno è da segnalare l'accresciuta frequenza ed intensificazione dei fenomeni di piena, caratterizzati da notevole trasporto solido. L'entità del trasporto sarebbe contenibile con operazioni di manutenzione del corso d'acqua e delle sponde a monte dell'invaso, ma queste sono rese difficili dal fatto che tali zone sono in territorio francese. Le operazioni di sghiaimento meccanico del bacino di cui si ha notizia sono avvenute nel 1995, nel 2003, nel 2008 e nel 2010.

1.5.2 Sponde dell'invaso

L'invaso è contenuto in una formazione di micascisti a banchi raddrizzati con andamento generale normale all'asse del torrente. Verso il fondo e prevalentemente in sponda destra, la formazione rocciosa è in parte ricoperta da depositi morenico - alluvionali. Le sponde appaiono stabili e non vi sono insediamenti abitativi.

1.5.3 Alveo a valle

Nel 1999 furono eseguite prove per il rilascio della diga, simulando un evento di piena, con portata controllata. La prova fu sospesa quando la portata di scarico raggiunse il valore di c.a. 10 m³/s perché ulteriori incrementi avrebbero provocato esondazioni a valle in più punti.

Le zone più a rischio sono costituite da due insediamenti turistici le cui case mobili sono posizionate a ridosso del corso d'acqua. In prossimità di Bardonecchia in località Pian del Colle si trova inoltre una passerella che per altezza permetterebbe una portata di deflusso di 20 m³/s, ma per garantire il franco di 1 m al di sotto di essa tale portata deve essere limitata a 8 m³/s.

Al momento è stato fissato il limite per manovre volontarie sugli organi della diga di 10 m³/s. Ad oggi non risultano sostanziali variazioni antropiche dell'alveo a valle; resta pertanto valido tale limite.

1.6 Accessi alla diga

L'accesso è assicurato dalla Strada Provinciale della Valle Stretta e da strada carabile in sponda destra. Nella stagione invernale lo sgombero neve non viene garantito fino alla diga, pertanto l'accesso è possibile con percorso a piedi negli ultimi 400 m.

1.7 Determinazione delle portate di piena

A seguito dello studio idrologico condotto da Enel Ricerca di Venezia nel 2009 (Vedi all. Rif.[2]- Diga di Melezet (TO) - Nota Tecnica "Aggiornamento dell'informazione idrologica e della stima della portata al colmo di assegnato tempo di ritorno attesa alla diga." Giorgio GALEATI, 18 giugno 2009) per la valutazione della sicurezza idrologico-idraulica dello sbarramento, l'analisi congiunta dei dati meteorologici e delle massime portate registrate sia all'invaso che nell'area circostante il bacino di indagine, conduce ad una stima della portata al colmo con un tempo di ritorno millenario pari a circa 34 m³/s. Tale portata conferma la completa sicurezza idraulica dello sbarramento. Considerando infatti la quota di massimo invaso di 1472,40 m s.l.m., prevista nel vigente F.C.E.M., gli scarichi sono in grado di assicurare lo smaltimento di una portata di oltre 84 m³/s.

Qui di seguito sono esposte le portate al colmo ricavate per i diversi tempi di ritorno:

T= 50 anni	$Q_{50} = 16,7 \text{ m}^3/\text{s}$
T= 100 anni	$Q_{100} = 20,0 \text{ m}^3/\text{s}$
T= 200 anni	$Q_{200} = 23,7 \text{ m}^3/\text{s}$
T= 500 anni	$Q_{500} = 29,2 \text{ m}^3/\text{s}$
T= 1000 anni	$Q_{1000} = 34,0 \text{ m}^3/\text{s}$

1.8 Sorveglianza – Controllo e monitoraggio

La diga è stata soggetta a sorveglianza continua fino al 1974, quando in seguito al rinnovamento dell'impianto era stata accordata una deroga alla presenza continua del personale, sostituita da una visita giornaliera. Attualmente, come prescritto nel Foglio Condizione Esercizio e Manutenzione (F.C.E.M.) predisposto dal SND, è stata ripresa la sorveglianza continua data la presenza degli insediamenti turistici a valle a cui è fatto obbligo segnalare eventuali stati di allerta per manovre in occasione di eventi di piena.

Il sistema di monitoraggio e controllo consiste attualmente in:

- misure giornaliere della quota di invaso, temperature dell'aria, e dell'acqua, pioggia, manto nevoso e spessore dello strato di ghiaccio presente sul serbatoio;

- misure di spostamenti planimetrici con frequenza mensile per mezzo di collimazione ottica per allineamento;
- misure di spostamenti altimetrici con frequenza semestrale per mezzo di livellazione geometrica di precisione di 8 punti sul piano di coronamento;
- misure di deformazione del giunto naturale presente a circa 25 m dalla sponda destra.

2. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

Dall'analisi dello stato di fatto risulta che lo sbarramento necessita di interventi di manutenzione e di riqualificazione. Diversi sono gli aspetti per cui è emersa la necessità di intervento:

- date le risultanze delle indagini geotecniche condotte, risulta conveniente procedere con un consolidamento delle strutture murarie esistenti;
- gli attuali organi di scarico della diga risultano non carenti in termini di capacità di scarico a fronte di eventi di piena anche catastrofica, ma di non semplice gestione degli stessi verso valle in caso di eventi anche modesti;
- risulta necessario intervenire sul serbatoio al fine di contenere e controllare la tendenza all'inghiainamento del bacino;
- si ritiene conveniente implementare i controlli ed il monitoraggio dell'opera;
- sia il paramento di monte che quello di valle presentano evidenti e diffusi distacchi ed ammaloramenti dell'intonaco. Si prevede di intervenire con una manutenzione dell'intera superficie dei paramenti.

2.1 Ipotesi alternative e preliminari di progetto

Nella fase preliminare del progetto sono state analizzate le diverse possibilità che rispondevano a questi obiettivi e che andavano dall'incremento di volume della diga, mantenendo l'attuale livello di massima regolazione, alla riduzione del livello di invaso, mantenendo in questo caso la geometria della diga (o almeno parte di essa).

Dal punto di vista idraulico sono state valutate diverse ipotesi atte a condurre una migliore gestione degli sfiori in occasione degli eventi di piena, dalla realizzazione di uno scarico di superficie alla modifica degli scarichi di alleggerimento.

2.2 Definizione degli interventi in progetto

Gli interventi individuati per la riqualificazione dell'opera riguardano diversi aspetti e sono schematicamente riassunti qui di seguito:

- Capacità di scarico della diga
Gli interventi in progetto modificano ed incrementano la capacità complessiva di scarico della diga ed interessano sia gli scarichi superficiali che lo scarico di fondo.
- Corpo murario della diga
Si prevede la realizzazione di una campagna di iniezioni di consolidamento ed impermeabilizzanti sul corpo murario della diga e sulla roccia di fondazione.
- Interrimento del bacino
Saranno realizzate briglie di contenimento all'interno del bacino finalizzate a modulare e distribuire il materiale di sedimento all'interno del bacino e mantenere libera la sezione di richiamo dello scarico di fondo.
- Controlli e misure sullo sbarramento
Adeguamento e predisposizione dei sistemi di controllo e monitoraggio della diga.
- Accessi alle opere ed ai comandi degli ordini di guardia della diga
E' prevista la riattivazione del percorso pedonale in sponda al bacino per raggiungere le apparecchiature di comando degli ordini di guardia della diga. E' prevista inoltre la realizzazione di un quadro comandi di manovra sussidiario sul coronamento verso sponda destra e la manutenzione straordinaria della pista che raggiunge l'opera di presa in sponda sinistra.

In termini di dati caratteristici della diga, gli interventi in progetto lasciano inalterati i carichi idrici attuali e comportano esclusivamente una variazione della quota di coronamento. Quest'ultima dalla attuale 1'493,27 m s.l.m. si riduce a quota 1'492,00 m s.l.m. e coincide con la quota di massima regolazione del bacino. A questo consegue la riduzione dell'altezza della diga che, ai sensi della L 584/94, dall'attuale misura 15,80 m passa all'altezza in progetto di 14,53 m.

Nella tabella seguente vengono riepilogati i dati principali dell'intervento sulla diga.

	Attuale	In progetto
• Altezza di massima ritenuta (m)	14,80	14,80
• Quota coronamento (m s.l.m.)	1'493,27	1'492,00
• Sviluppo del coronamento (m)	58,00	43,30
• Quota alveo a monte (m)	1'477,60	1'477,60
• Quota più depressa dei paramenti (m)	1'477,47	1'477,47

• Quota minima fondazioni (m)	1'473,27	1'473,27
Altezza della diga		
• - secondo D.M. 24/03/82 (m)	20,00	18,73
• - secondo L. 584/94 (m)	15,80	14,53

La lunghezza del coronamento è stata portata da 58,00 m a 43,30 m in quanto questo sviluppo coincide con la lunghezza della soglia sfiorante la cui quota è stata assunta come quota di coronamento 1'492,00 m s.l.m. In destra ed in sinistra alla soglia sfiorante/coronamento vi sono poi le spalle della diga (ex coronamento) a quota 1'493,27 m s.l.m.

Si provvederà alla verifica del giunto naturale sulla struttura, oggi segnalato sul piano di coronamento a 25 m ca dalla sponda destra. Il giunto è attualmente controllato periodicamente, e se verrà confermata la sua valenza strutturale, si provvederà alla sua manutenzione e vi sarà posta una specifica postazione di misura.

Gli interventi saranno descritti in dettaglio, nei capitoli seguenti.

2.3 Inquadramento normativo e variazione dei dati caratteristici della diga

La realizzazione di un nuovo scarico di superficie in asse diga comporta, quasi per l'intero sviluppo del coronamento, comporta un abbassamento della attuale quota di coronamento dalla attuale 1'493,27 m slm a alla quota di 1'492,00 m slm, corrispondente alla attuale quota di massima regolazione.

Come già detto, questo abbassamento della quota di coronamento porta ad una riduzione dell'altezza della diga che passa così (ai sensi della L 584/94) dagli attuali 15,80 m a 14,53 m. Ne consegue che lo sbarramento non risulterebbe più regolato dalla suddetta Legge 584/94 bensì assoggettato alle normative di competenza regionale (L.R. 25/2003).

2.4 Interventi sulle opere di scarico della diga

2.4.1 Generalità - Interventi in progetto

Come già detto, oltre a prevedere la realizzazione di uno sfioratore fisso, si interverrà sugli organi di scarico profondi e di alleggerimento obsoleti, per migliorarne la funzionalità e l'affidabilità d'esercizio.

Questi i principali interventi:

- realizzazione di un nuovo scarico di superficie costituito da una soglia sfiorante in asse diga di Lunghezza ca. 43,30 m;

- modifica ed ampliamento della sezione di scarico dello scarico di mezzofondo mediante la sostituzione delle attuali paratoie;
- modifica della sezione di imbocco dell'attuale scarico di fondo e sostituzione dell'attuale organo di intercettazione di monte.

L'inserimento di uno scarico di superficie fornisce alla diga un utile dispositivo di scarico non soggetto a manovre volontarie agli organi di guardia meccanici e consente lo scarico automatico delle portate eccedenti le capacità di invaso dello sbarramento.

Inoltre la realizzazione di un ampio sfioratore fisso sul coronamento consente di migliorare l'azione di fluitazione di eventuali corpi galleggianti che sovente si accumulano in sinistra orografica sul fronte dell'opera di presa e consente, in caso di eventi di piena, il deflusso superficiale dal bacino dalla soglia in progetto senza operare manualmente su organi di manovra.

L'inserimento dello scarico di superficie sullo sbarramento contribuisce inoltre a conferire una maggiore naturalità dei deflussi verso valle rendendo le modalità di scarico più compatibili con la presenza di insediamenti turistici a valle diga, in aree soggette ad esondazione.

Inoltre, in caso di eventi estremi di piena, l'intervento in progetto offre garanzie ulteriori in quanto prevede l'aumento della capacità complessivo di scarico della diga. Nella configurazione di progetto gli organi di scarico potranno infatti esitare complessivamente una portata di 132,68 m³/s, ampiamente superiore a quella millenaria, valutata in 34,0 m³/s.

2.4.2 Verifica e definizione delle capacità di scarico in progetto

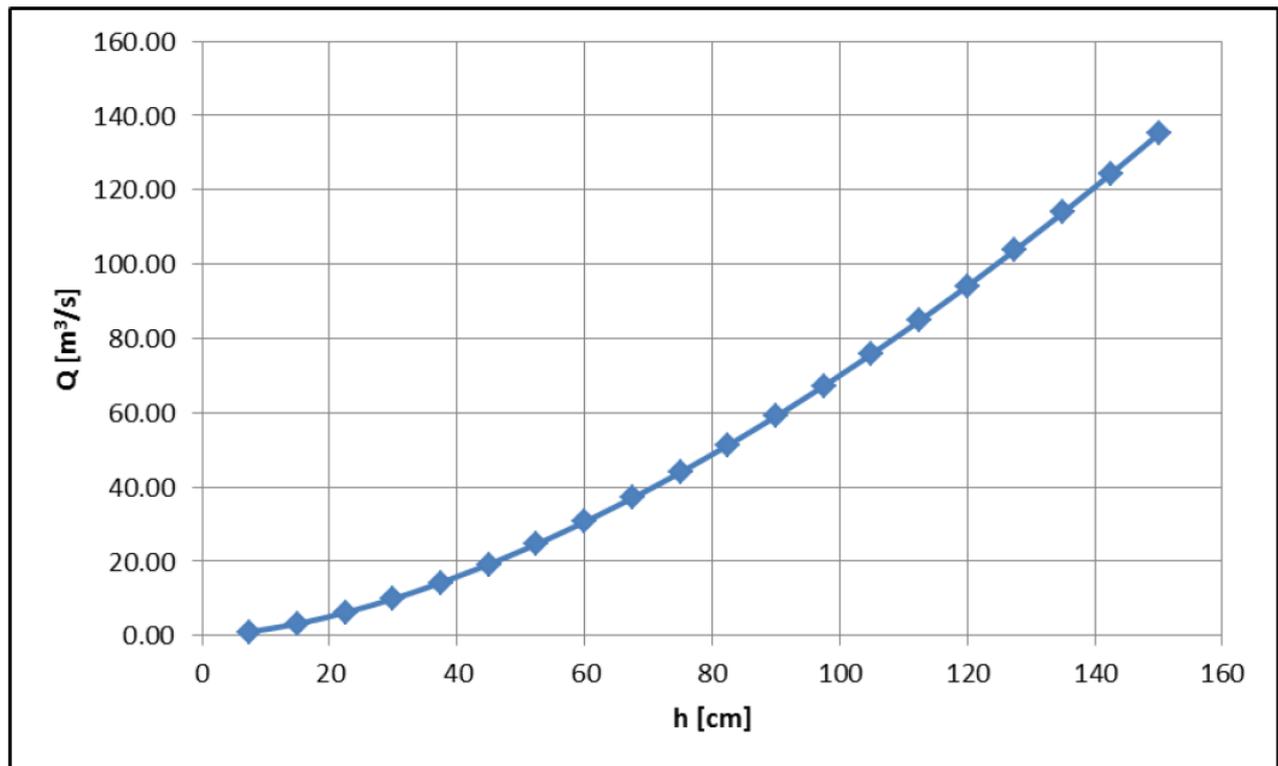
La realizzazione di un nuovo scarico di superficie e le modifiche in progetto allo scarico di alleggerimento comportano una sostanziale modifica delle capacità di scarico della diga. Si riportano qui di seguito le verifiche idrauliche eseguite.

2.4.2.1 Nuovo scarico di superficie

Lo scarico è costituito da una soglia sfiorante posta a quota 1'492,00 m s.l.m., con sviluppo complessivo del ciglio sfiorante di 43,30 m.

Alla luce delle risultanze del modello fisico a cura del Politecnico di Torino revisione la portata scaricabile alla quota di massimo invaso dallo scarico di superficie vale 15,87 m³/s.

Di seguito si richiama la scala di deflusso ricavata durante la fase di modellazione.



h [cm]	Q [m³/s]
7.5	1.05
15	3.24
22.5	6.25
30	9.96
37.5	14.30
45	19.21
52.5	24.66
60	30.62
67.5	37.05
75	43.95
82.5	51.28
90	59.05
97.5	67.22
105	75.80
112.5	84.76
120	94.10
127.5	103.82
135	113.89
142.5	124.31
150	135.08
40.0	15.87
64.0	34.00

Per la definizione della portata che complessivamente può essere evacuata con il bacino con il livello alla quota di massimo invaso pari a 1'492,40 m slm, occorre aggiungere il contributo proveniente dalla sommità della paratoia di alleggerimento. La sommità di queste sono poste infatti alla quota di 1'492,30 m slm. La lunghezza dello sfioro in sommità è considerata pari alla luce della paratoia a ventola pari a 5,00 m che sormonta quella a settore. La portata evacuabile da questa soglia risulta pertanto:

$$Q = \mu \cdot L_t \cdot h \cdot \sqrt{(2 \cdot g \cdot h)}$$

dove :

- μ = coefficiente di deflusso di progetto assunto pari a 0,46;
- h = battente idrostatico;
- $L_t = L \cdot h \cdot k \cdot n$ lunghezza teorica della soglia che riduce la lunghezza effettiva in quanto tiene conto delle contrazioni laterali (tipo di contrazione k assunto qui pari a 0,1 data la forma del lato contratto). La luce effettiva ha una unica luce (con 2 lati contratti, $n=2$) avente 5 m;
- L = lunghezza effettiva della soglia = 5,00 m.

Per la condizione di massimo invaso, con il livello a quota 1'492,40 m s.l.m. risulta:

$$Q = 0,46 \cdot 4,92 \cdot 0,10 \cdot \sqrt{(2 \cdot g \cdot 0,10)} = 0,31 \text{ m}^3/\text{s}$$

Risulta pertanto che nella condizione di massimo invaso e con il solo ausilio degli scarichi superficiali (senza quindi il contributo degli scarichi di fondo ed alleggerimento) la massima portata defluente è pari a:

$$15,87 \text{ m}^3/\text{s} + 0,31 \text{ m}^3/\text{s} = 16,18 \text{ m}^3/\text{s}$$

2.4.2.2 Scarico di alleggerimento

Il nuovo scarico è costituito da una paratoia a settore con soglia inferiore a quota 1'487,50 m s.l.m. avente luce 6 m sormontata a quota 1'491,50 m slm da una paratoia a ventola avente luce 5 m e soglia superiore a quota 1'492,30 m slm.

Si espongono qui di seguito le verifiche di scarico sia nel caso in cui sia aperta solo la paratoia a ventola superiore, sia nel caso in cui l'apertura sia completa aprendo la paratoia a settore.

Per la paratoia a ventola:

$$Q = \mu \cdot L_t \cdot h \cdot \sqrt{(2 \cdot g \cdot h)}$$

dove :

- μ = coefficiente di deflusso di progetto assunto pari a 0,46;
- h = battente idrostatico;

- $L_t = L \cdot h \cdot k \cdot n$ lunghezza teorica della soglia che riduce la lunghezza effettiva in quanto tiene conto delle contrazioni laterali (tipo di contrazione k assunto qui pari a 0,10 data la forma del lato contratto). La luce effettiva è di 5 m con due lati contratti ($n=2$);
- $L =$ lunghezza effettiva della soglia = 5 m.

Per la condizione di massimo invaso, con il livello a quota 1'492,40 m slm risulta:

$$Q = 0,46 \cdot 4,872 \cdot 0,90 \cdot \sqrt{(2 \cdot g \cdot 0,90)} = 8,47 \text{ m}^3/\text{s}$$

Per la paratoia a settore:

$$Q = \mu \cdot L_t \cdot h \cdot \sqrt{(2 \cdot g \cdot h)}$$

dove :

- $\mu =$ coefficiente di deflusso di progetto assunto pari a 0,42;
- $h =$ battente idrostatico;
- $L_t = L \cdot h \cdot k \cdot n$ lunghezza teorica della soglia che riduce la lunghezza effettiva in quanto tiene conto delle contrazioni laterali (tipo di contrazione k assunto qui pari a 0,05 data la forma del lato contratto). La luce effettiva è di 6 m con due lati contratti ($n=2$);
- $L =$ lunghezza effettiva della soglia = 6 m.

Per la condizione di massimo invaso, con il livello a quota 1'492,40 m slm risulta:

$$Q = 0,42 \cdot 5,51 \cdot 4,90 \cdot \sqrt{(2 \cdot g \cdot 4,90)} = 111,18 \text{ m}^3/\text{s}$$

2.4.2.3 Scarico di fondo

Lo scarico di fondo è costituito da una tubazione del diametro di 800 mm con asse all'imbocco a quota 1'478,90 m s.l.m. ed asse allo sbocco a quota 1'478,15 m s.l.m.

Alla luce delle risultanze del modello fisico, la portata massima esitabile alla quota di massimo invaso dallo scarico di fondo vale 5,63 m³/s.

2.4.2.4 Capacità di scarico della diga

La massima capacità di scarico della diga risulta pertanto variata rispetto allo stato attuale. Gli scarichi in progetto consentono alla diga una evacuazione di 21,9 m³/s senza dover procedere con manovre volontarie sugli organi di scarico e raggiungono una massima capacità di scarico pari a 132,68 m³/s con tutti gli organi di scarico aperti.

		Dallo scarico di alleggerimento	Dal nuovo scarico di superficie	Totale senza scarico di fondo	Scarico di fondo	Totale con scarico di fondo
Senza abbattere la ventola	m ³ /s	0,31	15,87	<u>16,18</u>	5,63	<u>21,81</u>
Con ventola abbattuta	m ³ /s	8,47	15,87	<u>24,34</u>	5,63	<u>29,97</u>
Con settore aperta	m ³ /s	111,18	15,87	<u>127,05</u>	5,63	<u>132,68</u>

La capacità di scarico della diga appare pertanto notevolmente migliorata essendo di fatto nulla la capacità attuale di scarico senza manovre volontarie; inoltre risulta anche sensibilmente incrementata la capacità di scarico che è attualmente pari a 84,0 m³/s.

2.4.3 Realizzazione di un nuovo scarico di superficie con soglia sfiorante

Il nuovo scarico di superficie sarà realizzato operando, nel suo tratto centrale, un taglio sulla sommità del corpo diga e profilando una soglia di sfioro lunga 43,30 m a quota 1'492,00 m s.l.m.

A valle della soglia di sfioro, sul paramento di valle della diga, si prevede la realizzazione di uno scivolo per lo scarico verso valle delle portate sfiorate. Lateralmente allo scivolo è prevista la realizzazione di muri d'ala convogliatori atti ad accompagnare la vena liquida verso la parte centrale del corso d'acqua sottostante, proteggendo così le sponde laterali.

Per la realizzazione dell'opera è prevista la demolizione di una porzione della parte sommitale dell'attuale corpo diga e la realizzazione del piano di posa delle strutture murarie che dovranno costituire lo scivolo lungo il paramento. A seguito della demolizione, che dovrà essere eseguita con mezzi meccanici tradizionali o con taglio con filo diamantato, si procederà con la verifica e la preparazione del piano di posa più idoneo per la realizzazione del giunto tra il corpo murario esistente e i nuovi getti. La ricostruzione dell'attuale giunto dovrà avvenire verificando puntualmente le superfici interessate, assicurandosi, mediante la posa degli ancoraggi necessari e/o iniezioni localizzate, la migliore e più efficace aderenza tra le superfici.

La dissipazione delle portate scaricate sarà assicurata mediante la realizzazione a valle diga di un bacino di dissipazione.

2.4.4 Interventi e modifica dello scarico di alleggerimento

L'intervento prevede la sostituzione delle due paratoie gemellate con una unica paratoia a settore avente soglia a quota 1'487,50 m s.l.m. dimensionata per l'intera luce di scarico di 6 m. Sulla parte superiore di quest'ultima e per una larghezza di 5 m sarà posta una paratoia a ventola che consentirà la tracimazione, con paratoia abbattuta, fino alla quota minima di 1'491,50 m s.l.m. La paratoia a ventola sarà incernierata sulla sommità della paratoia a settore e farà tenuta su tre lati permettendo, nella sua posizione di completa chiusura, la ritenuta fino alla quota di 1'492,30 m s.l.m.

La paratoia a settore sarà comandata in apertura mediante due cilindri oleodinamici incernierati sulle pile laterali in c.a. Questi agiranno da freno per controllare la velocità di manovra in chiusura che avviene per gravità, mentre la ventola sovrapposta sarà manovrata in chiusura mediante una coppia di cilindri oleodinamici incernierati sull'elemento radiale inferiore della paratoia a settore.

La soluzione in progetto prevede pertanto l'eliminazione del soprastante locale di manovra in muratura e l'impalcato metallico di supporto degli argani di sollevamento.

Caratteristiche del nuovo scarico:

- | | |
|---|-------------------|
| • larghezza netta della luce elemento radiale | 6,00 m |
| • larghezza netta della luce della ventola in sommità | 5,00 m |
| • altezza di ritenuta della ventola | 0,80 m |
| • altezza complessiva di ritenuta | 4,50 m |
| • lati di tenuta | 3 |
| • quota della soglia inferiore della ventola | 1'491,50 m s.l.m. |
| • quota della soglia inferiore della ventola | 1'492,30 m s.l.m. |
| • quota della soglia elemento radiale | 1'487,50 m s.l.m. |

A sostegno della paratoia in progetto è prevista la realizzazione delle strutture civili necessarie atte a contrastare le sollecitazioni delle opere meccaniche ed a trasmetterle solidalmente alle opere murarie esistenti.

In particolare si prevede la realizzazione di una struttura in conglomerato cementizio armato a telaio destinata ad assumere i carichi e le tensioni derivanti dalle nuove paratoie. La struttura dovrà presentarsi monolitica e includerà il centro di rotazione del settore ed il perno dei bracci oleodinamici, assicurando al contempo un perfetto ancoraggio tra vecchie e nuove strutture.

2.4.5 Interventi e modifiche allo scarico di fondo

Si prevede l'installazione, sull'asse della tubazione esistente, di una paratoia piana a strisciamento con sezione quadrata da 0,80 x 0,80 m, comandata mediante cilindro oleodinamico a doppio effetto immerso. Tale sistema permette l'applicazione di sforzi anche elevati direttamente sul diaframma e pertanto in grado di garantire aperture e chiusure in ogni condizione di inghiaiamento.

A monte della sezione di imbocco si prevede la rimozione dell'attuale torrino anti-stante lo scarico di fondo della diga. Questo si è dimostrato inefficace ad assolvere allo scopo principale che era quello di fornire una protezione allo scarico di fondo. L'esercizio delle opere negli anni ha dimostrato che le luci ristrette del torrino tendono ad occludersi con facilità ogniqualvolta il materiale di sedimento e/o vegetale si addossano ad esso. Questo ha finito per costituire nel passato un evidente limite alla funzionalità dello scarico.

Oltre che a migliorare la funzionalità dello scarico, si ritiene inoltre che la rimozione del torrino permetta una più efficace fluitazione a valle dei sedimenti accumulati a monte.

In sostituzione del torrino ed a protezione dell'imbocco dello scarico saranno poste 4 barre in profilato di acciaio che saranno ancorate al piede diga ed in sommità al paramento. Lo scarico sarà facilitato inoltre dalla particolare tipologia di paratoia adottata e dal sensibile rallentamento del fenomeno di inghiaiamento prodotto dall'azione efficace che produrranno le briglie previste a monte dello sbarramento. Ciononostante, data l'attitudine, piuttosto marcata all'inghiaiamento del bacino, si renderà opportuno, per assicurare il mantenimento della piena funzionalità dell'organo di scarico, provvedere alla frequente (o almeno periodica) manovra degli organi di scarico al fine di mantenere sgombra la sezione di chiamata a monte della paratoia.

A valle del condotto di scarico si prevede la rimozione della saracinesca posta all'estremità di valle. Il progetto non prevede la installazione di un secondo ordine di guardia sullo scarico di fondo. Sullo sbocco di valle della tubazione, in sostituzione del tratto oggi interessato dalla saracinesca, sarà posto un tronchetto metallico al fine di migliorare lo scarico a valle delle portate.

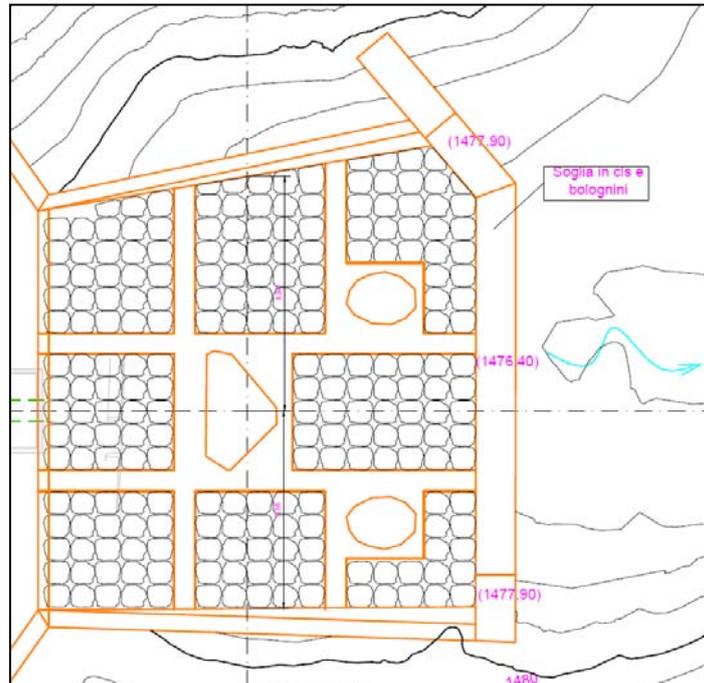
2.4.6 Opere di dissipazione a valle

La vasca di dissipazione è stata oggetto di modellazione fisica da parte del Politecnico di Torino.

Nella sperimentazione sono state studiate e sperimentate varie soluzioni.

La soluzione ottimale, scelta nella presente revisione progettuale, consiste nella realizzazione di una superficie dissipatrice costituita da massi disposti ed ancorati all'interno di una struttura grigliata a celle in c.a. a sua volta ancorata alle strutture di fondazione dei manufatti di contenimento laterale e nel posizionamento di 3 massi ciliopici secondo lo schema di seguito riportato.

Lateralmente, prima lungo le sponde dello scivolo e in seguito ai fianchi della platea/vasca dissipatrice, saranno realizzati muri d'ala di contenimento adeguati a contenere lateralmente le portate defluenti verso valle.



I tre massi nella vasca di dissipazione consentiranno la dissipazione dell'energia idraulica in arrivo. In particolare il masso centrale, di dimensioni maggiori, serve principalmente per dissipare l'energia cinetica dei due getti laterali, mentre i due massi di dimensioni inferiori sono utili per rallentare il flusso non intercettato dal masso centrale.

A valle della vasca dissipatrice, le portate scaricate dalla diga saranno interamente dissipate ed il deflusso potrà disporsi secondo il regolare profilo naturale del corso d'acqua.

2.5 Interventi consolidamento e ripristino delle strutture esistenti

L'interpretazione delle risultanze delle indagini condotte sui materiali costituenti l'opera ha consentito di calibrare gli interventi in progetto, identificando le parti che più di altre necessitano di interventi e le tecnologie di intervento più adeguate.

In particolare si è visto che i sondaggi eseguiti sull'opera nell'anno 2001 indicano una permeabilità all'interno del corpo murario che si differenzia da un punto all'altro e da una quota all'altra.

Si passa da assorbimenti piuttosto contenuti a quote superiori (tra piano coronamento e -8 m di profondità) ad una fascia medio bassa con assorbimenti notevolmente maggiori (da -8 m fino alla prof di -18 ca dal pc) fino a raggiungere assorbimenti elevatissimi a quote ancora inferiori, sempre segnalando una considerevole dispersione dell'acqua di perforazione durante la esecuzione dei sondaggi. Quest'ultimo strato risulta corrispondere a grandi linee, se raffrontato con le stratigrafie dei sondaggi, con

il contatto tra piano di fondazione in roccia e struttura muraria (anche se questo strato di contatto non risulta peraltro ben definito in quanto in questa zona le stratigrafie riportano un alternarsi non sempre distinguibile di materiale piuttosto frazionato, che risulta piuttosto carente di materiale fine).

Le precedenti considerazioni hanno portato a prevedere, nella compagna di iniezioni in progetto, interventi mirati e diversificati a seconda delle zone del corpo diga. Si ritiene che nella parte alta si possa procedere diversamente da quanto previsto per le zone sottostanti.

Qui di seguito si espongono le metodologie adottate per la realizzazione della campagna di iniezioni di consolidamento e dei prodotti adottati.

2.5.1 Trattamenti con resine

Le iniezioni previste sullo strato inferiore, di contatto tra roccia e struttura hanno l'obiettivo di migliorare la saldatura tra la roccia e la struttura, consolidando la fascia di contatto roccia di base – struttura.

Le iniezioni in questa fascia, a bassa pressione, hanno la finalità di consolidare il substrato, favorendo la saldatura della struttura muraria con il terreno roccioso sottostante.

Si ritiene che in questo strato vi sia, se non il rischio di dilavamento, quantomeno la possibilità di forti assorbimenti di materiale iniettato. Si prevede pertanto di procedere con due fasi di intervento: una prima fase con iniezioni in resina per contenere lo sconfinamento delle aree di intervento ed una seconda, di intasamento con miscele cementizie.

Al fine di limitare il dilavamento ed ottimizzare il consolidamento, l'intervento dovrà avvenire con diverse passate, utilizzando, nel caso sia necessario, una miscela diversa per ogni fase. Nella prima fase, alla base si inietta un volume controllato di miscela per riempire i vuoti più grossolani utilizzando miscele con resine espandenti o miscele cementizie poco fluide, ed in seguito, nelle fasi successive si rifinisce l'iniezione con miscele più penetranti.

Le iniezioni saranno eseguite con pressioni variabili di volta in volta definite in relazione alle condizioni del caso, ma con pressioni medie di norma non superiori a 2–3 atm su una singola valvola. Per la realizzazione delle iniezioni si prevede l'utilizzo di packer con doppio otturatore e miscele consolidanti non tossiche, al fine di evitare l'eventuale rischio di contaminazione della falda.

2.5.2 Trattamenti con miscele cementizie

Nella fascia sovrastante si ritiene possano essere efficaci le sole miscele cementizie di iniezione. Le iniezioni saranno precedute da prove idrauliche con acqua in pressione, per stabilire, sulla base degli assorbimenti, il grado di fessurazione e la permeabilità delle strutture.

In base a quanto rilevato si potrà definire la consistenza della boiaccia, ovvero la quantità di cemento da utilizzare per la miscela: i dosaggi cemento/acqua potranno variare da 0,1 per le biacche più fluide fino a 1,25.

Per le boiacche molto fluide si prevede inoltre l'utilizzo di additivi tipo POLIFLOW della DRACO o equivalenti indicati per riempimenti di cls porosi e alveolari e per riempimento di giunti e lesioni strutturali.

2.6 Interventi sui paramenti

Si prevedono interventi di risanamento e impermeabilizzazione sia sul paramento di monte che sul paramento di valle.

2.6.1 Risanamento paramento di monte

Il paramento di monte evidenzia zone di degrado localizzato principalmente nella parte alta del paramento ed in genere sulla totalità delle superfici un diffuso deterioramento corticale con impoverimento della parte fine del calcestruzzo.

Le zone più degradate presentano localmente la fuoriuscita dei ferri d'armatura ed il deterioramento delle superfici in corrispondenza dei giunti principali.

Si prevede la esecuzione delle seguenti lavorazioni:

- Idrosabbatura totale delle superfici del paramento della diga, allo scopo di renderle perfettamente pulite.
- Accurata pulizia con idrolavaggio a pressione per rendere i supporti idonei alle successive lavorazioni.
- Trattamento e pulizia dei ferri d'armatura e del calcestruzzo adiacente e successiva applicazione con malta monocomponente per la protezione attiva e passiva dei ferri di armatura.
- Eventuale ripristino volumetrico di calcestruzzi eseguito con malta cementizia fibrorinforzata premiscelata tixotropica a ritiro compensato ad alta resistenza.
- Applicazione finale di rivestimento cementizio elastico monocomponente tixotropico protettivo sull'intera superficie del paramento.

2.6.2 Interventi sul paramento di valle

Gli interventi in progetto relativi alla realizzazione dello scivolo a valle della soglia sfiorante dello scarico di superficie interessano quasi interamente il paramento di valle. Rimangono inalterate e pertanto oggetto di manutenzione esclusivamente le due fasce laterali in destra ed in sinistra adiacenti le sponde.

Attualmente il paramento appare rivestito da una copertina di intonaco che in molte parti evidenzia dei distacchi dal supporto murario. Vi sono inoltre, in prossimità del piede diga, diverse serie di tubi drenanti sub-orizzontali che dal corpo murario fuoriescono all'esterno. Da quanto risulta da una ispezione visiva e da quanto riportato da testimonianze storiche di coloro i quali si occupano dell'esercizio e della vigilanza dell'opera, risulta che questi drenaggi non danno e non si ha memoria abbiano dato segnali di scarico verso valle.

Si prevede, nelle fasce laterali del paramento, l'esecuzione delle seguenti lavorazioni:

- Rimozione manuale e con mezzi meccanici dell'intonaco superficiale e delle eventuali parti sottostanti instabili o soggette a distacco.
- Rimozione degli attuali drenaggi e riposizionamento di nuovi tubi drenanti mediante riperforazione.
- Idrosabbatura totale delle superfici del paramento della diga, allo scopo di renderle perfettamente pulite.
- Accurata pulizia con idrolavaggio a pressione per rendere i supporti idonei alle successive lavorazioni.
- Ripristino volumetrico di calcestruzzi eseguito con malta cementizia fibrorinforzata premiscelata tixotropica a ritiro compensato ad alta resistenza.
- Applicazione finale di rivestimento cementizio elastico monocomponente tixotropico protettivo sull'intera superficie del paramento.

2.7 Briglie di contenimento all'interno del bacino

L'attitudine all'interrimento del bacino e la frequenza con cui questi eventi negli ultimi decenni accadono costituiscono uno dei principali problemi per l'esercizio e la manutenzione dello sbarramento.

Al fine di poter meglio controllare questo problema e migliorare l'efficienza degli scarichi della diga si intende realizzare nel bacino una serie di contro briglie a monte, trasversali al bacino (ved. TAVV N. 8 e 9). Queste avranno la funzione, in caso di interrimento, di modulare lo stesso e meglio distribuirlo all'interno del bacino, salvaguardando la funzionalità dello scarico di fondo.

Si ritiene che questa soluzione, accompagnata con le necessarie operazioni periodiche di sghiaimento, sia in grado mantenere il serbatoio in buone condizioni di esercizio ed in efficienza di organi di scarico profondi.

2.8 Controllo e monitoraggio dello sbarramento

Contestualmente agli interventi in progetto, si prevede, oltre che a mantenere ed eventualmente ripristinare (laddove modificate dagli interventi in progetto) gli attuali sistemi di controllo, di misura e monitoraggio di migliorarli e integrarli alla luce delle modifiche alla struttura.

Sarà cura del Concessionario/Gestore predisporre uno specifico progetto di monitoraggio.

2.9 Sistema di rilascio del DMV

In occasione dei lavori oggetto della presente relazione verrà realizzato il sistema definitivo per il rilascio del DMV.

Ad oggi il DMV viene rilasciato con modalità provvisoria tramite la gestione di aperture controllate della paratoia di mezzofondo. Tale soluzione è attiva dal luglio 2012. Si rimanda per ulteriori dettagli ai calcoli allegati all'istruttoria presentata alla Provincia di Torino - Area Risorse Idriche e alla Regione Piemonte - Direzione Regionale Ambiente con nota Enel-EGP-22/06/2012-0013754.

2.9.1 VALORI CALCOLATI DMV_b PER INVASO E PRESE AFFERENTI L'IMPIANTO

Il calcolo della portata da rilasciare è riportato nel documento "Quantificazione del deflusso minimo vitale di base per le opere di presa gestite da ENEL S.p.A. che ricadono nelle aree idrografiche AI11 – Dora Riparia", redatto ai sensi del D.P.G.R. 17 luglio 2007 n.8/R e inviato in data 28 luglio 2008.

La metodologia di calcolo seguita è quella indicata nel decreto regionale in questione (art.4 - Allegato A); se ne riassume di seguito il risultato ottenuto.

Il deflusso minimo vitale di base in una determinata sezione del corpo idrico è calcolato con la formula seguente:

$$DMV_{BASE} = k \cdot q_{media} \cdot S \cdot M \cdot A = 116 \text{ l/s}$$

Dove:

$k = 0,15$ per l'area idrografica di riferimento AI11 – Dora Riparia

$S = 43,3 \text{ km}^2$ superficie del bacino idrografico sotteso dall'opera di presa

$M = 0,9$ relativo ad una classe morfologica 1, nella quale ricade il bacino e le prese sussidiarie

$A = 1$ non essendo prevista nessuna correzione relativa ad interscambio con la falda

$q_{\text{media}} = 19,9 \frac{\text{l/s}}{\text{km}^2}$, rappresenta la portata specifica media annua naturale per unità di superficie del bacino sotteso; tale valore è stato determinato utilizzando il metodo di regionalizzazione delle portate (Allegato A art.4) basato sulla seguente formula:

$$q_{\text{media}} = 0,00860 \cdot H + 0,03416 \cdot A - 24,5694$$

dove:

$H = 2'384 \text{ m slm}$ è la quota media sul livello del mare del bacino idrografico sotteso alla presa

$A = 701 \text{ mm}$ è l'afflusso meteorico medio annuo, ragguagliato al bacino idrografico

Ricapitolando:

PRESA	S (km ²)	K	M	A	A (mm-afflusso meteorico)	H m slm	q_{media} ($\frac{\text{l}}{\text{s}/\text{km}^2}$)	DMVb (l/s)
Bacino Melezet	43,3	0,15	0,9	1	701	2161	19,9	116

2.9.2 DESCRIZIONE CALCOLO PER EVENTUALE RIDETERMINAZIONE DMVb

Non è previsto alcun calcolo di rideterminazione del valore del DMVb da rilasciare che resta, quindi, pari a quello sopra indicato.

2.9.3 DMV AMBIENTALE

Il DMV ambientale è definito (art. 2 Decreto Presidente della Giunta Regionale 17 luglio 2007, n° 8/R) come "il valore di DMV di base comprensivo degli eventuali fattori correttivi riguardanti la naturalità (N), la qualità dell'acqua (Q), la fruizione (F) e le esigenze di modulazione della portata residua a valle dei prelievi (T)".

Quindi:

$$DMV_{\text{ambientale}} = DMV_{\text{base}} \cdot N \cdot Q \cdot F$$

Con riferimento al PTA e in particolare al programma di misure R.3.1.1/1 e R.3.1.1/2 del PTA, alla cartografia di piano A.2.12 "Regolazione del deflusso minimo vitale" e alla tavola di piano n°7 "Aree ad elevata protezione", il DMVa NON APPLICA al bacino Melezet.

Essendo il valore del DMVb pari a 116 l/s e, quindi, inferiore a 200 l/s, verrà attuato un rilascio continuo di una portata istantanea costante pari al valore di DMVb in questione.

2.9.4 SISTEMA ATTUALE DI RILASCIO DEL DMV

Dal 2012 il rilascio del DMV costante pari a 116 l/s è effettuato manovrando la paratoia dello scarico di mezzofondo.

Considerando i livelli di minima regolazione (1'488,50 m slm) e di massima regolazione (1'492,00 m slm), le aperture necessarie al rilascio della portata di 116 l/s risultano pari a:

INVASO m slm	Aperture in cm necessarie per scaricare 116 l/s
	Alleggerimento 1.5m
1'488,50	2,35
1'492,00	1,28

2.9.5 SISTEMA IN PROGETTO DEL DMV

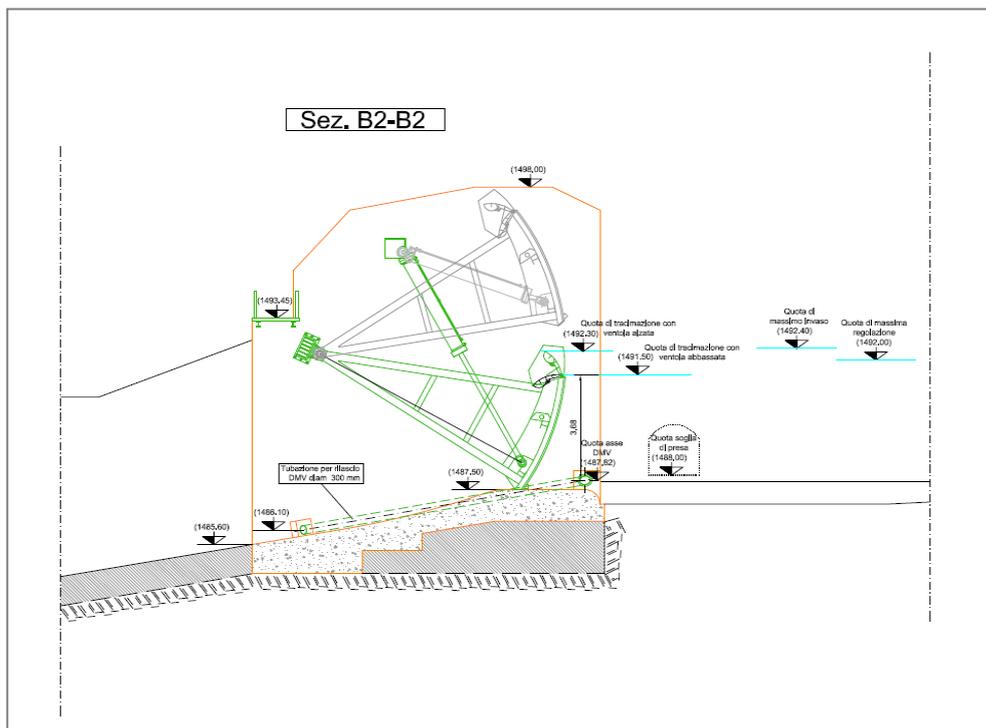
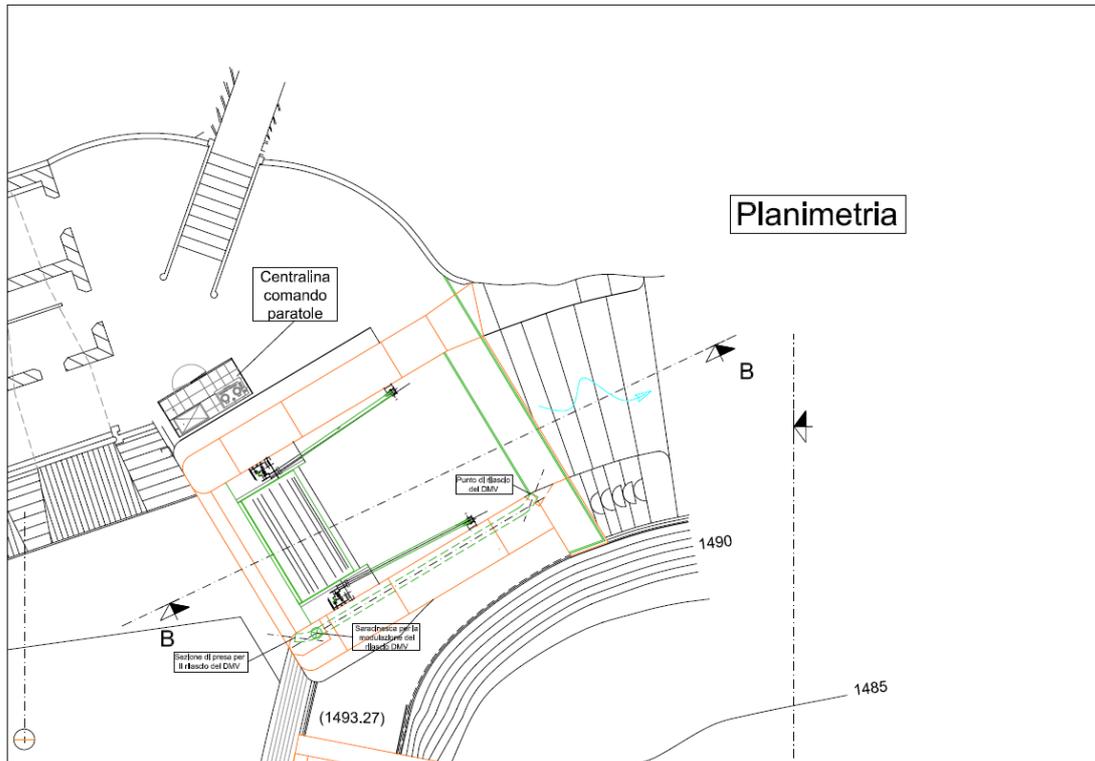
In occasione dei lavori oggetto della presente relazione verrà realizzato il sistema definitivo di rilascio del DMV.

Tale sistema verrà realizzato creando un apposito bypass dello scarico di alleggerimento, con rilascio attraverso il canale fugatore posto in sinistra.

In particolare, si prevede la realizzazione di un bypass costituito da una tubazione circolare di diametro 300 mm e di lunghezza complessiva di circa 9 m, realizzata andando a demolire opportunamente la base della pila destra dello scarico ed annegando la tubazione con successivo getto di completamento.

La modulazione delle portate in funzione del livello dell'invaso, avverrà tramite la regolazione di una saracinesca a monte, comandabile sia in automatico che in manuale, la quale consentirà il rilascio della portata necessaria.

Di seguito si riportano lo schema planimetrico del bypass, la sezione e la vista da monte.



2.10 Accessi alle opere

Le opere in progetto modificano gli attuali accessi allo sbarramento ed alle opere connesse. L'ampia soglia sfiorante interrompe l'attuale via di accesso alle opere e non consente la realizzazione di una passerella di accesso sopra la stessa. Si prevede pertanto di fornire l'accesso alle opere ed ai locali di manovra eseguendo alcune opere ed interventi qui di seguito elencati:

- fornire un accesso pedonale ai locali di manovra ed all'opera di presa ripristinando ed attrezzando il sentiero ed il percorso lungo la sponda sinistra del bacino;
- manutenzione straordinaria alla attuale pista che si sviluppa in sponda sinistra e che permette l'accesso carraio alle opere in caso di manutenzione alle stesse;
- realizzazione di un quadro comandi sussidiario degli ordini di guardia della diga a di esercizio dell'impianto. Il nuovo manufatto sarà realizzato sul lato destro del coronamento diga in corrispondenza della spalla diga e direttamente accessibile dalla sede stradale.

3. ASPETTI ESECUTIVI

L'esecuzione dei lavori in progetto prevede di fatto la suddivisione degli interventi in diversi cantieri o partite, ognuna delle quali ha proprie attività specifiche che nella maggior parte dei casi non può procedere in contemporaneità con altre. Si possono identificare tre principali attività/cantieri che dovranno operare per la realizzazione di quanto esposto in progetto:

- una attività prevalentemente civile che si occuperà degli interventi sul corpo murario della diga e fornirà le strutture civili di supporto alle opere elettromeccaniche previste in progetto;
- un secondo cantiere che si occuperà della fornitura ed installazione delle opere elettromeccaniche previste in progetto;
- una ulteriore attività di carattere specialistico e complementare che si occuperà del consolidamento del corpo murario della diga, dei ripristini e manutenzioni, delle impermeabilizzazioni e della realizzazione dei sondaggi e prove sulle strutture.

3.1 Sequenze operative e programma dei lavori

Come già detto, alcune delle attività previste non possono essere eseguite in contemporaneità tra loro. Indicativamente si ipotizza la seguente sequenza operativa di cantiere:

- Svuotamento del bacino. Apprestamento del cantiere e creazione delle aree di cantiere necessarie.
- Realizzazione delle opere provvisorie. Convogliamento e deviazione delle portate naturali, a monte del bacino, verso la derivazione dell'impianto. Riattivazione di un vecchio tratto di derivazione, ormai in disuso, da utilizzare per la diversione.
- Rimozione del materiale sedimentato a monte del torrino posto a protezione dello scarico di fondo e demolizione dello stesso.
- Interventi sullo scarico di fondo. Rimozione della paratoia e degli organi di comando. Demolizioni del torrino e delle parti civili ad esso annesse. Installazione della nuova paratoia ed esecuzione delle opere civili in progetto. Predisposizione fondazioni e ancoraggi per installazione dei profilati a protezione dello scarico
- Rimozione dell'intonaco sul paramento di valle.
- Demolizione della parte centrale della sommità della diga e preparazione del piano di posa delle nuove opere.
- Realizzazione delle iniezioni di consolidamento del corpo murario della diga, procedendo dalle quote inferiori a salire e dal centro diga verso le spalle.
- Realizzazione di due sondaggi dal paramento di valle e verifica del consolidamento eseguito. Strumentazione dei fori con piezometri per successivo monitoraggio delle opere.
- Creazione degli ancoraggi sulle strutture esistenti e realizzazione delle nuove opere civili dello sfioratore e dello scivolo a valle e dei muri d'ala di contenimento laterale.
- Interventi sullo scarico di alleggerimento. Rimozione delle opere elettromeccaniche esistenti, demolizioni e preparazione del piano di posa ed ancoraggio delle nuove opere.
- Getti di prima fase per l'ancoraggio delle nuove opere elettromeccaniche.
- Posa delle opere elettromeccaniche e getti di chiusura.
- Realizzazione delle briglie di contenimento sedimenti nel bacino.
- Realizzazione delle opere di dissipazione a valle diga.
- Interventi di risanamento ed impermeabilizzazione sui paramenti.
- Predisposizione e riattivazione accessi. Realizzazione di nuovo quadro comandi in sponda destra.

- Prove e controlli sulle opere eseguite.
- Ripristino e integrazione sistema di controllo e monitoraggio.
- Opere di completamento e finiture.

3.2 Opere provvisoriale e fuori servizio dell'impianto

Al fine di contenere il fuori servizio dell'impianto, e, ancor più, di mantenere libero il bacino dalle portate naturali in arrivo, si prevede di realizzare un convogliamento provvisorio verso la derivazione dell'impianto.

Per fare ciò si intende riattivare, procedendo con i necessari lavori di pulizia e ripristino, una vecchia derivazione che captava le portate molto più a monte, lungo la sponda sinistra del bacino.

Si intende poi realizzare una tura che convogli le portate naturali in arrivo e quelle portate rilasciate dall'impianto privato francese a monte fino all'imbocco della derivazione riattivata.

La realizzazione della tura consentirà sia la esecuzione dei lavori previsti in progetto sulla diga che quelli nel bacino relativi alla realizzazione delle controbriglie di contenimento.

Durante la esecuzione dei lavori si prevede l'utilizzo dell'accesso in sponda sinistra come accesso principale, in quanto dà accesso diretto sia al bacino ed alla derivazione che alle opere di scarico in sponda sinistra. L'accesso in sponda destra risulterà peraltro utile per l'accesso del personale, per l'approvvigionamento dei materiali e per le attività previste sul lato destro.

Un terzo e limitato cantiere dovrà essere ricavato al piede diga per la realizzazione della vasca dissipatrice.

Torino, 30/06/2015

Il Progettista
Dott. ing. Francesco FORNARI

Per presa visione
L'ingegnere responsabile
Dott. ing. Fabio PLEBANI

4. RIFERIMENTI

[1] Servizio Nazionale Dighe, Ufficio Periferico di Torino, "Foglio di condizioni per l'esercizio e la manutenzione della diga di Melezet (TO)", Torino 1998.

[2] Enel Produzione – Unità di Idrologia di Mestre – Diga di Melezet (TO) - Nota Tecnica - Aggiornamento dell'informazione idrologica e della stima della portata al colmo di assegnato tempo di ritorno attesa alla diga – Giorgio Galeati – giugno 2009.

[3] F. Arredi – "Costruzioni Idrauliche" - VOL. 4.

5. ALLEGATI

Elaborati tecnici:

Studio Preliminare Ambientale – Verifica di assoggettabilità alla Valutazione di Im-
patto Ambientale – Relazione Hydrodata, Giugno 2015

Elaborati grafici:

Tav. n. 1	Planimetria generale Stato attuale	1:200
Tav. n. 2	Sezioni longitudinali e trasversali e viste Stato attuale	1:100
Tav. n. 3	Planimetria generale Opere in progetto	1:200
Tav. n. 4	Sezioni longitudinali e trasversali Opere in progetto	1:100
Tav. n. 5	Sezioni longitudinali e trasversali Schema di esecuzione delle iniezioni Opere in progetto	1:100
Tav. n. 6	Opere nel Bacino Planimetria con curve di livello Stato attuale	1:200
Tav. n. 7	Opere nel Bacino Planimetria con curve di livello Opere in progetto	1:200
Tav. n. 8	Opere nel Bacino - Controbriglie Profilo longitudinale lungo asse bacino Opere in progetto	1:500

Tav. n. 9	Opere nel Bacino - Controbriglie Sezione tipo briglie in pietrame Opere in progetto	1:10
Tav. n. 10	Rappresentazione e comparazione delle parti da demolire con le opere in progetto	1:500 – 1:200
Tav. n. 11	Aree di cantiere	1:500
Tav. n. 12	Carta dei vincoli	1:5000
Tav. n. 13	Documentazione fotografica	