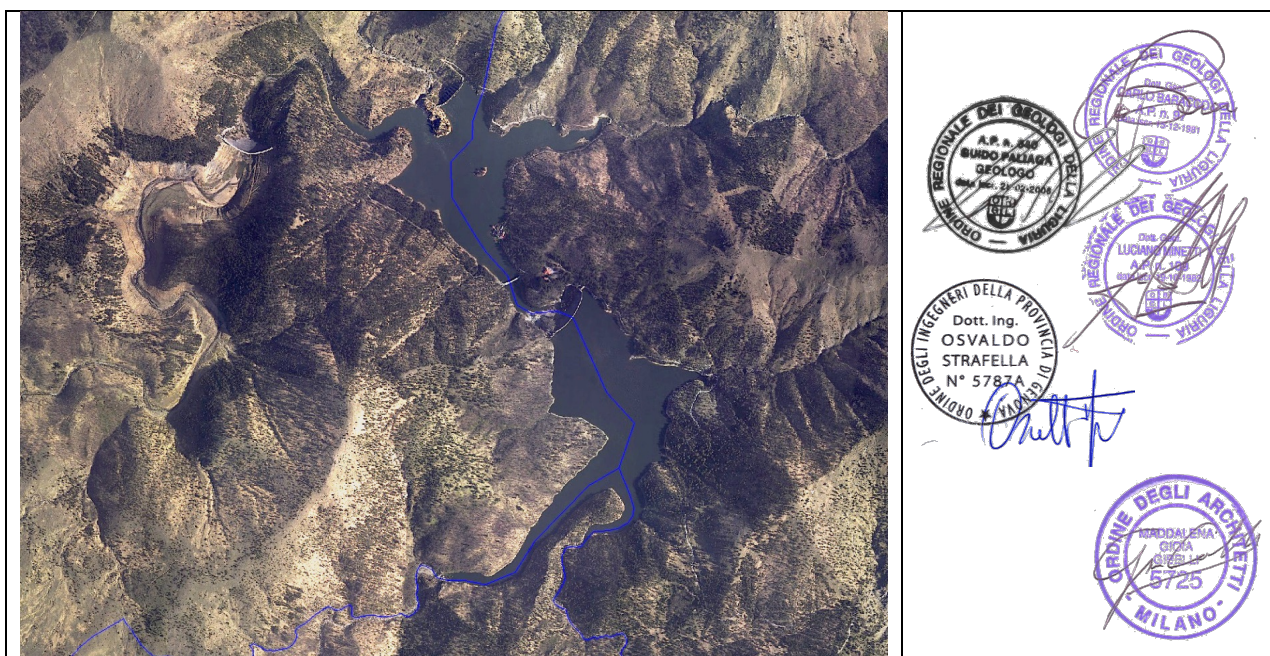


**DIGA DI BADANA
INTERVENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA
PROGETTO DEFINITIVO**

**Studio Preliminare Ambientale
Per la verifica di Assoggettabilità**



PREPARATO DA	Dr. Geol. Luciano Minetti Dr. Geol. Guido Paliaga Arch. Gioia Gibelli Ing. Osvaldo Strafella	EMISSIONE	Finale
		REVISIONE	0
CONTROLLATO DA	Dr. Geol. Carlo Baracco	n° pagine di questo documento 126	
DATA DI EMISSIONE	Genova, Marzo 2016		

SOMMARIO

1. CONDIZIONI DELLA DIGA E PROCEDURE PER IL RIPRISTINO	6
1.1 Sintesi della procedura di V.I.A. 2011– approvazione	6
1.2 Motivazioni che hanno condotto alle modifiche di progetto.	7
1.3 Motivazioni che hanno condotto alla Verifica di Assoggettabilità.....	7
1.4 Caratteristiche progettuali della diga di Badana	8
1.5 Eventi del Febbraio 2006	9
1.6 Cause e sviluppo del dissesto.....	9
1.7 Stato dell'opera dopo il Febbraio 2006	10
1.8 Misure di sicurezza immediate	10
2. QUADRO PROGETTUALE	12
2.1 Indagini preliminari al progetto	12
2.2 Sintesi dei risultati delle indagini geotecniche.....	14
2.2.1 Roccia dell'assise.....	14
2.2.2 Muratura del corpo diga.....	15
2.2.3 Giunto Calcestruzzo-Muratura.....	17
2.2.4 Ulteriori indagini nel masso murario	17
2.2.5 Campi prova per iniezioni di consolidamento e di schermatura.....	17
2.3 Studio idrologico.....	19
2.4 Verifiche di stabilità della diga originaria	19
2.4.1 Franco netto al Coronamento.....	19
2.4.2 Verifiche di stabilità secondo il regolamento	19
2.4.3 Conclusioni	21
2.5 Criteri e Contenuti del Progetto Definitivo attuale.....	22
2.5.1 Generalità.....	22
2.5.2 Normativa e direttive	22
2.5.3 Scelta della soluzione.....	27
2.5.4 Vita Utile della Diga Ristrutturata	27
2.6 Descrizione delle opere di ripristino e di adeguamento.....	28
2.6.1 Definizione dell'Asse della Diga.....	28
2.6.2 Rimodellamento del paramento di monte e di valle	28
2.6.3 Livello di massima regolazione	28
2.6.4 Invaso (Dati Aggiornati).....	29
2.6.5 Cunicolo di Ispezione e Drenaggio a Monte Diga.....	30
2.6.6 Cunicolo di Ispezione e Drenaggio a Valle Diga.....	30
2.6.7 Dispositivo di Presidio del Corpo Diga contro le Filtrazioni	30
2.6.8 Dispositivo di impermeabilizzazione della fondazione.....	30
2.6.9 Consolidazione della Roccia di Imposta della Diga	30
2.6.10 Dispositivo di Drenaggio della Fondazione.....	31
2.6.11 Dispositivi di Monitoraggio.....	31
2.7 Sintesi delle analisi per la messa in sicurezza dell'opera	31
2.7.1 Analisi di Filtrazione.....	31
2.7.2 Verifiche strutturali.....	32
2.8 Impermeabilizzazione del paramento di monte	35
2.9 Nuovi organi di scarico.....	36
2.9.1 Considerazioni sugli organi di scarico originari	36
2.9.2 Nuovo sfioratore di superficie	36
2.9.3 Nuovo scarico di fondo.....	37

2.9.4	Opere di Dissipazione a Valle Diga.....	38
2.10	Opere di presa	39
2.10.1	Le opere di presa originarie	39
2.10.2	Nuove opere di presa	39
2.10.3	Lavorazioni, quantità principali.....	40
2.11	Costi.....	42
2.11.1	Costi diretti.....	42
2.12	Tempi dell'intervento.....	42
2.13	Strade e impianti logistici	46
2.13.1	Strada di Accesso e Piste di Cantiere.....	46
2.13.2	Impianti Tecnologici e Strutture Logistiche, scelta della loro collocazione.....	47
2.14	Attività di cantiere e modalità realizzative	49
2.14.1	Considerazioni sui materiali da costruzione	49
2.14.2	Gallerie nelle spalle della diga.....	52
2.14.3	Scavi di fondazione.....	53
2.14.4	Trattamento roccia superficiale.....	53
2.14.5	Demolizione del coronamento e del Paramento di Monte e di valle	54
2.14.6	Casserature, Giunti e Waterstops.....	55
2.14.7	Getto dei Rinfianchi.....	55
2.14.8	Coronamento.....	56
2.14.9	Scarico di Superficie.....	56
2.14.9.1	Perforazioni e Iniezioni.....	57
2.14.9.2	Dreni	58
2.14.9.3	Canne Drenanti	58
2.14.9.4	Opera di Presa.....	59
2.14.9.5	Scarico di Fondo	59
2.14.9.6	Strumentazione	59
2.14.9.7	Smobilizzo Cantiere.....	61
2.14.9.8	Ripristini e Sistemazioni Ambientali.....	61
2.15	Altri Interventi in corso di programmazione nel complesso degli invasi del	62
	Torrente Gorzente.....	62
2.15.1	Diga di lago Lungo: interventi di adeguamento – sintesi della proposta concettuale.....	62
2.15.2	Diga di Lavezze: intervento di manutenzione al paramento di valle.....	67
2.15.3	Diga Lavagnina: intervento di manutenzione al paramento di monte	68
3.	DIFFERENZE PROGETTUALI 2009 -2014	71
3.1	Descrizione delle opere soggette a verifica di assoggettabilità	71
3.1.1	Rimodellamento dei paramenti e opera di presa.....	71
3.2	Confronto Costi e Tempi dell'Intervento.....	81
3.2.1	Confronto tra i costi	81
3.3	Confronto tra i Tempi dell'Intervento.....	82
4.	QUADRO AMBIENTALE.....	85
4.1	Premessa	85
4.2	Introduzione	85
4.3	Le Strade d'Accesso	87
4.4	Sintesi delle Principali Valenze Ambientali dell' Area.....	89
4.5	Caratterizzazione delle componenti ambientali interessate dal progetto e Valutazione di impatto	89
4.6	Aria e atmosfera.....	90
4.6.1	Emissione di inquinanti e polveri	90
4.6.2	Strumenti e metodi di valutazione	91

4.6.3	Stima delle emissioni	97
4.6.4	Stima delle Emissioni di Polveri connesse all'Attività di Cantiere	105
4.6.5	Stato attuale.....	110
4.6.6	Impatto in fase di cantiere.....	111
4.6.7	Mitigazione	111
4.6.8	Impatto in fase di esercizio	112
4.7	Clima acustico.....	113
4.7.1	Stato attuale.....	113
4.7.2	Impatto	113
4.7.3	Mitigazione	113
4.8	Suolo e sottosuolo	113
4.9	Ambiente idrico	114
4.9.1	Stato attuale.....	114
4.9.2	Impatto	114
4.9.3	Mitigazione	115
4.10	Vegetazione, flora, fauna ed ecosistemi	115
4.10.1	Impatto	115
4.10.2	Mitigazione	115
4.11	Paesaggio	116
4.12	Salute pubblica.....	117
5.	CONFRONTO TRA LE ALTERNATIVE PROGETTUALI.....	118
5.1	Opzione “zero”.....	118
5.1.1	Aspetti socio-economici.....	118
5.1.2	Aspetti ambientali	119
5.1.3	Aria ed atmosfera.....	119
5.1.4	Acqua ed idrogeologia	120
5.1.5	Suoli	121
5.1.6	Ecosistemi, flora e fauna.....	121
5.1.7	Paesaggio	122
5.2	Opzione demolizione e ricostruzione.....	122
5.2.1	Premessa	123
5.2.2	Raffronto fra i Tempi di Ristrutturazione – Demolizione/Ricostruzione	123
5.2.3	Raffronto tra Attività.....	124
5.2.4	Confronto dell'impatto sulle componenti ambientali	124
6.	ATTIVITÀ DI MITIGAZIONE	125
6.1	Misure di mitigazione	125

ALLEGATI

Allegato A

PROGETTO DEFINITIVO Mod. M.INF. DIGHEIDREL Div. V 20/9/2013

VOL 1 - Relazione Descrittiva

VOL 2 - Elaborati Grafici

VOL 3 - Relazioni Tecniche e Specialistiche

3A - Relazione Geologica e Geomeccanica

3B - Relazione Idrologica

3C - Relazione Idraulica

3D - Studio di Filtrazione

VOL 4 - Calcoli Strutturali

VOL 5 - Specifiche Tecniche

VOL 6 - Computo Metrico Estimativo

VOL 7 - Elenco Prezzi Unitari e Analisi Prezzi

VOL 8 – Cronoprogramma

Annesso 1

- “Indagini Geognostiche e Geotecniche Integrative Anno 2013”
- Rilievo Geomeccanico dell'ammasso Roccioso in Spalla Sinistra della Diga e Analisi di Stabilità”
- “Progettazione Miscele Calcestruzzi preliminare”

Allegato B

“Piano di Utilizzo di Geo-Materiali provenienti da depositi alluvionali, attività di scavo e demolizioni da eseguirsi nel Perimetro delle aree di intervento”.

Allegato C

Iter Approvazione del Progetto Definitivo, Comunicazioni Correlate.

Allegato D

Relazione paesaggistica. Documento di Integrazione 18 al SIA 2009 e successivi aggiornamenti.

SCOPO DEL DOCUMENTO

Scopo del presente documento è fornire gli elementi di verifica per l'assoggettabilità a procedura di V.I.A. per le modifiche di progetto di ristrutturazione della diga di Badana effettuate in ottemperanza alle indicazioni del Ministero dei Lavori Pubblici.

PREMESSA

Il 21 febbraio, a seguito di severe condizioni metereologiche che si sono protratte per circa 2 mesi, la diga di Badana ha subito delle lesioni rilevanti che hanno reso necessario, per ovvie misure di sicurezza, lo svuotamento del lago con un effetto disastroso sull'ecosistema e, ovviamente, sulla funzionalità del complesso dei laghi del Gorzente, la cui importanza è strategica per l'approvvigionamento idropotabile della città di Genova, il sistema dei laghi del Gorzente provvede al fabbisogno di circa 200.000 persone (il 33% degli abitanti della città di Genova); attualmente, con lo svuotamento del lago di Badana, la funzionalità del sistema è ridotta di circa la metà a causa della stretta dipendenza funzionale tra i tre invasi.

Questa situazione ha indotto alla realizzazione di un progetto, ai previsti livelli preliminare e definitivo, con lo sviluppo di approfondite attività d'indagine che consentisse la rimessa in funzione dell'opera.

La particolare attenzione agli aspetti dell'impatto ambientale è motivata dal fatto che la diga si trova nel pregiato contesto ambientale del "Parco Naturale delle Capanne di Marcarolo", ricadente altresì in un'area compresa nel Sito di Importanza Comunitaria (S.I.C. "Capanne di Marcarolo" codice IT1180026,) e che le attività di trasporto si estendono lungo una seconda area S.I.C. (codice IT1331501 Praglia – Pracaban – Monte Leco – Punta Martin).

Il lago di Badana, con la sua presenza dal 1914 al 2006 (poco meno di 100 anni), ha dato origine, insieme ai laghi di Lavezze e Lungo, alla maggiore risorsa di acque potabili della città di Genova e, nel contempo, ha favorito l'instaurarsi di un ecosistema di pregio.

L'analisi degli impatti è stata riferita a tre scenari: Opzione zero, demolizione e ricostruzione, ristrutturazione della diga. Quest'ultimo corrisponde alla soluzione scelta, di cui è stata prodotta l'ultima versione di progettazione definitiva.

I lavori di ripristino previsti dal progetto definitivo porteranno l'invaso a recuperare la propria funzionalità e, dunque, determineranno un sostanziale riequilibrio nell'ambiente circostante; i sistemi naturali si trovano oggi, infatti, in una condizione di forte disequilibrio rispetto a quella determinata dalla presenza dell'invaso da poco meno di 100 anni.

L'analisi degli impatti, in tutte le alternative, ha preso in esame gli effetti derivati dalla cantierizzazione, e dall'esercizio. L'unica modifica sostanziale è stata determinata dall'innalzamento del manufatto necessario a soddisfare le norme di sicurezza che prevedono il suo innalzamento per contenere, in particolare, i fenomeni di piena con periodo di ritorno massimo pari a 1000 anni.

1. CONDIZIONI DELLA DIGA E PROCEDURE PER IL RIPRISTINO

1.1 Sintesi della procedura di V.I.A. 2011– approvazione

Le proposte progettuali sono state sottoposte a procedura di VIA in ottemperanza al D.L. n. 4 del 16 gennaio 2008, riguardante “ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale”.

Secondo le indicazioni di legge la categoria assegnata al tipo d'intervento prevede una procedura di VIA nazionale sul livello progettuale definitivo, in conformità all'art. 93 del decreto n. 163 del 2006 nel caso di opere pubbliche.

La presenza dei due SIC ha reso necessaria la stesura delle relative Valutazioni di Incidenza (Dpcm n. 357 del 1997), allegate al SIA e incluse nella procedura di V.I.A.

L'iter di detta procedura ha avuto il suo inizio nel Maggio 2009 e la sua conclusione nell'Agosto 2011 ottenendo il parere positivo di compatibilità ambientale per il progetto di manutenzione straordinaria (Ristrutturazione dell'opera) della diga di Badana, con prescrizioni.

Lo Studio di Impatto Ambientale (SIA) ha sviluppato, come d'obbligo, tre scenari:

- nessun intervento – opzione zero;
- demolizione e Ricostruzione dell'opera;
- ristrutturazione (manutenzione straordinaria) dell'opera.

La procedura di VIA ha ritenuto sostenibile e ha approvato, dal punto di vista dell'impatto sull'ambiente, la soluzione che prevede il terzo scenario che considera la “Ristrutturazione”.

Lo Studio d'Impatto Ambientale è stato sviluppato sul progetto definitivo a Titolo: “Interventi di Manutenzione Straordinaria alla Diga di Badana” realizzato da Sembenelli Consulting e presentato nel Gennaio 2009.

Qui di seguito è riportato lo stralcio dal documento originale di approvazione ministeriale.



*Il Ministro dell'Ambiente
e della Tutela del Territorio e del Mare*

DI CONCERTO CON IL
MINISTRO PER I BENI E LE ATTIVITÀ CULTURALI


Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e
del Mare – Direzione Generale Valutazioni Ambientali
U.prot DVA_DEC-2011-0000400 del 18/07/2011

1.2 Motivazioni che hanno condotto alle modifiche di progetto.

Detto progetto definitivo, dopo richieste di integrazioni seguite da revisioni, è stato trasmesso al Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Dipartimento per le infrastrutture, gli affari generali ed il personale Direzione Generale per le Dighe, le Infrastrutture Idriche ed Elettriche, Div.5 Coordinamento controllo Dighe in esercizio.

L'iter di approvazione del progetto è stato sospeso con il parere della Quarta Sezione Dei LL.PP; il dettaglio dell'iter progettuale, espresso con una comunicazione del 25.05.2011 e la sintesi delle motivazioni della sospensione, sono riportate al punto seguente e nell'Allegato C .

Il contenuto della trasmissione della sospensione è qui di seguito sintetizzato:

Il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Dipartimento per le infrastrutture, gli affari generali ed il personale - Direzione Generale per le Dighe, le Infrastrutture Idriche ed Elettriche: Trasmissione **del parere** del "Consiglio Superiore dei lavori Pubblici" Adunanza del 20.01.2011 e del 24.02.2011 (voto 190/2011).

Oggetto: Diga di Lago Badana (AL) N° arch.34 C "Progetto Definitivo Interventi di manutenzione straordinaria, Progetto Definitivo luglio 2010 " Concessionario e Gestore: Mediterranea della Acque S.p.A.

Parere: "che il progetto "Diga del Lago di Badana (AL) - n. arch. SND 34 C Interventi di manutenzione straordinaria Progetto definitivo luglio 2010" debba essere restituito per le suesposte considerazioni".

La IV Sezione richiamato il precedente voto n° 254/07 relativo al progetto preliminare ribadisce l'invito ad approfondire le fattibilità dell'intervento di totale demolizione dell'opera esistente e di successiva ricostruzione. Nel contempo esorta anche ad analizzare alcuni aspetti degli interventi proposti indicando la necessità di una maggiore cautela nelle valutazioni del comportamento meccanico della muratura.

In definitiva, a giudizio della IV sezione, il progetto di adeguamento/miglioramento delle opere esistenti potrà essere preso in considerazione solo nel caso in cui sia motivatamente rappresentata l'impossibilità di realizzare la soluzione di demolizione/ricostruzione.

In considerazione del parere negativo sono state apportate alcune modifiche al progetto definitivo che è stato nuovamente sottoposto alla verifica del Ministero dei LL.PP. che lo ha approvato con richiesta di ulteriori approfondimenti.

1.3 Motivazioni che hanno condotto alla Verifica di Assoggettabilità.

Le modifiche introdotte dal progetto definitivo (2013/2014) approvato, prevedono alcuni interventi rilevanti, il più importante dei quali è rappresentato dalla realizzazione di un nuovo paramento di monte; questo avrà la funzione di impermeabilizzazione del corpo diga e di stabilizzazione globale dell'opera, in sostituzione del sistema di impermeabilizzazione composito (geomembrane e filtri) previsto dal progetto definitivo del 2009, sottoposto alla procedura di VIA e ritenuto compatibile dal punto di vista ambientale.

Si sottolinea che:

- la tipologia dei lavori analizzati nello Studio d'Impatto Ambientale presentato rimane invariata;
- la soluzione progettuale approvata prevede un aumento rilevante dei volumi di calcestruzzo con un incremento dei tempi realizzativi da 26,5 mesi a 33 mesi..

L'obiettivo del presente documento è illustrare l'impatto indotto da dette modifiche, adempiendo alla necessità di ottemperare alla procedura di verifica di assoggettabilità ambientale.

Il progetto definitivo modificato è riportato integralmente all' Allegato A (PROGETTO DEFINITIVO Mod. M.INF. DIGHEIDREL Div. V 20/9/2013).

1.4 Caratteristiche progettuali della diga di Badana

La Diga di Badana, realizzata tra il 1907 e il 1914 anno dal quale è in esercizio, è una struttura a gravità realizzata in muratura, costituita da blocchi di pietrame; la parte lapidea della muratura è composta di elementi di peridotite di dimensioni comprese tra blocchi prismatici (40-50 cm) fino a ghiaia grossolana (7 – 10 cm) e legati con malta di calce idraulica, sabbia e pozzolana.

Le caratteristiche principali dell'opera sono qui di seguito riportate:

- Altezza massima diga:	56.25 m
- Quota coronamento:	717.25 m.s.l.m.
- Larghezza coronamento:	4.50 m
- Sviluppo coronamento (curv. r=200 m):	216.0 m
- Pendenza paramento monte: variabile $i=0.3 H :1V$ alla base fino a verticale oltre 711.3 m.s.l.m.	
- Pendenza paramento valle: variabile $i=H:1V$ alla base fino 0.25H:1V fino a 711.3 m.s.l.m, oltre, verticale.	
- Volume corpo diga:	99467 m ³
- Quota massimo invaso:	717.00 m.s.l.m.
- Quota max regolazione:	716.90 m.s.l.m.
- Superficie invaso:	0.25 km ²
- Superficie bacino imbrifero:	4.80 km ²
- Portata piena millenaria:	160 m ³ /s

La diga non è provvista di cunicoli al suo interno, né di cortina d'impermeabilizzazione a monte, né di sistema di drenaggio per il controllo delle sotto-pressioni nel corpo murario, né dreni in fondazione.

Gli organi di scarico di superficie consistono di uno sfioratore a 6 canne, in sponda sinistra, di portata massima complessiva stimata in 75 m³/s. La soglia stramazzante dei sifoni (quota d'inizio sfioro) è posta a quota 716.90 m s.l.m. e la quota di disinnesco a 711.50 m s.l.m.

Gli organi di scarico di fondo consistevano (prima dell'evento del 21 febbraio 2006) in due tubi da 600 mm, con portata massima teorica, ad invaso pieno, di 17.5 m³/s. Le tubazioni erano dotate di saracinesche di regolazione nella sezione d'uscita e di ulteriori due saracinesche in corrispondenza del piede di valle. Non esisteva la possibilità di chiudere a monte i tubi di scarico pertanto, durante l'esercizio, la pressione dell'acqua al loro interno era sempre corrispondente alla quota dell'invaso.

La diga è dotata altresì di quattro prese di derivazione alle quote 671.55, 700.3, 706.6 e 713.3 m s.l.m. costituite da tubazioni da 500 mm, monte-valle. Le tubazioni confluiscono in un collettore che corre lungo il piede di valle della diga, in sponda destra.

A metà degli anni '90 la diga è stata oggetto di lavori di manutenzione straordinaria, il più rilevante dei quali è stato il rifacimento del manto di protezione del paramento di monte. Il programma di esercizio ha previsto periodi relativamente lunghi con quote d'invaso prossime alla massima.

1.5 Eventi del Febbraio 2006

Il 20 dicembre 2006 il lago ha raggiunto la quota di 716.00 m s.l.m. che ha mantenuto per i due mesi successivi. Tra il 13 ed il 19 febbraio 2006 si sono registrati 160 mm di pioggia di cui 120 mm in un solo evento di circa 2 ore. Il 19 Febbraio l'innalzamento di livello ha attivato lo sfioratore con il livello alla quota di 716.9 m s.l.m. Un livello di soli 0.35 m al di sotto della quota del coronamento di 717.25 m s.l.m.

Il 21 febbraio, durante l'ispezione avvenuta prima delle ore 10.00 am, non sono apparse perdite significative. Durante la seconda ispezione, nel pomeriggio, dopo che il personale aveva notato un notevole abbassamento si sono manifestate tre importanti perdite ripartite rispettivamente, una in sponda destra, alla quota dell'alveo al contatto piede/fondazione particolarmente copiosa, una in sponda sinistra, anch'essa al contatto piede fondazione, e una successiva lungo un affioramento roccioso, a quota 675 m a valle della diga; un'ulteriore perdita è stata segnalata poi centralmente, sul paramento della diga, a una quota di poco superiore al piede della diga stessa. Le perdite sono state stimate in $3 \text{ m}^3/\text{s}$.

In concomitanza con le perdite si è verificata la rottura del collettore di derivazione di destra, all'incirca all'altezza degli scarichi di fondo a quota 688 m. La direzione ha deciso quindi di aprire gli scarichi di fondo e svuotare l'invaso.

Un monitoraggio delle perdite ha evidenziato, la mattina del 22 febbraio, una diminuzione della perdita (per una quota d'invaso scesa a 714 m s.l.m) di circa la metà della perdita sul fianco destro, mentre risultava del tutto scomparsa quella sul fianco sinistro.

La mattina del 23 febbraio si è proceduto a una prova di chiusura degli scarichi, ma immediatamente dopo la chiusura le perdite si sono ripresentate: si è provveduto quindi a svuotare completamente l'invaso.

1.6 Cause e sviluppo del dissesto

Alcune verifiche della più ampia analisi strutturale, sono state eseguite nelle condizioni createsi in corrispondenza dell'evento critico del febbraio 2006, per meglio identificare le possibili cause.

Tra le cause del dissesto va senza dubbio incluso l'aumento delle sottopressioni alla base della struttura muraria, nel corso di quasi un secolo di esercizio dell'opera, in assenza di sistemi di intercettazione (cortina di iniezioni) e di controllo (sistema di dreni). A partire dai dati disponibili, che coprono gli anni successivi al 2000, è rilevabile una certa tendenza all'aumento delle sottopressioni, così come una tendenza all'aumento delle perdite raccolte nei canaletti di drenaggio.

Ciò fa ritenere che si sia prodotto un progressivo dilavamento dei giunti e dei materiali milonitici presenti lungo alcuni piani di dislocazione tettonica.

La diga è arcuata ma il varco occupato dai sifoni in sinistra interrompe la continuità della parte superiore dell'arco. L'analisi tenso-deformazionale condotta su modello 3D ha mostrato che la forma arcuata ridistribuisce le sollecitazioni con un effetto di scarico della mensola di chiave e di (specie a invaso pieno).

Tutto quanto sopra ha l'effetto di aumentare le sollecitazioni di compressione nella parte di valle della muratura, specie al terzo in sinistra, e di indurre trazioni/parzializzazioni a monte. Al terzo in sinistra, il pacco di giunti sub-verticali configura una fondazione più compressibile ed il carico che su di questa insiste si trasferisce lateralmente. Ciò ha provocato un sovraccarico eccessivo e la rottura iniziale, con dislocazione del piede del paramento, associata ad una delle tre principali venute d'acqua osservate in occasione dell'evento del febbraio 2006.

E' possibile che la frattura iniziale si sia quindi propagata verso la destra, coinvolgendo i 2 tubi dello scarico di fondo che erano in pressione. Tutta la frattura a questo punto è andata in pressione, il che ha portato alla dislocazione di una fascia di circa 75 m del piede di valle, denunciata dalle fessure a metà paramento e osservata nel cunicolo realizzato per l'ispezione.

È inoltre pensabile che il fenomeno di idrofratturazione si sia esteso, interessando anche la fondazione.

1.7 Stato dell'opera dopo il Febbraio 2006

Dalle osservazioni, eseguite dopo l'evento e dalla realizzazione del cunicolo d'ispezione, si sono riscontrate fessurazioni sia all'esterno che all'interno del corpo diga.

Sul paramento di valle, nella parte centrale a metà altezza, per un'estensione di circa 75 m, sono state identificate una serie di lineazioni orizzontali parallele con andamento sub-orizzontale principale alla quota 689 m s.l.m. Sul paramento di monte le lineazioni appaiono poco sopra la quota 689 m s.l.m., si nota altresì la presenza di piccole lineazioni sub-verticali ai limiti del settore più alto della diga.

Il settore basale del corpo diga è stato osservato attraverso un cunicolo passante d'ispezione, realizzato per il rilascio delle acque. Il cunicolo ha consentito di rilevare, tra i progressivi 7 ed 11 m dall'imbocco di valle, una rilevante discontinuità nel corpo diga che presenta un'inclinazione iniziale di circa 45° sul piano orizzontale, presente per tutta la sezione del cunicolo, dai piedritti alla volta, con dislocamento orizzontale della struttura, verso valle, e apertura dei lembi compresa tra i 5 e i 15 cm. Le indagini geognostiche condotte (sondaggi, prove di permeabilità in foro, rilievi georadar, prove sismiche cross-hole e tomografia sonica) hanno confermato la presenza di una superficie di distacco piuttosto irregolare all'interno del corpo diga che delimita, al disotto della quota 690 m s.l.m., una consistente porzione della struttura (placca al piede di valle) per un volume di circa 7500 m³. Il cuneo dislocato ha uno spessore massimo di circa 7.00 m.

1.8 Misure di sicurezza immediate

Mediterranea delle Acque S.p.A., anche a seguito di prescrizione da parte del Servizio Dighe, ha ritenuto necessario individuare e attuare interventi urgenti per mettere in sicurezza la diga evitando che, in caso di afflussi importanti, possano determinarsi condizioni critiche e, di conseguenza, situazioni di allarme.

Le misure di sicurezza attuate nell'immediato e tuttora a servizio alla diga sono essenzialmente due:

- il recupero dello scarico di fondo, irrimediabilmente danneggiato dal dissesto occorso al piede della diga;
- lo scavo di un cunicolo passante alla base della diga.

Come prima misura di sicurezza, operando dallo sbocco di valle in condizioni di oggettiva difficoltà per la presenza di acqua fluente, è stata introdotta, all'interno dello scarico di fondo destro e per tutto il suo sviluppo, una tubazione in HDPE di diametro 500 mm. La tubazione interna ha consentito di eliminare la fuoriuscita di acque verso il masso murario circostante

evitandone il dilavamento ed impedendone il progressivo deterioramento in fase di svuotamento del bacino. Detto provvedimento ha inoltre consentito di evitare che l'eventuale fuoriuscita di acqua, in corrispondenza della sezione fratturata, potesse interessare il cunicolo passante provocandone l'allagamento e compromettendone quindi lo scavo.

Successivamente, al fine di rendere sicuro e tempestivo il sistema di svuotamento del bacino, si è realizzato un cunicolo passante alla base della diga, all'incirca in corrispondenza della sezione di chiave, avente la funzione di scaricare per intero le portate in afflusso, in particolare quelle concentrate dovute a precipitazioni meteoriche importanti.

Il cunicolo passante che ha avuto anche la funzione, non secondaria, di esplorare il corpo diga, è stato scavato dopo lo svuotamento dell'invaso. Esso è stato completato ed è entrato in funzione alla fine nel mese di settembre 2006. La sezione di scavo del cunicolo ha larghezza 2.70 m e altezza 3.85 m. La volta è a tutto sesto e piedritti verticali. L'asse del cunicolo è circa parallelo all'asse dello scarico di fondo. Il deflusso delle portate di piena durante il periodo necessario al ripristino funzionale della diga avviene dunque nel cunicolo. Il cunicolo è verificato per una piena con periodo di ritorno di 30 anni, corrispondente ad una portata al colmo di 96 m³/s.

2. QUADRO PROGETTUALE

2.1 Indagini preliminari al progetto

Mediterranea delle Acque S.p.A. ha avviato campagne di indagini, essenziali per ottenere informazioni, approfondite, sulle caratteristiche delle formazioni rocciose di fondazione, sulle condizioni dell'ammasso murario e sulle geometrie sia dell'opera che delle aree circostanti. Dette informazioni sono state indispensabili per l'identificazione dei fenomeni avvenuti e per avere le indicazioni tecniche necessarie alla valutazione delle condizioni di sicurezza attuali e per la stesura del progetto di ristrutturazione della diga.

La raccolta di dati si è sviluppata su due indagini principali, condotte nel 2007 e nel 2013 (Si veda posizione delle indagini in all. A Vol.2 Dis, BADE-3031).

Una parte delle attività è stata eseguita per soddisfare le indicazioni contenute nel Voto 190 del 24 febbraio 2011 del CSLPP.

Le attività sviluppate sono state le seguenti:

1. Esecuzione di 7 sondaggi geognostici nel corpo della diga con perforazioni di grande diametro a campionamento continuo a partire dal coronamento per tutta l'altezza della diga, penetrando sistematicamente la roccia di fondazione per circa 15 m. 2007 (Si veda SIA 2009, Allegato C. Tavole BADD -2040; 2041; 2042;2043).
2. Esecuzione di 15 sondaggi geognostici, equidistanti, distribuiti sul coronamento della diga, di lunghezza variabile tra 15m e 50m. (2013) (Si veda all. A Vol.2, Dis, BADE-3031
3. Esecuzione di prove in sito per ottenere valori dei parametri ingegneristici della massa muraria e rocciosa quali:
 - a. Ispezione TV delle Pareti dei Fori attraverso immagini registrate su supporto digitale e restituite in forma di profilo (superficie del foro e ricostruzione della superficie della carota) con l'indicazione delle profondità ed orientamento.
 - b. Prove d'Acqua: eseguite prove d'acqua in pressione su tratte di 1 m con 5 gradini di pressione (35, 75, 110, 75 e 35% di P*) con pressione massima di riferimento $P^* = 0.15 z$ (ove z = profondità del tratto di prova rispetto al coronamento, in m).
 - c. Prove Sismiche: in 2 coppie di perforazioni (sul coronamento) sono state eseguite prove sismiche di tipo cross-hole, con acquisizione dei valori delle velocità delle onde di taglio (Vs). Tali prove, che hanno rilevato zone aventi velocità differente, sono state eseguite sia nella muratura che nella roccia di fondazione attraversata dalle perforazioni. Con misura dei tempi di transito delle onde di pressione P in modalità tomografica, con calcolo dei valori del coefficiente di Poisson alle diverse profondità nella roccia.
 - d. Prove Radar: e' stato eseguito un rilievo geofisico di tipo georadar in foro (GPR) in 2 perforazioni sul coronamento e nelle 2 sul paramento di valle, equipaggiate con tubi inclinometrici, è stata calata una antenna direzionale radar per individuare la presenza di cavità o di zone fortemente fessurate nel tratto di muratura circostante le perforazioni. L'esplorazione radar è stata estesa anche alla roccia di fondazione.
 - e. Tomografia Sonica: e' stata utilizzata la tecnica sismica in trasparenza per ottenere 2 sezioni tomografiche del corpo della diga, una in corrispondenza del cunicolo e una spostata di circa 25 m verso la sponda sinistra, tale metodologia consente di evidenziare eventuali variazioni di velocità delle onde di compressione P, causate dalla presenza di

lesioni e/o ammaloramenti all'interno del corpo diga; è stata altresì realizzata lungo lo sviluppo del coronamento della diga. Sono state eseguite misure con energizzazione su un paramento e ricezione sul paramento opposto e all'interno del cunicolo, sfruttando le onde dirette di primo arrivo.

- f. Prove dilatometriche: sono state eseguite 105 prove dilatometriche con dilatometro Dilaroc Telemac da 95 mm di diametro nelle perforazioni (2013).
 - g. Prove con martinetto piatto singolo: hanno evidenziato la presenza di ridotti valori alle pressioni di ripristino su entrambe le pareti (1.1 e 5.6 bar). L'area di indagine in calotta presentava fratture visibili a occhio nudo, dovute allo stato tensionale di trazione che prevale alla base del masso murario. Prove con doppio martinetto eseguite successivamente hanno fornito valori del modulo elastico disomogenei tra piedritti e calotta, con valori oscillanti tra 7-9 GPa e 23-27 GPa.
 - h. Prove di taglio sul contatto calcestruzzo muratura, a grande scala (70x70 cm) riproducendo il contatto tra due differenti formule di calcestruzzo e la superficie della muratura per valutare la resistenza per attrito (2013) Le prove sono state eseguite all'interno di una nicchia creata al piede di valle della diga. Prove complementari, per valutare la compatibilità chimica tra malta e calcestruzzo.
4. Esecuzione di programmi di prove in laboratorio finalizzate a ricavare accurati valori puntuali delle grandezze da utilizzare per analisi statiche e di filtrazione.
 5. Esecuzione di una campagna di rilevamenti topografici estesa a tutta l'area interessata dalle opere (Si veda all. A Vol.2 Dis, BADE-3011) che contiene:
 - tutte le linee necessarie a rappresentare compiutamente le differenti parti della struttura e del terreno e le opere idrauliche;
 - le curve di livello del terreno e delle opere;
 - tutti i punti notevoli (ad es. i sondaggi), corredati di quote e di coordinate. Il rilievo topografico è stato collegato, in coordinate, al sistema UTM e, in quote, alla rete di livellazione della Regione Liguria.
 6. Esecuzione di un approfondito studio idrologico sul bacino di Badana.
 7. Esecuzione di rilevamenti geognostici (All.A Vol.2, Dis. BADE-3021) estesi a tutta l'area interessata dalle opere, e geomeccanici in 5 settori della fondazione (2 a ridosso del piede di valle, 2 alle estremità dell'arco ed 1 in destra, a valle della spalla), è stato altresì eseguito un rilievo stereometrico dei giunti della roccia e dei piani di stratificazione e/o di scistosità.
 8. Rilievo topografico (All.A Vol.2 Dis, BADE-3011) contenente:
 - tutte le linee necessarie a rappresentare compiutamente le differenti parti della struttura e del terreno e le opere idrauliche;
 - le curve di livello del terreno e delle opere;
 - tutti i punti notevoli (ad es. i sondaggi), corredati di quote e di coordinate.

Il dettaglio ed i risultati delle indagini sono riportati all'All. A Vol.3 Relazioni Tecniche e Specialistiche (3a Relazione Geologica- Geomeccanica).

La raccolta delle indagini svolte sino al 2007 è stata presentata nel SIA del maggio 2009; le indagini svolte nel 2013 sono presentate all'Allegato A Annesso 1-1 del presente studio.

2.2 Sintesi dei risultati delle indagini geotecniche

2.2.1 Roccia dell'assise

In sponda destra è possibile definire (282 misure complessive) la presenza di almeno 3 sistemi di fratturazione principali + uno di scistosità, più altre fratture disperse. I piani di discontinuità presentano inclinazioni alquanto variabili, in prevalenza medio-alte, con valori medi dei parametri stereometrici polari.

In sponda sinistra è possibile individuare (263 misure complessive) 4 sistemi di fratturazione + la scistosità, oltre a fratture disperse. Anche in questo caso la dispersione dei valori d'inclinazione dei piani è notevole, pur prevalendo valori d'inclinazione medio-alti, ad eccezione della scistosità, che evidenzia angoli bassi, con valori medi dei parametri stereometrici polari (Allegato A. Dis. BADE-3021, si veda SIA 2009).

Il valore del parametro geomeccanico RMR89 (Rock Mass Rating system: Bieniawski, 1989) in punti rappresentativi dell'ammasso esposto varia tra 31 e 71, valori indicativi di un ammasso roccioso scadente (Classe IV) e di buona qualità (Classe II), rispettivamente.

Per l'ammasso in fondazione RMR89 varia tra 34 e 61, valori indicativi delle stesse classi di cui sopra. Trascurando le condizioni idrauliche, l'ammasso roccioso su cui è fondata la diga risulta complessivamente di qualità discreta (Classe II).

Poiché RMR è calcolato secondo la classificazione del 1989, allora $GSI = RMR - 5$. Quindi, per le condizioni di ammasso più favorevoli e ricorrenti, $GSI = 64$ (roccia di fondazione) e $GSI = 61$ (roccia in affioramento). Per le condizioni di ammasso più sfavorevoli, $GSI = 37$ (roccia di fondazione) e $GSI = 34$ (roccia in affioramento). Valori di GSI nell'intorno di 60 sono associati a una massa rocciosa "parzialmente disturbata, moderatamente alterata, costituita da blocchi angolari originati dall'intersezione di quattro o più sistemi di fratture, saldamente interconnessi tra di loro, con giunti da lisci a scabri, di qualità nel complesso buona o discreta".

Per quanto riguarda la permeabilità dell'ammasso roccioso di fondazione, le prove Lugeon effettuate evidenziano assorbimenti generalmente modesti (< 5 UL) salvo al contatto diga fondazione (BH1-BH7) e nelle parti più superficiali della roccia in spalla Sx (BH1), in alcune tratte di foro in cui essi sono più consistenti, fino a circa 50 UL.

Sono stati analizzate più in dettaglio le 5 zone indicate nel Dis. BADE-3021, che rappresentano condizioni tipiche della roccia sopra descritta:

- in sinistra, sopra il coronamento: roccia A con $GSI = 65$;
- in destra, lungo la pista di accesso al coronamento: roccia A con $GSI = 65$;
- in sinistra a valle diga: roccia B con $GSI = 50$;
- in destra a valle diga, approssimativamente sotto le Edicole 3 e 4: roccia B con $GSI = 50$;
- in destra, circa in corrispondenza dell'asse diga e poco a monte, lungo la pista di accesso al coronamento, e sotto le edicole 1 e 2 a valle: roccia C con $GSI = 25$.

I valori di GSI sono stati determinati sulla base della Fig. 8/2. Mettendo a confronto i risultati delle 3 indagini descritte nella presente Relazione (1997, 2000, 2007 e 2013), non si osservano differenze sostanziali nei parametri misurati: la classificazione RMR dell'ammasso roccioso fatta nel 2000 lo poneva in Classe II ma vicino al limite inferiore, e quindi alla Classe III, assegnata dall'indagine 2007. In pratica, i valori qui determinati non sono in contrasto con quelli ricavati nelle precedenti campagne di indagine, ma sono piuttosto raggruppati, per zone a caratteristiche relativamente omogenee.

2.2.2 Muratura del corpo diga

L'immagine generale dell'ammasso della muratura è stata ottenuta con le informazioni raccolte con i sondaggi e con quelle della geofisica.

Le prove cross-hole effettuate nella coppia di fori BH6-BH7 mostrano:

- valori di velocità medio-basse nei primi 5 m dal coronamento;
- condizioni fisico-meccaniche relativamente scadenti con presenza di fratture e micro fessurazioni intorno alla profondità di 10 m, negli intervalli 18-22 m, 25-28 m e alla profondità di 35 m; si individua perfettamente il passaggio alla roccia a partire da 37 m.

Quelle effettuate nella coppia di fori BH3-BH4 mostrano:

- valori di velocità medio-basse nei primi 6 m dal coronamento (specie in BH4);
- condizioni fisico-meccaniche relativamente scadenti con presenza di fratture e micro fessurazioni, e probabile alterazione del legante, tra 8 e 15 m (in particolare in BH3) e nell'intervallo 19-28 m (maggiormente estese anche in orizzontale). Anche in questo caso si individua chiaramente il passaggio alla roccia a partire da 45 m.

Le principali anomalie che si riscontrano sui radargrammi derivanti dalle prove radar effettuate nei fori sul paramento di valle (BH9 e BH10) sono relative a:

- passaggio dal mezzo insaturo a quello saturo (con riduzione dell'ampiezza di riflessione), corrispondente al livello d'acqua presente nel foro;
- alcune zone a elevata ampiezza di riflessione all'interno del corpo diga, correlabili con zone fessurate/fratturate o con dissoluzione parziale del legante e conseguente presenza di vuoti millimetrici o centimetrici.

Quelle che si riscontrano invece per i fori sul coronamento (BH3, BH4, BH6, BH7) sono relative a:

- passaggio dal mezzo insaturo a quello saturo (con riduzione dell'ampiezza di riflessione), corrispondente al livello d'acqua presente nel foro, livello molto variabile tra i vari fori;
- alcune zone a elevata ampiezza di riflessione all'interno del corpo diga, correlabili con zone fessurate/fratturate o con dissoluzione parziale del legante e conseguente presenza di vuoti millimetrici o centimetrici;
- una zona di forte ampiezza di riflessione, particolarmente evidente nel foro BH7 tra circa 32 e 37 m di profondità e nel foro BH4 tra 41 e 46 m di profondità.

Per entrambe le sezioni investigate mediante la tomografia sonica, la disposizione geofonica adottata ha consentito una copertura completa e omogenea della metà inferiore del corpo diga. Si osserva una notevole similitudine tra i due modelli, con una scala delle velocità delle onde di

compressione compresa, ad eccezione dei valori estremi, tra 2000 e 4000 m/s. Essi evidenziano la presenza di un corpo basale, verso il paramento di monte, a velocità medio-alta (> 3000 m/s), con una zona localizzata sul paramento di monte (tra quota 680 e 684 m s.l.m.) con valori molto elevati (4000 m/s). La zona del paramento di valle e parte di quello di monte (sopra quota 688 m s.l.m.) è invece caratterizzata da valori di V_P decisamente più bassi (2200-3000 m/s). In particolare nella sez. 1-1 la distribuzione delle velocità segue da vicino l'andamento del dissesto del febbraio 2006.

Per la permeabilità del corpo diga, le prove Lugeon effettuate evidenziano assorbimenti generalmente modesti (< 5 UL) salvo in alcune tratte di foro in cui essi sono più consistenti, da 28-38 UL (BH1) fino a circa 50 UL (BH6). Gli assorbimenti misurati sono rappresentati nel Dis. BADD-2042.

Il valore medio rappresentativo del peso di volume unitario γ dei vari materiali è pari a:

- 26.0 kN/m³ (roccia di fondazione);
- 21.2 kN/m³ (muratura);
- 26.8 kN/m³ (pietrame della muratura);
- 15.0-20.0 kN/m³ (malta).

I valori della resistenza sono piuttosto variabili; tale variabilità riflette le differenti condizioni di alterazione o fratturazione di ciascun provino. La resistenza media rappresentativa a compressione monoassiale è pari a:

- 50-100 MPa (roccia di fondazione);
- 6 MPa (muratura);
- 64 MPa (pietrame della muratura);
- 2 MPa (malta).

La resistenza a trazione del pietrame della muratura, misurata con prova Brasiliana, è compresa tra 0.2 e 2 MPa, con un valore medio pari a 1.1 MPa. In laboratorio sono state effettuate prove di taglio, su 5 campioni di area 90 cm² circa estratti dal corpo della diga, per verificare l'adesione tra calcestruzzo di progetto e la muratura esistente. I risultati ottenuti sono i seguenti:

Campione	Tensione Normale (KPa)	Tensione Taglio (KPa)
1	20	123
2	40	181
3	120	325
4	250	558
5	1000	968

L'angolo di attrito alle basse sollecitazioni supera i 60°.

Le rotture sono avvenute tutte all'interno della muratura a dimostrazione e conferma di un'efficace aderenza tra calcestruzzo e muratura lungo la superficie di contatto.

I valori del modulo di elasticità (secante a rottura) della muratura sono dispersi in un intervallo piuttosto ampio, anche in funzione del metodo di indagine per determinarlo. In particolare, con le prove dilatometriche, si è ottenuto $E = 1 - 8 \text{ GPa}$.

Per il pietrame della muratura si è ottenuto $E = 40-200 \text{ GPa}$.

Le prove con martinetto piatto singolo sulla muratura hanno evidenziato la presenza di ridotti valori delle pressioni di ripristino su entrambe le pareti (1.1 e 5.6 bar). L'area di indagine in calotta presentava fratture visibili a occhio nudo, dovute allo stato tensionale di trazione che prevale alla base del masso murario.

Prove con doppio martinetto eseguite successivamente hanno fornito valori del modulo elastico nell'ordine di 3-4 GPa, in orizzontale, e 6-7 GPa, in verticale. Valori più bassi sono stati rilevati in calotta, presumibilmente come conseguenza del detensionamento dovuto allo scavo del cunicolo. Valori più alti, oscillanti tra 8 e 27 GPa, sono stati ottenuti con il martinetto doppio, presumibilmente falsati dal confinamento laterale della roccia.

I valori di martinetto piatto si pongono nello stesso ordine di quelli stimabili sulla base delle velocità soniche e leggermente più alti di quelli con dilatometro. E' pensabile che queste determinazioni siano fortemente influenzata dalla scala, essendo le prove in foro di diametro inferiore rispetto a quello dei blocchi rocciosi che formano la muratura.

Per queste ragioni, nella scelta dei parametri di progetto è stata favorita l'interpretazione dei dati cross-hole e del martinetto piatto, che più si avvicinano alla rappresentazione della massa muraria nel suo complesso.

2.2.3 Giunto Calcestruzzo-Muratura

E' stato indagato il giunto tra calcestruzzo e muratura per poter avere una evidenza fisica del suo comportamento, sia dal punto di vista meccanico che chimico.

Le prove meccaniche in sito hanno fornito valori di resistenza a taglio nell'ordine di 1.1-1.3 MPa, con rigidità al taglio (modulo di reazione tangenziale) nell'ordine di $K_s = 1100 - 1700 \text{ MPa/m}$, nel campo di misura da 0 a 10-12 bar (da 0 a 1-1.2 MPa) e $K_s = 1600 - 2700 \text{ MPa/m}$, nel campo di misura da 0 a 8-10 bar (da 0 a 0.8-1 MPa).

Le prove per l'esame della compatibilità chimica tra calcestruzzo e malte di calce idraulica sono tuttora in corso e saranno completate prima dell'inizio dei lavori. In linea di principio, non dovrebbero esserci motivi di incompatibilità, salvo il caso in cui siano presenti nella muratura particolari sostanze potenzialmente reattive, sinora mai dichiarate o rilevate.

2.2.4 Ulteriori indagini nel masso murario

Nelle porzioni della diga esistente non ancora indagate a causa della loro difficile accessibilità saranno comunque eseguiti, all'inizio e durante lo svolgimento dei lavori, ulteriori sondaggi esplorativi atti ad accertare il reale stato della muratura della diga, allo scopo di provvedere, se necessario, a locali miglioramenti della qualità della muratura tramite adeguate iniezioni di consolidamento.

2.2.5 Campi prova per iniezioni di consolidamento e di schermatura

Roccia di Fondazione.

Per ottenere il miglioramento dei parametri nelle porzioni caratterizzate da scadenti proprietà geomeccaniche e conferire contemporaneamente uniformità di comportamento alla roccia di imposta, è necessaria la preventiva definizione dell'estensione e della profondità dei trattamenti di consolidamento da eseguire nella fondazione della diga. A tal fine, il Progetto prevede l'esecuzione preliminare di 2 campi di prova all'interno dell'impronta del futuro manto in calcestruzzo a valle della diga, uno sulla spalla destra e uno sulla spalla sinistra.

Ogni campo prova si estenderà su fasce di 6 m di larghezza circa e sarà trattato con iniezioni di consolidamento eseguite in avanzamento su 3 tratte di 3 m in ogni foro, e in 2 fasi successive:

- 1^a fase: fori primari, profondità $h = 9,00$ m, distanziati di 3 m;
- 2^a fase: fori secondari, profondità $h = 9,00$ m, intervallati ai primari.

Al contorno delle fasce trattate saranno eseguiti 3 fori carotati, distanziati di circa 6 m, all'interno dei quali verranno eseguite, sia prima che dopo i trattamenti primari e secondari:

- prove d'acqua;
- prove ultrasoniche cross-hole e down-hole.

Nella definizione delle caratteristiche e delle modalità di esecuzione dei trattamenti risulterà determinante la conoscenza dei parametri geomeccanici della roccia, così come conosciuti attraverso le indagini di cui al precedente paragrafo 4.3. Si prevede comunque di spingere le iniezioni di prova fino ad un assorbimento di 60 l di boiaccia per m di foro, con dosaggio a/c = 1/1.

I campi di prova sono schematicamente indicati all'Allegato A, Vol.2 tavole BADE-3311 e 3312.

Schermo di impermeabilizzazione.

Analogamente, per conferire la prescritta impermeabilità alla roccia in corrispondenza dello schermo di ritenuta, è necessario definire preventivamente, comunque prima dell'inizio dei lavori d'impermeabilizzazione, i parametri e le modalità di iniezione della roccia (composizione delle miscele, pressioni di iniezione, criteri di rifiuto, ecc). A tal fine il Progetto prevede l'esecuzione di 2 campi di prova a monte della diga, uno sulla spalla destra e uno sulla spalla sinistra, in posizione tale da contenere una porzione dello schermo di tenuta della diga. In ogni campo di prova saranno eseguiti fori di profondità pari a quella dello schermo, così distribuiti:

- 4 fori primari a distruzione;
- 3 fori secondari carotati;
- 6 fori terziari a distruzione.

I fori primari e secondari saranno iniettati comunque, mentre i fori terziari lo saranno solo in base agli assorbimenti registrati nei primari e secondari adiacenti. L'iniezione sarà fatta in avanzamento nelle prime 3 tratte e su segmenti di 3 m. Dopo le iniezioni di prova verranno perforati e carotati, attraversando la superficie trattata, 2 fori con inclinazione di 20° e 30° sulla verticale, all'interno dei quali verranno effettuate 4 prove d'acqua (in 5 posizioni) in ogni foro, su tratte di 3 m.

Anche per le iniezioni d'impermeabilizzazione sarà determinante, nella definizione delle caratteristiche e delle modalità di esecuzione dei trattamenti, la conoscenza dei parametri geomeccanici della roccia, così come conosciuti attraverso le indagini di cui al precedente paragrafo.

2.3 Studio idrologico

Mediterranea delle Acque S.p.A. ha provveduto ad approfondire la conoscenza degli aspetti idrologici del bacino di Badana in ottemperanza a quanto richiesto dalla *Quarta Sezione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici* con parere n. 254/07 emesso nella Seduta del 11 ottobre 2007.

Gli approfondimenti sono stati condotti con due differenti approcci metodologici:

- mediante l'utilizzo di un modello afflusso-deflusso delle piogge intense di bassa frequenza tarato sull'idrogeologia del bacino;
- mediante l'analisi della serie storica delle portate medie giornaliere in ingresso al serbatoio di Badana.

Nel primo caso, l'analisi è stata condotta sulla base della serie storica delle misure di pioggia dal 1944, essendo questo l'anno da cui risultano disponibili i dati di pioggia di breve durata e massima intensità nella stazione pluviometrica di Lavezze Lago.

Nel secondo caso, l'analisi è stata condotta a partire dai dati registrati dal 1934, anno da cui risulta disponibile con continuità la serie storica dei livelli d'invaso del serbatoio di Badana. In entrambi i casi, l'analisi ha interessato il 2006, anno in cui nel mese di febbraio la diga ha manifestato i dissesti in oggetto e nel secondo caso è stato considerato anche il 1935, anno in cui nel mese di agosto sul vicino bacino di Ortiglieto si è verificato un evento particolarmente intenso.

L'analisi idrologica ha valutato la portata al colmo di piena per diversi tempi di ritorno, tra i quali la frequenza millenaria considerata come dato di progetto per il dimensionamento degli organi di scarico della diga. I valori di portata così ottenuti sono stati confrontati con quelli risultanti da studi e analisi precedenti. (si veda Allegato A, Vol.3B).

2.4 Verifiche di stabilità della diga originaria

Le verifiche di stabilità della diga originaria sono state approfonditamente sviluppate nel contesto del precedente Progetto Definitivo, di seguito se ne riassumono gli aspetti salienti mentre si rimanda per maggiori dettagli nello specifico al documento BADR-Vol. 4 dell'All.T, SIA 2009.

2.4.1 Franco netto al Coronamento

Secondo il Regolamento Dighe, il franco netto, inteso come *“il dislivello tra la quota del piano di coronamento e quella di massimo invaso, aggiunta a questa la semiampiezza della massima onda prevedibile nel serbatoio, non deve essere inferiore a 1 m”*.

Nell'attuale configurazione della diga di Badana, con invaso massimo alla 717 m s.l.m. e coronamento alla 717.60 m s.l.m., il franco netto è inferiore a 0.4 m e dunque non ottempera la normativa (semi-ampiezza 0.21 m). Il franco di sicurezza è affidato quasi interamente al muro parapetto di monte, alto circa 1.00 m e spesso 0.65 m.

Nel contesto del progetto di manutenzione della diga è necessario prevedere il ripristino del franco netto minimo da normativa.

2.4.2 Verifiche di stabilità secondo il regolamento

La normativa attualmente in vigore prevede per le dighe a gravità due tipi di verifiche di sicurezza:

- Verifica di stabilità allo scorrimento;
- Verifica di resistenza della massa muraria:
 - a serbatoio vuoto (peso proprio, eventuale sisma);
 - a serbatoio pieno (peso proprio, pressioni idrostatiche sul paramento di monte, spinta del ghiaccio, eventuale sisma).

Risultati delle verifiche da regolamento.

Il risultato delle verifiche di cui sopra non rispetta i limiti regolamentari. In effetti il rapporto H/V supera il valore 0.75 sotto quota 702.5 e raggiunge un massimo di 1.05 circa alla quota 692.

Livello d'acqua per la stabilità.

Per far rientrare la struttura muraria esistente nei limiti regolamentari (con sisma), sarebbe necessario abbassare il livello dell'acqua nel serbatoio (ridurre il carico idrostatico) di ben 2.6 m, portandolo alla quota massima di 714.4 pur avendo aggiunto uno schermo di dreni.

Analisi di filtrazione nella condizione originaria.

L'analisi di filtrazione (si veda All. A Vol. 3D) ha considerato la diga di Badana in relazione alla condizione originaria, ovvero precedente ai dissesti prodottisi nel febbraio 2006. Il regime idraulico della diga è stato studiato assumendo un moto di filtrazione stazionario che si traduce in un'ipotesi di carico idraulico costante pari al livello di massima regolazione del serbatoio, 716.9 m s.l.m. Questa condizione ha permesso di modellare la risposta a lungo termine del sistema e dunque di valutare gli effetti di un processo di filtrazione completamente sviluppato.

L'analisi ha evidenziato i seguenti aspetti caratteristici del processo di filtrazione della diga:

- l'ammasso roccioso al contatto tra fondazione e muratura del corpo diga dimostra una permeabilità sensibilmente maggiore di quella dell'ammasso circostante, quantificabile in circa 1 ordine di grandezza. Questa caratteristica è in accordo con i risultati delle prove Lugeon effettuate nei sondaggi e conferma la presenza di una fascia di circa 5-10 m di spessore nella fondazione con qualità geomeccaniche scadenti;
- la muratura del piede di monte della diga sembra avere una permeabilità di circa mezzo ordine di grandezza maggiore di quella mediamente stimata nel corpo diga. Questa ipotesi pare ragionevole e può essere spiegata ammettendo l'esistenza di una zona al contatto con la fondazione sottoposta ad uno stress tensionale di trazione che comporta la formazione di microfessure nella muratura.

I principali risultati dell'analisi di filtrazioni mostrano che:

- la superficie piezometrica all'interno del corpo diga ha una forma distesa ed è localizzata alla stessa quota dell'invaso. La linea di saturazione emerge dal paramento di valle circa a quota 716.5 m s.l.m. L'intero corpo diga è dunque in condizioni sature;
- i flussi di filtrazione più importanti si osservano nell'ammasso roccioso nella zona di contatto tra fondazione e corpo diga dove, per effetto della maggior permeabilità, si raccolgono le portate più consistenti;
- la muratura del corpo diga è attraversata da un flusso di filtrazione non trascurabile, il volume d'acqua specifico che emerge dal paramento di valle è stimato in circa 0.22 l/min /m. La portata specifica totale, stimata al piede diga e somma dunque della portata filtrante dal paramento e nella fondazione, è pari a circa 3.13 l/min /m;

- la misura più significativa delle pressioni riguarda il contatto tra corpo diga e fondazione. L'andamento delle pressioni al contatto ha la tipica forma triangolare, i valori locali di pressione sono elevati e denotano una situazione anomala, al piede di monte della diga la pressione è pari a 500 kPa e decresce linearmente in direzione del piede di valle dove la pressione residua è ancora superiore a 50 kPa;
- i gradienti più elevati sono localizzati nella muratura del piede di valle al contatto con il paramento, i risultati del modello evidenziano gradienti puntuali anche superiori a $i = 3$ m/m. Questo risultato trova una ragionevole spiegazione nell'analisi dell'andamento dei percorsi di filtrazione nell'ammasso roccioso al contatto tra fondazione e corpo diga dove, per effetto della maggior permeabilità, il carico idraulico non viene adeguatamente dissipato e i flussi di filtrazione, attraversando la muratura del sottile piede di valle, sono necessariamente associati ad un rapido rilascio dell'alto carico idraulico residuo.

Da un punto di vista complessivo il regime idraulico della diga di Badana, nella condizione originaria, seppur nei limiti dei risultati della modellazione numerica, evidenzia alcune importanti insufficienze.

Le pressioni residue nella fondazione al contatto con il corpo diga sono superiori a quelle generalmente attese e specialmente in corrispondenza del piede di valle determinano una spinta verticale eccessiva, non adeguatamente bilanciata dal peso del sovrastante sottile corpo murario.

Le portate filtranti nella fondazione sono mediamente elevate e in particolare, essendo la diga priva di un adeguato sistema di drenaggio, esse determinano gradienti idraulici eccezionali localizzati in maggior misura nella muratura del piede di valle della diga. Inoltre, il corpo diga è sempre in condizioni sature e questo aspetto, affatto desiderabile, concorre al deterioramento dello stato di conservazione della muratura.

2.4.3 Conclusioni

Le verifiche di stabilità, mostrano che:

- in configurazione originaria, considerando gli effetti dell'azione sismica, la diga risulterebbe verificata sia allo scorrimento che alla resistenza soltanto previa riduzione della quota di massimo invaso a 708.50 m s.l.m. (senza canne drenanti) o a 714.40 m s.l.m. (con le canne drenanti da regolamento in funzione);
- in seguito al distacco di una placca al piede del febbraio 2006, considerando gli effetti dell'azione sismica, la diga risulterebbe verificata sia allo scorrimento che alla resistenza soltanto previa riduzione della quota di massimo invaso a 707.70 m s.l.m. (senza canne drenanti) o a 712.20 m s.l.m. (con le canne drenanti regolamentari).

Le verifiche sono state condotte su un modello bidimensionale che non tiene debitamente in conto tutte le risorse strutturali che offre l'opera per il fatto di essere nettamente arcuata.

Nel contesto del precedente Progetto Definitivo (BADR), L'analisi statica è quindi stata completata con un modello tridimensionale (per maggiori dettagli vedasi il Vol. 3E dell'All.T, SIA 2009) che ha provato l'esistenza di un apprezzabile effetto d'arco che riduce le sollecitazioni nella zona della sezione maestra trasferendo parte delle forze verso le reni.

2.5 Criteri e Contenuti del Progetto Definitivo attuale

2.5.1 Generalità

La diga di Badana, progettata agli inizi del secolo scorso, con criteri aderenti alle nozioni allora disponibili e realizzata con i materiali allora in uso, non risponde alle prescrizioni regolamentari stese sette decenni più tardi. Di fatto, secondo quanto previsto dalla normativa vigente (“*Norme tecniche per la progettazione e la costruzione delle dighe di sbarramento*”, Decreto 24 marzo 1982), le forze ribaltanti (orizzontali) applicate dall’invaso sono troppo alte in rapporto alle forze stabilizzanti (verticali) legate alla massa muraria, il cui peso specifico non supera, mediamente, i 22 kN/m³. Inoltre la diga è priva di un sistema drenante che consenta di ridurre e controllare le sottopressioni nella muratura e, non secondario, che eviti il dilavamento della malta.

2.5.2 Normativa e direttive

Il Progetto Definitivo di ristrutturazione della diga è sviluppato nel pieno rispetto della vigente “Legge Quadro sui Lavori Pubblici” n° 109/94 (e successive modifiche n° 216/95 e n° 415/98), del “Regolamento di attuazione” n° 554/89 e delle “Norme Tecniche per la progettazione e la costruzione delle dighe di sbarramento”, contenute nel Decreto LL. PP. 24 marzo 1982. Il Progetto tiene inoltre conto degli adeguamenti e delle integrazioni richieste dal RID in ottemperanza alle indicazioni espresse dalla IV Sezione del Consiglio Superiore LL.PP. nella seduta n° 254 del 11.10.2007.

Su richiesta dalla Direzione Generale Dighe (prot. 9509 25 set. 2009) sono altresì contenute le integrazioni delle verifiche sismiche in accordo alle nuove Norme Tecniche per le dighe in corso di emanazione a seguito del Voto favorevole n.27/2008 espresso dal Consiglio Superiore dei LL.PP. “Proposta di aggiornamento delle Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (Dighe e Traverse)”.

Il Progetto Definitivo presentato in all. A, contiene anche tutte le verifiche ed integrazioni prescritte dalla Direzione Generale Dighe nella Relazione Istruttoria 19/09/2013 allegata a lettera Prot: 0013023 - 20/09/2013 - N. arch. 34C - Prog. 427), come indicato nello schema seguente.

Prescrizioni (tratte da lett. Prot: 0013023 - 20/09/2013 - N. arch. 34C - Prog. 427)	Ottemperanza
1) Per i versanti circostanti l'invaso, occorre provvedere a preventivi disgaggi di blocchi o cunei di roccia potenzialmente instabili, ove individuati a seguito dei controlli;	Gli interventi per il miglioramento della stabilità dei versanti lungo il perimetro dell'invaso sono definiti e sviluppati nei documenti relativi allo Studio di Impatto Ambientale.
2) la quota di demolizione della struttura in muratura deve essere mantenuta uniforme sull'intero sviluppo longitudinale dello sbarramento (q. 705.00 m s.l.m.), anche in corrispondenza della sezione maestra (progr. 114.36), che nell'elaborato del progetto definitivo riporta la quota 708.50 m s.l.m. (si veda SIA 2009 All. C . Dis. BADR-2041);	Il piano di demolizione è stato correttamente pareggiato a quota 705.00 s.l.m. per tutto lo sviluppo della diga, si veda all.A Vol.2 disegno BADE-3152 dell'attuale Progetto Definitivo.

<p>3) nella fase dei getti delle strutture di rinfiacco dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti atti a controllare gli effetti dello sviluppo del calore di idratazione del conglomerato (un dettagliato piano di avanzamento lavori, con la sequenza dei getti per conci, dovrà contenere le necessarie specifiche tecniche esecutive);</p>	<p>Al fine di una completa definizione delle sollecitazioni conseguenti agli effetti termici dei getti massicci di calcestruzzo, nel contesto del Progetto Definitivo è stato condotto uno studio su modello numerico che include un piano preliminare di esecuzione dei getti (conci sfalsati, alternanza di demolizioni e getti) su entrambi i paramenti e sul coronamento. Per dettagli di rimanda all'All. A Vol. 4.</p> <p>Tale schema dei getti ha comunque valore indicativo, in quanto dovrà essere verificato ed eventualmente rettificato prima dell'inizio dei lavori in funzione delle caratteristiche ambientali, dei risultati delle prove preliminari sui calcestruzzi e di altri fattori che possono influenzare le caratteristiche dei getti. L'Impresa dovrà elaborare un dettagliato "Piano di Esecuzione dei Getti" (si veda all.A Vol. 5), compatibile con gli impianti e le attrezzature a sua disposizione, da sottoporre preventivamente alla approvazione del Direttore dei Lavori.</p>
<p>4) Per la realizzazione delle canne drenanti in corpo diga, occorre evitare l'andamento "a spezzata" riportato nella sezione tipo del progetto definitivo (si veda SIA 2009 All.C dis. BADR-2103), essendo preferibile uno sviluppo lineare dei drenaggi, tra il piano di coronamento ed il cunicolo alla base. Al termine dei lavori, prima dell'avvio degli invasi sperimentali, è necessario procedere all'ispezione ed alla ri-alesatura completa di tutti i drenaggi in corpo diga;</p>	<p>Nel Progetto Definitivo le canne drenanti si sviluppano con andamento rettilineo. La formazione delle canne drenanti richiede la completa rialesatura dei fori nel caso di utilizzo di tubazioni in PVC (frantumabili). In alternativa, utilizzando tubi prefabbricati di calcestruzzo poroso o micro-fessurato con sezione finale di progetto, ovvero, utilizzando casseformi pneumatiche estraibili, non è necessaria una successiva rialesatura. Il metodo da impiegare per la formazione delle canne drenanti sarà deciso di concerto tra l'Impresa e la Direzione dei Lavori.</p>
<p>5) Per le iniezioni cementizie dello schermo di impermeabilizzazione, previste su fila unica, occorre considerare l'eventualità di un intervento aggiuntivo sulla base degli esiti dei campi prova e degli effettivi assorbimenti di miscela registrati in corso d'opera;</p>	<p>Nel Progetto Definitivo è previsto un infittimento progressivo dello schermo di impermeabilizzazione, tramite l'esecuzione successiva di iniezioni nei fori primari, secondari, terziari e, in caso di necessità nonché sulla base dei risultati sia dei campi prova che delle prove d'acqua in corso d'opera, anche quaternari (all. A Vol.2 dis. BADE-3402). Non è esclusa la necessità di provvedere alla riperforazione e ulteriore iniezione di fori già trattati, secondo le indicazioni del Direttore dei Lavori.</p>

<p>6) Sulla testata dei dreni in fondazione dovrà essere evitata l'installazione di manometri (si veda SIA 2009 All. C dis. BADR-2235), in quanto le misure piezometriche di controllo devono essere acquisite con strumenti dedicati, mantenendo in pari tempo funzionale il sistema di drenaggio della diga;</p>	<p>Nel Progetto Definitivo i dreni in fondazione drenano con efflusso libero e in continuità. Nel disegno BADE-3412, all. A Vol.2, è stato rimosso il dettaglio che indicata la possibilità di installare una valvola con annesso manometro. I dreni sono perforati nella roccia di fondazione e non prevedono rivestimento a meno di condizioni di roccia altamente fratturata tale da richiedere il sostegno del foro.</p>
<p>7) Le misure degli spostamenti planimetrici con pendolo nella sezione maestra, dovranno essere integrate tramite pendolo rovescio ancorato in roccia, nella medesima sezione, con postazione di misura da realizzare in prossimità della cameretta di installazione del coordinometro del pendolo diritto, all'interno del cunicolo trasversale di base.</p>	<p>Il Progetto Definitivo comprende l'installazione di un pendolo rovescio ancorato in roccia con lettura nella cameretta ricavata lungo il cunicolo trasversale in chiave alla diga utilizzata anche per la misurazione del pendolo diritto (dis. BADE-3365 e 3704, all. A Vol.2)</p>
<p>8) Confronto dei risultati del calcolo semplificato delle sollecitazioni normali nei materiali (σ_v), secondo il citato criterio di "omogeneizzazione" delle sezioni di verifica, con quelli ricavati dall'analisi tenso-deformativa 2D agli elementi finiti;</p>	<p>Il confronto dei risultati del calcolo Semplificato e dell'analisi tenso-deformativa 2D è riportato nel Vol. 4 del Progetto Definitivo, all. A.</p>
<p>9) Approfondimento delle analisi per quanto attiene agli aspetti termici, con valutazione degli effetti tensionali del raffreddamento e ritiro dei calcestruzzi e delle interazioni strutturali con la muratura preesistente</p>	<p>Il Progetto Definitivo ha compiutamente analizzato gli effetti tensionali dovuti al raffreddamento e ritiro dei calcestruzzi per mezzo di un modello numerico 2D, si veda il documento Vol. 4, all. A.</p>
<p>10) Approfondimento sulla presenza di eventuali trazioni nel calcestruzzo posizionato al di sopra della vecchia muratura, soprattutto vicino al contatto ed in presenza della nuova prescritta cameretta intermedia del pendolo diritto.</p>	<p>Il modello numerico 2D sviluppato nel contesto del Progetto Definitivo ha permesso di indagare gli stati tenso-deformativi lungo l'intero perimetro del contatto tra muratura esistente e nuovi paramenti. I dettagli sono riportati nel documento Vol. 4, all.A. Al contatto tra muratura esistente e calcestruzzo nella zona prossima alla cameretta intermedia del pendolo, sono state calcolate trazioni nell'ordine dei 4050 kPa considerate più che accettabili.</p>

<p>11) A completamento del sistema di monitoraggio delle deformazioni delle strutture in contatto (movimenti relativi tra rinfianco e corpo in muratura) è consigliabile prevedere l'installazione di estensimetri a barre, da posizionare in maniera opportuna sul paramento di valle, con ancoraggio nella muratura, attrezzati per l'acquisizione automatica delle misure ed accessibili tramite apposite scalette sul paramento (si ritengono sufficienti allo scopo 4 o 5 estensimetri ripartiti sull'intero sviluppo longitudinale dell'opera).</p>	<p>Il Progetto Definitivo ha previsto l'installazione di estensimetri multibase (a barre) su due sezioni strumentate in vari punti del contatto tra vecchia muratura e nuovi getti di rinfianco (si veda i disegni BADE-3703 e 3704, all. A Vol.2)</p>
<p>12) Eventuali capsule tensiometriche, da annegare nei getti in prossimità del contatto muratura/calcestruzzo, potranno poi fornire indicazioni sull'interazione delle strutture e la messa in carico del corpo interno in muratura.</p>	<p>Il Progetto Definitivo ha previsto l'installazione di capsule tensiometriche in vari punti all'interno dei nuovi getti di rinfianco (si veda i disegni BADE-3703 e 3704, all. A Vol.2)</p>
<p>13) Per quanto attiene al pendolo diritto, in luogo dei punti di misura intermedi sulla verticale dello strumento (sensori monodirezionali in perforazioni orizzontali nella struttura del rinfianco), appare più opportuno prevedere un'ulteriore postazione coordinometrica, da alloggiare alla sommità alla sommità del corpo in muratura (quota 705÷706 m s.l.m.), in apposita cameretta ricavata all'interno della nuova struttura in calcestruzzo, accessibile direttamente dal coronamento tramite pozzo verticale.</p>	<p>Il Progetto Definitivo comprende la realizzazione di una ulteriore postazione di misura coordinometrica del pendolo diritto a quota 705.00 m a.s.l. in corrispondenza del contatto tra muratura esistente e nuovo getto del coronamento (si vedano i dis. BADE- 3335 e 3704, all. A Vol.2)</p>
<p>14) In tale postazione, oltre il controllo degli spostamenti del pendolo, potrebbe essere utilmente integrata, ad esempio con dilatometri biassiali, la misura delle deformazioni all'interfaccia muratura/calcestruzzo (spostamenti relativi normali e tangenziali).</p>	<p>Il Progetto Definitivo comprende l'installazione di una barretta estensimetrica, montata su un ferro di armatura, per la misura delle deformazioni al contatto tra muratura esistente e nuovo getto del coronamento nel cunicolo del pendolo.</p>

<p>15) I piezometri automatici (tipo a corda vibrante), con la disposizione indicata in progetto, non sembrano del tutto adeguati e sufficienti, stante l'incerta affidabilità nel funzionamento a medio-lungo termine, per le modalità stesse d'installazione delle celle di misura, che rendono difficoltoso qualsiasi intervento successivo di manutenzione/sostituzione. E' auspicabile in tal senso che il sistema di monitoraggio delle piezometrie sia implementato con ulteriori postazioni, all'interno dei cunicoli, per le quali si ritiene in ogni caso preferibile l'utilizzo di tubi con tratto fenestrato e relativo manometro, attrezzati anche con trasduttori per il rilievo automatico delle pressioni. Anche ai due piezometri con sensore rimovibile, previsti in installazione esterna sulle spalle a valle diga (sezioni strumentate n° 1 e 5), dovrebbero essere aggiunti strumenti di caratteristiche analoghe, al piede della struttura nella parte centrale.</p>	<p>Il Progetto Definitivo ha implementato ulteriori postazioni di misura con piezometri a tratto fenestrato in integrazione ai piezometri a corda vibrante.</p> <p>Le postazioni di misura sono indicate nei disegni BADE-3702, 3703, 3704, 3705 e 3711, all.A Vol.2.</p>
<p>16) tuttavia per un controllo esteso e più efficace dei regimi piezometrici, nella fondazione del rinfiango di valle, si ritiene preferibile la realizzazione di un piccolo cunicolo longitudinale nel corpo del rinfiango, a quota circa 669.5 m s.l.m., accessibile dalla galleria di servizio alla base ed esteso per 25-30 m da entrambi i lati di questa, ove prevedere l'installazione dei piezometri aggiuntivi. Detto cunicolo consentirebbe tra l'altro di disporre eventuali ulteriori strumenti per misure di deformazione locale al contatto muratura/calcestruzzo e renderebbe inoltre possibile la realizzazione di una fila integrativa di drenaggi in roccia, nella fondazione del rinfiango, a ridosso della zona trattata con le iniezioni di consolidamento.</p>	<p>Il Progetto Definitivo comprende la realizzazione di un cunicolo longitudinale al piede di valle della diga, all'interno del nuovo getto del paramento, nel quale è prevista una fila integrativa di drenaggi e l'installazione di piezometri aggiuntivi (si veda i disegni BADE-3361 e 3364. all.A Vol.2)</p>
<p>17) In generale gli strumenti di controllo di nuova installazione devono essere sostituibili (a meno di quelli necessari solo durante la costruzione e i primi invasi);</p>	<p>Il Progetto Definitivo prevede l'installazione di piezometri elettrici removibili e di fessurimetri elettrici sostituibili.</p>
<p>18) per quanto riguarda il cablaggio degli strumenti automatici di tipo elettrico, è preferibile limitare al minimo indispensabile la posa di cavidotti esterni sul paramento di valle.</p>	<p>Il Progetto Definitivo ha studiato la posizione dei punti di uscita delle linee elettriche degli strumenti di modo da ridurre quanto più possibile i percorsi esterni dei cavidotti. Inoltre ha previsto di indirizzare i cavi al piede diga, lungo il più breve percorso, in un unico edificio di controllo. Gli accorgimenti sono illustrati nel disegno BADE-3701, all. A Vol.2)</p>

<p>19) Ulteriore notazione riguarda poi le opere di fondazione dei rinfianchi in calcestruzzo (cfr. tav. BADR-2223), in quanto sembra più opportuno prevedere una diversa geometria dei getti al contatto con la roccia, aumentando lo spessore della gradonatura e predisponendo piani di posa più ampi alla base dei singoli conci, anche al fine di agevolare l'esecuzione delle iniezioni di consolidamento.</p>	<p>Si ritiene non strettamente indispensabile l'ampliamento dei gradoni, anche ai fini dell'esecuzione delle iniezioni di consolidamento. La superficie e l'altezza dei gradoni sono stati scelti in modo tale da facilitare le operazioni di movimentazione dei materiali e dei mezzi, nonché ai fini di una maggior sicurezza per le maestranze durante le varie fasi di lavorazione. Il Progetto Definitivo prevede una geometria dei gradoni così come illustrato nei disegni BADE- 3301, 3302, 3303, 3304 e 3305 All. A Vol.2.</p>
--	---

Per quanto riguarda il Piano di Demolizioni, andrà redatto a cura dell'impresa prima di iniziare i lavori.

La geometria delle porzioni di diga esistente da demolire sono indicate nei disegni BADE-3151, 3152, 3153 e 3154, mentre le modalità di demolizione sono descritte nel Cap. 9 del Vol. 5 - Specifiche Tecniche, all. A.

2.5.3 Scelta della soluzione

Considerazioni di natura progettuale ed esecutiva, nonché una conoscenza approfondita delle caratteristiche geomeccaniche della roccia e dei materiali costituenti il corpo della diga, derivante dalle indagini di cui al precedente Cap. 6, hanno fatto ricadere la scelta progettuale sulla soluzione che prevede interventi sia sul paramento di monte che su quello di valle della diga, oltre che sul coronamento. La soluzione progettuale apporta tra l'altro un sensibile beneficio alla potenzialità e funzionalità dell'impianto in quanto la prevista sopraelevazione di 1 m nella quota dell'invaso si tradurrà in un consistente incremento nella disponibilità di riserve idriche.

2.5.4 Vita Utile della Diga Ristrutturata

Le opere ed i magisteri costruttivi previsti nel presente Progetto (tra i quali, in particolare, l'inserimento della schermatura e dei drenaggi e il consolidamento della roccia), l'impiego di materiali di caratteristiche compatibili con quelli dell'attuale masso murario, il contenimento delle sollecitazioni entro limiti adeguati alle strutture esistenti, l'inserimento di più funzionali organi di scarico e di presa, garantiscono che la diga, completamente ristrutturata, possa essere considerata come un'opera totalmente rinnovata.

La vita utile della diga conseguente agli interventi di ripristino è dunque da intendersi pari a quella di un'opera di nuova costruzione.

2.6 Descrizione delle opere di ripristino e di adeguamento

2.6.1 Definizione dell'Asse della Diga

Il rilievo topografico della situazione attuale ha messo in evidenza, oltre a piccole differenze altimetriche rispetto a quanto indicato nei documenti della diga (FCEM), anche alcune irregolarità sia nella larghezza che nella curvatura del coronamento della diga.

L'analisi del rilievo mostra come non sia possibile definire un unico arco di cerchio che corra al centro del coronamento. L'asse della diga è stato così definito con 4 archi di cerchio tra loro tangenti i cui raggi variano da 165 a 198 m.

2.6.2 Rimodellamento del paramento di monte e di valle

L'insieme delle misure proposte è rappresentato, come inquadramento generale, nei disegni BADE-3101–3102 – 3103, all. A Vol.2.

Per ripristinare le condizioni di equilibrio richieste dalla normativa vigente (D.M. 24 marzo 1982) è risultato più conveniente agire sulle masse dell'opera.

L'intervento consiste nelle seguenti operazioni:

- Demolizione della placca distaccata, dei bolognini dell'intero paramento di valle, dei parapetti e del piano di calpestio del coronamento (per uno spessore di circa 0.5 m): le superfici del paramento e del coronamento, dopo la demolizione, verranno sottoposte ad idrodemolizione in modo da portare in risalto gli elementi litici.
- Esecuzione di uno scavo d'imposta al piede della struttura muraria.
- Consolidamento della roccia sulla quale sarà fondata le strutture aggiuntive.
- Rimodellamento dei paramenti. Sui paramenti di monte e di valle verrà gettato uno spessore variabile di calcestruzzo ($R'_{ck} = 20$ MPa). Il getto verrà eseguito per conci con giunti aperti. La pendenza del paramento di monte sarà 0.3H/1V sotto quota 715.20 mentre quella del paramento di valle 0.8H/1V sotto quota 712.60.
- Sopraelevazione e allargamento del coronamento: il coronamento sarà sovralzato di circa 4 m fino a quota 721.20 e verrà allargato da 4.70 a 6.50 m. Sopra quota 712.60, il paramento di valle avrà pendenza 0.2H/1V, mentre sopra quota 715.20 il paramento di monte sarà verticale. Il piede del nuovo paramento di valle cadrà prevalentemente entro l'impronta dell'attuale struttura.

2.6.3 Livello di massima regolazione

A seguito dell'innalzamento della quota di coronamento, così come approvato nella procedura di VIA del 2009, a 721.20 m s.l.m. il franco rispetto all'attuale livello di massima regolazione (716.90) è superiore a 4 m. Se si considera inoltre che nel contesto del presente Progetto è previsto un potenziamento degli organi di scarico della diga, è auspicabile un innalzamento programmato del livello di massima regolazione.

Nell'ottica di una miglior gestione del serbatoio e soprattutto con l'obiettivo di sfruttare appieno le potenzialità della riserva idrica del bacino del lago Badana, sembra ragionevole considerare un innalzamento del livello di massima regolazione di circa 1 m, portandolo dunque a quota 718.00 m s.l.m.

Le motivazioni a sostegno dell'aumento della quota di massima regolazione, con la formazione di una riserva addizionale di circa 250.000 m³, sono relative ad una miglior gestione del volume disponibile nel sistema idrico dei laghi del Gorzente, anche nella prospettiva di futuri interventi di manutenzione straordinaria, nel medio termine, alle altre dighe facenti parte del complesso.

Dopo la messa a regime del Lago di Badana, infatti, sono previsti interventi rilevanti allo sbarramento del Lago Lungo, necessari all'attualizzazione delle condizioni di sicurezza della diga (riportati in sintesi nel capitolo dedicato "previsione dei lavori di manutenzione straordinaria al complesso dei laghi del Gorzente"), detti lavori prevedono lo svuotamento del lago per un periodo di almeno 2 anni.

Bisogna premettere che il lago Lungo, nel sistema dei laghi del Gorzente, ha un ruolo principale in quanto il suo bacino imbrifero ha una superficie superiore alla somma di quelli di Badana e Lavezze. Nel caso di una sua anche temporanea inutilizzabilità, il complesso dei laghi sarà fortemente scompensato dovendo rinunciare ad oltre il 50% della sua potenzialità. In quest'ottica, l'opportunità della formazione di una riserva suppletiva nel lago Badana risulterà fondamentale nel periodo d'intervento.

Al termine delle attività previste sulla diga del lago Lungo il volume addizionale, con il nuovo livello di massima regolazione del lago Badana, potrà essere messo a disposizione per soddisfare i rilasci a valle degli impianti.

Si fa notare che, a fronte di questo volume addizionale, non verrà richiesta alcuna variazione ai volumi (moduli) in attuale concessione e che l'eventuale utilizzo di detto volume a favore dei rilasci a valle degli impianti verrà regolato nel previsto accordo di programma tra la Regione Piemonte e Liguria.

2.6.4 Invaso (Dati Aggiornati)

Nel marzo 2014, il gestore Mediterranea delle Acque ha incaricato la ATP S.r.l. di eseguire un nuovo e dettagliato rilievo topografico dell'invaso di Badana. Il rilievo è stato condotto con serbatoio completamente vuoto ed ha permesso di ottenere una più precisa definizione delle superfici e dei volumi del serbatoio.

I dati aggiornati dell'invaso, in relazione alla nuova quota di massima regolazione e alle verifiche idrauliche degli scarichi (si veda all.A , Vol. 3C), sono di seguito riassunti:

- Quota di massimo invaso:	719.15 m s.l.m.
- Quota di massima regolazione:	718.00 m s.l.m.
- Quota di minima regolazione:	670.90 m s.l.m.
- Superficie dello specchio liquido	
alla quota di max. invaso:	0.255 km ²
alla quota di max. regolazione:	0.247 km ²
- Volume totale di invaso (DM '82):	4.92 x10 ⁶ m ³
- Volume utile di regolazione (DM '82)	4.67 x10 ⁶ m ³
- Volume di invaso (L.584/1994):	4.67 x10 ⁶ m ³
- Volume di laminazione:	0.26 x10 ⁶ m ³

2.6.5 Cunicolo di Ispezione e Drenaggio a Monte Diga

Al piede di monte della diga, ricavato nel getto del nuovo paramento, è previsto un cunicolo di ispezione e drenaggio accessibile dal cunicolo trasversale in chiave alla diga.

Il cunicolo avrà allineamento parallelo all'asse diga e sarà inoltre esteso all'interno delle spalle con uno scavo in roccia per una lunghezza pari a circa 60 m in destra e a circa 80 m in sinistra. Le dimensioni nette saranno circa 2.5 m in larghezza e 3.55 m in altezza.

2.6.6 Cunicolo di Ispezione e Drenaggio a Valle Diga

Al piede di valle della diga, ricavato nel getto del nuovo paramento, è previsto un cunicolo di ispezione e drenaggio accessibile direttamente dal piazzale esterno e collegato al cunicolo trasversale in chiave alla diga.

Il cunicolo avrà allineamento parallelo all'asse diga e si estenderà per circa 50 m sull'intera larghezza del fondovalle. Le dimensioni nette saranno circa 2.5 m in larghezza e 3.55 m in altezza.

2.6.7 Dispositivo di Presidio del Corpo Diga contro le Filtrazioni

In ottemperanza alla normativa vigente, si ritiene necessario dotare la diga di un dispositivo di drenaggio delle eventuali portate filtranti dal paramento di monte, realizzando uno schermo di dreni verticali di 200 mm di diametro distanziati non più di 2.5 m tra loro (canne drenanti).

Questo dispositivo può essere facilmente realizzato inserendo condotti sub-verticali nel getto del nuovo paramento di monte. Nelle spalle della diga le canne possono essere prolungate, per mezzo di perforazioni di ugual diametro, all'interno della roccia di fondazione fino a recapitare nel cunicolo di drenaggio.

2.6.8 Dispositivo di impermeabilizzazione della fondazione

La diga originale non dispone di uno schermo di tenuta né di dispositivi per captare e scaricare le inevitabili acque filtranti nella fondazione. La pratica moderna di costruzione delle dighe prevede di norma un trattamento della roccia e la predisposizione di uno schermo di dreni.

Il Progetto prevede la realizzazione di uno schermo di iniezioni lungo il piede di monte della diga, all'interno del cunicolo di drenaggio, fin dentro le spalle. Lo schermo sarà realizzato secondo le indicazioni che emergeranno dalle prove preliminari eseguite nel campo prova e sarà ottenuto con fori estesi ad una profondità di circa 40 m sotto al piano dei cunicoli.

I fori saranno sia verticali sia inclinati su un'unica fila. Nei fori, per sezioni di 3 m, verranno iniettate a pressione boiacche stabili, fluidificate, binarie o ternarie (acqua + cemento oppure acqua + cemento + bentonite).

2.6.9 Consolidazione della Roccia di Imposta della Diga

Tutti i trattamenti della roccia di imposta della diga, previsti dal progetto e realizzati secondo le indicazioni che emergeranno dalle prove preliminari eseguite nei campi prova, dovranno essere condotti con magisteri tali da conferire alla roccia trattata uniformità di comportamento, soprattutto attraverso il miglioramento delle caratteristiche geomeccaniche nelle zone di più scadenti caratteristiche.

Il Progetto prevede la realizzazione di un tappeto di fori, eseguito dalla superficie dello scavo a monte e a valle della diga, per consolidare con iniezioni di boiacche la roccia di imposta dei nuovi paramenti.

2.6.10 Dispositivo di Drenaggio della Fondazione

Il Progetto prevede la realizzazione di due schermi di dreni eseguiti rispettivamente dal cunicolo di monte, su un piano divergente da quello dello schermo di iniezioni e inclinato di 30° verso valle, e dal cunicolo di valle, su un piano verticale.

I fori saranno perforati con diametro di 200 mm ad interasse 2.5 m in piani paralleli (verticali o inclinati) tali da formare uno schermo continuo. La lunghezza dei dreni sarà di circa 15 m.

I dreni andranno a captare le portate filtranti nella roccia di fondazione e recapiteranno le acque nei rispettivi cunicoli di drenaggio. Le acque infine verranno raccolte nel cunicolo trasversale in chiave alla diga e successivamente transiteranno in un misuratore a stramazzo posizionato nell'edificio dello scarico di fondo al piede diga.

2.6.11 Dispositivi di Monitoraggio

Ultimati gli interventi di ripristino funzionale, il comportamento in esercizio della diga verrà monitorato con una serie di strumenti:

- pendoli diritto e rovescio e relativi telecoordinometri;
- sensori piezometrici a corda vibrante e a punta chiusa, fissi e removibili;
- misuratori di portata a stramazzo;
- sensori di temperatura;
- accelerografo;
- estensimetri;
- capsule tensiometriche;
- caposaldi e mire di collimazione;
- borchie per livellazione.

2.7 Sintesi delle analisi per la messa in sicurezza dell'opera

2.7.1 Analisi di Filtrazione

L'analisi di filtrazione, i cui dettagli sono riportati nel documento Vol. 3D, ha considerato la diga di Badana nella condizione successiva all'esecuzione di tutte le misure di adeguamento in progetto, offrendo dunque un utile strumento per la verifica dell'efficacia del nuovo schermo di impermeabilizzazione e del nuovo sistema di drenaggio.

Analogamente a quanto fatto per l'analisi della diga nella condizione originaria (Cap. 2.4.2), il regime idraulico è stato studiato assumendo un moto di filtrazione stazionario che si traduce in un'ipotesi di carico idraulico costante pari al nuovo livello di massima regolazione del serbatoio, 718.00 m s.l.m. Ciò ha permesso di modellare la risposta a lungo termine del sistema e dunque di valutare gli effetti di un processo di filtrazione completamente sviluppato.

I principali risultati dell'analisi di filtrazione mostrano che:

- le canne drenanti in prossimità del paramento di monte richiamano i flussi filtranti e determinano una disposizione della superficie piezometrica con orientamento verticale lungo l'asse delle stesse. A valle delle canne drenanti la superficie piezometrica si localizza poco sopra la fondazione della diga, con una forma distesa leggermente pendente verso valle, tra le quote 668 (cunicolo di ispezione) a monte e 666 a valle (piede diga). Il corpo diga è in gran parte asciutto ad eccezione di una ridotta porzione della muratura al contatto con la fondazione, circa il 5 % del volume complessivo. L'intero paramento di valle è asciutto;
- lo schermo di iniezioni produce una importante dissipazione del carico idraulico, la differenza di carico massimo tra monte e valle dello schermo è pari a circa 45-50 m. I percorsi di filtrazione si concentrano al di sotto dello schermo di iniezione, in profondità nella roccia di fondazione. La lunghezza dei percorsi di filtrazione si allunga in misura considerevole determinando una netta diminuzione della portata filtrante. Lo schermo di dreni nel cunicolo di monte, richiamando i flussi filtranti e piegando le linee di flusso, contribuisce attivamente alla dissipazione del carico residuo. Le poche portate filtranti residue vengono infine convogliate verso la linea di dreni che recapita nel cunicolo di valle. La filtrazione nel corpo diga è pressoché assente;
- l'effetto combinato dello schermo di iniezioni e del manto di tenuta determina una riduzione delle portate filtranti di un ordine di grandezza rispetto alla condizione attuale. Il nuovo regime idraulico nella fondazione corrisponde ad una portata specifica raccolta al piede diga (dreni + canne drenanti) di circa 0.3 l/min /m nella sezione maestra;
- le pressioni al contatto tra fondazione e corpo diga si attestano su valori mediamente bassi. Immediatamente a valle dello schermo di iniezione la pressione residua è pari a circa 30 kPa mentre in corrispondenza del piede di valle è pari a circa 25 kPa.

Gli interventi di risanamento previsti dall'attuale Progetto Definitivo determinano un regime idraulico desiderabile. Il corpo diga è essenzialmente asciutto, situazione favorevole alla conservazione della muratura esistente. La presenza di uno schermo di iniezioni e di dreni profondi nella fondazione produce un'efficace dissipazione del carico idraulico, ne consegue che al contatto con la muratura della diga le sottopressioni residue sono contenute.

2.7.2 Verifiche strutturali

Verifiche Regolamentari.

Le verifiche sono state condotte con riferimento alla vigente norma tecnica DM'82 ed in accordo alla nuova norma tecnica per le dighe NTD'08. Le verifiche di regolamento secondo il DM'82, analoghe a quelle descritte nei Par. 2.4.1-2.4.2 della presente Relazione, sono state condotte tenendo conto dei contributi migliorativi derivanti dall'intervento proposto.

I calcoli considerano il contributo stabilizzante delle canne drenanti verticali, che riducono il valore delle sottopressioni, ed a un incremento del peso del corpo diga grazie alla demolizione completa della placca distaccata, alla sua sostituzione con calcestruzzo (con un aumento di peso specifico prossimo al 15%), ed all'ulteriore aggiunta di volumi di calcestruzzo. Le verifiche sono state condotte utilizzando il software di calcolo DIANA TNO, il quale si basa sul metodo di risoluzione ad elementi finiti.

Il software DIANA consente di modellare e tenere in conto una molteplice serie di fenomeni, tra i quali:

- costruzione per fasi in cui vengono simulati i getti di calcestruzzo con una precisa sequenza temporale;
- comportamento del calcestruzzo nelle fasi di sviluppo del calore di idratazione, maturazione e presa;
- evoluzione delle temperature nel calcestruzzo e nel corpo diga sia in fase di presa che nelle successive condizioni ambientali in esercizio;
- deformazioni viscoso differite nel tempo e da ritiro.

Tutti i fenomeni elencati sopra sono stati debitamente tenuti in conto nei calcoli eseguiti.

DIANA consente inoltre di effettuare analisi sismiche secondo diverse modalità, tra le quali quella dell'analisi modale con spettro di risposta, utilizzata in questo caso.

Tutti gli effetti di cui sopra sono stati combinati per offrire un risultato il più aderente possibile alla realtà.

Verifiche in Condizioni Statiche

Le verifiche di stabilità, i cui dettagli sono riportati nella relazione relativa (si veda all.A, Vol. 4), mostrano che la diga risulta verificata sia allo scorrimento che alla resistenza con una quota di massimo invaso pari a 719.15 m s.l.m. Nelle condizioni di invaso pieno le sollecitazioni di compressione rimangono in tutta la struttura (esistente ed aggiunta) a livelli accettabili. Altrettanto dicasi per le trazioni sui piani di contatto diga-fondazione e lungo i piani orizzontali di ripresa nella muratura.

Più in dettaglio la diga è stata modellata sia per la muratura esistente sia la struttura aggiuntiva in calcestruzzo. L'analisi è stata eseguita su di un modello 2D della sezione maestra (comprendente il piano di fondazione) costituita da 25576 elementi di tipo quadrato CQ16M a 8 nodi e triangolare CT12M a 6 nodi e quindi da 19017 nodi.

Allo scopo di comprendere in maniera approfondita la risposta della diga alle azioni elencate in precedenza, nel processo di verifica sono state considerate diverse variabili, le quali possono influire in maniera più o meno significativa sul comportamento della struttura in fase di esercizio.

I risultati delle analisi svolte sul modello in relazione alla combinazione di modalità costruttive ritenute più adeguate sono riassunti in Tabella 1.2.

L'analisi è stata effettuata simulando un periodo di ben 10 anni che comprende circa 3 anni di costruzione, al fine di cogliere il comportamento della diga nella prima fase di maturazione ed il successivo effetto dei cicli termici annuali in una fase di esercizio iniziale di 2 anni a invaso vuoto e successivi 5 ad invaso pieno.

Fasi	FS Fessurazione	Sforzo principale a1 Muratura [kPa]	Sforzo principale a1 Calcestruzzo [kPa]	Sforzo principale a3 Muratura [kPa]	Sforzo principale a3 Calcestruzzo [kPa]
Costruzione	No fessurazione (&)	$T_{max} =$ 30-40 (+)	$T_{max} =$ 100-200 (/)	$C_{max} =$ 700-900 (*)	$C_{max} =$ 400-600 (^)
Fine costruzione + invaso vuoto	-	Prevalentemente compressa	$T_{max} =$ 300-400 (#)	$C_{max} =$ 700-900	$C_{max} =$ 400-600
Invaso Pieno	-	Prevalentemente compressa	$T_{max} =$ 300-400 (°)(>)	$C_{max} =$ 800 - 950 (\$)	$C_{max} =$ 400 - 600

Tabella 2.1 - Riassunto dei risultati principali delle analisi eseguite in condizioni statiche.

Note:

- T_{max} = sforzo principale di trazione massimo,
- C_{max} = sforzo di compressione principale massimo,
- (&) = durante il processo di sviluppo del calore di idratazione, maturazione e presa dei conci (di altezza 1.5m) di calcestruzzo non si sviluppano fessure. Non viene compromessa l'integrità dei getti effettuati e delle successive riprese di getto compatibilmente con l'evoluzione della resistenza del calcestruzzo nel tempo.
- (+) = valori locali con effetto che svanisce nel tempo. (/) = valori che si verificano durante la maturazione del calcestruzzo prevalentemente sui paramenti esterni per effetto termico, (*) = valori presenti alla base della muratura. Ad inizio costruzione $C_{max} = 400 - 500$ kPa. (^) = valori presenti nella parte bassa dei rin fianchi in calcestruzzo. Ad inizio costruzione $C_{max} = 100 - 200$ kPa ,
- (#) = valori dovuti a sollecitazioni termiche sui paramenti esposti derivanti da picchi di temperatura esterna,
- (°) = valori riferiti al paramento di valle esposto derivanti da picchi di temperatura esterna,
- (>) = al piede di monte ed in prossimità del cunicolo la maglia degli elementi finiti utilizzata crea dei punti singolari nell'intorno dei quali la soluzione numerica fornisce dati non realistici. Approfondimenti ulteriori della modellazione e le reali condizioni della muratura e della roccia di fondazione da farsi all'inizio dei lavori suggeriranno adeguamenti e modalità costruttive migliorativi,
- (\$) = valori che si verificano alla base della muratura. $C_{medio} = 400-600$ kPa all'interno dell'ammasso di muratura.

I risultati ottenuti sono concordi con le evidenze presenti in letteratura; in particolare si ha che:

- nella muratura la compressione post costruzione rimangono stabili e aumentano leggermente con l'invaso. I cicli successivi di vaso e di temperatura non modificano apprezzabilmente lo stato tensionale. L'invaso induce aumenti di sollecitazione nell'ordine di circa 100 kPa.
- nel calcestruzzo sia a monte che a valle le sollecitazioni cominciano a stabilizzarsi a partire dalla fine della costruzione. I successivi cicli di carico non modificano in maniera apprezzabile lo stato tensionale. L'invaso induce aumenti medi di sollecitazione nell'ordine di 100 kPa.

Il piede di monte, nei pressi del cunicolo di ispezione, è una zona particolarmente sollecitata. In fase di costruzione sulla base delle evidenze constatate sia sulla muratura che sulla roccia di fondazione l'analisi potrà essere ulteriormente dettagliata e si potranno introdurre misure aggiuntive.

Verifiche in Condizioni Sismiche

Secondo il DM'82 le azioni di compressione, sia sulla muratura esistente che sul calcestruzzo aggiunto, rimangono sempre a livelli accettabili.

Per le verifiche in accordo al NTD'08 come sisma base di esercizio (SLD) è stato assunto un evento con tempo di ritorno pari a $T_r = 200$ anni la cui a_{max} è 0.054 g mentre per lo stato limite di collasso si è fatto riferimento al sisma SLC con tempo di ritorno $T_r = 2475$ anni la cui $a_{max} = 0.142$ g.

La presenza dei due rinfianchi in calcestruzzo a monte e a valle risulta essere efficace per quanto riguarda il comportamento sismico della struttura. Infatti, su questi, la maggior parte delle sollecitazioni indotte dal sisma vengono assorbite dal calcestruzzo.

Allo Stato Limite di Collasso in caso di involucro vuoto la resistenza a trazione del calcestruzzo non viene mai superata raggiungendo valori massimi di 1300-1400 kPa in corrispondenza dei piedi di monte e valle. Localmente, nei pressi dei rinfianchi, le trazioni all'interno della muratura possono raggiungere valori attorno i 100 kPa compatibili con la sua resistenza limite. Le compressioni massime sia nella muratura, con valori attorno i 950 kPa, che nel calcestruzzo, con valori di 1400 kPa, rimangono ovunque a livelli accettabili.

Allo Stato Limite di Collasso in caso di involucro pieno la resistenza a trazione del calcestruzzo non viene mai superata a meno di circoscritte zone corticali sui paramenti in corrispondenza dei piedi di valle e di monte. Localmente, nei pressi dei rinfianchi, le trazioni all'interno della muratura possono raggiungere valori attorno i 200 kPa compatibili con la sua resistenza limite. Le compressioni massime sia nella muratura, con valori di 1000 kPa, che nel calcestruzzo, con valori di 1600 kPa rimangono ovunque a livelli accettabili.

Sollecitazioni al Contatto tra Struttura Esistente e Rinfianchi di monte e Valle.

I calcoli strutturali evidenziano che le sollecitazioni al contatto tra la vecchia e la nuova struttura sono relativamente contenute. L'indagine su questo aspetto molto delicata e di alta rilevanza è stata perfezionata con un'analisi agli elementi finiti realistica e quindi complessa (termo-deformazionale, con evoluzione delle proprietà del calcestruzzo nel tempo).

Si sono esaminate diverse soluzioni per migliorare la solidarizzazione tra le due strutture, ma, si è concluso che sia preferibile provvedere ad un semplice corrugamento, tramite idrodemolizione, della muratura esistente dopo la demolizione corticale. Verrà in pratica rimossa parte della malta lasciando emergenti gli elementi litici della struttura esistente. Se necessario, si potrà migliorare l'adesione spalmando sostanze adesive sulla superficie di contatto prima del getto.

Il calcestruzzo della nuova struttura assorbe la maggior parte delle variazioni termiche cosicché la muratura si troverà, in futuro, in condizioni più favorevoli ed a temperature più costanti di quelle attuali, con notevole vantaggio sulla vita utile del manufatto. Si provvederà ad un continuo e diffuso controllo delle temperature del calcestruzzo durante le fasi di getto e ad un monitoraggio delle temperature sia nella struttura originaria che nelle parti aggiuntive.

Livello d'Acqua per la Stabilità.

La soluzione progettuale è compatibile con un aumento della quota di massima regolazione, in virtù del sovrizzo del coronamento, a quota 718.00 m s.l.m.

2.8 Impermeabilizzazione del paramento di monte

L'impermeabilizzazione è garantita dal nuovo Paramento di monte, in calcestruzzo.

2.9 Nuovi organi di scarico

2.9.1 Considerazioni sugli organi di scarico originari

Le opere di scarico originarie a servizio della diga di Badana sono costituite da uno scarico di superficie a sifoni e da uno scarico di fondo composto da 2 condotte indipendenti.

Le condotte dello scarico di fondo, leggermente divergenti e realizzate in ghisa con diametro DN 600, erano installate sulla sezione maestra, con asse a circa quota 668.50 m s.l.m. A seguito dei lavori di messa in sicurezza della diga, la condotta sinistra è stata demolita per lasciar posto al cunicolo passante, mentre la condotta destra è stata rivestita internamente con un tubo in HDPE di diametro DN 500 mm.

Lo scarico di superficie, tuttora integro, è costituito da una batteria di sei sifoni autoinnescanti ubicati sulla spalla sinistra della diga in adiacenza alla muratura. I sifoni hanno una sezione quadrata di dimensione 1.9 x 1.9 m. La quota di sfioro, coincidente con la quota di massima regolazione, è posta alla quota 716.90 m s.l.m. La quota di innesco/disinnesco del sifone è a 717.00 m s.l.m. Il sistema di sfioro attuale è in funzione dal 1932.

Si fa notare che la quota di massimo invaso del serbatoio indicata nei documenti della diga (FCM), 717.00 m s.l.m., coincide con la quota di innesco dello scarico di superficie a sifoni. La differenza tra la quota di massimo invaso e la quota di massima regolazione è dunque pari a 0.1 m, l'esiguo volume disponibile per la laminazione della piena è di soli 25 000 m³.

A valle del coronamento, i sifoni recapitano in un canale di scarico a forte pendenza. La soglia di ingresso del canale è alla quota 711.50 m s.l.m. mentre la sezione terminale dello scivolo è posta a quota 683.00 m s.l.m. Il canale termina sul ciglio di un dirupo naturale in roccia, distante circa 50 m dal piede di valle della diga.

La verifica idraulica degli scarichi originari della diga è descritta nel documento Vol. 4A del primo Progetto Definitivo (SIA 2009 all. T). L'analisi ha evidenziato un'importante insufficienza dello scarico di superficie a sifoni nel controllo e smaltimento delle piene. In particolare, in relazione alla laminazione della piena di progetto con tempo di ritorno 1000 anni, la quota di massimo invaso ricalcolata risulta superiore di ben 0.45 m alla quota del coronamento, con conseguente rischio concreto di tracimazione della diga. La situazione pare ancor più critica se si osserva che la verifica idraulica dei sifoni risulta ugualmente non verificata anche per la ben più modesta piena con tempo di ritorno 200 anni.

Il funzionamento degli scaricatori a sifoni presenta alcune criticità legate al rilascio impulsivo ed incontrollabile delle portate. Raggiunto difatti il livello d'invaso corrispondente alla quota caratteristica di innesco, la portata scaricata passa istantaneamente da un valore pressoché nullo alla portata massima, che nel caso della diga di Badana corrisponde a circa 75 m³/s.

L'intervento di adeguamento degli scarichi, che si inserisce nel più ampio progetto di ristrutturazione della diga, è dunque volto a migliorare la gestione dell'impianto e lo smaltimento in totale sicurezza delle piene.

Va inoltre sottolineato che l'adeguamento dello scarico di superficie risponde alla richiesta della Direzione Generale Dighe espressa con lettera Prot. n. 060617 del 18 aprile 2006.

2.9.2 Nuovo sfioratore di superficie

Il progetto di potenziamento dello scarico di superficie, i cui dettagli sono riportati nel documento Vol. 3C del presente Progetto, considera la sostituzione dell'attuale sfioratore a sifoni con un nuovo sfioratore a soglia libera. La soluzione tecnica è stata studiata con l'obiettivo di integrare la nuova opera sia con gli interventi sulla statica della diga, in particolare con il sovrizzo del

coronamento di circa 4 m (quota 721.20 m s.l.m.), sia con l'innalzamento della quota di massima regolazione a 718.00 m s.l.m.

Rispetto ad una soluzione con soglia presidiata, lo sfioratore a soglia libera ha l'indubbio vantaggio di ridurre al minimo la manutenzione necessaria e, non meno importante, di allontanare il pericolo di una parziale ostruzione dell'imbocco da parte di materiale flottante nel serbatoio. Rispetto alla soluzione attuale, inoltre, lo sfioratore a soglia libera elimina la gestione impulsiva e incontrollabile dei rilasci che caratterizza i sifoni.

Considerando la complicata situazione sia strutturale che topografica della diga di Badana, lo studio della soluzione idraulica ottimale ha consigliato la scelta di uno sfioratore di tipo non convenzionale con soglia a labirinto. Questa tipologia di opere, ormai largamente impiegata e collaudata, ha il riconosciuto vantaggio di presentare, a parità di capacità, un ingombro laterale contenuto e dunque di inserirsi con un impatto minimo in un progetto finalizzato al potenziamento di opere di scarico esistenti.

Lo sfioratore a labirinto sarà realizzato in sponda sinistra nel vano ricavato dalla demolizione degli attuali sfioratori a sifone. La soglia di sfioro risulta arretrata rispetto all'asse della diga e ruotata in pianta di 45° (si veda il disegno BADE-3601). Quest'ultimo accorgimento ha lo scopo di migliorare il deflusso delle correnti in ingresso dal serbatoio.

La soglia di sfioro sarà posta a quota 718 m s.l.m. La larghezza complessiva del labirinto sarà di circa 14.2 m, circa uguale a quella dell'originario sfioratore a sifoni, consentendo dunque di riutilizzare senza importanti interventi di recupero il canale di scarico esistente.

Nel 2010 il gestore Mediterranea delle Acque ha incaricato il Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Marittima, Ambientale e Geotecnica dell'Università di Padova di realizzare un modello fisico in scala del nuovo sfioratore, con l'obiettivo di verificare ed eventualmente ottimizzare la capacità di scarico e le condizioni di deflusso, ottemperando inoltre alla richiesta di approfondimenti avanzata dalla Direzione Generale Dighe.

Le prove su modello hanno permesso di acquisire utili informazioni circa il reale comportamento della soglia a labirinto inserita nel particolare contesto topografico dell'opera. La flessibilità costruttiva del modello ha permesso di testare differenti configurazioni della geometria di imbocco dello scarico con l'obiettivo di migliorare le condizioni di approccio della corrente, ampliando la superficie liquida disponibile e diminuendo il carico idraulico necessario nella gestione delle portate più importanti. I dettagli circa le analisi condotte e i risultati ottenuti sono illustrati nel Vol. 3C, all.A.

La curva di capacità dello scarico a labirinto ricavata dalle misure sul modello fisico è stata infine impiegata nel calcolo della laminazione della piena di progetto con tempo di ritorno 1000 anni. I risultati del calcolo hanno permesso di definire la nuova quota di massimo invaso del serbatoio pari a 719.15 m s.l.m.

Il franco netto al coronamento, considerata la semi-ampiezza dell'onda caratteristica del serbatoio 0.21 m, è dunque pari a 1.84 m.

2.9.3 Nuovo scarico di fondo

Il progetto di adeguamento dello scarico di fondo, i cui dettagli sono riportati nel Vol. 3C dell'attuale Progetto definitivo, all. A, considera la sostituzione delle attuali condotte di scarico con una nuova condotta ispezionabile e un nuovo apparato di controllo e regolazione delle portate.

Il nuovo scarico di fondo sarà costituito da un'unica condotta circolare di diametro 1.00 m e lunghezza complessiva circa 62 m, alloggiata su selle metalliche sul fondo dell'attuale cunicolo

trasversale e in gran parte ispezionabile. La quota asse dell'imbocco sarà posta a quota 670.8 m s.l.m. mentre l'uscita al piede di valle sarà posta a quota 668.70 m s.l.m.

La presa dello scarico sarà protetta dai detriti e dai materiali flottanti per mezzo di una griglia metallica alloggiata in una struttura di calcestruzzo ricavata sul cordolo al piede di monte. La condotta all'imbocco è inclinata verso il basso e si raccorda con il successivo tratto orizzontale per mezzo di una curva di raggio 2 m. L'asse della condotta inclinato consente di rialzare la quota di minimo invaso e dunque di creare al di sotto di essa un piccolo volume di accumulo per i sedimenti.

Gli organi di intercettazione dello scarico di fondo saranno costituiti da una valvola a saracinesca e da una valvola a cono fisso di tipo "Howell-Bunger". La valvola a saracinesca sarà installata nel cunicolo poco a valle dell'imbocco e gestirà l'apertura e la chiusura dello scarico. La valvola a cono sarà installata all'uscita della condotta, al piede della diga, e regolerà la portata scaricata. La valvola a cono verrà equipaggiata con una schermatura studiata per contenere e direzionare il getto d'acqua. La capacità massima dello scarico è di circa 14 m³/s corrispondente ad un livello del serbatoio pari alla quota di massima regolazione (718 m s.l.m.). Operando alla massima capacità, ovvero con la valvola a cono completamente aperta, e considerando un livello iniziale d'invaso di 718 m s.l.m., i risultati della verifica idraulica mostrano che la durata complessiva dello svasso rapido del serbatoio è di circa 5 giorni.

2.9.4 Opere di Dissipazione a Valle Diga

La diga di Badana non dispone di opere specifiche per il controllo e la dissipazione dell'energia a valle degli scarichi. Lo scarico di fondo originario rilasciava le modeste portate nell'alveo del torrente immediatamente a valle del piede diga, mentre l'attuale scarico di superficie a sifoni restituisce le portate sfiorate in un canale a forte pendenza, costruito sulla spalla sinistra, che termina sul ciglio di un dirupo naturale in roccia.

La dissipazione dell'energia del getto dello scarico di fondo sarà in gran parte affidata al dispositivo annesso alla valvola a cono fisso. Questo tipo di valvola consente una prima importante dissipazione dell'energia all'interno della valvola stessa, successivamente il getto, aprendosi a ventaglio, perde di continuità per aerazione spontanea. La protezione del fondo alveo nella zona di impatto del getto sarà costituita da una sistemazione in massi sciolti di idonea pezzatura. Per garantire la stabilità della massicciata è prevista una legatura con malta di cemento.

La dissipazione dell'energia della corrente dello scarico di superficie è realizzata dalla forte turbolenza per aerazione spontanea che si genera nell'impatto del getto con le pareti rocciose della sponda sinistra al termine dello scivolo e in parte dal rimescolamento del flusso nel sottostante bacino di smorzamento ricavato approfondendo il fondo alveo. Considerate le buone caratteristiche meccaniche della roccia affiorante al piede del canale non sembrano necessari particolari accorgimenti per la protezione del fondo alveo dall'azione della corrente.

Le condizioni di dissipazione al piede del canale di restituzione sono state verificate su modello fisico. Le indagini hanno permesso di misurare gli effetti dell'impatto del getto sul fondo alveo evidenziando come la direzione della corrente in uscita permetta di escludere ogni interferenza con le strutture realizzate al piede diga.

2.10 Opere di presa

2.10.1 Le opere di presa originarie

La diga di Badana è provvista di 4 prese per la derivazione dell'acqua del serbatoio ad uso potabile che per la produzione di energia idroelettrica e di una ulteriore derivazione addizionale a livello dello scarico di fondo. Le prese originarie sono localizzate a quote differenti in prossimità della spalla destra e attraversano interamente il corpo murario della diga.

Le 4 prese si trovano rispettivamente a quota 711.60 m, 706.60 m, 700.65 m e 691.90 m s.l.m. e hanno un diametro DN 500, mentre la derivazione addizionale si stacca dalla condotta destra dello scarico di fondo, quota asse originario 668.5 m s.l.m. e diametro DN 500. Quest'ultima derivazione è attualmente fuori servizio. Ciascuna presa emerge direttamente dal paramento di monte ed è protetta alla bocca da una gabbia di acciaio.

Gli organi per il controllo delle prese sono costituiti da un ugual numero di saracinesche installate al termine di ciascuna condotta e alloggiata all'interno di nicchie in pietrame e muratura addossate al paramento di valle della diga. A valle della diga le condotte di presa convergono in un'unica condotta di raccolta di diametro DN 500 che, scendendo lungo il versante destro della valle, recapita nella vicina centrale di Lavezze Lago.

Si fa notare che, non essendo presente alcun organo di intercettazione a monte della bocca di presa, ciascuna condotta, nel tratto che attraversa il corpo diga, è costantemente in pressione. Questa condizione, affatto desiderabile, espone la muratura della diga al pericolo di infiltrazioni ad alta pressione in caso di danneggiamento o prolungata usura delle condotte stesse. Una eventualità, quest'ultima, effettivamente occorsa nel febbraio 2006 come conseguenza della rottura delle condotte dello scarico di fondo.

Considerato che le attuali prese hanno operato per quasi 100 anni, il grado di deterioramento delle condotte in ghisa non può che risultare elevato, ipotesi questa confermata dalla recente ispezione visiva della condotta dello scarico di fondo realizzata con medesimo materiale ed in funzione dagli stessi anni. Sulle pareti interne della condotta erano evidenti i segni di un'ossidazione avanzata. L'efficienza idraulica e la resistenza dei materiali pare dunque ragionevolmente compromessa.

L'intervento di adeguamento delle opere di presa è dunque volto ad assicurare una gestione più sicura ed efficiente dell'impianto.

2.10.2 Nuove opere di presa

In conformità con quanto richiesto dal gestore Mediterranea delle Acque e condiviso dalla Direzione Generale Dighe, il progetto di recupero delle prese di derivazione ha considerato la costruzione di una nuova opera specifica costituita da una torre di presa ubicata in adiacenza al paramento di monte in chiave alla diga.

La torre di presa raccoglie su un'unica sezione verticale tutte e 4 le singole opere di presa originarie, mantenendo invariate le quote di derivazione. Ogni bocca di presa sarà presidiata da una paratoia piana a strisciamento azionata, attraverso una serie di aste metalliche, dalla sommità del coronamento per mezzo di un motore elettrico a vite senza fine.

Le acque di derivazione, convogliate all'interno della struttura della torre, confluiranno in un unico condotto di adduzione. Il condotto, di diametro DN 500, sarà alloggiato su selle metalliche sul fondo del cunicolo trasversale e sarà in gran parte ispezionabile.

Inoltre, al fine di garantire anche il ripristino della presa sul fondo del serbatoio, sarà prevista una derivazione diretta dalla condotta del nuovo scarico di fondo inserita immediatamente a monte della valvola a cono. La condotta di by-pass, di diametro DN 400, sarà azionabile per mezzo di una valvola a saracinesca con volantino.

La condotta di by-pass potrà essere impiegata per allagare la condotta dello scarico di fondo e facilitare la manovra a carico bilanciato della valvola a saracinesca di apertura.

2.10.3 Lavorazioni, quantità principali.

Vengono di seguito indicate, in Tab.2.2, le principali quantità di lavoro relative agli interventi di manutenzione straordinaria necessari per rimettere in esercizio la diga di Badana.

Vengono di seguito elencate le principali quantità di lavoro relative agli interventi di ristrutturazione della diga di Badana, così come previsti nel presente Progetto Definitivo. Le quantità sono state dedotte con misure geometriche dagli elaborati grafici contenuti nel Vol. 2, all.A.

Tipologia	Quantità
Demolizioni	
Demolizioni in muratura	29.740 (m ³)
Idrodemolizioni	9.800 (m ³)
Scavi all'aperto e in sotterraneo	
Scavi in terreno sciolto all'aperto	3.130 (m ³)
Scavi in roccia all'aperto	18.230 (m ³)
Scavi in roccia in sotterraneo	2.300 (m ³)
Iniezioni per consolidamenti	
Numero fori	n° 425
Lunghezza perforata	4300 (m)
Iniezioni di miscele cementizie	215000 (kg)
Iniezioni per Schermo	
Numero fori	n° 176
Lunghezza perforata	6706 (m)
Iniezioni di miscele cementizie	464750 (kg)
Drenaggi	
Numero fori	n° 135
Lunghezza perforata	2345 (m)
Lunghezza canne installate sul paramento di monte	2700 (m)
Casserature, Calcestruzzi e Ferro	
Casserature piane o curve	32500 (m ³)
Calcestruzzi	98255 (m ³)

Ferro di armatura	190000 (kg)
Forniture Metalliche, Idromeccaniche ed Elettromeccaniche	
Paratoie per opere di presa	n° 4
Condotta opera di presa	6150 (kg)
Valvole scarico di fondo (Saracinesca + Volantino + Howell Bunger)	n° +1+1
Condotta scarico di fondo	12600 (kg)
Paranco elettrico	n° 2
Strumentazione Diga	
Pendoli	n° 2
Piezometri elettrici	n° 19
Piezometri a punta chiusa	n° 4
Misuratori di portata a stramazzo	n° 2
Sensori di temperatura	n° 17
Barre estensimetriche	n° 38
Capsule tensiometriche	n° 4
Borchie di livellazione	n° 40
Capisaldi di livellazione	n° 4
Misuratore di livello (invaso)	n° 1
Sismografi	n° 2
Sistema acquisizione dati	n° 1

Tabella 2.2 Lavorazioni, quantità principali.

2.11 Costi

2.11.1 Costi diretti

La tabella che segue illustra in forma sintetica il costo preventivato per la realizzazione degli interventi di manutenzione straordinaria della diga di Badana.

Tipologia	Costi
Opere di cantierizzazione	€ 1.800.000
Prove preliminari in situ e in laboratorio	€ 76.756
Strade di accesso al coronamento e piede diga	€ 148.521
Demolizione calcestruzzo con martelloni e idrodemolizione	€ 3.033.300
Scavi all'aperto	€ 921.900
Scavi in sotterraneo	€ 518.480
Perforazioni e iniezioni per consolidamenti	€ 366.920
Perforazioni e iniezioni per schermo	€ 909.167
Drenaggi corpo diga	€ 252.660
Drenaggi fondazione diga	€ 376.480
Calcestruzzi, casserature, ferro e waterstop	€ 21.293.425
Elementi metallici e Arredi e	€ 240.250
Forniture elettromeccaniche	€ 375.680
Strumentazione	€ 271.480
Totale costi diretti	€ 30.585.019

Tabella 2.3 Costi Diretti.

2.12 Tempi dell'intervento

Il cronoprogramma, esposto nel successivo prospetto, prevede che l'esecuzione di tutte le opere contemplate nel presente Progetto Definitivo si svolga nell'arco temporale di 3 anni solari consecutivi (33 mesi). Si ipotizza che ogni mese solare sia composto di 20 giorni lavorativi.

Tenuto conto delle sfavorevoli condizioni climatiche che caratterizzano l'ambiente di esecuzione dei lavori (situato a circa 700 m di quota, all'interno di una valle esposta a Nord Est), il programma prevede una riduzione delle attività nei mesi di novembre e dicembre ed una totale sospensione nei mesi di dicembre e gennaio.

In particolare, l'esecuzione dei getti di calcestruzzo all'aperto per la formazione del corpo diga e delle opere annesse è limitato al solo periodo intercorrente tra i mesi di marzo e di ottobre.

Nei mesi di novembre e febbraio possono invece essere eseguiti lavori non particolarmente influenzati dal freddo, quali, ad esempio le demolizioni, gli scavi e le opere in sotterraneo.

Il programma, basato sulla previsione che i lavori siano consegnati all'inizio di un anno solare, dovrà essere ovviamente corretto nel caso variasse la data di inizio dei lavori.

Il programma potrebbe subire slittamenti temporali nel caso di eventuali sospensioni disposte dal Direttore dei Lavori per cause eccezionali, non prevedibili alla data di affidamento delle opere.

1° anno

Per l'installazione del cantiere, consistente nella formazione delle piste e dei piazzali di lavoro, nell'allestimento delle strutture logistiche ed operative e nel montaggio degli impianti di produzione, si prevedono 4 mesi di attività (da febbraio a maggio).

In particolare, dovrà essere eseguito l'adeguamento della pista di cantiere sulla sponda destra a valle diga per consentire il transito a mezzi di cantiere di elevato peso ed ingombro.

Nello stesso periodo saranno eseguite le prove preliminari di assorbimento sui campi prove predisposti sul piede di valle della diga (durata circa 2 mesi).

A partire dal mese di aprile verrà dato inizio alla demolizione delle porzioni di diga da asportare. Sarà data precedenza al coronamento sopra quota 705 (circa 200 m³/giorno). Poiché i detriti verranno scaricati a valle diga, non potranno essere contemporaneamente eseguite per sicurezza altre attività ai piedi della diga. I detriti serviranno a creare banche di lavoro per la successiva demolizione della placca di diga lesionata sul paramento di valle (sotto quota 694), prevista tra i mesi di luglio e novembre (circa 150 m³/giorno).

Nello stesso periodo potrà essere eseguita la demolizione delle strutture in calcestruzzo dello scarico di superficie (sfioratore e scivolo).

Lo scavo in roccia dei bracci di galleria sulle spalle destra e sinistra a monte diga è previsto tra i mesi di agosto e ottobre (avanzamento medio giornaliero: 2-3 metri).

2° anno

Nel mese di febbraio inizieranno i lavori di scavo all'aperto sui piedi di valle e di monte della diga, che richiederanno circa 2 mesi di attività.

A partire dal mese di marzo inizieranno i getti del rinfiacco di valle della diga nella porzione compresa tra le quote 667 e 694, ivi compresa la formazione dei gradoni laterali. Il termine è previsto per il mese di ottobre (produzione giornaliera: circa 200 m³).

In contemporaneità saranno eseguiti i consolidamenti della roccia sul piede di valle della diga.

La demolizione e la contestuale realizzazione del rinfiacco di monte della diga, eseguite in alternanza con le modalità operative descritte nelle Specifiche Tecniche (Cap. 10.4) richiederà tutto il 2° anno e si prolungherà anche nell'anno successivo. Il volume dei getti giornaliero sarà di circa 125 m³).

In contemporaneità sarà realizzata l'opera di imbocco dello scarico di fondo. La costruzione delle nuove opere di presa sarà eseguita durante l'esecuzione del rinfiacco di monte, a mano a mano che i getti procedono in elevazione.

La contemporanea costruzione dei gradoni sulle sponde destra e sinistra a monte diga consentirà la perforazione dei prolungamenti delle canne drenanti per il collegamento con le gallerie di drenaggio (tra i mesi di maggio ed agosto).

Nel corso del 2° anno verranno anche eseguiti gli scavi della vasca di dissipazione e di rimodellamento dello sfioratore e dello scivolo a valle.

I getti di rivestimento dei bracci in roccia delle gallerie di drenaggio saranno eseguiti nei mesi di marzo ed aprile, in modo da poter permettere la realizzazione dello schermo di impermeabilizzazione a partire dal mese di maggio.

L'installazione degli strumenti di misura all'interno del corpo della diga avverrà nel corso dei getti dei rinfianchi, secondo gli schemi previsti nelle tavole di Progetto.

3° anno

Le demolizioni del paramento di monte riprenderanno nel mese di febbraio ed i getti (compresa la parte superiore delle opere di presa) nel mese di marzo, con ultimazione nel mese di maggio.

Sul paramento di valle le demolizioni ed i getti sopra quota 694 procederanno alternativamente, con le stesse modalità del paramento di monte, e raggiungeranno la quota 705 alla fine dello stesso mese di maggio (produzione: circa 80 m³/giorno).

Completati i rinfianchi sui paramenti di monte e di valle della diga, sarà iniziata la ricostruzione del coronamento (tra le quote 705 e 721) che richiederà circa 5 mesi di lavoro (tra i mesi di giugno e ottobre) con produzione giornaliera di 325 m³ circa.

Nel corso del 3° anno verrà completato lo schermo di impermeabilizzazione operando dall'interno del cunicolo di monte. A schermo ultimato (luglio) verranno realizzati i drenaggi dall'interno della stessa galleria (tra i mesi di agosto e ottobre).

Nel corso del 3° anno verranno realizzati i montaggi delle apparecchiature elettromeccaniche per lo scarico di fondo e per le opere di presa (tubazioni, valvole, saracinesche, argani, attrezzature di manovra, ecc.). Saranno anche eseguiti i getti di 2° fase per l'inghisamento dell'imbocco della tubazione dello scarico di fondo nel calcestruzzo della diga, nonché il rimodellamento della galleria trasversale di accesso alla diga.

Sarà portata a termine l'installazione degli strumenti di misura all'interno del corpo della diga e saranno installati gli arredi previsti in Progetto (scale, ballatoi, passerelle, corrimano, impianti di illuminazione e di sicurezza).

Ultimati, o comunque ridotti, i transiti di cantiere, si darà corso alla ristrutturazione della strada per l'accesso al coronamento e a monte diga, con la formazione di terre armate vegetate, la stesa della pavimentazione e l'installazione delle dotazioni di sicurezza. Parallelamente sarà adeguatamente sistemata la strada di accesso al piede di valle della diga.

Da ultimo si procederà allo smobilizzo del cantiere ed alle opere di ripristino ambientale, prevedendo il completamento di ogni attività all'inizio mese di Novembre.

DIGA DI BADANA - Interventi di Manutenzione Straordinaria
PROGETTO DEFINITIVO
CRONOPROGRAMMA DELLA COSTRUZIONE

14 MAR 31

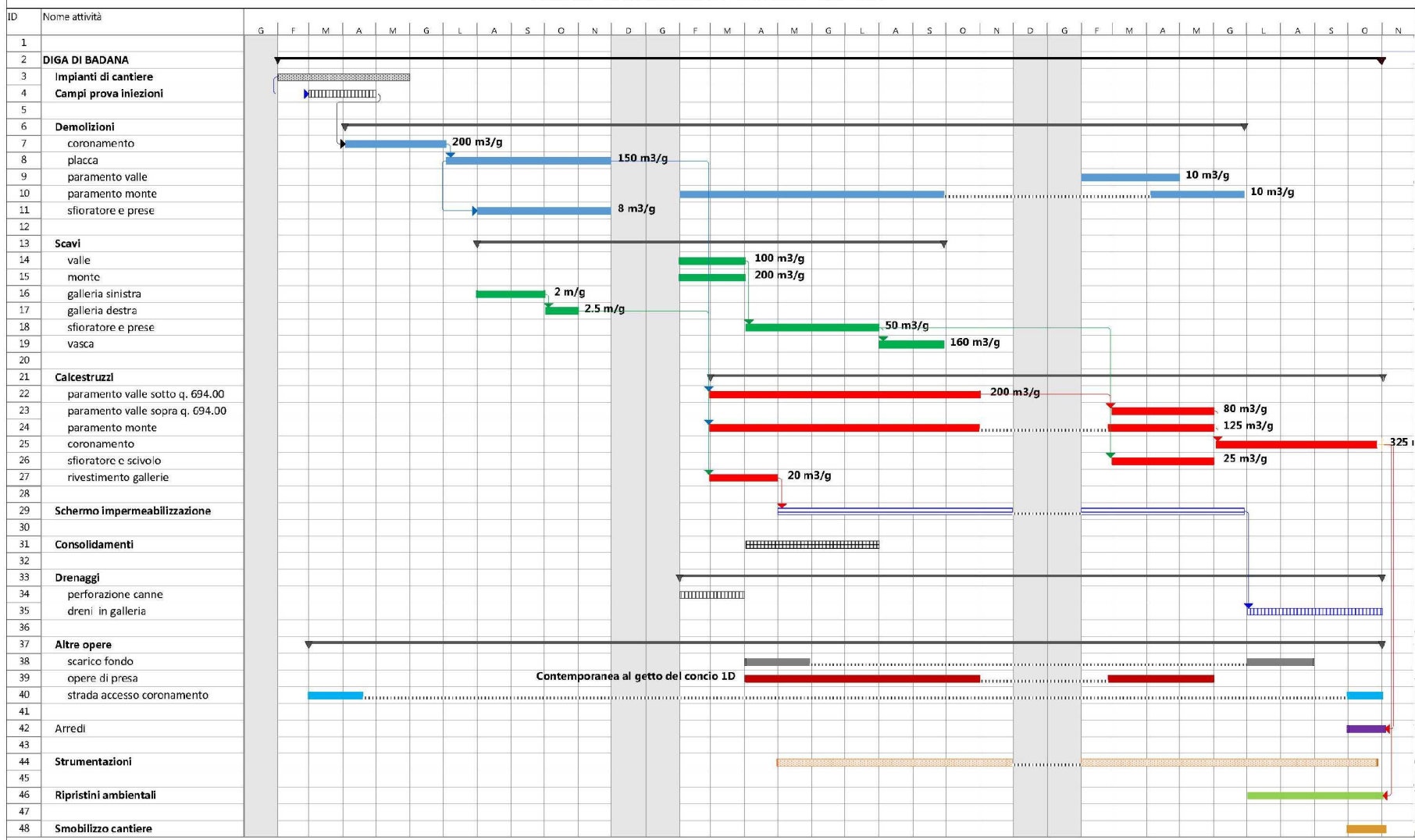


Figura 2.1 Cronoprogramma dei lavori (2014).

2.13 Strade e impianti logistici

2.13.1 Strada di Accesso e Piste di Cantiere

La realizzazione delle opere di ristrutturazione della diga sarà preceduta innanzitutto dall'adeguamento della strada d'accesso agli impianti del Gorzente, le cui caratteristiche di transitabilità appaiono oggi non adatte, per le condizioni del fondo, le notevoli pendenze e la ridotta larghezza della sede, a garantire il traffico degli automezzi adibiti al rifornimento dei materiali in cantiere, al trasporto delle attrezzature e dei macchinari ed ai servizi generali.

Lungo il percorso della strada sarà necessario apportare modifiche lungo il tracciato per migliorarne le caratteristiche geometriche, con locali modesti allargamenti, e le caratteristiche del fondo con cementazioni localizzate ai tratti di maggiore pendenza, detti tratti non sono attualmente in grado di sopportare il previsto transito piuttosto intenso di mezzi pesanti sono previsti altresì sistemi di drenaggio della strada ed opere di captazione delle acque di attraversamento. Si dovranno altresì realizzare piazzole di scambio per l'incrocio degli automezzi ed il loro eventuale ricovero temporaneo in caso di guasto.

Visto che la strada potrà ospitare un solo senso di transito sarà necessario provvedere alla semaforizzazione di alcuni tratti (in particolare quello in discesa verso il lago Lavezze). Tale provvedimento provocherà verosimilmente soste prolungate di autocarri su piazzole di ampia capacità ricavate appositamente alle estremità dei tratti più pendenti o comunque adatti allo scopo.

L'adeguamento del tracciato stradale è stato attentamente studiato attraverso uno progetto dedicato (vedi Allegato Q, SIA 2009).

L'accesso al nuovo coronamento, sopraelevato di circa 4,00 m rispetto a quello esistente, sarà realizzato, con sviluppo prevalente a mezza costa, tramite una rampa di circa 213 m di lunghezza, 4,00 m di larghezza e con pendenza del 18% circa sul fianco destro della valle.

La scarpata di valle sarà sorretta da muri in terra vegetata in modo da ottenere il minimo impatto ambientale dell'opera. Al piede della scarpata di monte correrà una cunetta di larghezza 1,00 m per la raccolta e l'allontanamento delle acque di ruscellamento.

La sede stradale sarà pavimentata con misto cementato su sottofondo in terra stabilizzata. La strada prosegue oltre il coronamento della diga fino a raggiungere l'esistente piazzale della vecchia casa di guardia a q. 725,50.

L'opera di scarico di superficie in spalla sinistra sarà raggiungibile utilizzando il coronamento della diga ed utilizzando dopo un sostanziale miglioramento delle piste sterrate già esistenti all'interno del bacino che serviranno altresì all'approvvigionamento delle sabbie, ghiaie e della roccia disarticolata, presenti nel bacino stesso, che verranno trasportate all'impianto di frantumazione/selezione a valle dello sbarramento o degli inerti già preparati se si opterà per il posizionamento di un impianto a monte dello sbarramento.

La necessità di accedere allo sfioratore si presenterà peraltro molto raramente; nel corso dei lavori sono da prevedere periodici interventi di manutenzione alla viabilità provvisoria e definitiva, più frequenti durante la stagione invernale e in concomitanza con eventi meteorologicamente sfavorevoli.

2.13.2 Impianti Tecnologici e Strutture Logistiche, scelta della loro collocazione

Una volta completata la viabilità di cantiere, si dovrà provvedere all'allestimento delle strutture logistiche e degli impianti tecnologici, predisponendo piazzali di adeguata ampiezza privilegiando terreni stabili e protetti da possibili dilavamenti ed esondazioni. Uno dei criteri adottati per la localizzazione degli impianti logistici è quello relativo al loro possibile riutilizzo per i futuri lavori previsti sul sistema delle dighe del Gorzente (si veda SIA 2009, Allegato Q. Area campo base Fig. A2, 4 A, 4B, 4C, 4D, Area Elisoccorso Fig. 5A e 5B). In modo particolare, per la prevista manutenzione straordinaria della diga di Lago Lungo.

Le attrezzature logistiche, destinate all'espletamento dei servizi generali, comprenderanno:

- Volumi adibiti a servizi generali: uffici, mensa, alloggiamenti e servizi, infermeria, ecc.;
- Reti per illuminazione, telefonia, acqua, fognature, ecc.;
- Padiglioni adibiti a strutture di servizio (officine, magazzino, laboratorio, ecc.);
- Parcheggi.

Contemporaneamente si darà corso all'installazione degli impianti tecnologici per lavorazione degli inerti e per la produzione dei calcestruzzi, costituiti essenzialmente da:

- impianto di frantumazione e macinazione, dotato di frantoi, granulatori e mulini adeguati alle caratteristiche dei materiali da trattare che possono provenire da scavi o da demolizioni e dalla raccolta di roccia disarticolata nel bacino di Badana e di produttività adeguata a quella richiesta dai programmi esecutivi;
- impianto di lavaggio e di classificazione degli inerti nelle classi prestabilite, costituito essenzialmente da vagli vibranti e da attrezzature di addensamento e di recupero delle frazioni fini e corredato da contenitori di acqua di elevata capacità;
- impianto di betonaggio, dotato di un numero adeguato di mescolatori (betoniere a bicchiere o simili), e corredato da: contenitori di adeguata capacità per il deposito di cemento, filler, additivi e acqua;
- impianto di trattamento delle acque provenienti dalle aree interessate dai lavori e dagli impianti, al fine di eliminare le sostanze inquinanti prima della restituzione opportuna delle acque, vasche di decantazione multistadio;
- macchinari per il trasporto dei materiali (nastri trasportatori, pompe e simili) tra gli impianti ed il loro deposito in stock o sili.

Gli impianti saranno ubicati al piede della diga di Badana (si veda SIA 2009, All. Q. Fig. A2, A3, 2A, 2B, 2C, 3A, 3B,). I primi due impianti e l'impianto di trattamento delle acque potranno essere temporaneamente ubicati, presumibilmente all'inizio delle operazioni di costruzione, all'interno del lago per il periodo necessario alla produzione di inerti con i materiali selezionati, presenti nel sedime del lago.

Dovranno essere inoltre predisposti piazzali di ampia superficie e installati sili di adeguata capacità per costituire scorte di inerti frantumati e/o selezionati tali da sopperire in ogni momento al fabbisogno richiesto dalla produzione di conglomerati cementizi.

A corredo degli impianti principali di produzione del calcestruzzo dovranno essere installate altre strutture ausiliarie destinate a lavorazioni specifiche:

- impianti di iniezione, dotati di macchinari idonei a proporzionare e a confezionare le miscele prescritte e di potenzialità tale da alimentare con continuità le bocche di iniezione previste;
- impianti per l'eventuale confezione e distribuzione di fanghi (biodegradabili).

Infine per il servizio di impianti e macchinari verranno installati impianti ausiliari centralizzati ad alimentazione elettrica, il gestore provvederà alla fornitura dell'energia elettrica necessaria attraverso una linea dedicata:

- Linea elettrica che verrà apprestata in cavidotto esistente con centrale di trasformazione adeguata (si veda SIA 2009, All. Q. Fig.9 SIA 2009);
- impianto di produzione di aria compressa;
- impianto di rifornimento di acqua ad uso industriale;
- distributore di carburanti;
- vasche di accumulo di residui di lavorazione da allontanare.

Per le attività di demolizione e di ristrutturazione del paramento di valle della diga si prevede l'installazione di gru a torre, installate a valle e a monte della diga, le cui braccia abbiano la possibilità di coprire tutta l'estensione dei paramenti.

Una delle gru dovrà essere prevista a servizio delle attività di costruzione del nuovo scarico di superficie in spalla sinistra.

Per la realizzazione dei cunicoli longitudinali nelle spalle della diga dovranno essere installati, in prossimità del piede di valle della diga, impianti di illuminazione e di ventilazione.

Tutte le installazioni dovranno essere rimosse non oltre 15 giorni dopo l'ultimazione dei lavori, e le aree dovranno essere ripristinate non oltre 30 giorni dopo lo smobilizzo del cantiere.

Sui piazzali dovrà essere garantito lo smaltimento delle acque di superficie tramite adeguate canalizzazioni, le acque ed i liquidi derivati dalle lavorazioni saranno convogliate in impianti di decantazione e/o di depurazione, per essere poi recapitate in un corpo idrico non destinato a consumo umano (a valle del Lago di Lavezze Vedere Carta) attraverso una tubazione superficiale adeguatamente ancorata, che verrà rimossa entro 15 giorni dalla conclusione delle attività che ne richiedono l'utilizzo.

La scelta dei siti è stata condotta tenendo in considerazione il loro possibile riutilizzo nelle attività future previste (si veda il punto 2.15 del presente volume), ciò è stato sostanzialmente sostenibile per gli insediamenti logistici ma non per gli impianti tecnologici che saranno concentrati a valle dello sbarramento di Badana.

I siti che ospiteranno gli insediamenti logistici sono stati scelti con l'obiettivo di minimizzarne l'impatto attraverso la selezione di aree: già utilizzate per questi scopi, che potessero essere riutilizzate per i lavori futuri e morfologicamente più adatte e sufficientemente distanti dai bacini.

Gli impianti tecnologici, destinati alle principali lavorazioni saranno posizionati a valle dello sbarramento. Questo settore di territorio presenta della criticità legata alla presenza del cunicolo di scarico della diga che, in caso di piena, rilascia a valle le portate del rio Badana, in modo da evitare l'innalzamento del lago, anche temporaneo, per ovvi motivi di sicurezza.

Sarà perciò necessario minimizzare il rischio di esondazione dei piazzali temporanei, previsti comunque a quote congrue con il deflusso, su cui saranno posizionati i principali impianti tecnologici. L'esondazione infatti comporterebbe il dilavamento dei materiali, necessari alle

lavorazioni eventualmente presenti sui piazzali stessi, ed il loro conseguente rilascio nel corso d'acqua ed il convogliamento verso il bacino del lago di Lavezze.

A questo scopo è stata prevista, in questa fase dello studio, una canalizzazione che consenta il rilascio, senza ostacoli, delle acque provenienti dal cunicolo di scarico con previste portate di circa 96 m³/s per un tempo di ritorno di 30 anni; il transito dei mezzi tra i piazzali verrà assicurato da un sistema di ponti Bailey (si veda SIA 2009, All. Q. Fig.A2, A3, 2A, 2B, 2C, 3A, 3B).

Nella fase precedente la predisposizione del cantiere, la società costruttrice selezionata potrà presentare proposte alternative sia sulla posizione degli impianti che delle soluzioni per la mitigazione del rischio che verranno prese in considerazione se conformi alla necessaria sicurezza ambientale.

Questi aspetti fondamentali della cantierizzazione sono stati affrontati nel SIA 2009 all'Allegato Q, dove le soluzioni sopra indicate sono riportate con l'adeguato dettaglio.

2.14 Attività di cantiere e modalità realizzative

Alcune tra le fonti di rilevante impatto sono da ricercare nelle attività di ristrutturazione previste dal progetto per cui, nella stesura di questo studio, è stata data la necessaria importanza allo svolgimento di tutte le operazioni preventivate che qui di seguito vengono riportate con il necessario dettaglio descrittivo.

2.14.1 Considerazioni sui materiali da costruzione

I volumi più consistenti sono caratterizzati dagli inerti per la confezione dei calcestruzzi.

Il volume totale di inerti necessario sarà di circa 120000 m³ sciolti di cui circa 45000 m³ di sabbie, e circa 75000 m³ di ghiaie.

Non essendo consentita l'apertura di cave di prestito all'interno del Parco, verrà innanzitutto privilegiato, per la produzione degli inerti necessari alla la confezione dei calcestruzzi, il riutilizzo, tramite frantumazione e selezione, dei prodotti di demolizione del corpo diga, della finitura del paramento di valle (Bolognini), dei calcestruzzi, non armati, delle opere accessorie e di scavo di fondazione delle opere, il volume di inerti grossolani derivati dalle operazioni di demolizioni e scavi 50000 m³, da cui è stato stimato possano derivare circa:

10500 m³ di sabbia e 30000 m³ di ghiaia in mucchio.

Il dettaglio di questo rilevante aspetto è affrontato nell'Allegato B a titolo "Piano di utilizzo dei materiali preliminare".

Dal bilancio corrisponde un fabbisogno di circa 45000 m³ di ghiaie e di circa 34500 m³ di sabbie, in mucchio.

Ghiaie

Al residuo fabbisogno della frazione più grossolana degli inerti si potrà sopperire in buona

parte con materiali provenienti dalla raccolta dei depositi alluvionali ghiaiosi e della roccia disarticolata largamente presenti nel bacino di Badana, e che opportunamente lavorati potrebbero produrre circa 28000 m³, con un ammanco di circa 17000 m³.

Sabbia

Al residuo fabbisogno della frazione più sabbiosa degli inerti si potrà sopperire in parte con materiali provenienti dalla raccolta dei depositi alluvionali ghiaiosi e della roccia disarticolata largamente presenti nel bacino di Badana, e da un deposito alluvionale formato, nel bacino di Badana subito a monte della diga. Lo sbarramento ha avuto ed ha lo scopo di raccogliere il trasporto di fondo del torrente ora in erosione, ed il materiale dilavato dal bacino scoperto delle acque di ruscellamento, per evitarne lo sversamento nel bacino di Lavezze; detto materiale appare sostanzialmente sabbioso. Detti materiali opportunamente lavorati potrebbero produrre circa 6200 m³, con un ammanco di circa 28300 m³.

Per i restanti 45000 m³ si potrà far ricorso all'approvvigionamento da impianti di estrazione e di lavorazione autorizzati ed operanti in zona (cave di Isoverde), anche se tale eventualità comporta un sostanziale aggravio dei trasporti con riflessi economici ed ambientali.

Questo aspetto è apparso subito di rilevanza primaria per molte delle componenti di impatto, per cui la minimizzazione dei trasporti è diventata uno degli obiettivi da raggiungere come mitigazione del rischio generale di impatto.

Da qui l'analisi della reperibilità di materiali da costruzione nei pressi della diga è divenuta uno dei temi chiave per detta mitigazione

In conclusioni:

- inerti grossi: pare possibile coprire in buona parte il fabbisogno;
- sabbie: appare necessario un apporto consistente dall'esterno; vista l'importanza di queste ultime per la qualità del calcestruzzo l'apporto di sabbie con caratteristiche migliori di quelle che possono essere prodotte in cantiere sarà certamente positivo.

I volumi più consistenti sono caratterizzati dagli inerti per la confezione dei calcestruzzi.

Il volume totale di inerti necessario sarà di circa 120000 m³ sciolti di cui circa 45000 m³ di sabbie, e circa 75000 m³ di ghiaie.

Non essendo consentita l'apertura di cave di prestito all'interno del Parco, verrà innanzitutto privilegiato, per la produzione degli inerti necessari alla la confezione dei calcestruzzi, il riutilizzo, tramite frantumazione e selezione, dei prodotti di demolizione del corpo diga, della finitura del paramento di valle (Bolognini), dei calcestruzzi, non armati, delle opere accessorie e di scavo di fondazione delle opere, il volume di inerti grossolani derivati dalle operazioni di demolizioni e scavi 50000 m³, da cui è stato stimato possano derivare circa:

10500 m³ di sabbia e 30000 m³ di ghiaia in mucchio.

Lo studio dedicato a questi aspetti è riportato in Allegato B "Piano di Utilizzo di Geo-Materiali provenienti da depositi alluvionali, attività di scavo e demolizioni da eseguirsi nel Perimetro delle aree di intervento".

Dal bilancio corrisponde un fabbisogno di circa 45000 m³ di ghiaie e di circa 34500 m³ di sabbie, in mucchio.

Ghiaie

Al residuo fabbisogno della frazione più grossolana degli inerti si potrà sopperire in buona parte con materiali provenienti dalla raccolta dei depositi alluvionali ghiaiosi e della roccia disarticolata largamente presenti nel bacino di Badana, e che opportunamente lavorati potrebbero produrre circa 28000 m³, con un ammanco di circa 17000 m³.

Sabbia

Al residuo fabbisogno della frazione più sabbiosa degli inerti si potrà sopperire in parte con materiali provenienti dalla raccolta dei depositi alluvionali ghiaiosi e della roccia disarticolata largamente presenti nel bacino di Badana, e da un deposito alluvionale formato, nel bacino di Badana subito a monte della diga. Lo sbarramento ha avuto ed ha lo scopo di raccogliere il trasporto di fondo del torrente ora in erosione, ed il materiale dilavato dal bacino scoperto delle acque di ruscellamento, per evitarne lo sversamento nel bacino di Lavezze; detto materiale appare sostanzialmente sabbioso. Detti materiali opportunamente lavorati potrebbero produrre circa 6200 m³, con un ammanco di circa 28300 m³.

Per i restanti 45000 m³ si potrà far ricorso all'approvvigionamento da impianti di estrazione e di lavorazione autorizzati ed operanti in zona (cave di Isoverde), anche se tale eventualità comporta un sostanziale aggravio dei trasporti con riflessi economici ed ambientali.

Questo aspetto è apparso subito di rilevanza primaria per molte delle componenti di impatto, per cui la minimizzazione dei trasporti è diventata uno degli obiettivi da raggiungere come mitigazione del rischio generale di impatto.

Da qui l'analisi della reperibilità di materiali da costruzione nei pressi della diga è divenuta uno dei temi chiave per detta mitigazione

In conclusioni:

- inerti grossi: pare possibile coprire in buona parte il fabbisogno;
- sabbie: appare necessario un apporto consistente dall'esterno; vista l'importanza di queste ultime per la qualità del calcestruzzo l'apporto di sabbie con caratteristiche migliori di quelle che possono essere prodotte in cantiere sarà certamente positivo.

Nel caso si riscontrassero materiali classificabili come non pericolosi secondo la norma citata questi potranno naturalmente essere impiegati nel ciclo produttivo previsto.

Nel caso si riscontrassero materiali classificabili come pericolosi ma di caratteristiche geotecniche favorevoli si ritiene che il loro impiego non modifichi la situazione data dal "fondo naturale" purché il ciclo di lavorazione (scavo, trasporto, frantumazione) avvenga in condizioni controllate tali da impedire il rilascio delle polveri, lavaggio dei mezzi, frantumazione in ambiente confinato o umido) vedi punto 15, sopra indicato.

I materiali derivati dalla selezione operata dalla produzione degli inerti e considerati granulometricamente inadatti, dopo averne definito la necessaria idoneità ambientale, possono essere riutilizzati per eventuali lavori di ripristino dei piazzali di lavorazione, o per alcuni interventi di compensazione previsti, consistenti in opere antierosive (banchette con piantumazione).

I materiali, derivati dallo stesso tipo di selezione e provenienti dalle sabbie, ghiaie e dalla roccia disarticolata presente in alveo, a monte dello sbarramento, potranno essere riposizionati, ad

agguagliamento dei prelievi, sulle sponde dei tratti interessati dai prelievi, praticamente nella stessa zona della loro origine.

Quando l'impianto ritornerà operativo e il lago verrà ripristinato, il deposito sarà sommerso nella parte più profonda del bacino ed al riparo da effetti erosivi.

Nel caso in cui, durante le lavorazioni, si incontri materiale considerato potenzialmente contaminato si provvederà a stoccarlo in area separata da quella utilizzata per il materiale non contaminato, a bagnare il cumulo e ricoprirlo con un telo di protezione adeguato, a rendere il cumulo chiaramente identificabile (ad esempio segnalandolo con una bandierina rossa o con apposito cartello, il cumulo sarà posizionato all'interno del bacino presso il sito permanente indicato di seguito).

Detto materiale sarà analizzato per valutare la presenza di sostanze asbestiformi e permetterne in caso di assenza, il riutilizzo in ambiente naturale.

In caso contrario i sedimenti possono essere conferiti ad idonea discarica ma viene anche proposto di poterli confinare in blocchi concreti di calcestruzzo, e tombati in sito per evitare i rischi connessi al trasporto e alla movimentazione ripetuta; la scelta sarà determinata anche dall'analisi dei costi di dette operazioni.

Stesso destino subiranno i materiali derivati dalle operazioni di scavo, con alto rischio di rilascio di fibra, e ritenuti inadatti al confezionamento di calcestruzzo e quindi scartati.

I siti di deposito possono essere collocati nel perimetro del bacino ma fuori dell'antico alveo, e adeguatamente isolati, in apposite nicchie ricavate nell'ammasso roccioso che poi sarebbero opportunamente sigillate, in posizioni considerate opportune da un punto di vista della sicurezza, questa soluzione consentirebbe di:

- mantenere l'elemento inquinante nella zona di provenienza, senza dover trasferire il problema in un altro sito;
- evitarne il trasporto che non esclude rischi di dispersione;
- poter contare su modalità di realizzazioni dei blocchi e relativa collocazione secondo specifiche dedicate;
- riprodurre un confinamento delle fibre simile a quello naturale;
- mantenere costi più sostenibili.

Il Dettaglio di questa soluzione è riportato in Documento di integrazione 1^a conferenza dei servizi, Torino 3 Settembre 2009. Integrazione 7 "Aspetti Inerenti la presenza di rocce potenzialmente amiantifere" (SIA 2009).

2.14.2 Gallerie nelle spalle della diga

Scavi e Presostegni:

Lo scavo delle 2 gallerie di iniezione e drenaggio nelle spalle dalla diga procederà contemporaneamente a fronti contrapposti, alternando le fasi di demolizione o perforazione a quelle di allontanamento dei detriti.

Di norma lo scavo verrà realizzato con cariche di esplosivo di potenzialità molto limitata (preminaggio) e con impiego di martelli demolitori montati su mezzi cingolati leggeri al fine di non

alterare le caratteristiche geomeccaniche della roccia circostante e di non compromettere l'integrità della contigua muratura della diga.

L'allontanamento dei detriti di scavo sarà effettuato, lungo i bracci longitudinali, con pale meccaniche di ingombro limitato e con l'ausilio di vagonetti trainati da locomotori lungo il cunicolo trasversale già realizzato. I prodotti di scavo, accumulati allo sbocco di valle del cunicolo trasversale, saranno poi caricati con pala meccanica su autocarro e trasportati, se idonei, agli impianti di lavorazione degli inerti.

Lo scavo sarà immediatamente seguito da interventi di presostegno dei paramenti rocciosi (bulloni, eventuali centine, spritz-beton armato con fibre o con rete metallica) e, a tratte di circa 10 m, dalla formazione di una preplatea.

Durante le attività di scavo e di getto dovrà essere assicurato lo smaltimento all'esterno delle acque di percolazione opportunamente convogliate; dovranno inoltre essere costantemente funzionanti gli impianti di illuminazione e di ventilazione.

Rivestimento:

Il rivestimento delle pareti dei cunicoli verrà realizzato prima dell'esecuzione degli schermi di impermeabilizzazione e di drenaggio e richiederà l'uso di normali attrezzature di getto (casseri, pompe per calcestruzzo, vibratorii a immersione o a parete).

2.14.3 Scavi di fondazione

Lo scavo di imposta in roccia dei nuovi paramenti della diga sarà realizzato di norma tramite martelli demolitori azionati da macchine cingolate. Si potranno utilizzare cariche di esplosivo di potenzialità molto limitata con il vincolo di non alterare le caratteristiche geomeccaniche della roccia circostante, di non compromettere l'integrità delle murature, che ne permetta la più facile escavazione.

Gli scavi all'aperto procederanno di norma dall'alto verso il basso e quelli al di sotto della quota 690.00 circa si svolgeranno in concomitanza con la demolizione della placca di calcestruzzo lesionata. L'accesso alle aree di lavoro sulle spalle potrà avvenire tramite piste a mezza costa ricavate sui versanti a valle della diga oppure anche dalla sommità del coronamento della diga. Dovrà essere posta particolare cura in prossimità delle tubazioni costituenti le opere di derivazione, che devono essere mantenute integre durante tutto il corso delle lavorazioni.

L'area di lavoro dovrà comunque essere servita dalle gru a torre installate a valle e a monte della diga che permettano il trasporto di attrezzature e di macchinari e, in generale, consentano il collegamento rapido con le aree operative al piede della diga.

I materiali di risulta degli scavi saranno accumulati ai piedi della diga e successivamente caricati con pala meccanica su autocarro e trasportati, se idonei, agli impianti di lavorazione degli inerti.

2.14.4 Trattamento roccia superficiale

A completamento dello scavo d'imposta dei nuovi paramenti della diga, la superficie della roccia sarà modellata ricorrendo eventualmente alla formazione di gradonature e successivamente disaggiata e pulita con getti di aria e acqua in pressione.

Eventuali fessure presenti nella roccia di fondazione saranno ripulite in profondità asportando gli elementi detritici e/o milonitici (seguendo le procedure previste in caso d'incontro di roccia con presenza di amianto) in esse contenuti e saranno successivamente intasate con boiaccia o malta di cemento.

In presenza di roccia caratterizzata da diffusa fratturazione si provvederà a ricoprire la superficie con uno strato di gunite armata, di opportuno spessore con rete metallica, che sarà fissata in profondità alla roccia con chiodi di ancoraggio.

Si procederà quindi al consolidamento con iniezioni come descritto nel seguito.

2.14.5 Demolizione del coronamento e del Paramento di Monte e di valle

Si prevede di eseguire la ristrutturazione dei paramenti di monte e di valle della diga con la seguente sequenza:

- demolizione del coronamento;
- demolizione della placca di diga lesionata;
- asportazione della porzione di diga più corticale (bolognini) e contestuale getto di rimodellamento dei paramenti.

La demolizione del coronamento sarà eseguita, per mezzo di martelloni demolitori installati su macchine operatrici cingolate posizionate sul coronamento a quota 717,00 circa. I prodotti di demolizione saranno scaricati tutti a valle diga e permetteranno di creare delle banche orizzontali necessarie per la demolizione della placca.

La demolizione della placca lesionata (14000 m³ su una superficie di circa 2500 m³ e su un'altezza di 20 m circa) sarà eseguita, in un'unica soluzione, per mezzo di martelloni demolitori installati su macchine operatrici cingolate posizionate su banche orizzontali ricavate direttamente sul paramento di valle, a mano a mano che procede la demolizione dall'alto verso il basso.

I prodotti di demolizione, raccolti al piede della diga, vengono caricati con pale cingolate e, a mezzo di dumpers, trasportati agli impianti di lavorazione degli inerti per la produzione di aggregati da utilizzare per la produzione del calcestruzzo.

La demolizione della porzione più corticale dei paramenti di monte e di valle verrà eseguita contestualmente ai getti di rimodellamento. Si procederà quindi alla demolizione parziale del paramento per porzioni successive di circa 3 m di altezza. In tal modo il getto della porzione sottostante costituirà la piattaforma di lavoro dell'escavatore con martellone. Il lavoro si svolgerà, separatamente, su conci previsti a distanza di circa 10 m, di modo che, mentre si darà corso al getto di alcuni conci, si procederà contemporaneamente alla demolizione del paramento su quelli contigui. Ovviamente i conci in fase di getto saranno altimetricamente sfalsati rispetto a quelli in fase di demolizione.

Tale successione operativa rappresenta una ottimale distribuzione delle risorse in quanto rende possibile l'operatività contemporanea dei mezzi di demolizione e di quelli di getto.

Dopo la demolizione con martelloni, le superfici di contatto tra la muratura esistente ed il nuovo getto di calcestruzzo saranno opportunamente corrugate tramite un trattamento di idrodemolizione, che sarà realizzato con getti di acqua ed aria ed avrà lo scopo anche di asportare gli elementi più inconsistenti ed instabili della vecchia muratura.

L'allontanamento dei prodotti di demolizione e di idrodemolizione avverrà con modalità del tutto analoghe a quelle per i materiali di scavo, salvo la necessità di far scendere i materiali al piede della diga tramite scivoli metallici ancorati al paramento o tramite benne di grande capacità caricate da pale di modeste dimensioni operanti sui piani di lavoro.

Le piattaforme di lavoro saranno servite da gru a torre, installate a monte e valle diga, che provvederanno sia alla movimentazione dei mezzi di lavoro (piccoli escavatori con martelloni e pale meccaniche di peso non superiore a 5 t), sia all'eventuale allontanamento dei detriti della demolizione, operazioni che saranno alternate ai servizi che le gru forniranno durante le fasi di getto.

2.14.6 Casserature, Giunti e Waterstops

L'armatura dei paramenti di monte e di valle sarà realizzata con impiego di cassaforme metalliche di tipo rampante, dotate cioè di dispositivi che ne permettono la movimentazione senza dover ricorrere all'ausilio di mezzi di sollevamento esterni. Le gru a torre installate ai piedi di monte e di valle della diga costituiranno comunque uno strumento indispensabile per il rifornimento dei materiali di consumo e per l'approvvigionamento delle attrezzature di lavoro alle maestranze che operano alla sommità dei casseri.

Anche le superfici dei giunti verticali, distanziate tra di loro di circa 10 m, saranno casserate con armature metalliche movimentate dalle gru a torre o da mezzi di sollevamento dislocati sulla sommità dei conci in avanzamento.

I conci più bassi, sfalsati almetricamente rispetto a quelli in avanzamento, saranno casserati sul lato esterno e lungo i giunti trasversali. Durante il loro sovrizzo verrà disposto all'interno dei giunti trasversali un elemento divisorio (polistirolo o policarbonato) per impedire che il calcestruzzo dei conci in esecuzione venga a contatto con le superfici laterali dei conci già realizzati.

Nello spazio compreso tra i waterstops verrà realizzata un'intercapedine di drenaggio al fine di convogliare le acque filtranti verso la galleria di ispezione al piede (si veda all. A Vol.2 Dis. BADE-3333).

2.14.7 Getto dei Rinfianchi

Il getto dei rinfianchi di monte e di valle verrà eseguito contestualmente alla demolizione dei paramenti esistenti. Si procederà cioè alla demolizione parziale dei paramenti per porzioni successive di circa 3 m di altezza e al successivo getto delle stesse porzioni. In tal modo, il getto della porzione sottostante costituirà la piattaforma di lavoro dell'escavatore con martellone per l'esecuzione della porzione superiore.

Il lavoro si svolgerà separatamente su conci in modo che, mentre si darà corso al getto di alcuni conci, si procederà contemporaneamente alla demolizione del paramento su quelli contigui. Ovviamente, i conci in fase di getto saranno almetricamente sfalsati rispetto a quelli in fase di demolizione. Tale successione operativa tende a consentire una ottimale distribuzione delle risorse in quanto rende possibile l'operatività contemporanea dei mezzi di demolizione e di quelli di getto.

Il calcestruzzo, confezionato nella centrale di betonaggio, sarà fatto affluire, tramite autobetoniere o nastri trasportatori, in tramogge installate ai piedi dei paramenti di monte e di valle della diga. Pompe a pistoni di adeguata potenza preleveranno il conglomerato da bocchette poste al di sotto

delle tramogge e lo trasferiranno per mezzo di tubazioni flessibili sulla sommità dei conci in costruzione.

Il calcestruzzo sarà posto in opera in strati sovrapposti di 0.50 m fino a raggiungere uno spessore massimo di 3 m sul concio in costruzione. Il conglomerato sarà costipato con vibratori ad immersione o a parete e la sua superficie sarà sottoposta, a fine getto, a trattamenti di raffreddamento con l'eventuale impiego di prodotti anti-ritiro.

Trascorse 24 ore dalla fine del getto, sul concio verranno posizionati i mezzi adibiti alla demolizione ed al corrugamento del successivo tratto di paramento per un'altezza di 3 m. Pertanto, prima del getto successivo, la superficie del calcestruzzo andrà accuratamente ripulita da ogni detrito e convenientemente corrugata con getti di aria-acqua in pressione o, se necessario, con piccoli demolitori.

Poiché i fenomeni di ritiro del massiccio getto di calcestruzzo sui paramenti della diga possono indurre elevate sollecitazioni sulla struttura esistente, sarà necessario ricorrere all'impiego di additivi antiritiro nella confezione dei calcestruzzi. Sarà probabilmente necessario provvedere, nei periodi più caldi, ad un preventivo raffreddamento degli inerti tramite irroramento con acqua fredda, in modo da ridurre il calore di idratazione dei conglomerati.

2.14.8 Coronamento

Modalità non dissimili da quelle sopra descritte per i paramenti saranno adottate per la realizzazione del nuovo coronamento, il quale dovrà essere necessariamente casserato su entrambi i paramenti.

Anche nella porzione di coronamento i giunti di costruzione sono previsti con interasse di 10 m in prosecuzione di quelli presenti sui paramenti.

Durante la ristrutturazione della parte superiore della diga sarà interdetto il passaggio di mezzi semoventi sul coronamento, per cui risulterà necessario provvedere alla dislocazione di attrezzature di lavoro e all'approvvigionamento di materiali da costruzione con l'ausilio di gru a braccio dotate di ampio raggio d'azione.

2.14.9 Scarico di Superficie

Scavi e Demolizioni:

Gli scavi in roccia nella spalla sinistra della diga avverranno contestualmente alla demolizione dell'attuale scarico di superficie in calcestruzzo. Pertanto per tali attività di scavo e di demolizione, le modalità e le sequenze esecutive coincidono temporalmente e non sono operativamente distinguibili.

Lo studio di ottimizzazione delle condizioni di imbocco della corrente verso la nuova soglia sfiorante, eseguito sul modello fisico in scala, ha suggerito l'opportunità di ampliare la riprofilatura della spalla a monte dello sfioratore interessando un più ampio e alto fronte di scavo. Per garantire la sicurezza e la stabilità dello scavo verranno realizzati opportuni sostegni (ancoraggi passivi) ed eventualmente interventi locali di consolidamento tramite spritz-beton e rete elettrosaldata. Le attività sono del tutto analoghe a quelle descritte per gli scavi all'aperto, con l'unica differenza che, non essendo raggiungibile l'area di lavoro per mezzo di piste ricavate sul versante di valle della sponda sinistra, l'accesso è consentito esclusivamente dalla sommità del coronamento della diga.

A tal fine è indispensabile che, per le operazioni di scavo, di demolizione e, successivamente, di getto, l'area di lavoro sia servita da una gru a torre che provveda al trasferimento in zona dei macchinari e dei materiali di costruzione. Per l'esecuzione degli scavi e delle demolizioni dovranno essere ricavate, nel corpo dell'attuale sfioratore, postazioni su gradoni di adeguata ampiezza che consentano l'operatività dell'escavatore dall'alto verso il basso, in condizioni di sicurezza.

I materiali di risulta degli scavi e delle demolizioni saranno, per la parte superiore (ponte e sfioratore), depositati a monte diga e, per la parte inferiore (scivolo), trasferiti al piede dell'attuale canale di scarico e qui, successivamente, caricati con pala meccanica su autocarri e trasportati, se idonei, agli impianti di lavorazione degli inerti.

Getti

Il getto del calcestruzzo per la costruzione delle opere costituenti lo scarico di superficie sarà preceduto da un'accurata pulizia della superficie di contatto con la roccia per mezzo di getti di aria ed acqua in pressione.

La costruzione della soglia sfiorante di forma a labirinto richiede l'impiego di apposite cassetture modellate in modo da permettere il getto del conglomerato per strati orizzontali, evitando giunti verticali. In corrispondenza dell'incastro nella spalla e contro i conci dei nuovi paramenti della diga dovranno essere posizionati idonei waterstops per assicurare la tenuta idraulica della sezione.

Il getto dello scivolo e del profilo superiore di sfioro sarà eseguito procedendo dal basso verso l'alto. Verrà dapprima gettato il corpo delle strutture in c.a. (scivolo), provvedendo solo in seconda fase alla modellazione delle superfici idrauliche conformemente ai disegni di progetto. E' necessario che il collegamento tra i getti di prima e seconda fase garantisca l'aderenza delle superfici. A tal fine il getto di seconda fase sarà preceduto dalla stesa di uno strato di malta arricchita sulla superficie sottostante. Potranno anche essere collocati ferri di ancoraggio tra i due getti. All'interno di tutti gli eventuali giunti previsti dal Progetto dovranno essere collocati idonei waterstops.

2.14.9.1 Perforazioni e Iniezioni

Iniezioni di consolidamento

Le iniezioni di consolidamento, che seguiranno procedure esecutive analoghe a quelle dello schermo di impermeabilizzazione, saranno eseguite dai piedi di monte e di valle della diga.

Schermo di Impermeabilizzazione

Lo schermo di impermeabilizzazione sarà eseguito seguendo scrupolosamente le istruzioni contenute nell'all. A, Vol. 5 – Specifiche Tecniche, sia per quanto attiene le procedure esecutive che le successioni operative. Le perforazioni e le iniezioni saranno eseguite operando in parte dall'interno del nuovo cunicolo di monte e nelle spalle della diga e, in parte, sul coronamento.

L'aria compressa necessaria per il funzionamento delle perforatrici verrà fornita dall'impianto centralizzato installato in cantiere ovvero da compressori di adeguata potenza dislocati in prossimità delle attrezzature. L'alimentazione dei prodotti di iniezione avverrà tramite pompaggio delle miscele confezionate in apposite centrali di dosaggio e di mescolazione, installate in prossimità delle zone di lavorazione.

I prodotti delle perforazioni ed i fanghi di spurgo delle iniezioni dovranno essere accuratamente raccolti e convogliati agli impianti di decantazione e di depurazione, evitando nel modo più assoluto la contaminazione delle acque prima della loro restituzione attraverso la tubazione predisposta per il rilascio a valle dello sbarramento di Lavezze.

Le acque rilasciate dagli impianti di decantazione e di depurazione saranno convogliate, tramite tubazione metallica, nel torrente Gorzente a valle dello scarico della diga Lavezze saranno sottoposte a procedure di controllo in continuo, con misurazione, mediante sonda multiparametrica, dei parametri di portata, temperatura, pH, conducibilità, solidi sospesi e ossigeno disciolto; fatta salva l'inderogabilità dei limiti di emissione in acque superficiali di cui alla Tab. 3 All. V del d.lgs. 152/2006.

Le acque di scarico rientreranno nei limiti di emissione in acque superficiali di cui alla Tab. 3 All. V del d.lgs. 152/2006; i parametri solidi sospesi e ossigeno disciolto non supereranno in nessun caso le soglie di accettabilità indicate in Tab.B, All.B-Bis del D.P.G.R. 29 gennaio 2008 n. 1/R, "Regolamento regionale recante Modifiche ed integrazioni al Regolamento 9 novembre 2004 n. 12/R, di attuazione della LR 6 ottobre 2003 n. 25 - Norme in materia di sbarramenti". Si veda altresì il documento di "Ottemperanza alle Prescrizioni" Prescrizioni Regione Piemonte punti a) e d) pag.11 e Tavole 1 e 2).

2.14.9.2 Dreni

L'esecuzione dello schermo di dreni nella roccia di fondazione avrà inizio solo dopo il completamento dello schema di iniezioni di impermeabilizzazione e di consolidamento della roccia di fondazione. I drenaggi della roccia saranno eseguiti operando dall'interno del nuovo cunicolo al piede di monte e nelle spalle della diga, nonché dall'interno del nuovo cunicolo al piede di valle.

L'aria compressa necessaria per il funzionamento delle perforatrici verrà prodotta dall'impianto centralizzato installato in cantiere e sarà fornita tramite tubazioni di adeguato diametro disposte lungo il tracciato dei cunicoli. In alternativa le perforatrici potranno essere azionate con energia elettrica.

Ove previsto dal Progetto o imposto dalle condizioni di fessurazione della roccia, i fori potranno essere rivestiti con tubazioni metalliche micro fessurate. In testa ai dreni verrà installata una valvola ed un manometro per la misura della pressione. Lungo il cunicolo di drenaggio sarà ricavata una canaletta per la raccolta e smaltimento delle acque drenate da avviare alla decantazione/depurazione.

2.14.9.3 Canne Drenanti

I drenaggi nel corpo della diga (canne drenanti) saranno realizzati contestualmente al getto del paramento di monte della diga e avranno diametro DN 200, eseguiti ad intervalli di 2,50 m.

Nelle spalle della diga le canne saranno prolungate fino a raggiungere il cunicolo di drenaggio tramite perforazione di pari diametro nella roccia di fondazione, eseguita prima della formazione del paramento in calcestruzzo. Le acque drenate nel corpo diga saranno raccolte e smaltite analogamente alle portate dei dreni in fondazione.

2.14.9.4 *Opera di Presa*

Le condotte di presa originarie saranno definitivamente poste fuori servizio e sigillate. Le attività dovranno essere svolte prima della realizzazione dei nuovi paramenti della diga e includeranno:

- rimozione delle griglie sul paramento di monte;
- scollegamento delle attuali condotte allo sbocco sul paramento di valle;
- sigillatura tramite iniezione di calcestruzzo.

La realizzazione della nuova torre di presa comporta i seguenti magisteri costruttivi:

- predisposizione dei ponteggi lungo il paramento di monte fino al coronamento;
- cassetatura e getto della torre e della lesena in aderenza al nuovo paramento;
- predisposizione delle guide delle paratoie;
- montaggio griglie, guide, saracinesche e argani;
- allaccio alla condotta principale dell'acquedotto.

La messa in opera delle guide e delle battute in metallo dovrà prevedersi con uno specifico getto di seconda fase al fine di consentire una precisa calibrazione degli allineamenti.

2.14.9.5 *Scarico di Fondo*

Per la realizzazione del nuovo scarico di fondo dovrà essere preliminarmente previsto un getto di seconda fase all'interno della nuova placca in calcestruzzo del paramento di monte della diga. Lo scarico prevede di fatto un primo tratto di blindaggio in corrispondenza dell'imbocco annegato nei nuovi getti di calcestruzzo e un secondo e più lungo tratto alloggiato all'interno del cunicolo trasversale in chiave alla diga.

Dopo aver eseguito le opere in calcestruzzo esterne e quelle di immorsamento della tratta iniziale di tubazione (getti di 2a fase), verrà installata la valvola a saracinesca che costituisce l'organo di intercettazione di monte.

Di seguito verrà installata, nella parte inferiore del cunicolo, la tubazione metallica rettilinea supportata da selle metalliche ancorate alla platea. In prossimità dello sbocco di valle verrà infine installata la valvola di regolazione Howell-Bunger, corredata di dispositivi idraulici e di equipaggiamenti elettromeccanici.

A valle dello sbocco le acque saranno restituite al letto del torrente con un breve canale delimitato da muri e rivestito con massi sciolti di idonea pezzatura (rip-rap). I massi saranno legati con malta leggera al fine di prevenire eventuali erosioni prodotte dal getto in uscita dallo scarico.

2.14.9.6 *Strumentazione*

Pendoli

Il pendolo diritto sarà installato in una perforazione di diametro non inferiore a 350 mm attraverso il corpo diga e avrà il punto di sospensione sul coronamento. Il pendolo rovescio sarà installato nella fondazione con perforazione in roccia di diametro non inferiore a 350 mm, con punto di

sospensione posto nella stessa cameretta del telecoordinometro del pendolo diritto. La lettura sarà eseguita per mezzo di un coordinometro manuale (trasportabile) e di due telecoordinometri automatici (fissi) posti rispettivamente nel cunicolo alla base della diga e in una camera intermedia accessibile dal coronamento.

Piezometri

Nella roccia di fondazione e nel corpo della diga saranno installati, dopo il completamento dello schermo di iniezioni e delle perforazioni di drenaggio, n° 19 piezometri elettrici a corda vibrante e n° 4 piezometri a punta chiusa con sensore rimovibile. L'installazione dei piezometri avverrà tramite perforazione eseguita dal cunicolo di ispezione e dal paramento di valle della diga. I rilevamenti saranno effettuati dall'interno dei cunicoli e dai punti di recapito del cablaggio sul paramento di valle della diga.

Misuratori di Portata a Stramazzo

All'uscita del cunicolo trasversale al piede di valle della diga verranno installati n° 2 misuratori di portata a stramazzo, uno per ciascuna canaletta di smaltimento delle acque drenate dallo schermo profondo in fondazione e dalle canne drenanti. La misura differenziata delle portate permetterà di distinguere i contributi dei due cunicoli longitudinali di drenaggio.

Sensori di Temperatura

Nella muratura esistente e nel calcestruzzo del rinfianco di valle verranno installati, in successione ai getti in elevazione, n° 17 termometri per il rilevamento della distribuzione e delle variazioni di temperatura all'interno del corpo diga.

Stazione Sismografica

Due stazioni sismografiche saranno installate nel corpo diga e saranno dotate di tutti i dispositivi necessari alla registrazione sopra una soglia prefissata di attivazione, dell'accelerazione sui tre assi principali (verticale, nord-sud e est-ovest).

Estensimetri

Nel corpo della diga verranno installati n° 38 estensimetri di vario tipo per la misura delle sollecitazioni, in particolare:

- n° 2 estensimetri multibase composti da una testa di misura, due basi di misura (protette da una guaina in materiale plastico), ancoraggi di fondo e due tubi di iniezione;
- n° 10 terne di barrette estensimetriche costituite da un corpo tubolare in acciaio inox, provvisto alle estremità di due anelli di ancoraggio, che contiene il filo in acciaio. Ogni estensimetro sarà preventivamente inserito in un prisma di betoncino, calibrato in laboratorio e posto in opera;
- n° 26 estensimetri installati su ferri di armatura, costituiti da un corpo tubolare in acciaio inox, provvisto alle estremità di due anelli di ancoraggio, che contiene il filo in acciaio. Ogni estensimetro sarà saldato alle due estremità su un ferro di armatura, posto in opera e calibrato in sito.

Capsule Tensimetriche

Nel corpo della diga verranno installate n° 4 capsule tensiometriche cilindriche in acciaio, direttamente incorporate nei getti di calcestruzzo, per misurare lo stato di sollecitazione presente nel punto di applicazione. Il sensore di misura sarà a corda vibrante e in grado di misurare anche la temperatura.

Sistema di Collimazione

Sul coronamento verranno installate n° 40 borchie di livellazione, n° 4 caposaldi di collimazione in calcestruzzo, n° 1 mire fisse e n° 2 mire mobili per le letture di collimazione.

Misuratori di Livello

Sul paramento di monte della diga verranno installati misuratori del livello del lago, che trasmetteranno con continuità i dati rilevati ad uno strumento registratore installato nella centrale operativa

2.14.9.7 Smobilizzo Cantiere

A fine lavori l'Impresa dovrà provvedere, nei tempi previsti dal programma contrattuale, allo smontaggio delle attrezzature e degli impianti installati sia in prossimità della diga, sia nelle aree di estrazione e di lavorazione degli inerti, nonché al loro tempestivo allontanamento dalle aree interessate.

2.14.9.8 Ripristini e Sistemazioni Ambientali

Dopo lo smobilizzo del cantiere e l'allontanamento di tutte le attrezzature e di tutti i materiali non utilizzati sarà necessario provvedere alle sistemazioni ambientali in modo da ripristinare le caratteristiche ambientali preesistenti o comunque richieste dagli Enti preposti. Rientrano nei predetti interventi:

- il rimodellamento delle scarpate eventualmente interessate dalle lavorazioni;
- il rivestimento delle superfici inclinate tramite inerbimento o piantumazioni di specie locali;
- la stabilizzazione delle scarpate in trincea tramite gradonature, interventi di bioingegneria ecc;
- la regolazione delle acque di superficie intercettate nell'esecuzione dei lavori, per la razionalizzazione e la restituzione negli alvei naturali, evitando dannose azioni di ruscellamento e conseguenti effetti erosivi localizzati.

Queste attività seguiranno le indicazioni riportate nel SIA 2009 Integrazione 18 "Relazione Paesaggistica" e nel Documento di Ottemperanza alle Prescrizioni VIA Regione Piemonte - Salvaguardia e valorizzazione del territorio rurale, tutela della fauna selvatica e ittica- punto J).

2.15 Altri Interventi in corso di programmazione nel complesso degli invasi del Torrente Gorzente.

Qui di seguito sono illustrati gli interventi che si prevede vengano avviati in tempi relativamente brevi dopo il completamento della manutenzione straordinaria della Diga di Badana, oggetto del S.I.A.; tali interventi rimangono immutati rispetto a quanto esposto nel S.I.A. del 2009.

2.15.1 Diga di lago Lungo: interventi di adeguamento – sintesi della proposta concettuale

La diga, ubicata a quota intermedia tra quelle di Badana e Lavezze, nel territorio dei comuni di Campomorone (GE) e Bosio (AL). Per ottemperare alle prescrizioni impartite dal RID - Registro Italiano Dighe con lettera del 13 febbraio 2007, Prot. N070147/RID/UPTo, Mediterranea delle Acque ha dato incarico a SC SEMBENELLI CONSULTING srl di predisporre un programma di indagini finalizzato alla valutazione dello stato attuale della diga e di svolgere gli studi necessari per individuare gli interventi di adeguamento e di messa a norma.

Le indagini di campo sono state eseguite nella prima metà del 2007 seguendo le indicazioni contenute nell'elaborato "Programma di Indagini per il Progetto di Interventi di Adeguamento - R070306" redatto da SC nel marzo 2007.

Il presente capitolo sintetizza le proposte concettuali derivati dalle indagini e dalle conseguenti valutazioni:

Caratteristiche della diga di Lago Lungo

La diga del Lago Lungo è stata costruita in 3 periodi successivi: tra il 1887 e il 1891 fino a quota 678.55 m s.l.m., innalzata successivamente nel 1895-1896 fino a quota 683.55 m s.l.m. e nuovamente nel 1901 fino all'attuale quota di coronamento di 686.32 m s.l.m. (vedi Fig. 2/1 e 2/2). La struttura originale è stata dunque sovralzata 2 volte per un totale di 7.75 m.

Gli invasi sperimentali iniziarono nel 1891 e l'opera fu definitivamente collaudata nel 1927.

La diga è una struttura a gravità realizzata in muratura di pietrame e malta di calce, con altezza massima di 47 m, sviluppo del coronamento di 220 m e volume totale di circa 103000 m³.

Bacino e Serbatoio

L'invaso occupa la valle dell'alto corso del torrente Gorzente, sub-affluente del torrente Orba, ubicato sul versante padano dell'Appennino Ligure, sull'asse Genova-Ovada. La superficie del bacino imbrifero direttamente sotteso è pari a circa 9.1 km².

Il serbatoio è in roccia serpentinitica compatta e impermeabile, le sponde hanno acclività media prossima a 30°, ragion per cui i versanti risultano parzialmente denudati o coperti da coltri sottili di terreno vegetale e da macchie di bosco rado.

Il reticolo drenante è di tipo dendritico, caratterizzato dalla presenza di numerose ramificazioni in più direzioni. L'asta principale ha una lunghezza di circa 5.3 km con andamento sostanzialmente rettilineo, è incassata e si sviluppa prevalentemente in direzione SO-NE. La pendenza media dell'alveo è di poco superiore al 7%.

La capacità totale dell'invaso (D.M. 24/03/82) è pari a circa 4.7x10⁶ m³ e la superficie dello specchio liquido è pari a circa 0.28 km².

Piogge, Afflussi e Piene

Il più aggiornato studio idrologico del bacino del Lago Lungo è stato redatto nel maggio del 2006 in ottemperanza a quanto previsto dall'art. 4 comma 1 del D.L. 29/03/2004 n. 79 "Disposizioni urgenti in materia di sicurezza di grandi dighe e di edifici istituzionali", convertito con legge n. 139 del 28/05/2004. Ai fini delle successive elaborazioni è stata assunta, quale portata al colmo di piena di riferimento, la portata $Q = 193 \text{ m}^3/\text{s}$ risultante dall'applicazione del modello di regionalizzazione e superiore di circa il 6% a quella definita nello studio del Gestore (1999).

Fondazione

L'ammasso roccioso è costituito prevalentemente da metagabbri di colore grigio/verde chiaro, generalmente sani. I metagabbri interessano la quasi totalità del corpo diga mentre la spalla sinistra è formata da serpentiniti grigio/verde scuro.

La roccia di fondazione non è stata in alcun modo trattata né con iniezioni, per ridurre la permeabilità, né con dreni per ridurre le sottopressioni sul masso murario.

Corpo Diga

La diga ha un'altezza massima effettiva di 47 m con quote di fondazione fortemente differenziate. Il coronamento attuale è a quota 686.32 ed è largo 2.5 m. Il corpo diga, in muratura di pietrame con malta di calce idraulica, ha un volume di circa 103.000 m³. Il pietrame è generalmente peridotite in buono stato di conservazione. La percentuale di malta tra i clasti è stata stimata mediamente dell'ordine del 40%. Il paramento di monte, originariamente rivestito con intonaco di cemento, è stato poi rifatto in gunite retinata. Il paramento di valle è in pietrame faccia a vista con giunti stilati con malta di cemento. La struttura muraria è sprovvista di giunti di contrazione e di sistema drenante.

Modalità di esercizio

L'uso del serbatoio è promiscuo e prevede l'accumulo delle acque del torrente Gorzente sia per l'approvvigionamento idrico della città di Genova che per l'utilizzo idroelettrico nelle centrali di Lavezze e Isoverde. Nell'anno tipico, il livello di invaso si mantiene prossimo al massimo per la maggior parte dell'anno, eccetto che nei mesi estivi. Dal 1999 il gestore ha autonomamente abbassato il livello di massimo invaso di 0.5 m (685.05 m s.l.m.) operando una parzializzazione delle paratoie dello sfioratore in sponda sinistra. Il minimo, in epoca recente, è stato raggiunto nell'autunno 2003 in seguito alla primavera e all'estate molto siccitose.

Opere di Scarico

Le opere di scarico di superficie della diga consistono in 2 sfioratori ubicati rispettivamente sulle spalle destra e sinistra della diga. Entrambi gli sfioratori scaricano, mediante scivoli artificiali in calcestruzzo a forte pendenza, nel sottostante bacino del Lago di Lavezze.

Lo scarico di fondo è costituito da una tubazione metallica del diametro di 500 mm, collocata circa al centro della diga alla quota 649.05 m s.l.m.. Essa è annegata nella muratura e intercettata alla estremità di valle da una saracinesca manovrabile a mano e da una valvola a farfalla motorizzata.

In sinistra il corpo diga è attraversato da 3 tubazioni di presa di 400 mm di diametro, con imbocchi alle quote 676.75, 671.81 e 661.80 m s.l.m.

Prescrizioni del R.I.D.

Il 12 dicembre 2006, il RID ha esaminato l'attuale stato di manutenzione e il comportamento dell'opera, con particolare riferimento ai dati piezometrici registrati durante gli ultimi anni di esercizio. Sulla scorta degli elementi disponibili, il RID ha richiesto (Prot. RID/13261-2/UCCE), alcune verifiche, che possono essere così sintetizzate:

- rilievi e carotaggi eseguiti dal paramento di valle con successiva installazione di piezometri;
- riesame complessivo dello stato attuale della diga alla luce dei dati acquisiti;
- ispezione della tubazione dello scarico di fondo;
- riesame delle condizioni di funzionalità degli scarichi;
- obbligo di ricondurre la stabilità dell'opera nei limiti previsti dalla vigente normativa;
- presentazione di un progetto preliminare degli interventi di adeguamento;
- programmazione temporale della progettazione e degli interventi.

(Prot. RID/70147/Rid/UPTo), le verifiche dovranno essere svolte in tempi brevi. Gli interventi di adeguamento dovranno necessariamente essere programmati compatibilmente con i lavori di ristrutturazione alla diga di Badana.

Indagini geognostiche eseguite nel 2000

Ancor prima delle prescrizioni del RID (2007), nel corso dell'anno 2000, il sito della diga e l'area circostante il bacino sono stati investigati attraverso un rilevamento geostrutturale di superficie. Le indagini geognostiche sono consistite in perforazioni a carotaggio continuo, con asse verticale, che hanno interessato il corpo diga e la roccia di fondazione. Nel corso delle perforazioni sono state eseguite prove di permeabilità e prospezioni geosismiche cross-hole. Nei fori sono poi stati installati sia piezometri elettrici, sia piezometri tradizionali a tubo aperto.

Indagini geognostiche eseguite nel 2007 (Prescritta dal RID)

E' stato eseguito un rilevamento geologico completato da un rilevamento geostrutturale di superficie. Le indagini geognostiche sono consistite in 5 perforazioni a carotaggio continuo, con asse verticale o inclinato, che hanno interessato il corpo diga e la roccia di fondazione.

In tutti i fori è stata eseguita una ripresa con sonda TV. Nel corso delle perforazioni sono state eseguite prove di permeabilità e, tra la coppia di fori sul coronamento, una prospezione geosismica cross-hole (sia in configurazione tradizionale che in configurazione tomografica), una prospezione georadar (GPR). In alcuni fori sono poi stati installati piezometri elettrici per la misura del livello piezometrico. Un programma di prove di laboratorio si è sviluppato secondo quanto previsto.

Valutazione delle attuali condizioni della diga

A seguito delle indagini e delle analisi condotte nel progetto preliminare sono state effettuate alcune considerazioni qui di seguito sintetizzate:

Considerazioni sullo stato tensionale

Le sollecitazioni all'interno del corpo murario, determinate mediante l'analisi statica, sono accettabili, considerata la resistenza media della muratura determinata con le prove di laboratorio.

Considerazioni sulle deformazioni

Anche se apparentemente elastiche, le continue e alternanti deformazioni legate ai cicli di invaso e svasso possono determinare delle cavillature. Già attualmente sono visibili infiltrazioni di acqua nella porzione più alta della diga e, a determinati livelli, anche a quote più basse.

Considerazioni sulle pressioni interstiziali

Viste le trazioni che la diga trasferisce alla roccia di fondazione, risultanti dall'analisi statica, e data la mancanza di un trattamento d'impermeabilizzazione e di un sistema di abbattimento delle pressioni nella roccia di fondazione (e nel corpo diga), sembra ragionevole ipotizzare che, sotto ad un tratto considerevole del masso murario, possa esistere una sottopressione praticamente pari al carico d'acqua corrispondente al livello d'invaso. La presenza del sottostante lago Lavezze fa sì che le sottopressioni non scendano sotto alla quota 640-645.

Considerazioni sulla valutazione della stabilità della diga

Nell'immediato, nonostante i risultati non soddisfacenti delle verifiche regolamentari, non si ravvisano situazioni di pericolo. Visto che il gestore ha autonomamente abbassato la quota massima d'invaso di 0.5 m, si ritiene che la diga possa essere esercita senza ulteriori interventi. Per il lungo termine sarà necessario pianificare e realizzare una serie di interventi. Per ovvie ragioni legate alla necessità di mantenere tutta la capacità disponibile al servizio potabile della città di Genova, si dovrà studiare una soluzione che consenta di mantenere invariato l'attuale volume utile del serbatoio.

Considerazioni sulle ispezioni dello scarico di fondo con telecamera

Tutti gli elementi rilevati consentano di valutare lo stato di conservazione della condotta come accettabile. Nonostante oltre 100 anni di vita del manufatto, il suo grado di usura è ancora compatibile con un esercizio regolare.

Considerazione sullo stato della funzionalità degli scarichi:

Scarico di fondo

Lo scarico di fondo ha attualmente una capacità massima di circa 3.2 m³/s. Tale capacità è modesta ed insufficiente in condizioni di emergenza allorché si renda necessario uno svasso rapido del serbatoio. Gli organi intercettori dello scarico di fondo, una valvola a saracinesca e una valvola a farfalla motorizzata, sono installati in prossimità del piede di valle della diga, la condotta dello scarico nel corpo diga è dunque sempre in pressione. Nel rispetto delle raccomandazioni della normativa vigente sembra dunque prudente prevedere un nuovo scarico di fondo con intercettazione alla estremità di monte e con portate massime di rilascio più adatte.

Scarichi di superficie

Considerando la ridotta sezione delle singole bocche e gli stretti condotti delle canne dello sfioratore a sifoni, la probabilità di ostruzione da parte di materiale flottante è reale. Nell'ottica di un intervento di manutenzione straordinaria sembra dunque ragionevole a

valutare una nuova configurazione degli scarichi che preveda l'eliminazione dei sifoni ed una revisione completa delle paratoie dello scarico di superficie in sinistra.

Sintesi e raccomandazioni

La sintesi degli aspetti salienti emersi dalle indagini e dalle analisi eseguite è la seguente:

- il corpo murario della diga di Lago Lungo è in buone condizioni nonostante gli oltre 100 anni di esercizio;
- la muratura della diga è oggi localmente permeata;
- la diga manca completamente di una rete di dreni;
- la diga manca completamente di uno schermo di iniezioni di impermeabilizzazione della roccia della fondazione;
- la roccia della fondazione è localmente molto permeabile;
- il rapporto H/V è insufficiente e non rispetta le norme vigenti;
- il franco idraulico attuale è insufficiente e non rispetta le norme vigenti.

Gli interventi prioritari di adeguamento che sono stati individuati sono qui di seguito riportati:

- rinforzare la struttura della diga e ridurre il rapporto H/V con l'aggiunta di una massa di calcestruzzo. Apparentemente la soluzione più consona pare sia l'aggiunta di un sovraccarico di calcestruzzo sul paramento di valle, simile alla soluzione applicata alla diga di Badana;
- ridurre la permeabilità della roccia della fondazione lungo una superficie prossima al piede di monte della diga con uno schermo di iniezioni;
- contenere le sottopressioni con dreni perforati nella roccia di fondazione e con canne drenanti perforate o inserite in prossimità del paramento della diga; i dreni dovrebbero penetrare in roccia per una profondità pari al 40-50 % del carico idraulico massimo;
- eliminare la batteria di sifoni e portare gli archi statici di coronamento fino alla loro spalla naturale;
- installare un nuovo scarico di fondo;
- prevedere una manutenzione straordinaria delle paratoie dello sfioratore in sinistra.

Tempi per la realizzazione degli adeguamenti

La diga non presenta al momento fenomeni che facciano presupporre imminenti problemi di stabilità; per non ridurre eccessivamente le già penalizzate risorse idriche disponibili, gli interventi di adeguamento della diga la soluzione che prevedono la realizzazione della struttura di appesantimento sul paramento di valle (simile a quella scelta per la diga di Badana) prevedono lavorazioni di prima fase che consentano di evitare la svuotamento del serbatoio, evitando di doverli rinviare ad una data successiva al completamento dei lavori di ristrutturazione della diga di Badana.

La durata ragionevolmente prevedibile per completare gli interventi proposti è nell'ordine dei 24 mesi.

2.15.2 Diga di Lavezze: intervento di manutenzione al paramento di valle

La Diga del lago Lavezze fa parte del comprensorio dei Laghi del Gorzente situati sul versante Piemontese dell'Appennino Ligure adibiti a riserva idrica della città di Genova e produzione idroelettrica nella centrale di Isoverde mediante diversione della risorsa idrica dal versante padano a quello tirrenico, l'opera è posta all'interno del Parco Capanne di Marcarolo.

È una diga a gravità in muratura di pietrame, con malta di calce idraulica ad andamento leggermente arcuato, situata nel Bacino idrografico dell'Orba, sul torrente Gorzente in Provincia di Alessandria, Comune di Bosio.

È stata costruita tra il 1880 ed il 1883 con coronamento a quota 641.00 m. s.l.m., poi modificata tra il 1925 – 1927 con la realizzazione di speroni addossati al paramento di valle e sopraelevata di 4 metri portando la quota di massimo invaso a 646.00 m. s.l.m., è stato anche realizzato, in una valletta laterale, un nuovo scarico di superficie in sponda sinistra abbandonando quello originale, posto invece in sponda destra; nel 1931 – 1932 sono state poste in opera 11 paratoie autolivellanti contrappesate che hanno portato il livello di massimo invaso alla quota attuale di 647.00 m. s.l.m. mentre il coronamento è a quota 648.00 m. s.l.m..

Nell'anno 2005 sono stati intrapresi lavori per l'adeguamento dello scarico alla portata di piena millenaria pari a 337 m³/s.

L'intervento in parte già realizzato consiste nell'abbassamento della soglia di stramazzo alla quota di m. 644.57 s.l.m. e contestuale modifica del suo profilo (tipo Creager); deve ancora essere realizzato l'adeguamento delle paratoie autolivellanti.

Lo scarico di fondo è costituito da una condotta DN 800 mm con due paratoie in serie poste allo sbocco di valle di cui una motorizzata con portata paria a 7 m³/s.

Il paramento di monte della diga è rivestito con intonaco di gunite retinata, mentre il paramento a valle è in pietrame a mosaico con giunti stilati con malta di cemento.

L'intervento di manutenzione

L'intervento di manutenzione al paramento di valle consisterà nel ripristino della stilatura tra i "bolognini" che lo rivestono.

La diga è raggiungibile dalla SP 4 Ceranesi - Piani di Praglia dalla quale si dirama una strada vicinale che in circa Km 6 conduce alla Diga di Lavezze percorribile con autocarri a 3 assi.

La zona d'intervento non presenta ampi spazi pianeggianti necessari a una moderna cantierizzazione; il coronamento della diga sarà possibilmente mantenuto sgombro da intralci, per consentire il passaggio dei mezzi. Dal coronamento stesso si dirama una piccola pista con forte pendenza in sponda sinistra che permette l'accesso al fondo diga, dove eventualmente, una baracca potrà essere posizionata mentre una gru potrà essere utile per fornire l'approvvigionamento al cantiere che in alternativa potrà essere anche effettuato con piccoli automezzi 4x4; oltre alle macchine necessarie alla preparazione delle malte potrà risultare utile anche la spruzzatrice per agevolare le operazioni di stilatura.

Per la realizzazione dell'intervento sarà necessario procedere dal basso verso l'alto, provvedere al preventivo innalzamento di opportuni ponteggi ancorati al paramento di valle sui quali le maestranze potranno muoversi ed operare in sicurezza.

Successivamente sarà valutato di volta in volta se staccare completamente i bolognini e quindi: prima si isoleranno alcune pietre con l'ausilio di martelli demolitori, poi le stesse saranno rimosse una per una ed appoggiate al piano del ponteggio prestando attenzione a non sovraccaricarlo, quindi si procederà alla pulizia della porzione scoperta del paramento da eventuali radici, sporcizia e materiale ammalorato, seguirà lavaggio della porzione e successiva applicazione di malta sul paramento stesso come fondo di ancoraggio, quindi i "bolognini" verranno riposizionati al loro posto e si procederà al costipamento dei giunti, tra le singole pietre del rivestimento precedentemente riposte in opera, facendo attenzione che l'operazione avvenga fresco su fresco. È evidente che tale procedimento non permette di rimuovere che pochi "bolognini" per volta.

Tuttavia si potrà procedere su contrafforti ed arcate alternate per poter operare su più settori contemporaneamente, sarà quindi necessario operare con più squadre autonome.

Al termine dei lavori si provvederà allo smontaggio dei ponteggi, alla rimozione del cantiere e al ripristino delle aree occupate eventualmente con tecniche d'ingegneria naturalistica.

I tempi di realizzazione sono indipendenti dalla realizzazione dei lavori previsti per la diga di Badana e Lago Lungo.

2.15.3 Diga Lavagnina: intervento di manutenzione al paramento di monte

Generalità

La Diga del Lago Lavagnina Inferiore fa parte del comprensorio dei Laghi del Gorzente situati sul versante Piemontese dell'Appennino Ligure.

Mentre i serbatoi dell'Alto Gorzente sono adibiti a riserva idrica della città di Genova e produzione idroelettrica nella centrale di Isoverde mediante diversione della risorsa idrica dal versante padano a quello tirrenico, il Lago della Lavagnina inferiore, posto circa 14 km a valle del Lago Lavezze, ha funzione di compenso per le portate disponibili a valle dei serbatoi dell'Alto Gorzente ed è utilizzato per integrazione stagionale dell'energia producibile nella sottostante centrale idroelettrica.

È una diga tracimabile, a gravità in muratura di pietrame, con malta di calce idraulica ad andamento leggermente arcuato, situata nel Bacino idrografico dell'Orba, sul torrente Gorzente in Provincia di Alessandria, Comune di Casaleggio Boiro.

È stata costruita tra il 1911 ed il 1917 con coronamento a quota 320.20 m. s.l.m. e realizzata a celle di struttura muraria successivamente riempite; le fondazioni sono in calcestruzzo, mentre il corpo centrale, come già detto, è in muratura di pietrame, con malta di calce idraulica.

La parte mediana della cresta della diga realizzata a soglia sfiorante, a spigolo vivo, posta a quota 317.00 m. s.l.m. ha uno sviluppo di 70 metri circa.

Interventi di adeguamento recenti

A seguito del Progetto Esecutivo "Adeguamento della soglia sfiorante dell'invaso della Lavagnina inferiore", approvato dal R.I.D. con lettera del 16 luglio 2004 Prot. 4978, nell'anno 2006 sono stati intrapresi lavori per l'adeguamento della soglia di tracimazione alla portata di piena millenaria pari

a 1038 m³/s. L'intervento è consistito nella realizzazione di una strada carrabile di accesso al corpo diga, già realizzata; nell'abbassamento della soglia di tracimazione alla quota di 315.80 m. s.l.m. e contestuale modifica del suo profilo (tipo Creager); innalzamento dei muri d'ala a quota 321.20 m. s.l.m. e posa in opera di una passerella adibita ad uso pubblico di collegamento tra le due sponde del torrente Gorzente.

Detti lavori sono stati ultimati, è stata inviata comunicazione alla Regione Piemonte, al Comune di Bosio, è stato quindi depositato il collaudo statico delle strutture in C.A. e successivamente è stata inviata Relazione di fine lavori al Ministero Infrastrutture e Trasporti Direzione Generale per le dighe Idriche ed Elettriche, riscontrata positivamente dallo Stesso in data 27/06/2012.

Allo scarico di fondo è stata effettuata la sostituzione delle griglie poste a protezione dell'imbocco; detto scarico è costituito da due condotte DN 800 mm (lunghezza circa 40 m) alloggiate nella parte centrale della diga, munite di due paratoie in serie per ogni condotta; le coppie sono rispettivamente poste in una camera ricavata nel corpo diga ed allo sbocco di valle; le prime posizionate a circa 12 m dal paramento di monte, in origine manuali, sono state motorizzate come già era la seconda coppia posta allo sbocco di valle; la portata complessiva è pari a 19 m³/sec.

Lo scarico è anche utilizzato come presa ed è collegato alla condotta forzata che alimenta la centrale.

Il paramento di monte della diga è rivestito con intonaco di cemento, mentre il paramento a valle è in pietrame a mosaico con giunti stilati con malta di cemento.

L'intervento di manutenzione al paramento di monte consisterà nel rifacimento dell'intonaco.

La diga è raggiungibile dal centro di Casaleggio Boiro oppure da Lerma sotto l'abitato, nei pressi del ponte sul Torrente Piota. Le due strade si uniscono nei pressi del ponte sul Rio Boiro e quindi la strada prosegue sino alla diga. La zona d'intervento dispone di due spazi pianeggianti utili alla cantierizzazione.

Il coronamento della diga, essendo tracimabile, dovrà essere mantenuto sgombro da materiali.

Durante l'esecuzione dei lavori si dovrà prestare particolare attenzione alle previsioni meteorologiche; le attrezzature necessarie all'esecuzione dei lavori dovranno essere rimosse in caso di precipitazioni e comunque allontanate ogni fine settimana se non lavorativo. Essendo l'opera posta all'interno del Parco Capanne di Marcarolo, si dovranno prediligere attrezzature e macchinari ad alimentazione elettrica ed a basse emissioni di rumore.

Per la realizzazione dell'opera sarà necessario procedere con l'ausilio di ponteggi mobili calati dal coronamento sui quali le maestranze potranno muoversi ed operare in sicurezza, procedendo prima alla demolizione dell'intonaco ammalorato con l'ausilio di martellini ad aria compressa, alla successiva pulizia del tratto rimosso ed alla posa delle reti elettrosaldate di ripartizione.

Dette lavorazioni si effettueranno procedendo dall'alto verso il basso; successivamente e procedendo in senso contrario si spruzzerà la gunite in due passate successive su tutto il paramento esposto.

Non potendo impegnare tutto il coronamento della diga per le motivazioni esposte, si dovrà procedere su due porzioni alternate lasciando così la possibilità di allontanare, in caso di necessità, i ponteggi mobili sulle rispettive spalle e gli altri eventuali macchinari; sarà quindi necessario operare con più squadre autonome.

Al termine dei lavori si provvederà alla rimozione dei ponteggi, alla rimozione del cantiere ed al ripristino delle aree occupate eventualmente con tecniche di ingegneria naturalistica.

I tempi di realizzazione sono indipendenti dalla realizzazione dei lavori previsti per la diga di Badana e Lago Lungo.

3. DIFFERENZE PROGETTUALI 2009 -2014

3.1 Descrizione delle opere soggette a verifica di assoggettabilità

Il progetto definitivo approvato, con il recepimento delle prescrizioni, prevede modifiche relativamente importanti alle opere di manutenzione straordinaria ed altre che rivestono cambiamenti minori, qui di seguito sono riportate sinteticamente queste modifiche tenendo in considerazione le differenze sugli impatti indotti.

Le trasformazioni a maggior impatto sono derivate dal diverso rimodellamento dei paramenti

3.1.1 Rimodellamento dei paramenti e opera di presa

Il diverso rimodellamento dei paramenti rappresenta la modifica più importante in termini di volumi e tempi realizzativi e conseguentemente di impatto ambientale transitorio, il confronto delle due soluzioni e sintetizzato come segue:

Progetto Definitivo (2009)

Il progetto prevedeva lo smantellamento completo della placca di valle dislocata con sostituzione, rimodellamento ed inspessimento della stessa attraverso la realizzazione di un manufatto di calcestruzzo (Si veda SIA 2009, All. C Dis. BADD 2101, 2102, 2103, 2104, 2105) che prevedeva volumi di:

- demolizione di 18.500 m³
- calcestruzzi (diga + sfioratore) 48.000 m³
- scavi (fondazione paramento, sfioratore + trave + vasca restituzione) 8.680 m³

Progetto definitivo, rivisto ed approvato ed aggiornato (2013/14)

Le motivazioni delle modifiche è così sintetizzato: viste le considerazioni di natura progettuale ed esecutiva, nonché una conoscenza approfondita delle caratteristiche geomeccaniche della roccia e dei materiali costituenti il corpo della diga, derivante da nuove approfondite indagini, hanno fatto ricadere la scelta progettuale sulla soluzione che prevede interventi sia sul paramento di monte che su quello di valle della diga, oltre che sul coronamento. Questo ha portato a prevedere la demolizione della placca dislocata di valle e di una porzione sommitale del corpo diga (quota 705.00 s.l.m.) e del rimodellamento del paramento di valle e quello di monte (Si veda All. A Vol.2 BADE. 3101, 3102, 3103 e da 3341 a 3347).

L'intervento prevede i seguenti volumi:

- demolizioni 32.730 m³
- calcestruzzi (diga + sfioratore) 98.255 m³
- scavi (fondazione paramento, sfioratore + trave + vasca restituzione) 18.230 m³

Questa nuova soluzione consente la più semplice ed efficace realizzazione di un cunicolo di ispezione e drenaggio, parallelo all'asse diga, che sarà ricavato nel getto del nuovo paramento di monte e sostituisce quello previsto dalla prima proposta progettuale che era ricavato nel corpo della vecchia diga, di più difficile realizzazione; è previsto altresì un altro cunicolo di ispezione e drenaggio ricavato nel nuovo paramento di valle, che non era stato previsto nel progetto del 2009.

La realizzazione di detti cunicoli facilità d'esecuzione dei dispositivi di impermeabilizzazione della fondazione e di drenaggio che nel progetto precedente dovevano essere realizzati dal cunicolo nel corpo diga.

Una modifica relativamente importante consiste nell'opera di presa:

Progetto Definitivo (2009)

Il progetto di adeguamento prevedeva l'installazione a monte di ciascuna condotta di un organo di intercettazione motorizzato costituito da una paratoia a strisciamento, azionabile dal coronamento per mezzo di un'asta rigida. Le guide della paratoia erano ancorate ad una lesena in calcestruzzo, di larghezza circa 2 m, con pendenza costante e spessore variabile (0.5 m alla base e al coronamento), accostata al paramento di monte per tutto il tratto che va dal coronamento al cordolo al piede.

Progetto definitivo, rivisto ed approvato ed aggiornato (2013/14)

Le condotte di presa originarie saranno definitivamente poste fuori servizio e sigillate; il progetto ha considerato la costruzione di una nuova opera specifica costituita da una torre di presa ubicata in adiacenza al paramento di monte in chiave alla diga. La torre di presa raccoglie su un'unica sezione verticale tutte e 4 le singole opere di presa originarie, mantenendo invariate le quote di derivazione. Ogni bocca di presa sarà presidiata da una paratoia piana a strisciamento.

La modifica non prevede particolari lavori che inducano allungamenti dei tempi significativi e volumi di calcestruzzo rilevanti e rappresenta una soluzione più sostenibile, rispetto alla precedente, sia in termini di gestione che di sicurezza. I dettagli delle differenze sono evidenziati nelle Figure 3.8 e 3.9.

Nella tabella seguente, per facilitarne la lettura, sono riportate sinteticamente tutte le modifiche.

Tabella 3.1 Sintesi delle Modifiche apportate dal Progetto Definitivo 2013/14 (approvato) al Progetto Definitivo 2009 (SIA)

Progetto Definitivo 2009	Progetto Definitivo 2013/14 (approvato)
<p><u>Demolizione della placca distaccata</u>, dei bolognini dell'intero paramento di valle, dei parapetti e del piano di calpestio del coronamento (per uno spessore di circa 0.5 m. (Si veda SIA 2009, All. C dis. BADD 2201 -2202</p>	<p><u>Demolizione della placca distaccata</u>, dei bolognini dell'intero paramento di valle, dei parapetti e del piano di calpestio del coronamento (per uno spessore di circa 0.5 m. Verrà demolita la parte alta del corpo diga; i l piano di demolizione sarà pareggiato a quota 705.00 s.l.m. per tutta lo sviluppo della diga. (Si veda All. A, dis. BADE da 3151 a 3154)</p>
<p><u>Esecuzione di uno scavo d'imposta al piede della struttura muraria.</u> Consolidamento della roccia sulla quale sarà fondata la struttura aggiuntiva</p>	<p><u>Esecuzione di uno scavo d'imposta al piede delle strutture murarie a monte e valle.</u> Consolidamento della roccia sulla quale saranno fondate le strutture aggiuntive.</p>
<p><u>Rimodellamento del paramento di valle:</u> come prima operazione saranno gettate, contro alla struttura esistente, delle lesene di calcestruzzo permeabile (senza sabbia), larghe circa 2 m, di circa 0.2 m di spessore, ad interasse di 6 m. Dette lesene hanno lo scopo di captare eventuali filtrazioni evitando che si creino sottopressioni tra il masso murario esistente ed il nuovo calcestruzzo. Su tutto il paramento di valle verrà quindi gettato uno spessore variabile di calcestruzzo (R^{bk} = 25 MPa). Il getto verrà fatto per conci di 6 m ed i giunti tra i conci verranno lasciati aperti per favorire il drenaggio. La pendenza del nuovo paramento di valle sarà 0.66H/1V. (Si veda SIA 2009, All.C dis. BADD 2013-2104-2105; e Fig. 3.1)</p>	<p><u>Rimodellamento dei Paramenti di Monte e di Valle:</u> rimodellamento dei paramenti. Sui paramenti di monte e di valle verrà gettato uno spessore variabile di calcestruzzo (R^{ck} = 20 MPa). Il getto verrà eseguito per conci con giunti aperti. La pendenza del paramento di monte sarà 0.3H/1V sotto quota 715.20 mentre quella del paramento di valle 0.8H/1V sotto quota 712.60. (Si veda All. A, dis. BADE 3103. e da 3341 a 3348; e Fig. 3.2)</p>
<p><u>Impermeabilizzazione del paramento di monte:</u> Il progetto prevede l'impermeabilizzazione dell'intero paramento di monte con un sistema di geosintetici costituito da un geodreno tridimensionale di alta trasmissività, un geocomposito formato dall'accoppiamento di un geotessile non tessuto con una geomembrana in PVC. Il geotessile sarà nontessuto, agugliato, in fibra di polipropilene a filo continuo e di massa unitaria pari a 700 g/m2. La geomembrana sarà di PVC monostrato, estruso, di spessore 2.5 mm. (Si veda SIA 2009, All.C dis. BADD 2103-2104-2105 - 2241- 2242; e Fig.3.1)</p>	<p><u>Impermeabilizzazione del paramento di monte:</u> il progetto prevede la realizzazione /rimodellazione del paramento di monte (si veda punto precedente). (Si veda All. A, dis. BADE 3103. e da 3341 a 3348; e Fig. 3.2)</p>
<p><u>Cunicolo di Ispezione e Drenaggio:</u> realizzato nel corpo diga esteso all'interno delle spalle trasversale in chiave alla diga con uno scavo in roccia per una lunghezza pari a circa 60 m in destra e a circa 80 m in sinistra. (Si veda SIA 2009, All.C dis. BADD 2103-2104-2105-2211-2212- 2262-2263-2264;e Fig. 3.7)</p>	<p><u>Cunicolo di Ispezione e Drenaggio (di monte):</u> sarà ricavato nel getto del nuovo paramento, al piede di monte della diga, dove è previsto un cunicolo d'ispezione e drenaggio accessibile dal cunicolo trasversale in chiave alla diga. Il cunicolo di drenaggio avrà allineamento parallelo all'asse diga e sarà inoltre esteso all'interno delle spalle con uno scavo in roccia per una lunghezza pari a circa 60 m in destra e a circa 80 m in sinistra. Le dimensioni nette dei cunicoli saranno di circa 2.5 m in larghezza e 3.55 m in altezza. (Si veda All. A, dis. BADE 3361-3401; e Fig.3.8)</p> <p><u>Cunicolo di Ispezione e Drenaggio (di valle)</u> Sarà ricavato nel getto del nuovo paramento, al piede di valle della diga, è previsto un cunicolo di ispezione e drenaggio accessibile direttamente dal piazzale esterno e collegato al cunicolo trasversale in chiave alla diga. Il cunicolo avrà allineamento parallelo all'asse diga e si estenderà per circa 50 m sull'intera larghezza del fondovalle. Le dimensioni nette saranno circa 2.5 m in larghezza e 3.55 m in altezza. (Si veda All. A, dis. BADE 3361-3401; e Fig.3.8)</p>
<p><u>Dispositivo di impermeabilizzazione della fondazione:</u> lo schermo di iniezioni previsto è ottenuto con fori eseguiti fino ad una profondità non superiore a 35 m sotto al piano dei cunicoli previsti nel corpo diga e nell'ammasso roccioso. I fori saranno verticali e inclinati e su una unica fila. (Si veda SIA 2009Allegato C dis. BADD da 2251 a 2255 e Fig. 3.7).</p>	<p><u>Dispositivo di impermeabilizzazione della fondazione</u> lo schermo di iniezioni è previsto lungo il piede di monte della diga, all'interno del cunicolo di drenaggio previsto nel getto del nuovo paramento di monte, proseguito fin dentro le spalle. Lo schermo sarà realizzato secondo le indicazioni che emergeranno dalle prove preliminari eseguite nel campo prova e sarà ottenuto con fori estesi ad una profondità di circa 40 m sotto al piano dei cunicoli. (Si veda All.A, dis. BADE 3401; e Fig 3.8).</p>
<p><u>Consolidazione della Roccia di Imposta della Diga</u> Il Progetto prevede la realizzazione di un tappeto di fori, eseguito dalla superficie dello scavo a monte e a valle della diga, per consolidare con iniezioni di boiacche la roccia di imposta del nuovo paramento di valle e da quello per l'inserimento delle geomembrane e geodreni e drenaggio di raccolta (sistema d'impermeabilizzazione del paramento di monte) (Si veda SIA 2009Allegato C dis. BADD da 2103 a 2105; 2221- da 2251 a 2255)</p>	<p><u>Consolidazione della Roccia di Imposta della Diga</u> Il Progetto prevede la realizzazione di un tappeto di fori, eseguito dalla superficie dello scavo a monte e a valle della diga, per consolidare con iniezioni di boiacche la roccia di imposta dei nuovi paramenti. Medesima Soluzione (Si veda All.A, dis. BADE 3311-3312; da 3341 a 3348; 3401)</p>

<p><u>Dispositivo di Drenaggio della Fondazione</u> Dal cunicolo previsto nel corpo diga ed esteso all'ammasso roccioso, su un piano divergente da quello dello schermo d'iniezioni e immergente verso valle, si formerà uno schermo di dreni il cui scopo è quello di captare le portate comunque filtranti fondazione formare uno schermo di dreni il cui scopo è quello di captare le portate comunque filtranti fondazione. (Si veda SIA 2009, All.C dis. BADD 2103-2104-2105-2211-2212- 2262-2263-2264;e Fig. 3.7</p>	<p><u>Dispositivo di Drenaggio della Fondazione</u> Il Progetto prevede la realizzazione di uno due schermi di dreni eseguiti rispettivamente dal cunicolo di monte, su un piano divergente da quello dello schermo di iniezioni e inclinato di 30° verso valle, e dal cunicolo di valle, su un piano verticale. (Si veda All. A, dis. BADE 3103; da 3341 a 3348; 3361-3401; e Fig.3.8)</p>
<p><u>Nuove opere di presa</u> Il progetto di adeguamento prevede l'istallazione a monte di ciascuna condotta di un organo di intercettazione motorizzato L'organo di intercettazione sarà costituito da una paratoia a strisciamento, di dimensioni 1.20x1.15 m, azionabile dal coronamento per mezzo di un'asta rigida. Le guide della paratoia saranno ancorate ad una lesena in calcestruzzo, di larghezza circa 2 m, pendenza costante e spessore variabile (0.5 m alla base e al coronamento), accostata al paramento di monte per tutto il tratto che va dal coronamento al cordolo al piede. (Si veda SIA 2009 all. C dis. BADD - 2351)</p>	<p><u>Nuove opere di presa</u> Le condotte di presa originarie saranno definitivamente poste fuori servizio e sigillate. il progetto ha considerato la costruzione di una nuova opera specifica costituita da una torre di presa ubicata in adiacenza al paramento di monte in chiave alla diga. La torre di presa raccoglie su un'unica sezione verticale tutte e 4 le singole opere di presa originarie, mantenendo invariate le quote di derivazione. Ogni bocca di presa sarà presidiata da una paratoia piana a strisciamento. (si veda All. A Vol.2 dis. BADE-3421)</p>
<p><u>Nuovo scarico di fondo</u> Il nuovo scarico di fondo sarà costituito da un'unica condotta circolare di diametro 1.00 m e lunghezza complessiva circa 50 m, alloggiata sul fondo dell'attuale cunicolo trasversale. La quota dell'imbocco sarà posta a quota 671.90 m s.l.m. mentre l'uscita al piede di valle sarà posta a quota 669.60 m s.l.m. (Si veda SIA 2009 all.C dis. BADD 2311 – 2312 – 2313)</p>	<p><u>Nuovo scarico di fondo</u> Il nuovo scarico di fondo sarà costituito da un'unica condotta circolare di diametro 1.00 m e lunghezza complessiva circa 62 m, alloggiata su selle metalliche sul fondo dell'attuale cunicolo trasversale e in gran parte ispezionabile. La quota asse dell'imbocco sarà posta a quota 670.8 m s.l.m. mentre l'uscita al piede di valle sarà posta a quota 668.70 m s.l.m.. (si veda All. A Vol.2 dis. BADE-3371 - 3701)</p>
<p><u>Dispositivi di Monitoraggio</u> -pendolo con punto di lettura monodirezionale --piezometri installati nella muratura e nella roccia di fondazione a 3 diverse quote, -misuratori di giunto a cavallo dei giunti del paramento di valle; - termometri nella massa; -celle di carico multidirezionali; -misuratori di portata a stramazzo -pilastrini di stazione e borchie di collimazione (Si veda SIA 2009 all.C dis. BADD 2401-2402 – 2403)</p>	<p><u>Dispositivi di Monitoraggio</u> - pendoli diritto e rovescio e relativi telecoordinometri; - sensori piezometrici a corda vibrante e a punta chiusa, fissi e removibili; - misuratori di portata a stramazzo; - sensori di temperatura; - accelerografo; - estensimetri; - capsule tensiometriche; - caposaldi e mire di collimazione; - borchie per livellazione. (si veda All. A Vol.2 dis. BADE-3701 -</p>

Tabella 3.2 Consistenza dei lavori previsti dal Progetto Definitivo 2009 (SIA) e dal Progetto Definitivo 2013/14 (approvato)

Progetto Definitivo (2009)		Progetto Definitivo 2013/14 (approvato)	
Volumi Opere (demolizione, costruzione)		Volumi Opere(demolizione, costruzione)	
demolizione placca e bognini	18.500 m ³	demolizione placca e bognini	32.730 m ³
calcestruzzi diga e opere accessorie	48.000 m ³	calcestruzzi diga e opere accessorie	98.255 m ³
Inerti per CLS in mucchio	68.000 m ³	Inerti per CLS in mucchio	120.000 m ³
Materiali non riutilizzabili	10.000 m ³	Materiali non riutilizzabili	18.000 m ³
Deposito Inerti		Deposito Inerti	
volume stoccaggio	15.000 m ³	volume stoccaggio	20.000 m ³
superfici sottratte temporaneamente per attività legate alle varie attività	14.000 m ²	superfici sottratte temporaneamente necessarie alle attività previste	14.000 m ²
Scavi Fondazione		Scavi Fondazione	
Scavi All'aperto in roccia (Diga +Sfioratore +trave+vasca restituzione)	8.680 m ³	Scavi All'aperto in roccia (Diga +Sfioratore +trave+vasca rstituzione)	18.230 m ³
Scavi All'aperto in terreno (valle diga)	2.000 m ³	Scavi All'aperto in terreno (valle diga)	3.130 m ³
Scavi in galleria (in roccia)	1.850 m ³	Scavi in galleria (in roccia)	3.300 m ³
Scavi in galleria (Cunicoli corpo diga)	600 m ³	Scavi in galleria (riprofilo Cunicolo)	300 m ³
Totale	13.100 m ³	Totale	24.960 m ³
Scarico di superficie separato dal corpo diga		Scarico di superficie separato dal corpo diga	
Scarico di fondo		Scarico di fondo	
Cunicolo trasversale già realizzato tubazioni, paratoie e valvole		cunicolo trasversale già realizzato (riprofilatura) tubazioni, paratoie e valvole :	
Opera di Presa e Derivazione		Opera di Presa e Derivazione	
costruzione opera di presa a monte (torre) griglie, tubazioni, paratoie e valvole		costruzione opera di presa a monte griglie, tubazioni, paratoie e valvole	
Schermo Impermeabile e Consolidamenti		Schermo Impermeabile e Consolidamenti	
Perforazioni	7.466 m	Perforazioni	6.550 m
Iniezioni	725 T	Iniezioni	940 T
Drenaggi		Drenaggi	
Perforazioni In roccia	1.510 m	Perforazioni corpo diga	960 m
Perforazioni In Corpo diga	2.925 m	Perforazioni fondazione diga	1865 m
canne drenanti nel corpo diga: perforazione dal coronamento		canne drenanti realizzate nel corpo diga: prolungate in roccia fino ai cunicoli	
Impermeabilizzazione		Impermeabilizzazione	
Geomembrana su paramento di monte		nuovo paramento di monte in cls	
Deviazione Corso d'acqua		Deviazione Corso d'acqua	
già in atto tramite cunicolo scavato trasversalmente alla diga		già in atto tramite cunicolo scavato trasversalmente alla diga	
Strumentazione		Strumentazione	
installazione limitata		installazione limitata	
Controlli e prove		Controlli e prove	
frequenza ed estensione diffusa		frequenza ed estensione diffusa	
Produzioni Impianti e Macchinari		Produzioni Impianti e Macchinari	
demolizioni e scavi con martellone max 170 - min 10 - medi 105 m ³ /g		demolizioni e scavi con martellone max 200 - min10 - medi 130 m ³ /g	
calcestruzzi max 250 - medi 140 m ³ /g		calcestruzzi max 400 - medi 250 m ³ /g	
Strade Accesso		Strade Accesso	
ristrutturazione limitata sul percorso:- allarghi, rettifiche tracciato, piazze - rinforzo fondazione		ristrutturazione limitata sul percorso:- allarghi, rettifiche tracciato, piazze - rinforzo fondazione	

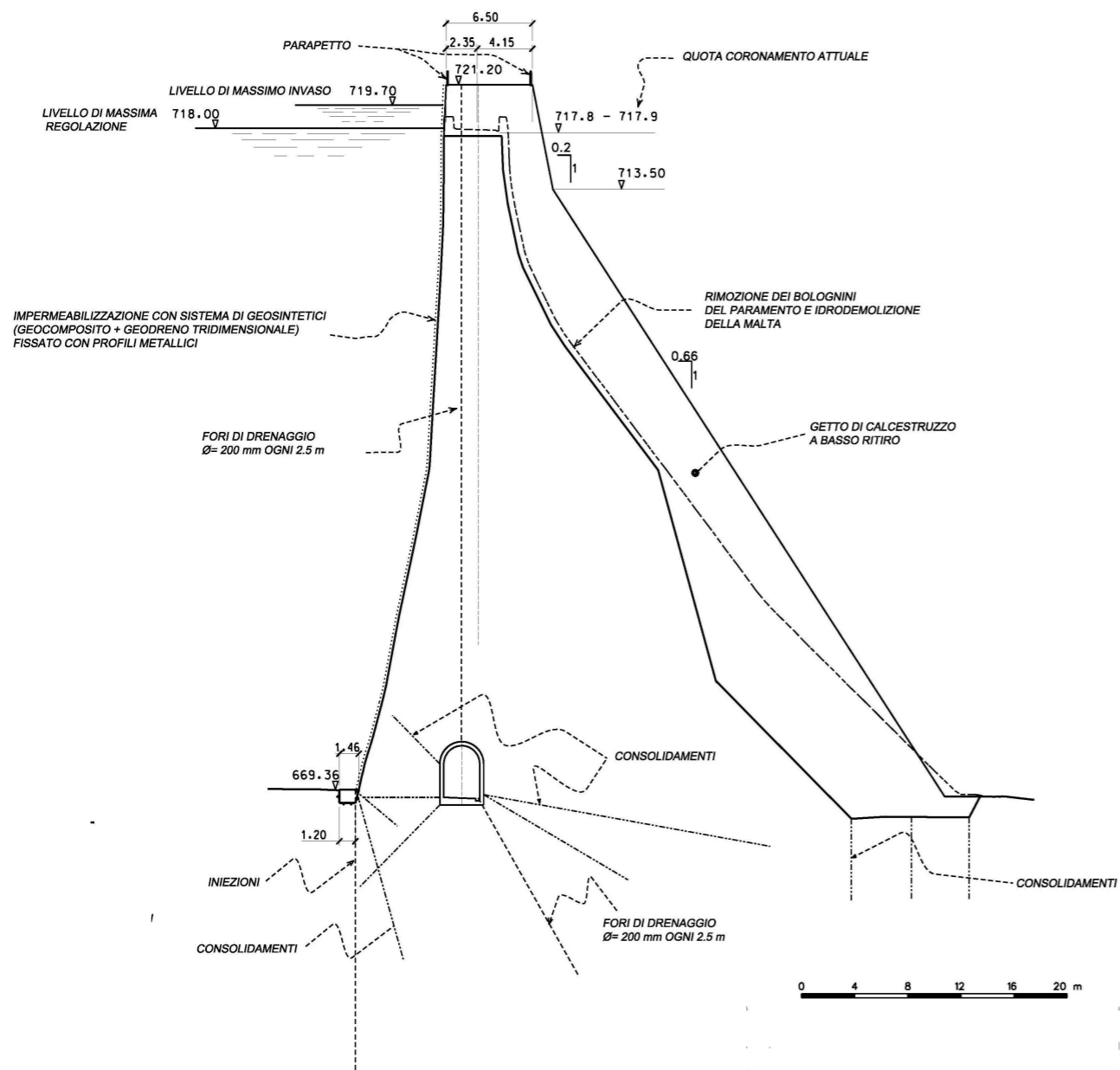


Figura 3.1 Progetto Definitivo (2009), (All. C Tavola BADD - 2104) Progressiva 130.0
 Sezione tipo rimodellamento paramento monte con Cunicolo di Ispezione e Drenaggio trasversale nel corpo diga
 Scarico di fondo, dettaglio schermi drenaggi ed iniezioni

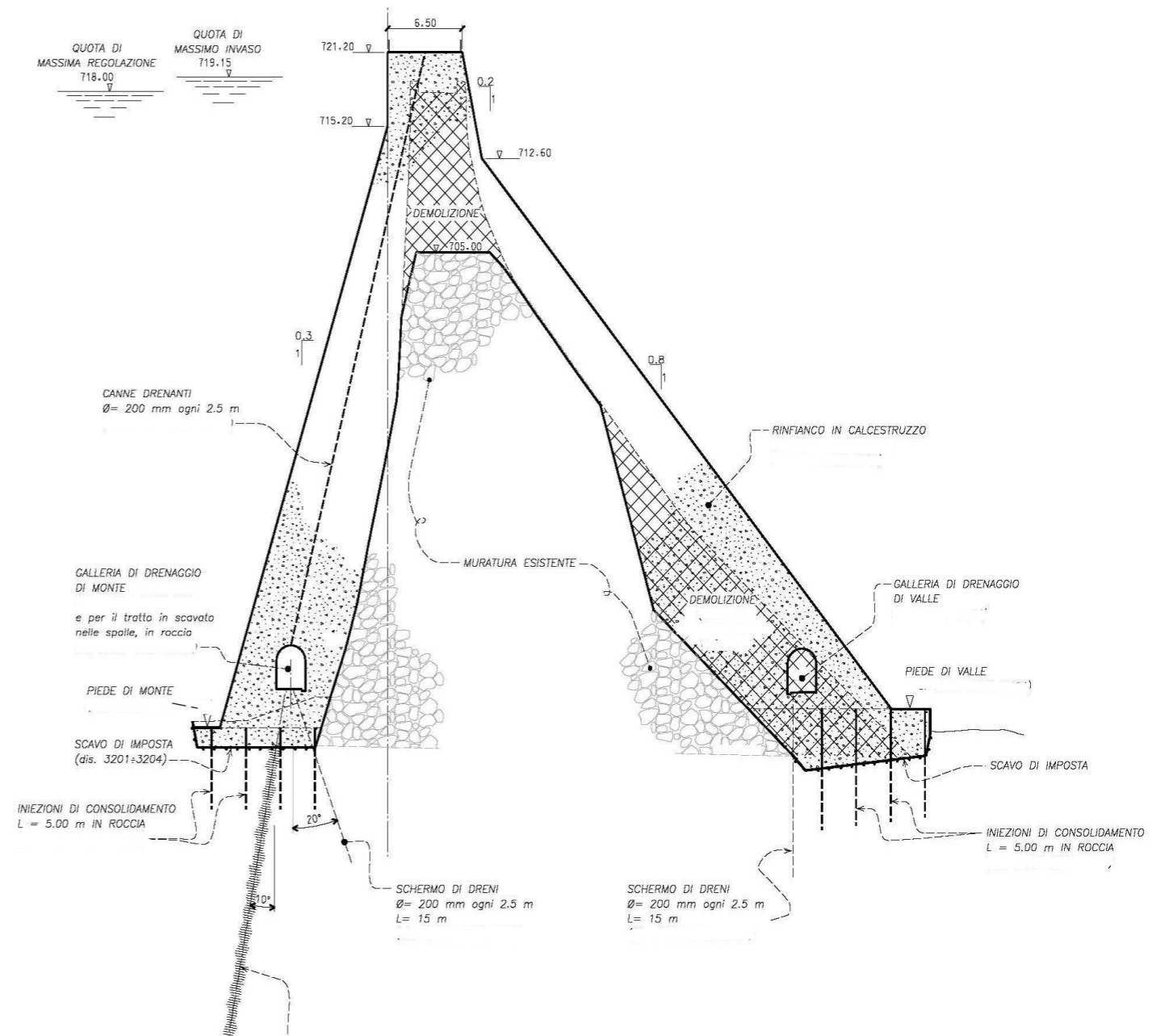


Figura 3.2 Progetto Definitivo (2013/14) approvato, (All. A, Tavola BADE- 3103) Progressiva ≈120.00
 Sezione tipo rimodellamento paramenti monte e valle con Cunicoli di Ispezione e Drenaggio trasversali nel getto dei
 nuovi paramenti, dettaglio schermi drenaggi ed iniezioni



Figura 3.3 Progetto Definitivo (2009), (SIA All. A Tavola BADD - 2101) Diga Ristrutturata Stato Finale

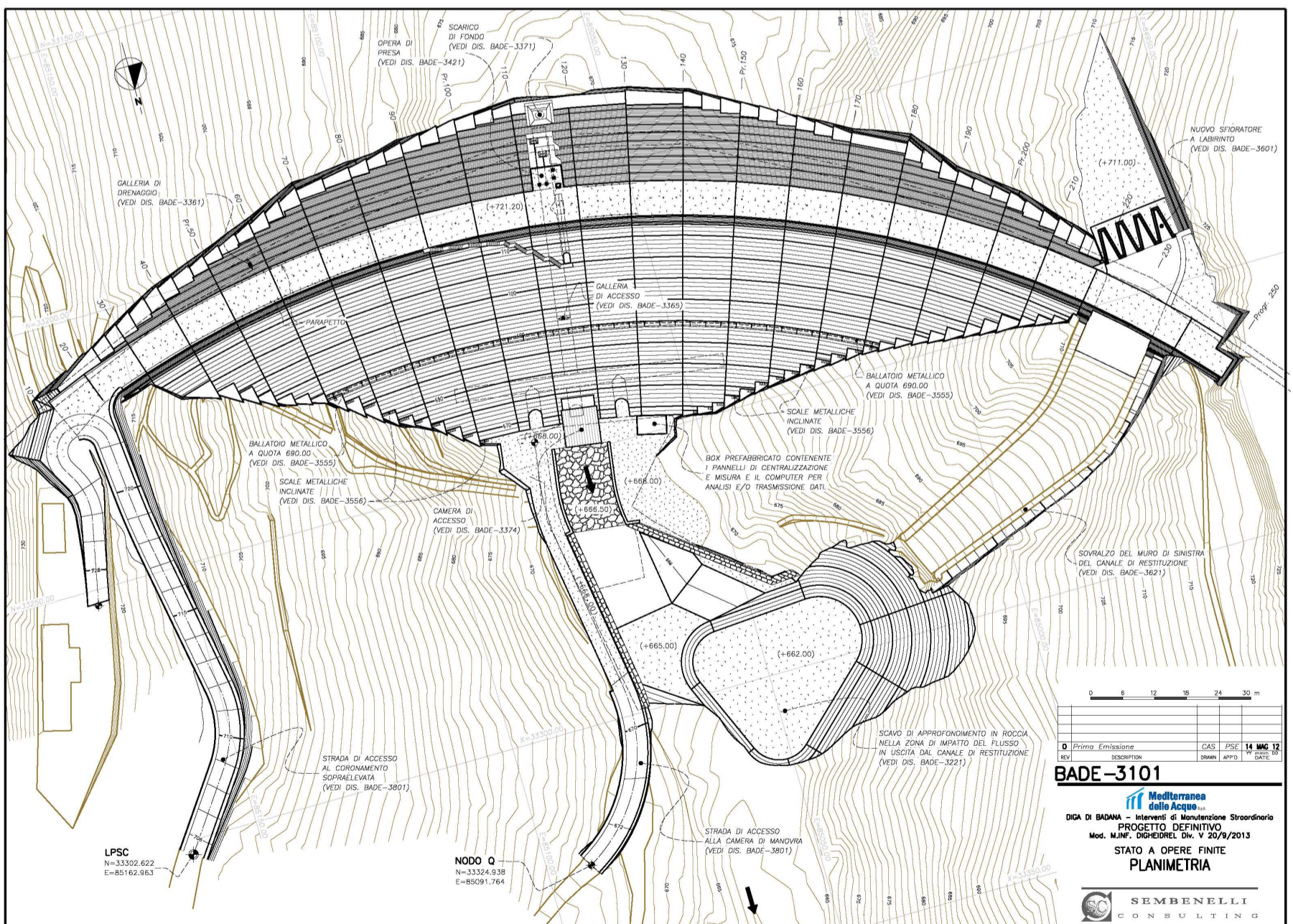


Figura 3.4 Progetto Definitivo (2013/14) approvato, (All.A Tavola BADE- 3101) Diga Ristrutturata Stato Finale; appare la superficie occupata dal nuovo paramento di monte che comunque interessa il sedime del lago. Si nota la rinnovata geometria del bacino di dissipazione come dal modello idraulico realizzato (ultima revisione progetto)

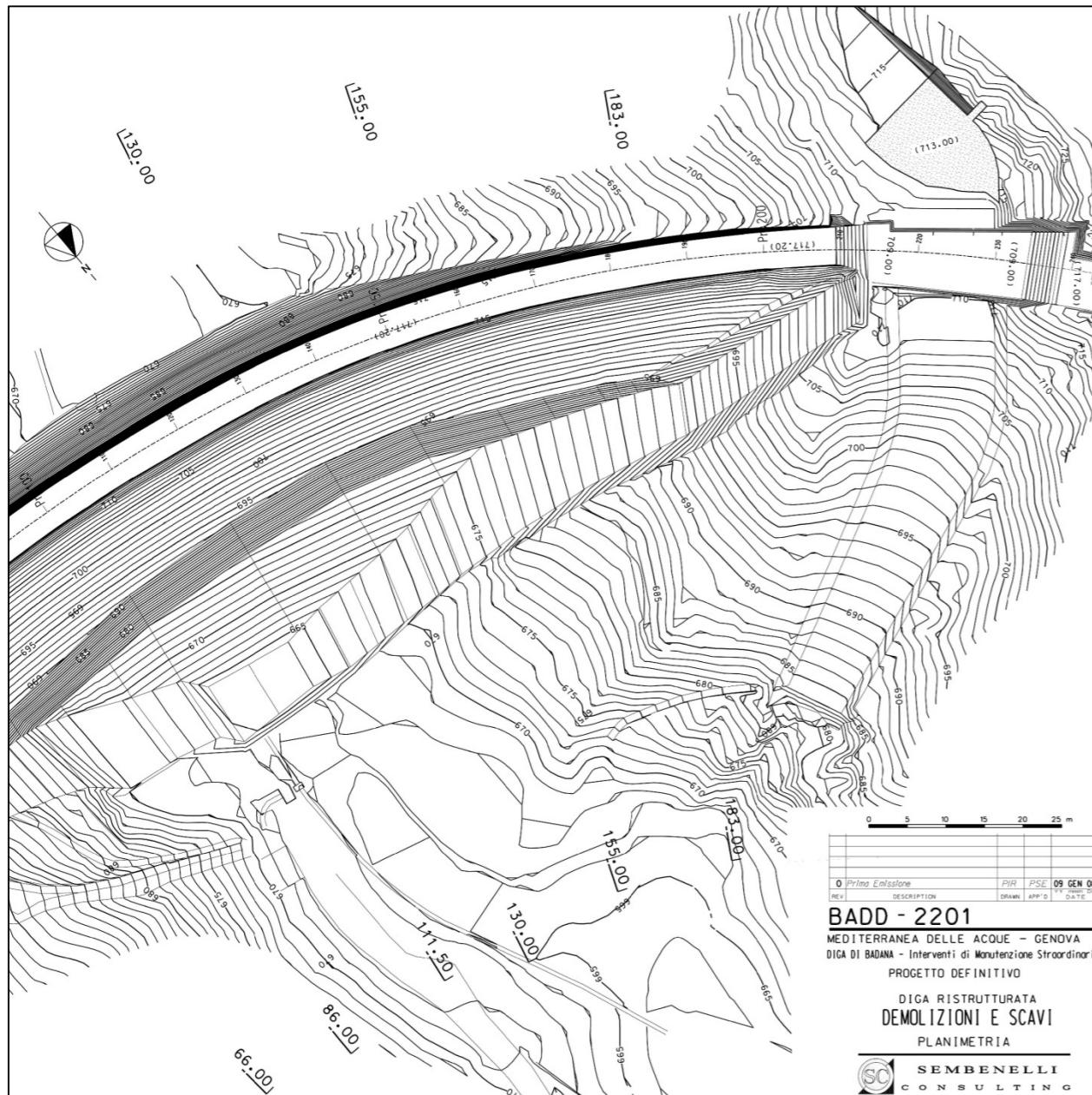


Figura 3.5 Progetto Definitivo (2009), (SIA All.C Tavola BADD - 2201)
 Piano demolizioni e scavi centro diga e spalla sinistra

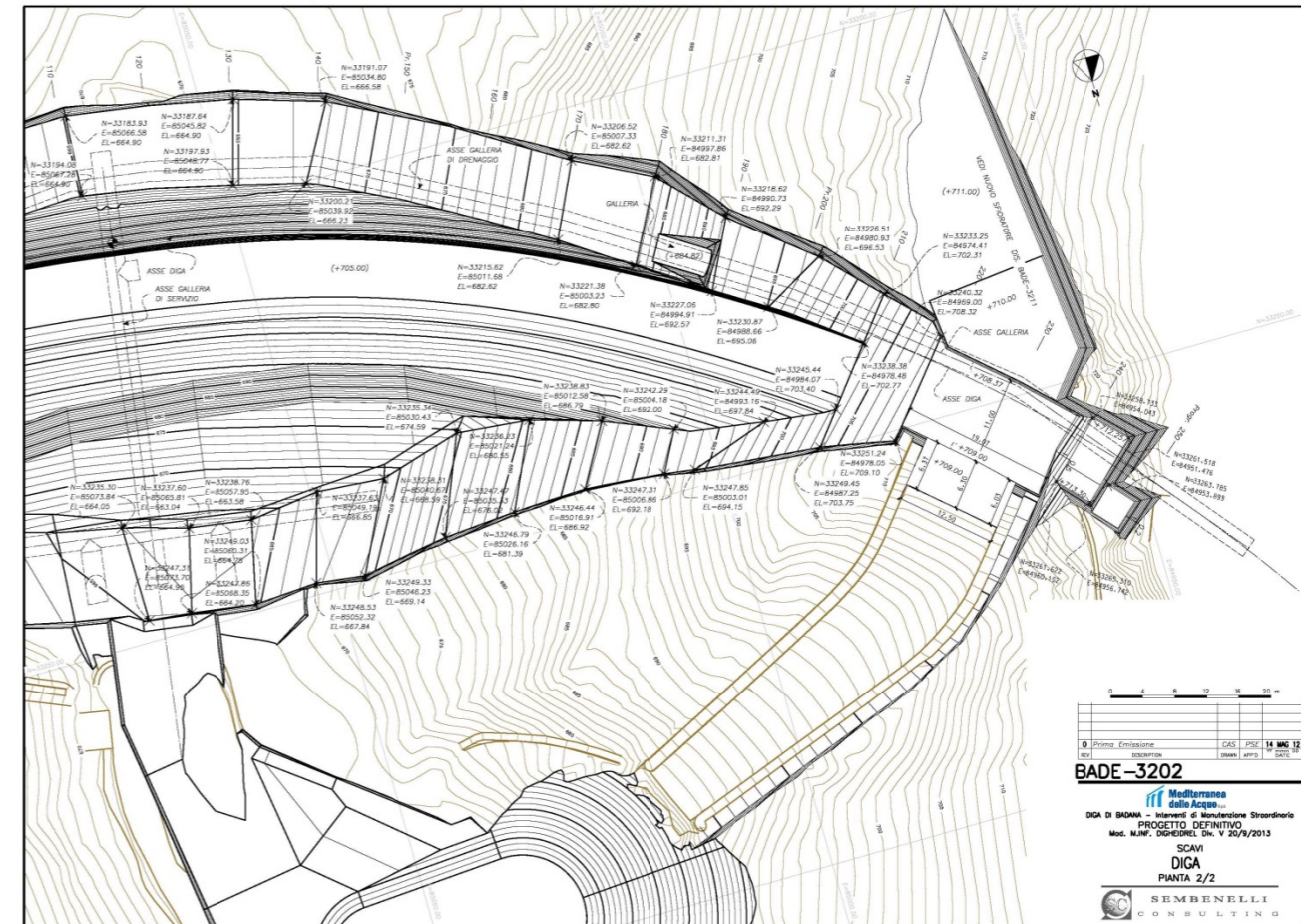


Figura 3.6 Progetto Definitivo (2013/14) approvato, (All.A Tavola BADE- 3202)
 Piano scavi centro diga e spalla sinistra, si nota m l'area di scavo corrispondente alla fondazione del nuovo paramento di monte

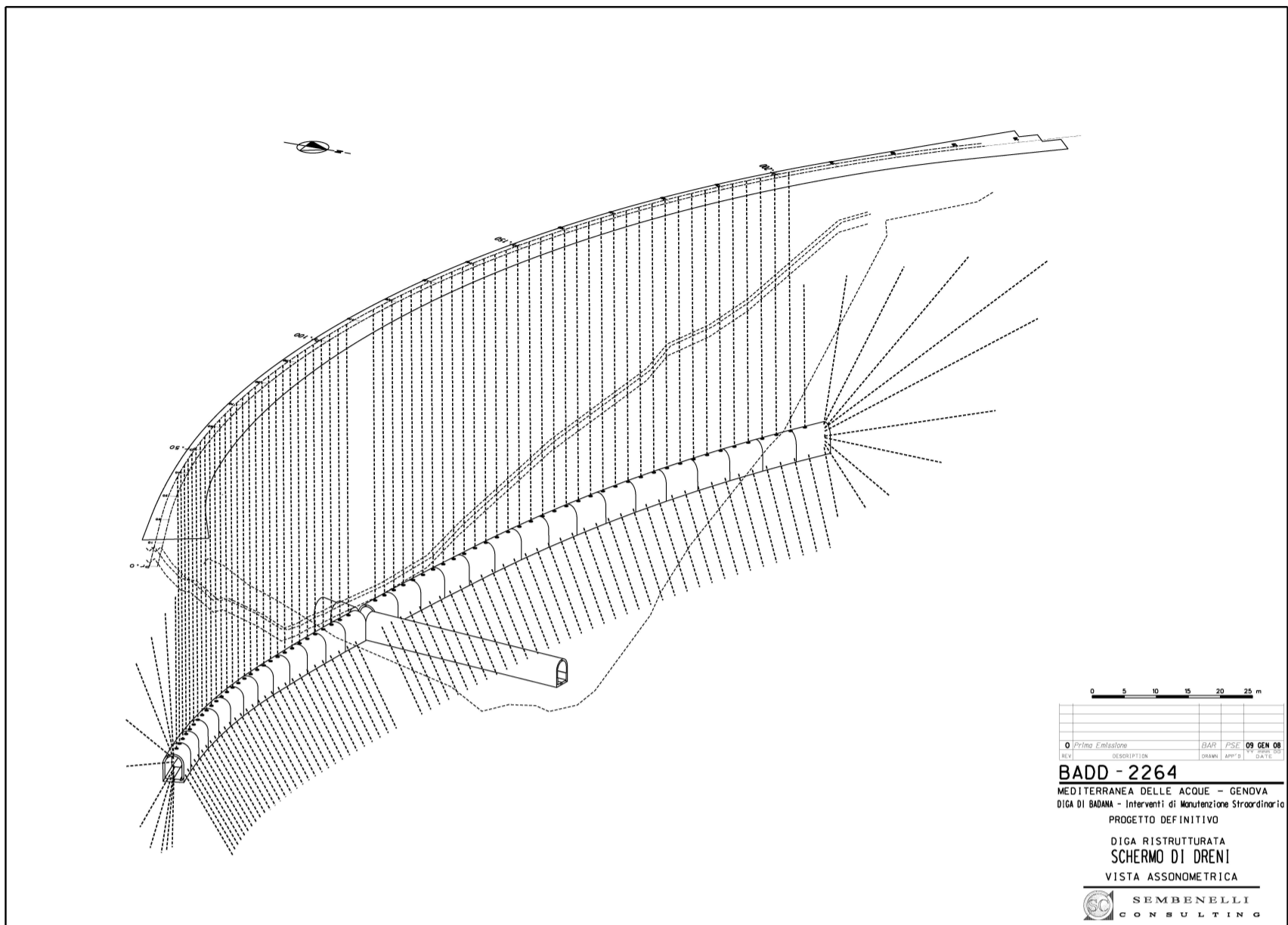


Figura 3.7 Progetto Definitivo (2009), (SIA All.A Tavola BADD - 2264).
 Cunicolo di Ispezione e Drenaggio trasversale nel corpo diga e spalle in ammasso roccioso con schermo di drenaggio

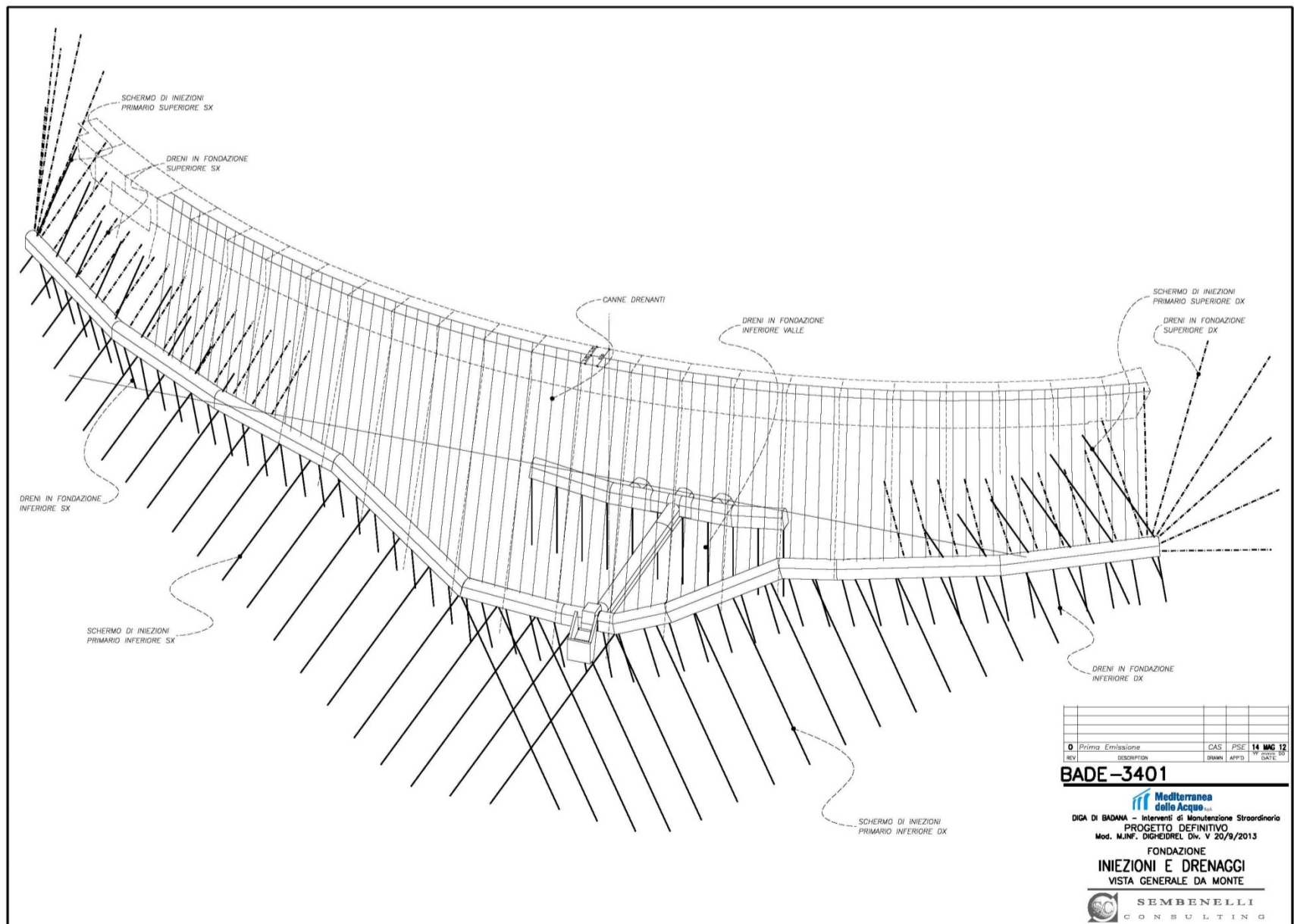


Figura 3.8 Progetto Definitivo (2013/14) approvato, (All.A Tavola BADE 3401)
 Cunicoli di Ispezione e Drenaggi, trasversali, ricavati nei getti dei nuovi paramenti di monte e di valle con schermi di iniezione e di drenaggio

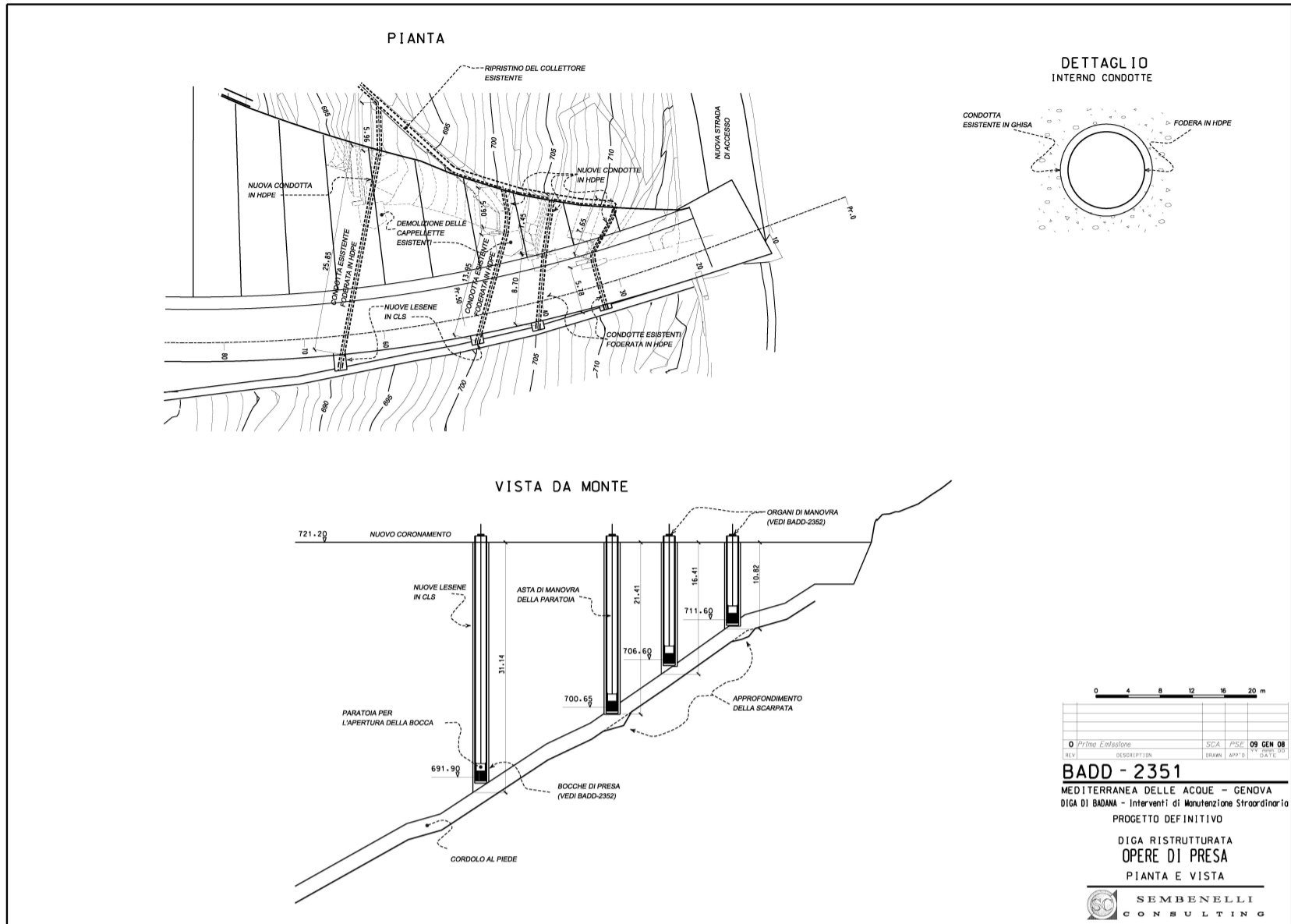


Figura 3.9 Definitivo (2009), (SIA all.A Tavola BADD - 2351). Opere di presa

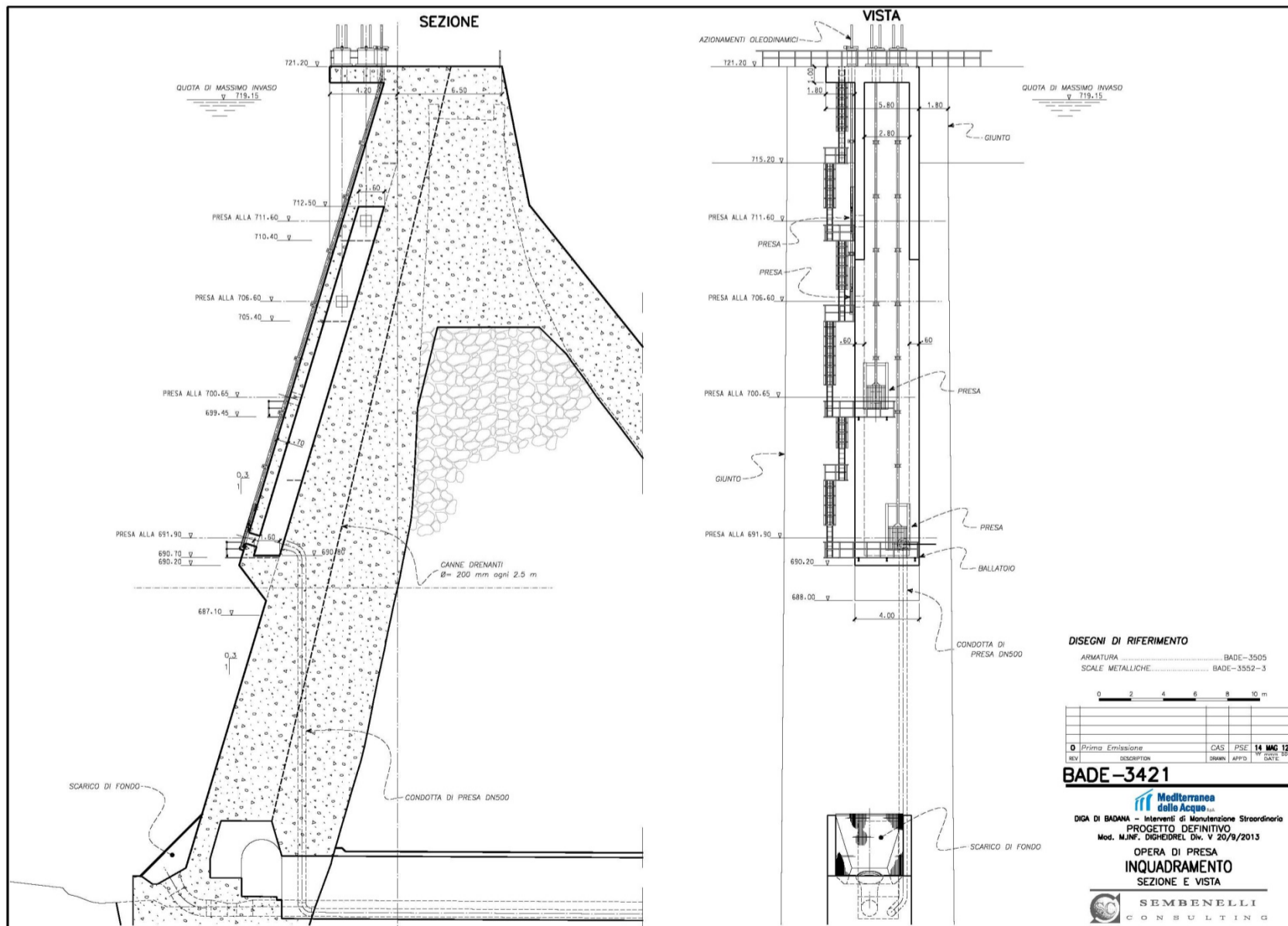


Figura 3.10 Progetto Definitivo (2013/14) approvato, (All.A Tavola BADE 3401) torre di presa ubicata in adiacenza al paramento di monte in chiave alla diga

3.2 Confronto Costi e Tempi dell'Intervento

3.2.1 Confronto tra i costi

Il prospetto che segue illustra, in forma sintetica, le differenze tra i costi preventivati per la realizzazione degli interventi di manutenzione straordinaria della diga di Badana dal Progetto definitivo del 2009 ed il Progetto definitivo 4o Rev del 2104.

Tabella 3.3 Confronto costi degli interventi previsti dal Progetto Definitivo 2009 (SIA) e dal Progetto Definitivo 2013/14 (approvato)

Opere ed attività	Progetto def. (2009) Costo in €	Progetto def. (2013-14) Costo in €
Opere di cantierizzazione	760.000	1.800.000
Prove preliminari in situ e in laboratorio	86.750	76.756
Strade di accesso al coronamento e piede diga	-	148.521
Demolizione calcestruzzo con martelloni e idrodemolizione	1.899.000	3.033.300
Scavi all'aperto	1.228.750	921.900
Scavi in sotterraneo		518.480
Perforazioni e iniezioni per consolidamenti	1.070.365	366.920
Perforazioni e iniezioni per schermo		909.167
Drenaggi corpo diga	72.820	252.660
Drenaggi fondazione diga		376.480
Calcestruzzi, cassature, ferro e waterstop	9.909.000	21.293.425
Elementi metallici ed arredi	-	240.250
Forniture elettromeccaniche	112.500	375.680
Strumentazione diga	72.820	271.480
Imprevisti 10%:	165.8457	-
Totale costi diretti	18.243.022	30.585.019

3.3 Confronto tra i Tempi dell'Intervento

I tempi dei progetti definitivi analizzati sono riportati in dettaglio nei cronoprogrammi riportati alle Fig. 3.11 e 3.12.

Dall'analisi dei Cronoprogrammi si nota come il primo, relativo al Progetto Definitivo 2009, non tiene conto dei fermi cantiere derivati dalle condizioni climatiche, particolarmente severe durante il periodo invernale nel contesto geografico, mentre nel secondo Cronoprogramma, relativo al Progetto 2014, i fermi sono considerati.

Definitivo Rev (2013/14) Approvato, sono stati considerati i mesi di Dicembre e Gennaio di fermo cantiere che nell'arco dei 33 mesi di attività corrispondono a 4 mesi sull'arco temporale totale previsto.

Riflettendo la stessa considerazione al primo cronoprogramma che si sviluppa su 22,5 mesi sono previsti 4 mesi sull'arco temporale totale previsto.

I tempi di esecuzione dei lavori sono i seguenti:

Progetto Definitivo (2009)

22.5 mesi + 4 mesi di fermo cantiere = 26.5 mesi

Progetto Definitivo Rev (2013/14) Approvato

33 mesi (fermo cantiere compreso)

La realizzazione del Progetto Definitivo Rev. (2013/14) Approvato prevede un prolungamento delle tempistiche realizzative di circa **6.5 mesi**.

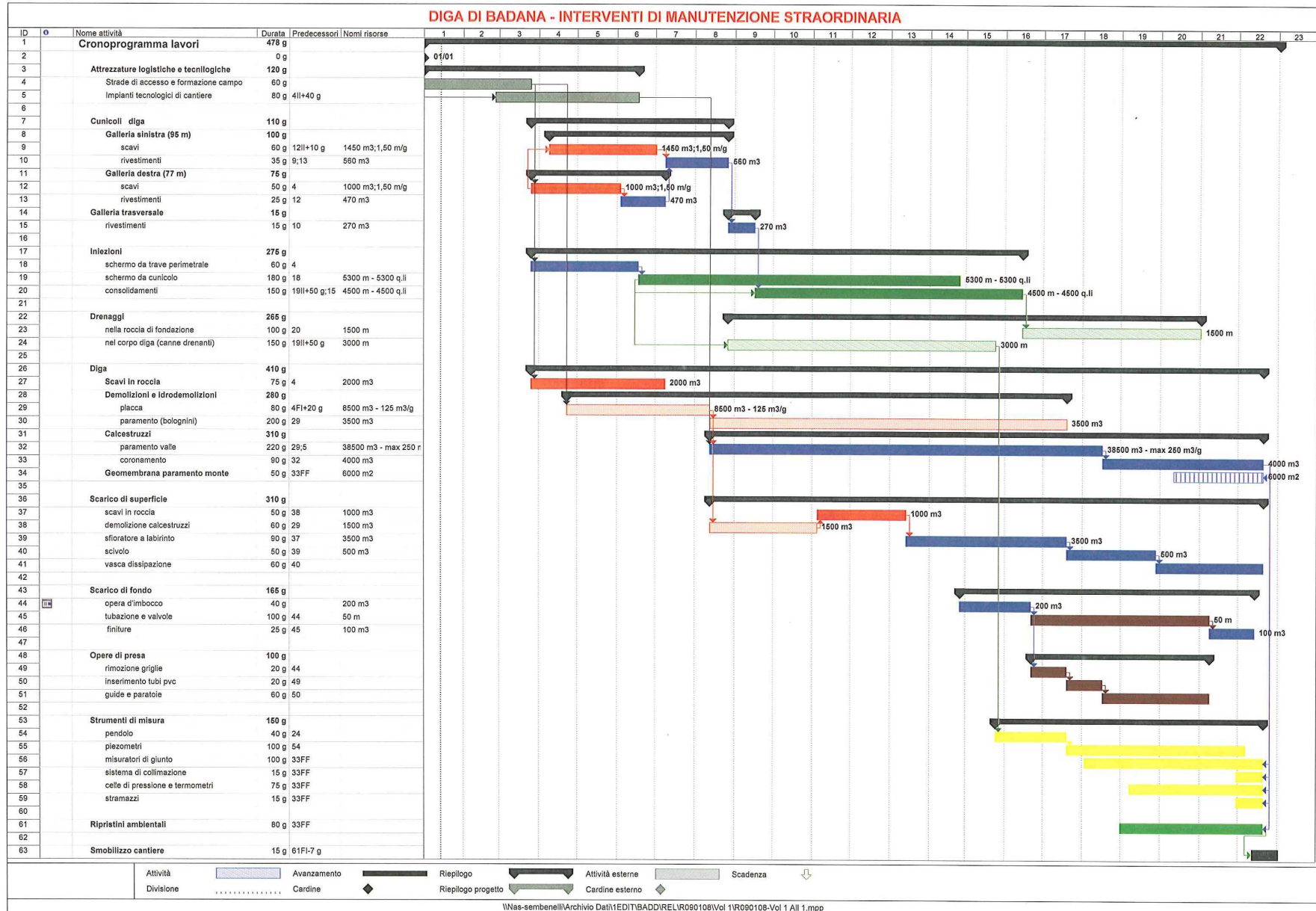


Figura 3.11 Progetto Definitivo (2009 SIA), Cronoprogramma.

**DIGA DI BADANA - Interventi di Manutenzione Straordinaria
 PROGETTO DEFINITIVO
 CRONOPROGRAMMA DELLA COSTRUZIONE**

14 MAR 31

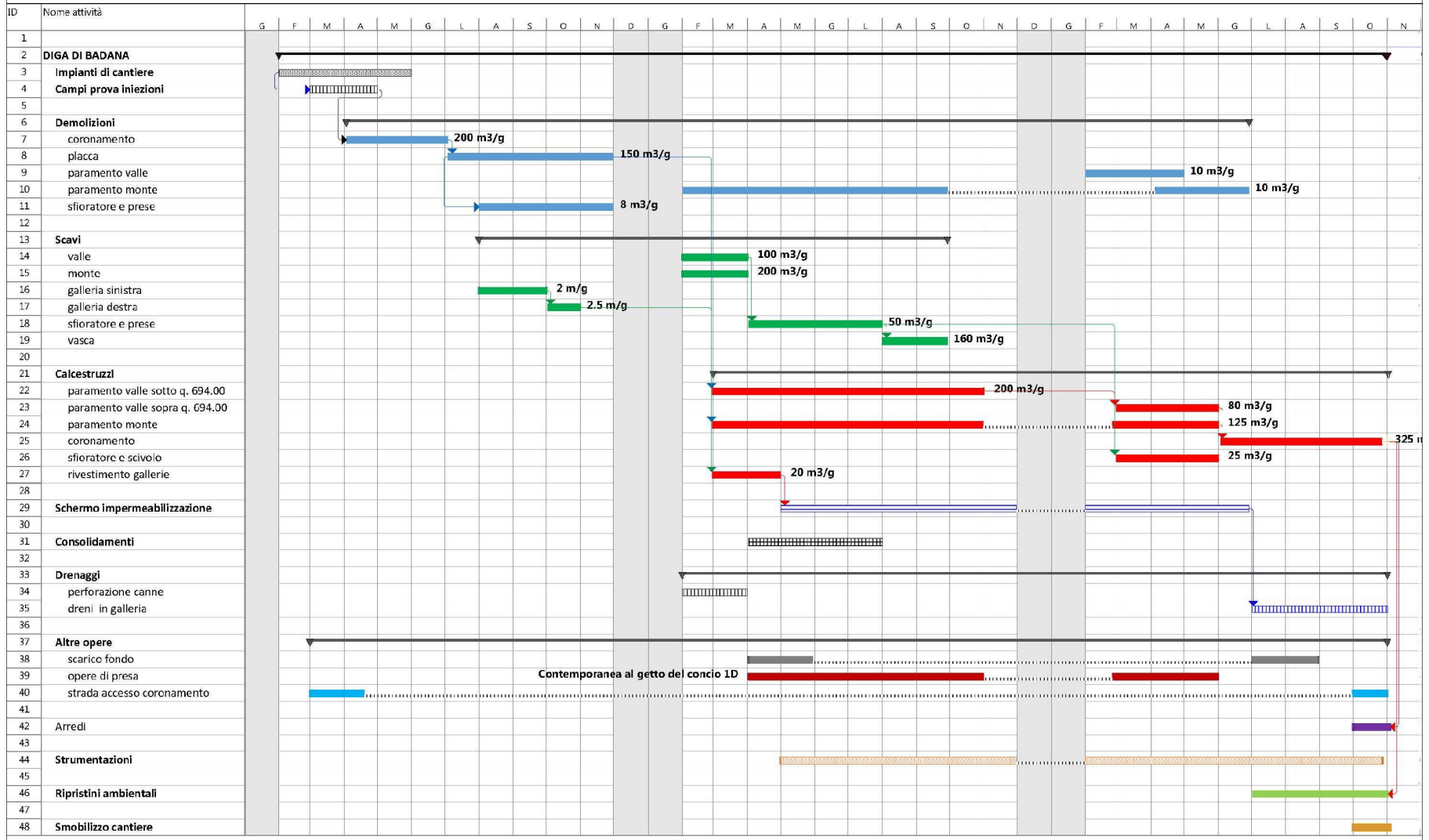


Figura 3.12 Progetto Definitivo (2013/14) approvato, Cronoprogramma.

4. QUADRO AMBIENTALE

4.1 Premessa

Le valutazioni presenti nel presente studio sono relative alle variazioni progettuali intervenute a seguito dell'iter procedurale di approvazione del progetto di ristrutturazione della diga di Badana. Il quadro ambientale e la valutazione degli impatti sono relativi dunque esclusivamente alle differenze tra i due progetti, quello il cui procedimento di VIA si è concluso positivamente, con prescrizioni, nel 2011 (denominato progetto 2009) e quello attuale, denominato 2014.

Le prescrizioni imposte dal Ministero dei Lavori Pubblici hanno imposto la demolizione di porzioni più ampie del corpo diga e la sua conseguente ricostruzione. Le differenze, presentate in dettaglio nel capitolo precedente, si possono sostanzialmente riassumere in:

- Variazioni temporanee:
 - Aumento delle attività di demolizione;
 - Aumento della produzione di calcestruzzi;
- Variazioni permanenti:
 - Aumento della superficie occupata dal paramento di monte della diga (entro il sedime del lago).

Gli impatti conseguenti riguardano:

- Aumento, in termini temporali, delle attività di cantiere di circa 6,5 mesi;
- Aumento del flusso dei trasporti;
- Aumento, in termini di durata, delle attività più rumorose in cantiere;

L'aumento della superficie occupata dal paramento di monte della diga, per quanto permanente, risulta di minima entità e non tale da incidere in maniera significativa in termini di impatto sull'ambiente, risultando inoltre compreso all'interno del sedime della diga.

Per tali ragioni, nei paragrafi seguenti, saranno esaminati gli aspetti specifici relativi all'aumento del flusso dei trasporti, le emissioni correlate e le polveri prodotte durante le attività di cantiere (demolizioni).

Un'altra variazione intervenuta rispetto al progetto 2009 e già presentata nell'ambito dell'osservanza alle prescrizioni, riguarda la modifica della localizzazione dell'area di pulizia delle ruote dei mezzi, resa necessaria per indisponibilità dell'area precedentemente individuata lungo il crinale ligure-padano. L'attuale localizzazione si trova all'innesto con la strada provinciale (S.P.4) a margine della.

4.2 Introduzione

La particolare attenzione rivolta al quadro ambientale è motivata dal fatto che la diga si trova nel pregiato contesto ambientale del "Parco Naturale delle Capanne di Marcarolo" che ricade altresì in un'area compresa nel Sito di Importanza Comunitaria (S.I.C."Capanne di Marcarolo" IT1180026) e che le attività di trasporto si estendono lungo una seconda area S.I.C. (IT1331501 Praglia – Pracaban – Monte Leco – Punta Martin).

Il lago di Badana con la sua presenza dal 1914 al 2006 (poco meno di 100 anni), ha dato origine, insieme ai laghi di Lavezze e Lungo, alla maggiore risorsa di acque potabili della città di Genova e ha, nel contempo, favorito l'instaurarsi di un ecosistema di pregio.

Il sistema dei laghi del Gorzente è ubicato sul versante padano della catena appenninica, a Nord-Ovest di Genova, nell'entroterra al confine tra le Province di Genova e di Alessandria (cfr. fig. 4.1).

I tre bacini (Lavezze, Lungo, Badana), insieme al bacino della Lavagnina, rientrano in un quadrangolo posto tra 8° 45' 00" e 8° 50' 00" di longitudine Est e tra 44° 33' 00" e 44° 36' 00" di latitudine Nord. Il torrente Gorzente è un affluente del Piota, che recapita le sue acque nell'Orba, a sua volta affluente del Bormida.

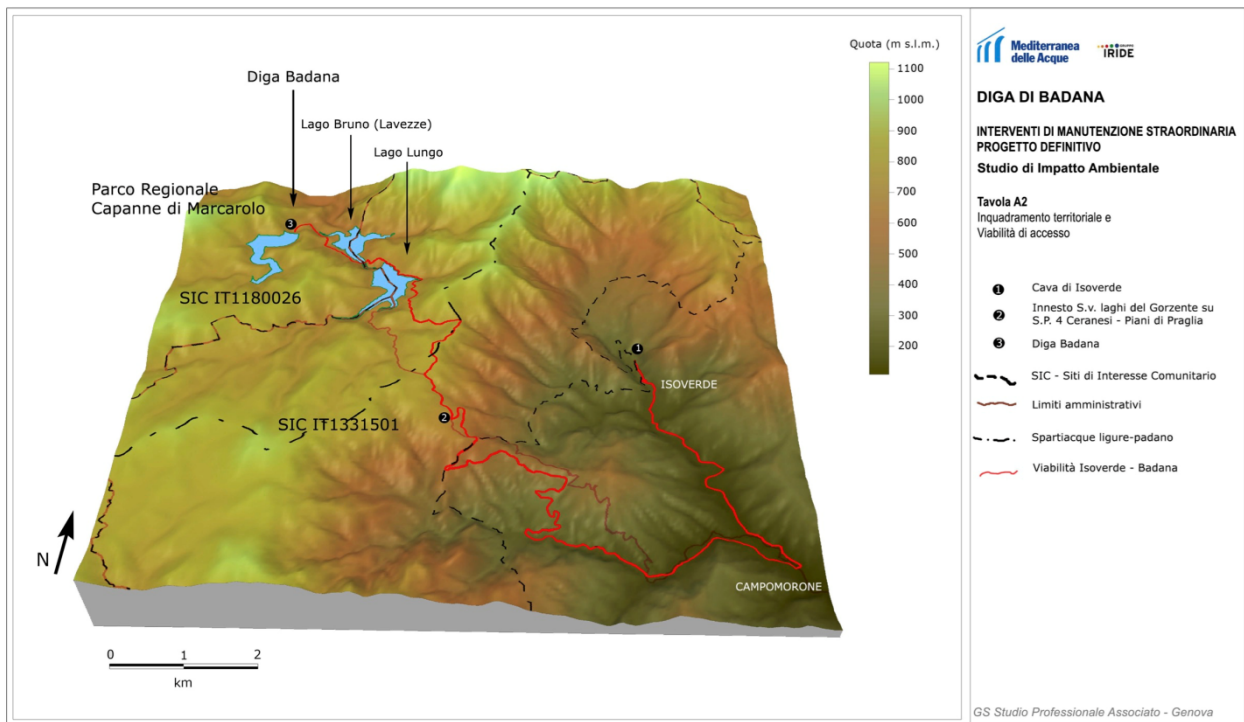


Figura 4.1 Modello tridimensionale dell'area di spartiacque Ligure-Padano, comprendente i tre invasi del Gorzente e la cava di Isoverde.

4.3 Le Strade d'Accesso

La strada d'accesso alle dighe del Gorzente, a partire dalla SP4, è stata realizzata per la loro costruzione ed è stata adeguata, negli anni, alle esigenze di un traffico dedicato all'esercizio ed alle attività di manutenzione ordinaria ed alla realizzazione di alcuni lavori più consistenti. Il più recente è stato il miglioramento della "Strada Vicinale delle Lavezze", strada forestale di accesso al cantiere, compreso il rifacimento del ponte sulla coda del Lago Bruno (Lavezze), realizzato dopo il Febbraio '07 per le attività di messa in sicurezza ed indagini sulla diga di Badana. La consistenza e l'intensità del traffico sono state sino ad ora comunque molto limitate, paragonate a quelle attese per il ripristino della diga di Badana, sia nel caso della Ristrutturazione sia, in modo particolare, nel caso di Demolizione/Ricostruzione.

La diga Badana si trova entro il Parco delle Capanne di Marcarolo e nel SIC IT1180026; il percorso di accesso ai "Laghi Del Gorzente", e conseguentemente alla diga di Badana, consiste in una strada quasi totalmente sterrata, interamente compresa nel SIC IT1331501 Praglia – Pracaban – Monte Leco – Punta Martin, che si diparte dalla strada provinciale SP4 che collega Campomorone ai Piani di Praglia.

In considerazione del fatto che le lavorazioni più importanti sono determinate dalla produzione dei calcestruzzi, si è ipotizzato che parte degli inerti necessari all'integrazione di quelli derivati dalle demolizioni e scavi, vengano, nel caso più gravoso, riforniti dalla cava di Isoverde, nel comune di Campomorone (tratto rosso nel modello tridimensionale di fig.1), che risulta essere la più vicina al cantiere. Il percorso si sviluppa quindi a cavallo dello spartiacque ligure-padano tra la quota minima di 120m s.l.m. in corrispondenza del superamento del torrente e quella massima di 815m s.l.m., in corrispondenza del passaggio dello spartiacque.

Il primo tratto del percorso (fig. 4.2), di collegamento tra la base della diga e la cava, si sviluppa nel Parco Regionale delle Capanne di Marcarolo fino al ponte sulla coda del lago Bruno, per 1,5 km ed è stata oggetto di un primo adeguamento al passaggio di mezzi d'opera per le prime attività dopo gli eventi del Febbraio 2006, e di relativa valutazione di incidenza. Il fondo della strada è attualmente a sterrato con pendenze elevate (punte oltre il 20%).

Il tratto successivo (fig. 4.3), per uno sviluppo di 4,5 km, si trova entro il SIC IT1331501, tra il ponte e l'innesto della strada sterrata con la strada provinciale SP4 che collega Campomorone ai Piani di Praglia. Il percorso è contraddistinto da elevate pendenze medie, con punte che superano il 20% e fondo in terra battuta con brevi tratti, i più critici, in calcestruzzo. La parte finale del tragitto (fig. 4.4), fino alla cava di Isoverde, si sviluppa su viabilità ordinaria (SP4) per una distanza di 12 km ma sempre su pendenze medie elevate, con punte oltre il 15%.

Nel complesso la viabilità risulta disagiata, soprattutto per l'elevato dislivello e per le conseguenti elevate pendenze; altro fattore negativo è rappresentato dalla forte differenza del microclima tra il percorso che si sviluppa lungo i versanti tirrenici e quello lungo i versanti padani. La strada, per consentire il traffico dei numerosi mezzi pesanti, necessita di importanti interventi quali il rinforzo sostanziale della fondazione, apporti di locali allargamenti di tracciato per consentire il transito dei mezzi in sicurezza, semaforizzazione e allestimento di piazzole di scambio per l'incrocio dei mezzi e l'eventuale sosta in caso di guasti. Le caratteristiche morfologiche del territorio, in cui si sviluppa il tracciato stradale d'accesso, non consentono obiettivamente di migliorare le geometrie salienti della strada ed in particolare le pendenze. Queste condizioni limitano il transito a mezzi oltre i 3 assi e pesi lordi superiori alle 35t.

Il tratto attualmente percorribile liberamente, dopo il raccordo con la SP4 verso i laghi, dovrà essere precluso al traffico privato.

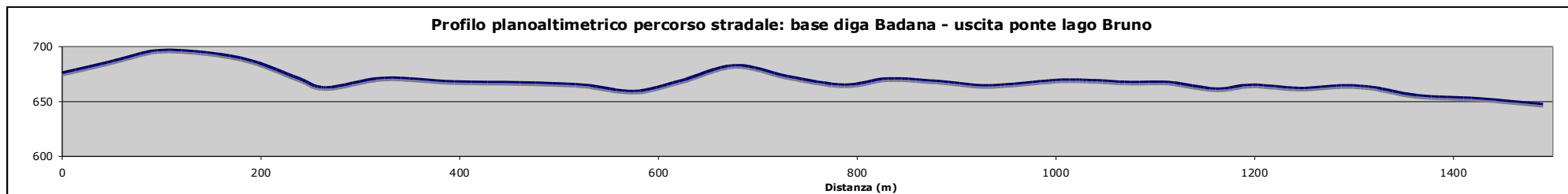


Figura 4.2 Profilo planaltimetrico viabilità nel tratto compreso tra la base della diga Badana ed il ponte sulla coda del lago Bruno

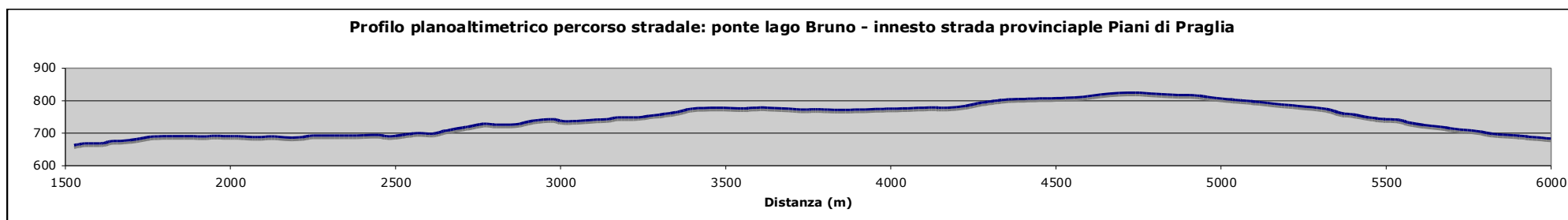


Figura 4.3 Profilo planaltimetrico viabilità nel tratto compreso tra il ponte sulla coda del lago Bruno e l'innesto sulla strada Campomorone – Piani di Praglia.

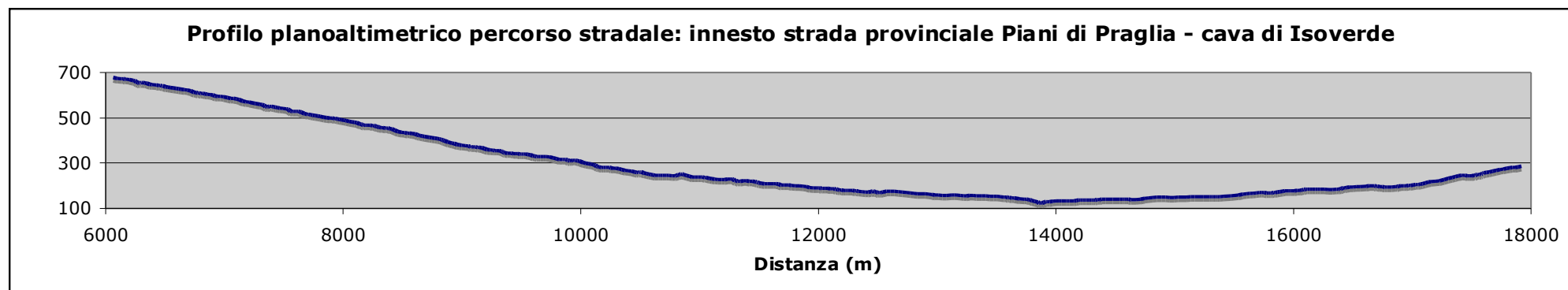


Figura 4.4 Profilo planaltimetrico viabilità nel tratto compreso tra l'innesto sulla strada Campomorone – Piani di Praglia e la cava di Isoverde.

4.4 Sintesi delle Principali Valenze Ambientali dell'Area

L'invaso della Diga Badana è ubicato all'interno del Parco Naturale regionale delle Capanne di Marcarolo e del SIC IT1180026 Capanne di Marcarolo; la viabilità di accesso alla base della Diga si sviluppa parzialmente entro lo stesso SIC e parzialmente entro il SIC IT1331501 Praglia – Pracaban - Monte Leco - Punta Martin.

L'area del Parco è situata nel territorio montuoso dell'Appennino Ligure-Piemontese, nell'area nota geologicamente come "Gruppo di Voltri". I particolari caratteri microclimatici dell'area, che concorrono in buona parte alle notevoli valenze ambientali presenti, derivano dal particolare assetto morfologico di un territorio montuoso posto a breve distanza dal mare. Tali caratteri permettono la coesistenza, in un'estensione territoriale ristretta, di specie tipiche della flora alpina e di specie caratteristiche dell'ambiente mediterraneo. Il territorio del Parco si sviluppa infatti nella fascia altimetrica compresa tra i 335m s.l.m.m. del lago della Lavagnina inferiore ed i 1170m s.l.m.m. del Monte delle Figne. Di particolare interesse risultano l'abbondanza di corsi d'acqua e di piccole zone umide. La copertura vegetale è rappresentata prevalentemente da specie erbacee ed arbustive; tra le specie rare presenti nel Parco si ricordano la *Drosera rotundifolia* ed il *Cerastium utriense*, endemismo del Gruppo di Voltri.

La grande varietà di ambienti naturali che contraddistinguono il Parco consente inoltre una notevole varietà del patrimonio faunistico. Di notevole importanza è la presenza di rettili e anfibi e dei pesci che popolano ruscelli e torrenti; tra questi ultimi si segnala la trota faro, indicatore biologico di buona qualità dei corsi d'acqua, ed il gambero d'acqua dolce.

Tra i mammiferi è importante la presenza di volpi, tassi, caprioli, cinghiali, pipistrelli, faine, ghiri, lepri, ricci e topi selvatici.

L'avifauna rappresenta forse il più importante motivo di pregio ambientale a causa della permanente nidificazione di molte specie, in particolare di rapaci; il Parco si trova inoltre lungo una delle più importanti rotte migratorie tra il continente africano e quello europeo.

L'elenco completo dei mammiferi, dell'avifauna e della flora è riportato nel SIA al capitolo 3.9 del volume 1 e nelle relazioni di incidenza, allegati O e P.

4.5 Caratterizzazione delle componenti ambientali interessate dal progetto e Valutazione di impatto

Lo studio realizzato per la procedura di VIA del progetto 2009, superata con prescrizioni nel 2011, ha permesso di evidenziare le notevoli qualità dell'area dal punto di vista ambientale, attraverso l'esame delle condizioni delle diverse componenti ambientali che saranno interessate dalle attività di progetto.

Grazie al contesto isolato rispetto alle attività antropiche e ad una frequentazione limitata agli escursionisti ed al personale preposto al presidio e manutenzione degli impianti, l'inquinamento è sostanzialmente assente in tutte le sue forme.

Le componenti indagate, tanto nel campo abiotico che in quello biotico, presentano dunque un livello qualitativo elevato.

4.6 Aria e atmosfera

L'immissione in atmosfera di gas inquinanti e di polveri connesse al traffico veicolare sono tra le principali cause di impatto per la realizzazione delle opere necessarie alla messa in esercizio dell'invaso del lago Badana. I fattori che accrescono tale impatto sono determinati dalla complessa morfologia dell'area e dalla viabilità poco agevole che collega la cava di Isoverde, individuata come possibile area di approvvigionamento, e il cantiere.

La strada di collegamento tra la cava di Isoverde e la diga Badana si sviluppa su di un percorso montuoso di 18 km, compreso tra i 120 e gli 820m s.l.m. i cui caratteri morfometrici sono stati descritti precedentemente (cfr. 4.3).

I mezzi e le attrezzature che opereranno nell'ambito del cantiere e quelli di trasporto che saranno utilizzati per l'approvvigionamento dei materiali necessari ai lavori di ripristino dell'impianto, sono fonte d'impatto a causa dell'emissione in atmosfera dei gas e delle polveri generate dai motori a combustione interna. A questi si sommano gli effetti determinati dall'evaporazione della fase volatile dei carburanti, le polveri generate dal consumo dei pneumatici dei mezzi e quelle derivate dal contatto con il terreno. La sorgente d'impatto risulta dunque di tipo lineare, con influenze determinate dal diverso microclima che vige lungo i due versanti dello spartiacque ligure-padano.

Al fine di stimare la produzione di gas e polveri, si è proceduto valutando dapprima il traffico veicolare di cantiere, seguendo la sequenza delle fasi di lavorazione descritte nel cronoprogramma di progetto e i flussi dei materiali in entrata ed in uscita dal cantiere.

4.6.1 Emissione di inquinanti e polveri

Gli inquinanti che si è ritenuto rendere oggetto di valutazione in quanto prodotti dal traffico veicolare di cantiere e dall'attività dello stesso, sono i seguenti:

- Ossidi di azoto (NO_x): derivano dall'ossidazione dell'azoto molecolare atmosferico, ad elevate temperatura e pressione ed in eccesso di ossigeno. Si presenta come una miscela gassosa di colore bruno e odore pungente: in concentrazioni elevate produce gravi irritazioni polmonari alle persone ed agli Animali e danni biologici irreversibili a numerose ed importanti specie vegetali.
- Monossido di carbonio (CO): residuo di incompleta combustione è un gas inodore ed incolore, che provoca danni irreversibili all'emoglobina del sangue dei soggetti viventi esposti. E' chimicamente instabile ed in ambiente aperto tende ad ossidare, formando CO₂; la sua concentrazione tende velocemente a diminuire a breve distanza dall'asse stradale, in assenza di vento.
- Ammoniaca (NH₃): le emissioni risultano incrementate dai sistemi di catalizzazione dei veicoli.
- Composti organici volatili, escluso il metano (NMVOC): è un termine generico con il quale si comprendono composti ad elevata tossicità quali il benzene, l'etanolo, la formaldeide, il cicloesano e l'acetone.
- Polveri: si suddividono in *exhaust*, prodotte dalla combustione soprattutto nei motori a ciclo diesel, e *non-exhaust* ovvero generate dall'usura di freni, pneumatici e manto stradale. Le stime relative a queste ultime sono affette da un maggior grado di

incertezza.

- Protossido di azoto (N₂O): le emissioni di questo inquinante risultano incrementate dai sistemi di catalizzazione dei veicoli.

4.6.2 Strumenti e metodi di valutazione Flussi di trasporto

L'analisi delle lavorazioni presentate nel Gantt di progetto ha permesso di ottenere i flussi di traffico veicolare riportati nella figura 4.5, considerando le diverse attività di demolizione del manufatto nella sua componente ammalorata ed il necessario apporto di materiali. Da questa si è successivamente ricavata la frequenza oraria dei transiti lungo lo stesso tragitto (figura 4.6).

Al fine di mitigare l'effetto dei trasporti, risulta rilevante il massimo utilizzo di tutti i materiali disponibili nei pressi del cantiere: i materiali idonei, derivanti dallo smantellamento di parte del manufatto, i materiali derivanti dagli scavi, il corpo alluvionale accumulato all'interno dell'invaso di Badana e le rocce disarticolate presenti nello stesso.

I grafici riportati alle figure 4.5 e 4.6 mettono a confronto l'ipotesi di utilizzo sopra indicata e l'approvvigionamento integrale da impianto/i esterno all'area, sia su base mensile che oraria.

I prodotti della frantumazione permetteranno di ottenere buona parte degli inerti necessari alla confezione dei calcestruzzi che saranno usati per la ristrutturazione della diga; le restanti quantità necessarie, in particolare le sabbie, saranno invece trasportate dall'impianto di Isoverde.

Al fine di ridurre l'impatto determinato dai trasporti, i materiali di scarto idonei, derivanti dall'attività di frantumazione saranno in parte usati per le operazioni di ripristino ambientale che seguiranno le fasi di smobilizzo del cantiere, in parte stoccati all'interno dell'invaso di Badana ed in parte trasportati all'impianto di Isoverde; nell'ultimo caso, al fine di ridurre al massimo l'impatto dei trasporti, ove possibile si dovrà fare uso dei mezzi scarichi in uscita dal cantiere.

Il dettaglio dell'utilizzo è riportato all'allegato B "Piano di Utilizzo".

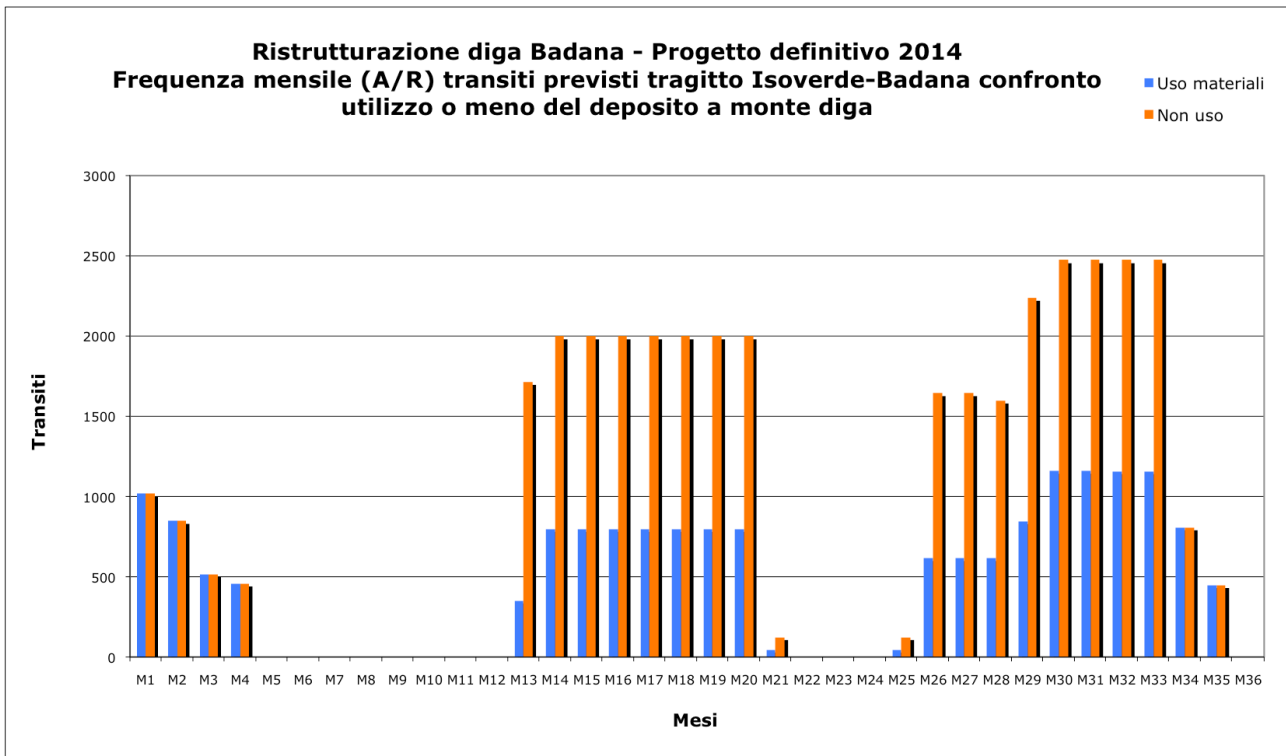


Figura 4.5 Stima del traffico veicolare di cantiere in viaggi/mese in andata e ritorno lungo la strada di accesso alla diga di Badana progetto 2014; sono messe a confronto le ipotesi di utilizzo dei materiali presenti nell'accumulo a monte dello sbarramento e l'approvvigionamento integrale da impianto esterno all'area.

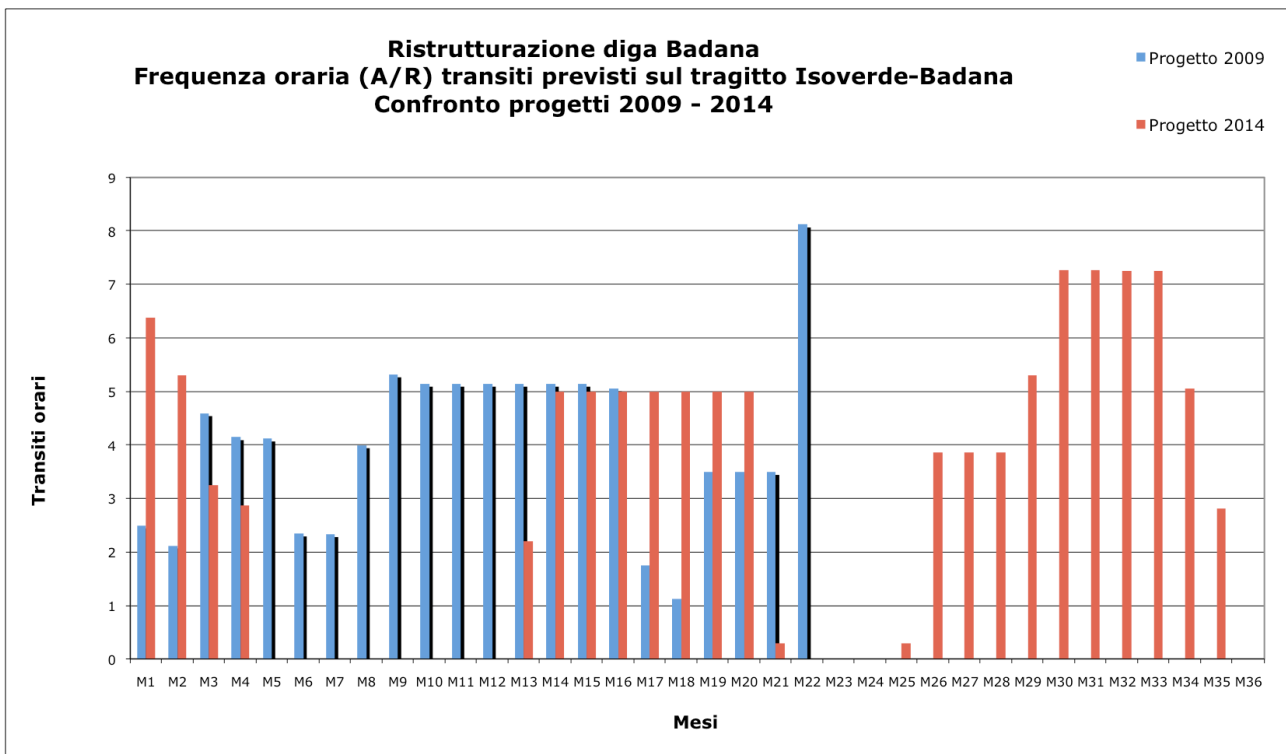


Figura 4.6 Stima della frequenza oraria dei transiti del traffico veicolare di cantiere in andata e ritorno lungo la strada di accesso alla diga di Badana progetto 2014, nell'ipotesi di utilizzo dei materiali presenti nel deposito a monte dello sbarramento entro l'invaso, oltre a quelli provenienti dallo smantellamento delle porzioni ammalorate del corpo diga.

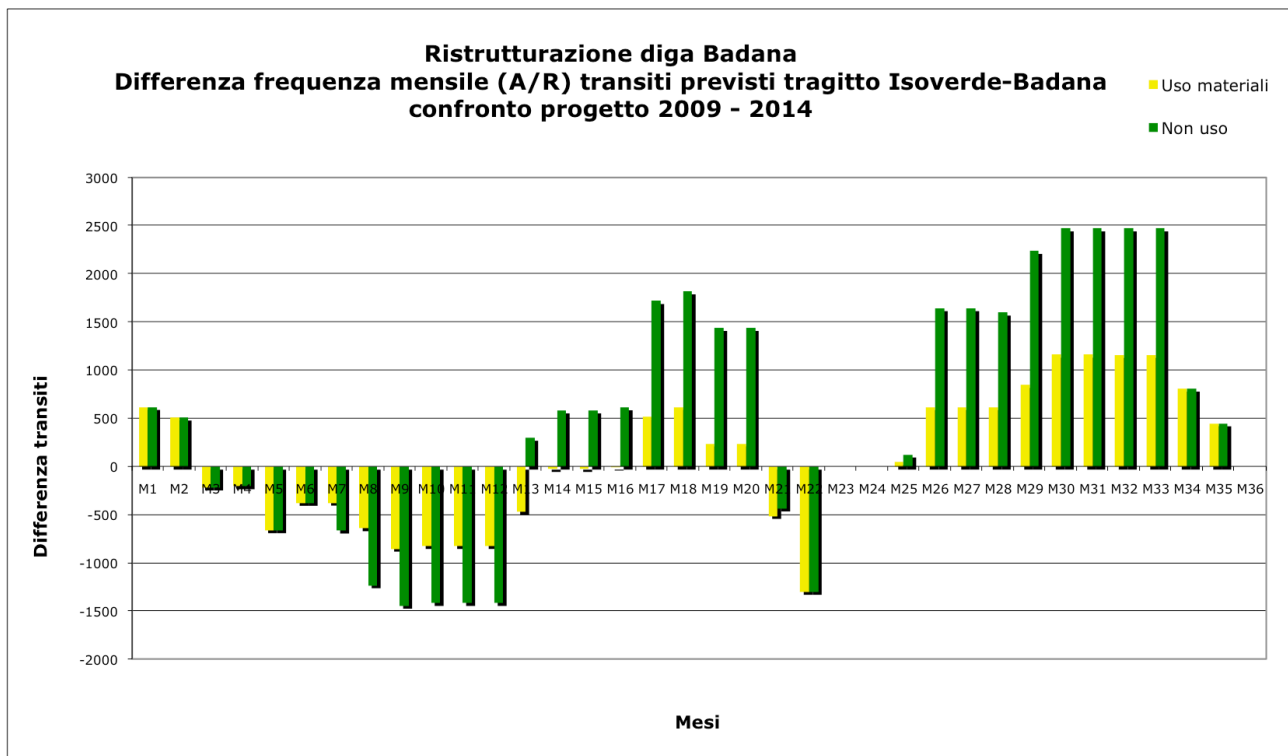


Figura 4.7 Differenza tra la frequenza di traffico mensile stimato per il progetto 2009 e per quello 2014, nei casi di impiego dei geomateriali disponibili nel sedime dell'invaso e del loro mancato uso.

Il modello di valutazione delle emissioni

Per valutare le emissioni di inquinanti e polveri determinate da flussi di trasporto sono stati applicati i modelli di calcolo elaborati nell'ambito della metodologia COPERT III (Computer programme to calculate emissions from road transport. Methodology and emission factors (Version 2.1), Leonidas Ntziachristos and Zissis Samaras ETC/AEM - EEA, Copenhagen, 2000), sviluppata per stimare le emissioni da traffico veicolare per la compilazione degli inventari nazionali, secondo le norme CORINAIR (CORe INventory of AIR emission, EU project - European Environment Agency). Di seguito sono riportate le principali caratteristiche del modello.

Le emissioni da traffico veicolare, così come quelle di ogni altro tipo, possono essere valutate tramite la formula generale:

$$E = f * I \quad (1)$$

dove:

f: fattore di emissione, funzione del tipo di inquinante e del tipo di veicolo.

I: indicatore di attività (numero di veicoli e sviluppo del percorso).

Il calcolo delle emissioni ha fatto uso della classificazione dei veicoli secondo lo standard CORINAIR, che ripartisce i mezzi in 105 classi veicolari; in considerazione delle particolari condizioni della strada di accesso al cantiere (si veda il volume 1, Le Strade d'Accesso), il calcolo delle emissioni ha preso in esame i parametri relativi ai mezzi di massa compresa tra le 16 T e le 32 T che soddisfano la normativa Euro III - 1999/96/EC.

L'inventario nazionale delle emissioni raccoglie i dati secondo la metodologia CORINEAIR-IPCC (fonte APAT): nel caso del traffico veicolare sono definiti i parametri di emissione in quantità di gas per chilometro percorso, nelle diverse tipologie: urbano, extraurbano ed autostradale. Nel caso in esame le condizioni di marcia sono state definite come: motore a caldo e percorrenza extraurbana. I valori di emissione, tratti dall'inventario APAT, secondo le condizioni sopradescritte sono riportate nella tabella seguente:

	NO _x (g/km*veicolo)	CO (g/km*veicolo)	NMVOG (g/km*veicolo)	PM (g/km*veicolo)	CO ₂	NH ₃ (g/km*veicolo)	N ₂ O (g/km*veicolo)
Euro III 1999/96/EC	2,81	0,78	0,45	0,19	712,37	0,003	0,03

Tabella 4.1 Parametri di emissione per veicoli di massa compresa tra le 16 T e le 32 T Euro III - 1999/96/EC in condizioni di percorrenza a motore caldo su strada extraurbana (CORINAIR-IPCC).

Al fine di includere nel calcolo delle emissioni l'influenza determinata da altri parametri quali quelli derivanti dalla morfometria del percorso, dalla quota sul livello del mare e dal carico del veicolo, la formula (1) è modificata con l'introduzione di opportuni fattori moltiplicativi di correzione.

Nel caso della valutazione delle emissioni qui presentato si è deciso di includere i seguenti parametri di correzione:

1. Il modello COPERT, nel caso dei mezzi di trasporto di massa oltre le 16t assume una condizione pari a metà del carico massimo ammesso; nel caso si voglia modificare tale valore, si introduce il seguente fattore di correzione:

$$F_{C_{carico}} = 1 + 2 * L_{corr} * \frac{(Lp - 50)}{100}$$

dove:

L_{corr} è un parametro che dipende dall'inquinante e che, per i mezzi in oggetto, assume i seguenti valori:

Inquinante	Lcorr
CO	0,21
NO _x	0,18
VOC	0,00
PM	0,08

Tabella 4.2 Valori assunti dal parametro Lcorr di correzione per il carico per mezzi di massa oltre le 16T (modello COPERT III).

L_p rappresenta la condizione di carico in percentuale.

Al fine di massimizzare l'effetto determinato dal carico ed assumendo che i mezzi viaggino per lo più nella condizione di massimo carico, il calcolo è stato eseguito assumendo sempre le condizioni di massimo carico.

2. L'influenza determinata dalla pendenza del tragitto è inclusa nel calcolo mediante il seguente fattore moltiplicativo:

$$G_{corr} = aV^6 + bV^5 + cV^4 + dV^3 + eV^2 + fV + g$$

dove:

V è la velocità del veicolo

a, b, c, d, e, f, g sono parametri che dipendono dal tipo di veicolo e dalla pendenza media del tragitto.

La pendenza è ripartita nelle seguenti 4 classi:

Condizioni di guida	Pendenza media (%)
Uphill	$0 < P < 4$
Steep uphill	$4 < P < 6$
Downhill	$-4 < P < 0$
Steep downhill	$-6 < P < -4$

Tabella 4.3 Definizione delle classi di pendenza dei tragitti (modello COPERT III)

In funzione dell'inquinante oggetto di calcolo e delle condizioni di guida, il modello COPERT III assume differenti valori per i parametri a, b, c, d, e, f, g , per i quali si rimanda al Technical report No 49, Ntziachristos L. e Samaras Z. ETC/AEM – European Environment Agency Copenhagen, 2000.

Le condizioni del tragitto tra Isoverde e la diga Badana hanno suggerito di ripartire lo stesso in 7 tratte in funzione delle condizioni individuate in tabella 2; lo schema seguente mostra le 7 tratte del percorso di andata e ritorno, il relativo sviluppo, la velocità media stimata e le condizioni di guida.

Tratto	Sviluppo (km)	Condizioni	Velocità media (km/h)
A: Isoverde-Campomorone	4,1	Downhill	30
B: Campomorone-Spartiacque	9,2	Steep Uphill	20
C: Spartiacque-Ponte Lavezze	3,2	Steep Downhill	12,5
D: Ponte Lavezze-Diga Badana	1,5	Uphill	12,5
E: Ponte Lavezze-Spartiacque	3,2	Steep Uphill	12,5
F: Spartiacque-Campomorone	9,2	Steep Downhill	20
G: Campomorone-Isoverde	4,1	Uphill	30

Tabella 4.4. Ripartizione del tragitto Isoverde-diga Badana nelle 7 classi usate per il calcolo delle emissioni

3. La quota sul livello del mare influenza le emissioni dei mezzi pesanti secondo una relazione lineare, schematizzata in figura 4.8.

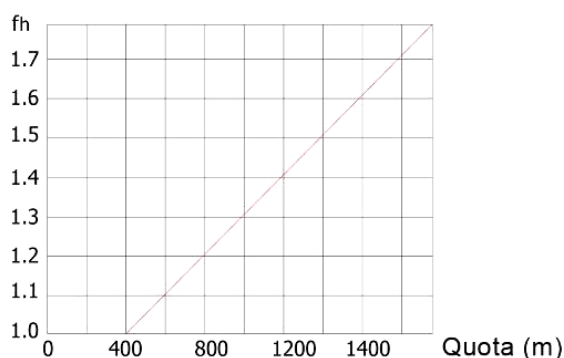


Figura 4.8 Andamento del fattore di correzione delle emissioni in funzione della quota s.l.m. (modificato da: “Manuale per il Progetto delle Infrastrutture Stradali”, Lambert R.)

Nel calcolo in oggetto si è ritenuto di assegnare dei valori medi di quota ai tratti di tragitto definiti al punto precedente, secondo quanto riportato nella tabella seguente:

Tratto	Quota media (m)	fattore correttivo fh
A: Isoverde-Campomorone	185	-
B: Campomorone-Spartiacque	409	-
C: Spartiacque-Ponte Lavezze	738	1,15
D: Ponte Lavezze-Diga Badana	670	1,15
E: Ponte Lavezze-Spartiacque	738	1,15
F: Spartiacque-Campomorone	409	-
G: Campomorone-Isoverde	185	-

Tabella 4.5 Valori del fattore correttivo per la quota media dei tratti di tragitto tra Isoverde e la diga Badana.

Il fattore moltiplicativo fh è stato applicato a tutti gli inquinanti ed alle polveri.

4.6.3 Stima delle emissioni

L'integrazione nel calcolo delle emissioni dei flussi di trasporto e dei parametri correttivi descritti al paragrafo precedente, hanno condotto alla stima delle emissioni nel corso dei 22 mesi di attività, escluse le necessarie fasi di stop invernale del cantiere, individuate dal cronoprogramma del progetto definitivo.

I risultati del calcolo sono riportati nella tabella seguente.

	Emissioni progetto 2014	Emissioni progetto 2009
NOx (kg)	1475,3	1199,8
CO (kg)	409,3	332,9
NMVOG (kg)	181,6	147,7
PM (kg)	95,0	77,3
CO₂ (kg)	230459,4	187411,2
NH₃ (kg)	1,0	0,8
N₂O (kg)	10,0	8,1

Tabella 4.6 Confronto tra le stime dei valori totali di emissione determinate dal flusso di trasporti per il progetto del 2009 e quello del 2014.

Le figure seguenti rappresentano l'andamento delle emissioni durante le fasi del cantiere per i diversi inquinanti esaminati. In tutti i casi si assiste ad una concentrazione nelle emissioni nelle fasi centrali delle operazioni di ristrutturazioni, durante le quali si concentrano le attività di demolizione e quelle di ricostruzione.

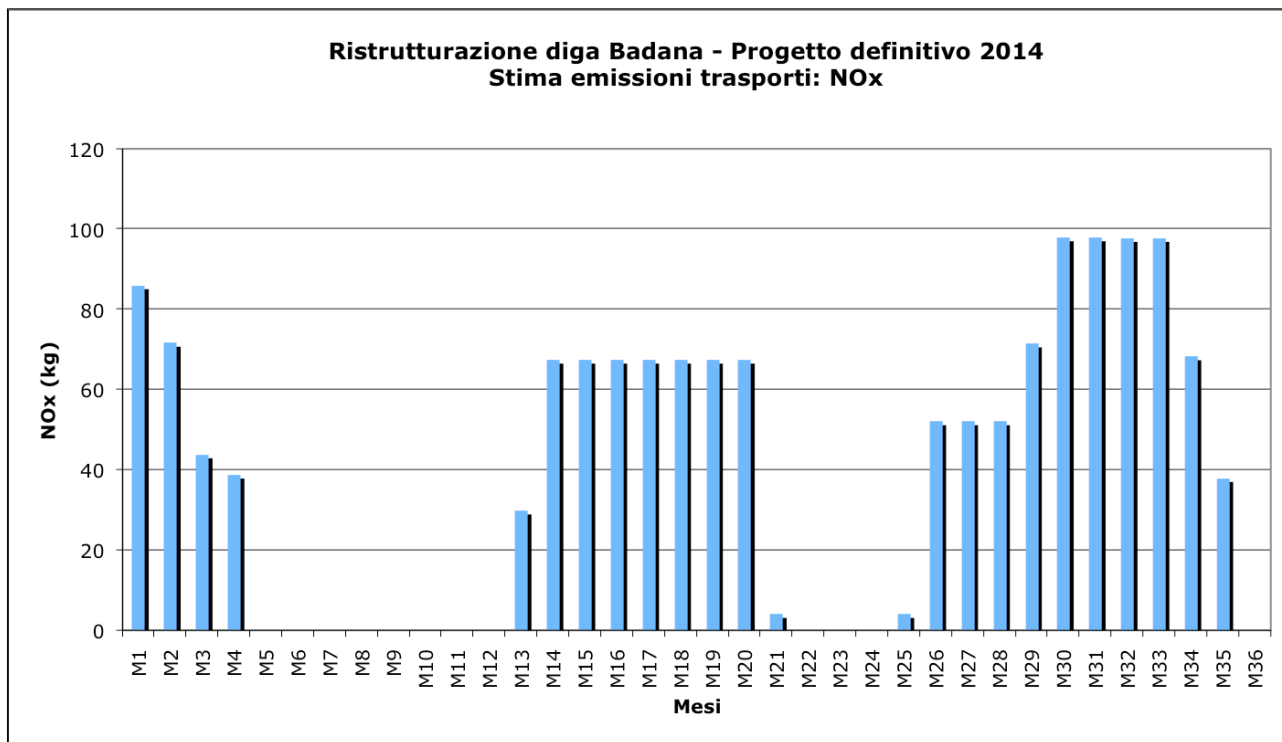


Figura 4.9 Andamento delle emissioni di NOx, determinate dal flusso dei trasporti per il progetto 2014.

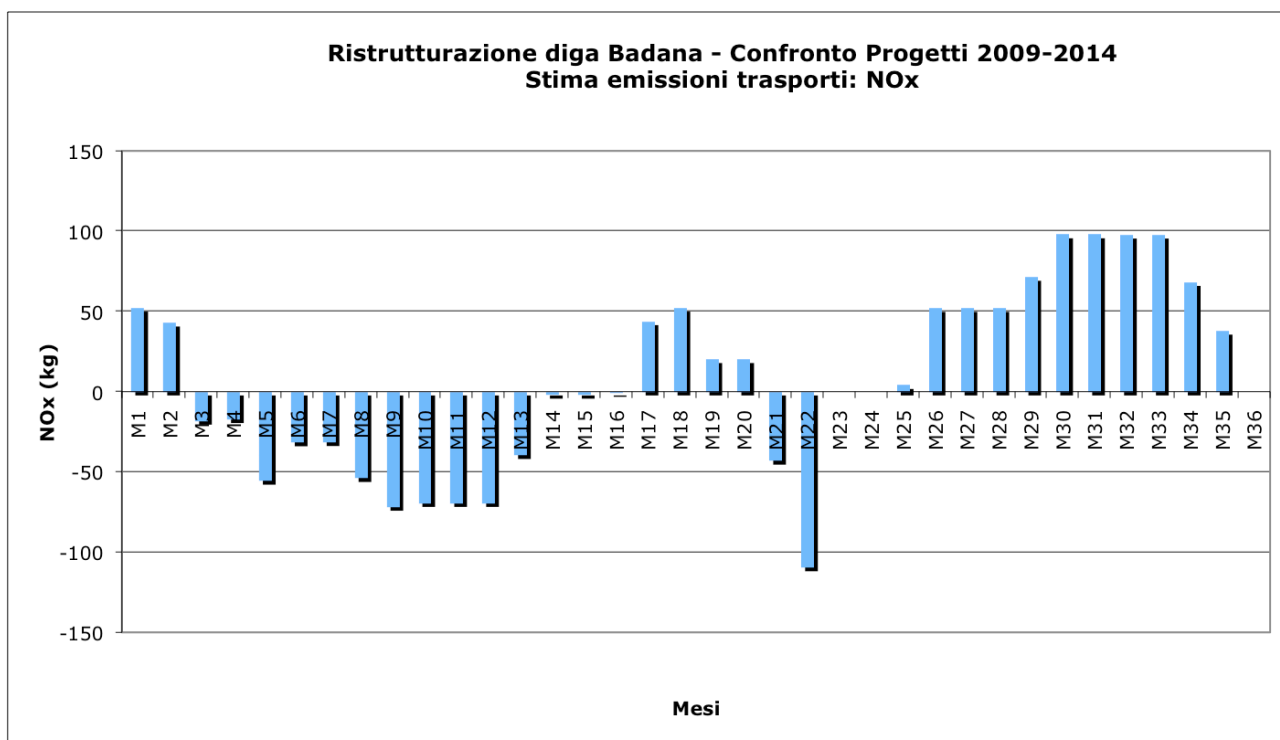


Figura 4.10 Differenza delle emissioni di NOx determinate dal flusso dei trasporti per i progetti 2009 e 2014.

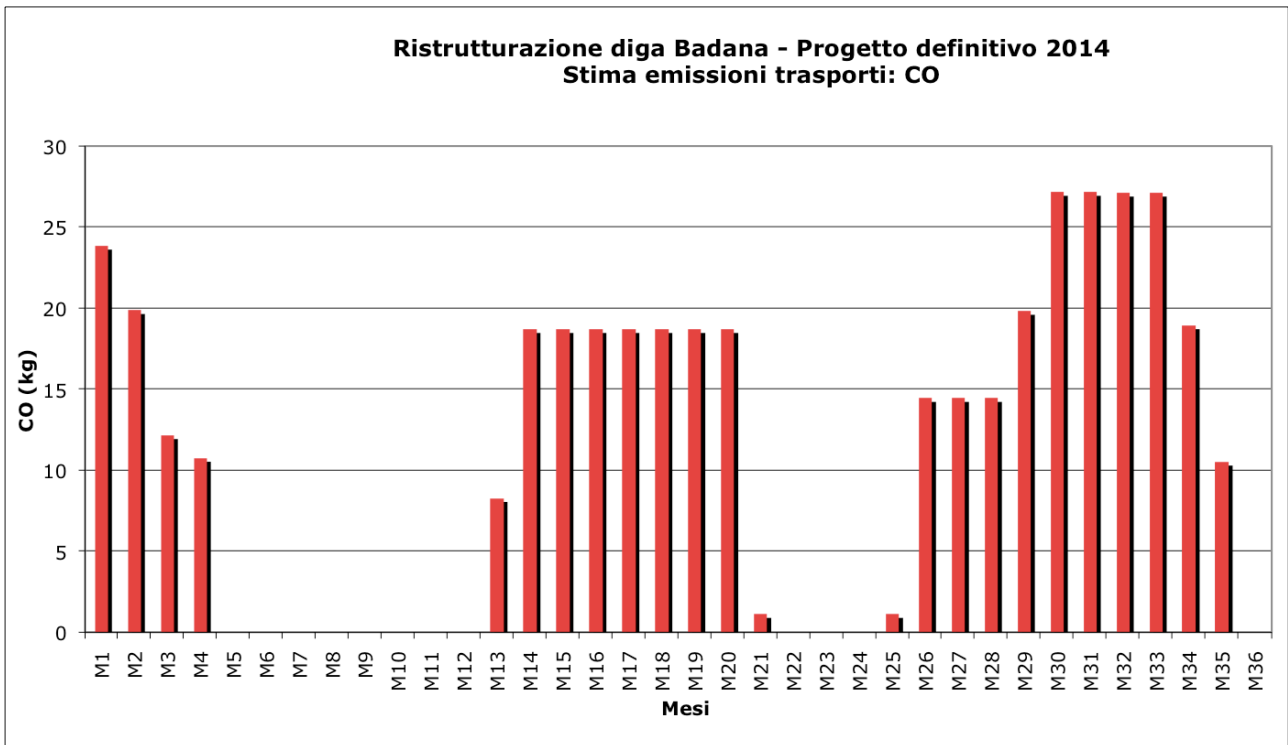


Figura 4.11 Andamento delle emissioni di CO, determinate dal flusso dei trasporti.

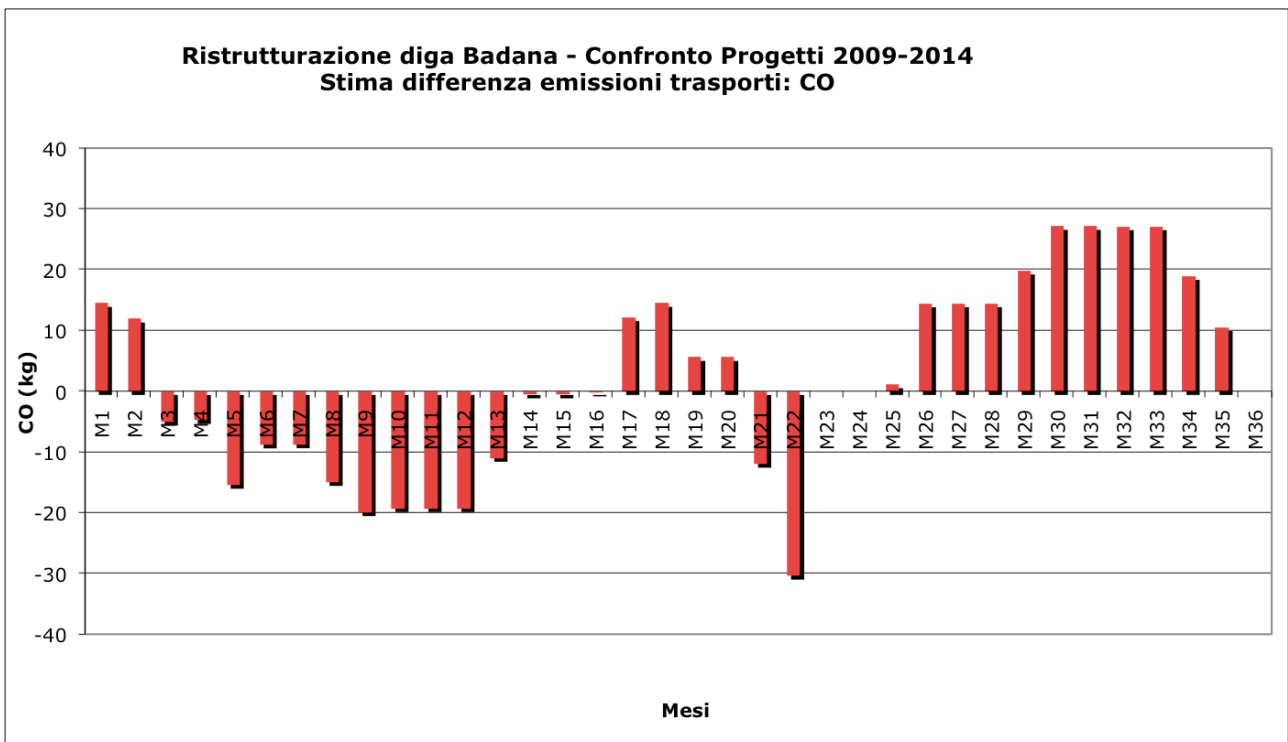


Figura 4.12 Differenza delle emissioni di CO determinate dal flusso dei trasporti per i progetti 2009 e 2014.

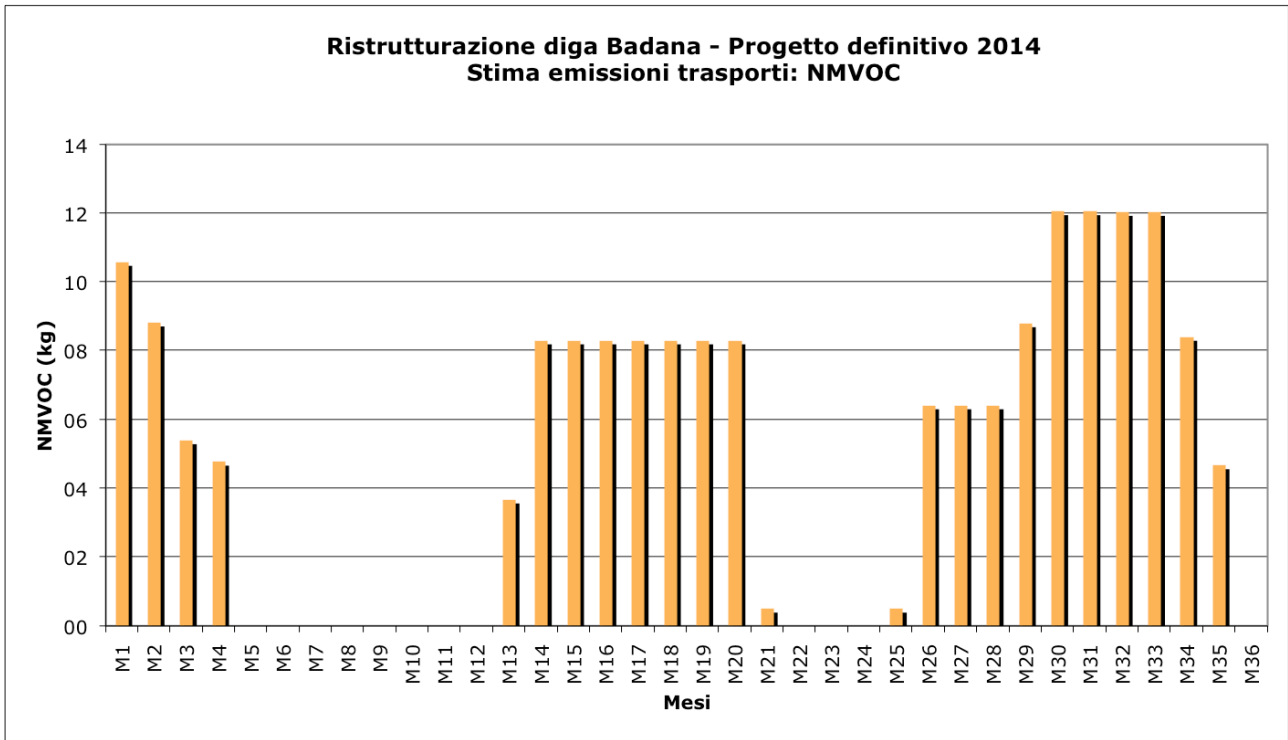


Figura 4.13 Andamento delle emissioni di NMVOC, determinate dal flusso dei trasporti.

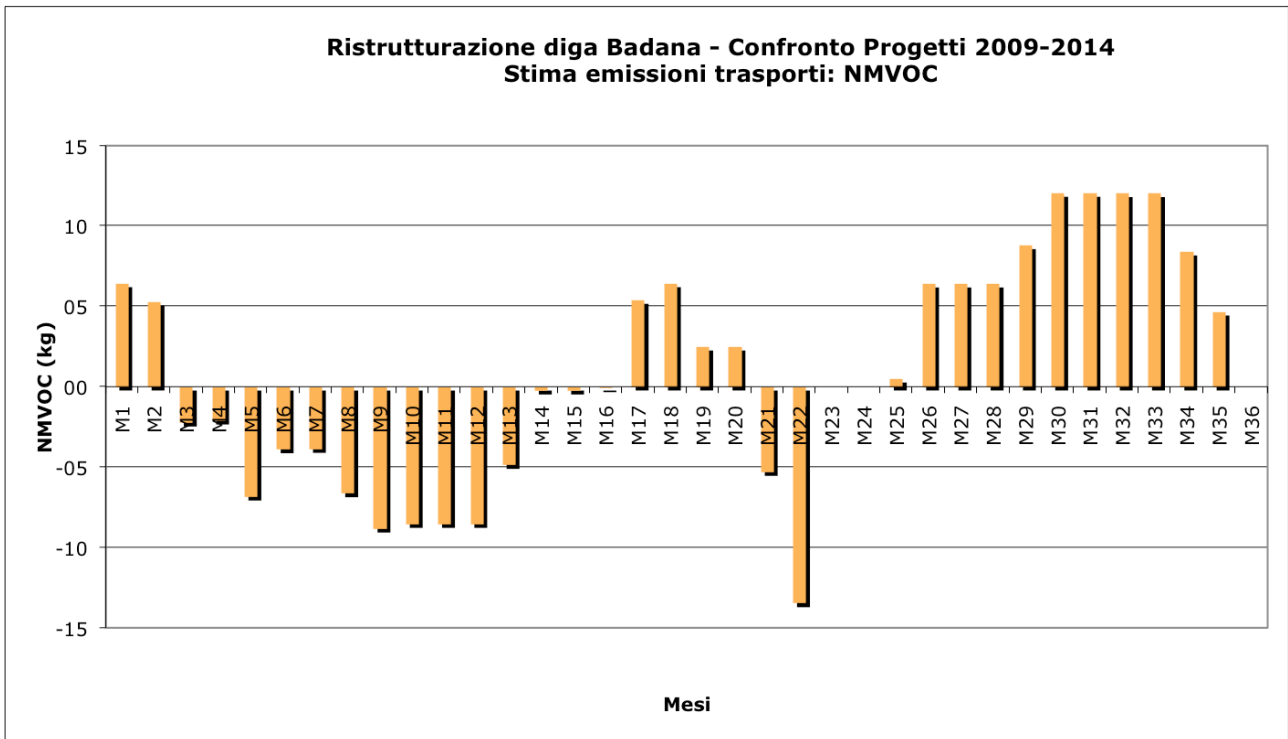


Figura 4.14 Differenza delle emissioni di NMVOC determinate dal flusso dei trasporti per i progetti 2009 e 2014.

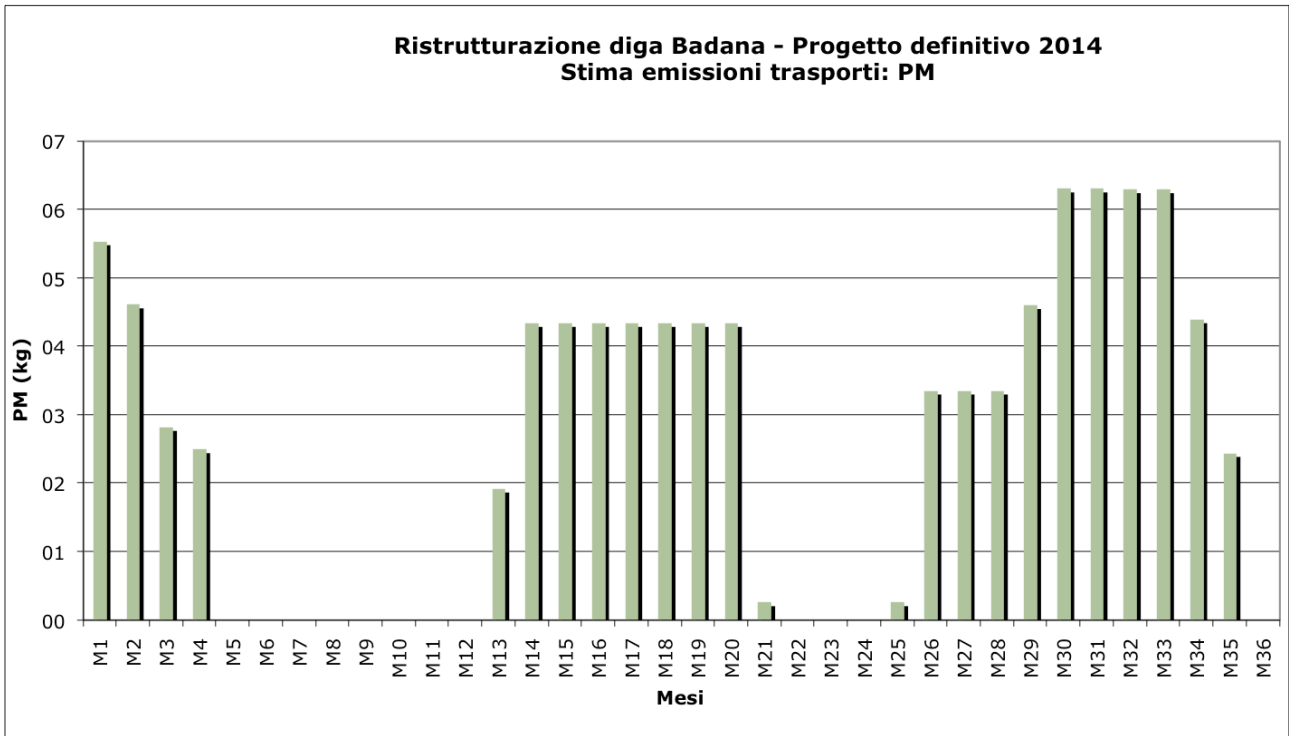


Figura 4.15 Andamento delle emissioni di polveri (PM), determinate dal flusso dei trasporti.

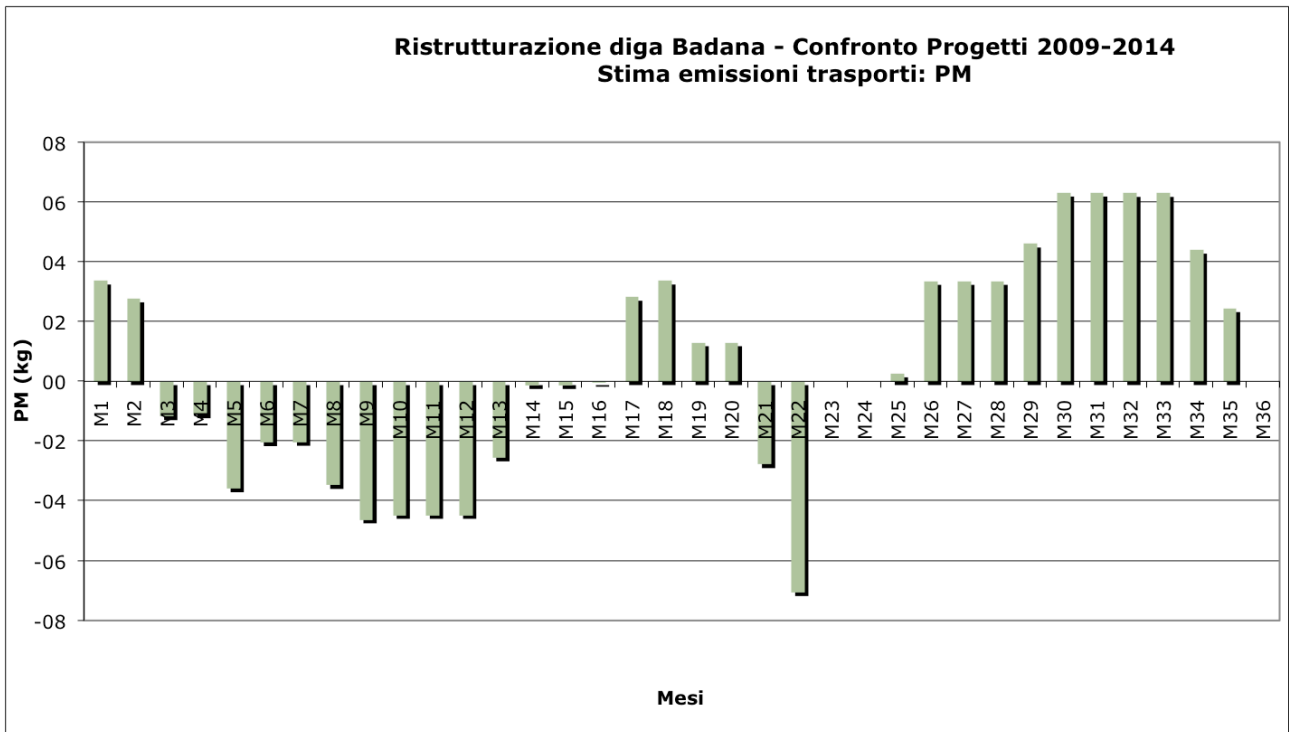


Figura 4.16 Differenza delle emissioni di polveri determinate dal flusso dei trasporti per i progetti 2009 e 2014.

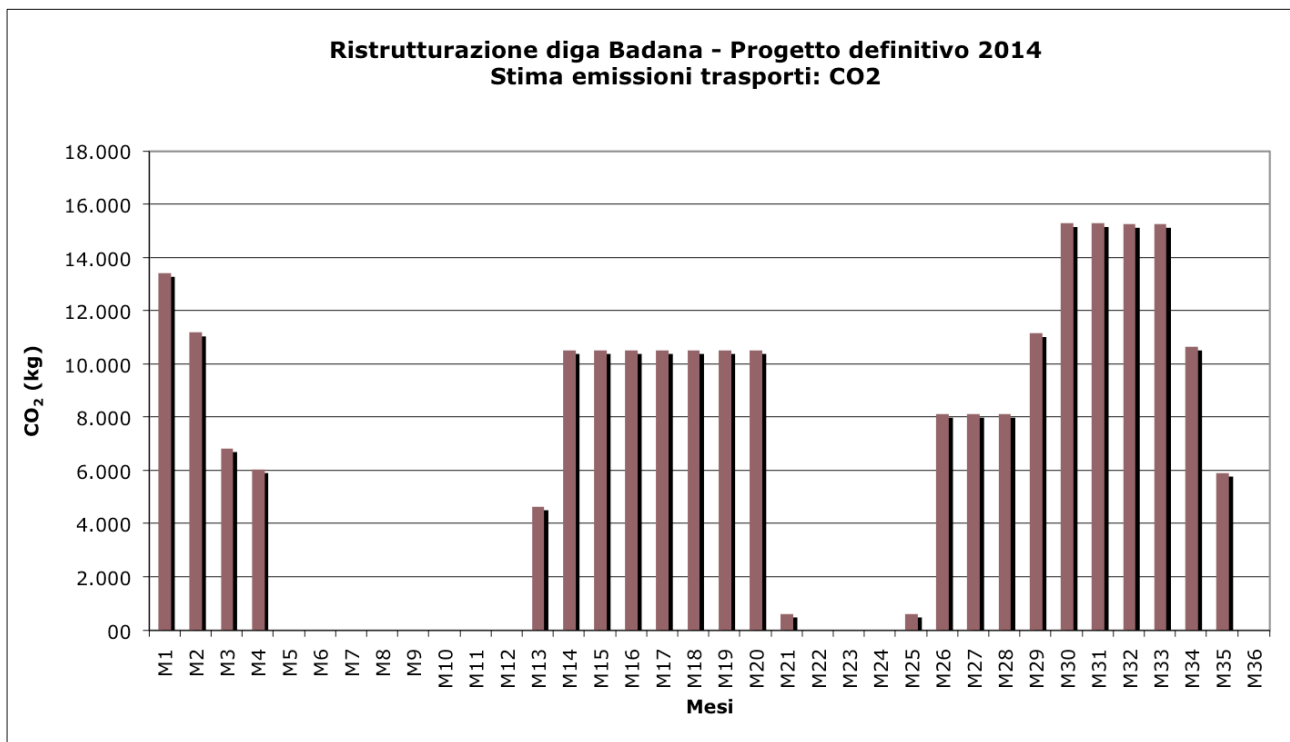


Figura 4.17 Andamento delle emissioni di CO₂, determinate dal flusso dei trasporti.

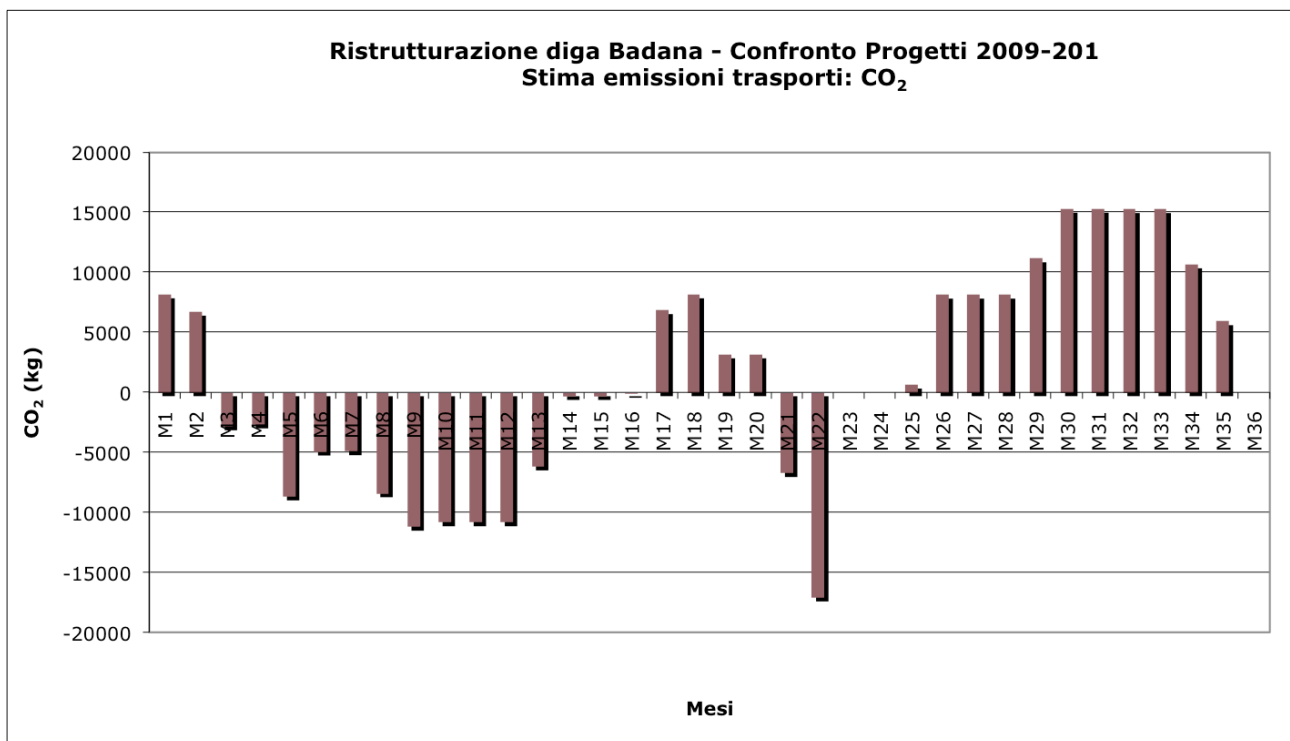


Figura 4.18 Differenza delle emissioni di CO₂ determinate dal flusso dei trasporti per i progetti 2009 e 2014.

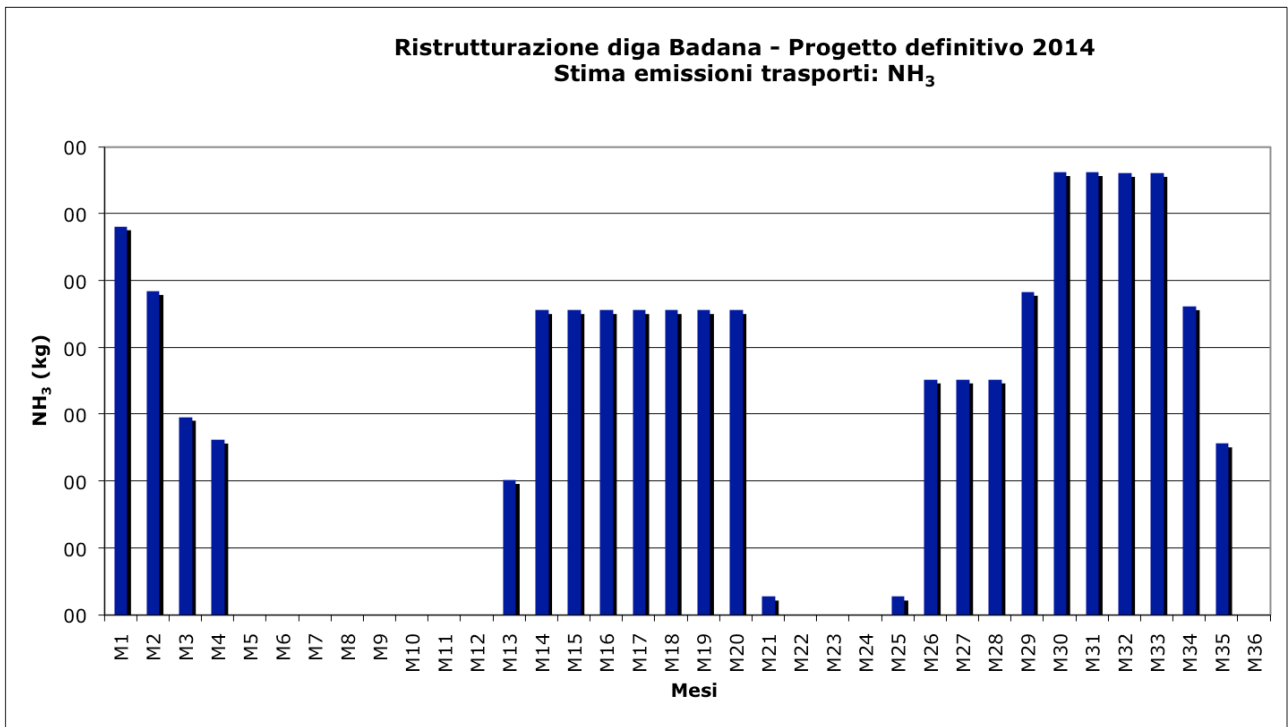


Figura 4.19 Andamento delle emissioni di NH₃, determinate dal flusso dei trasporti.

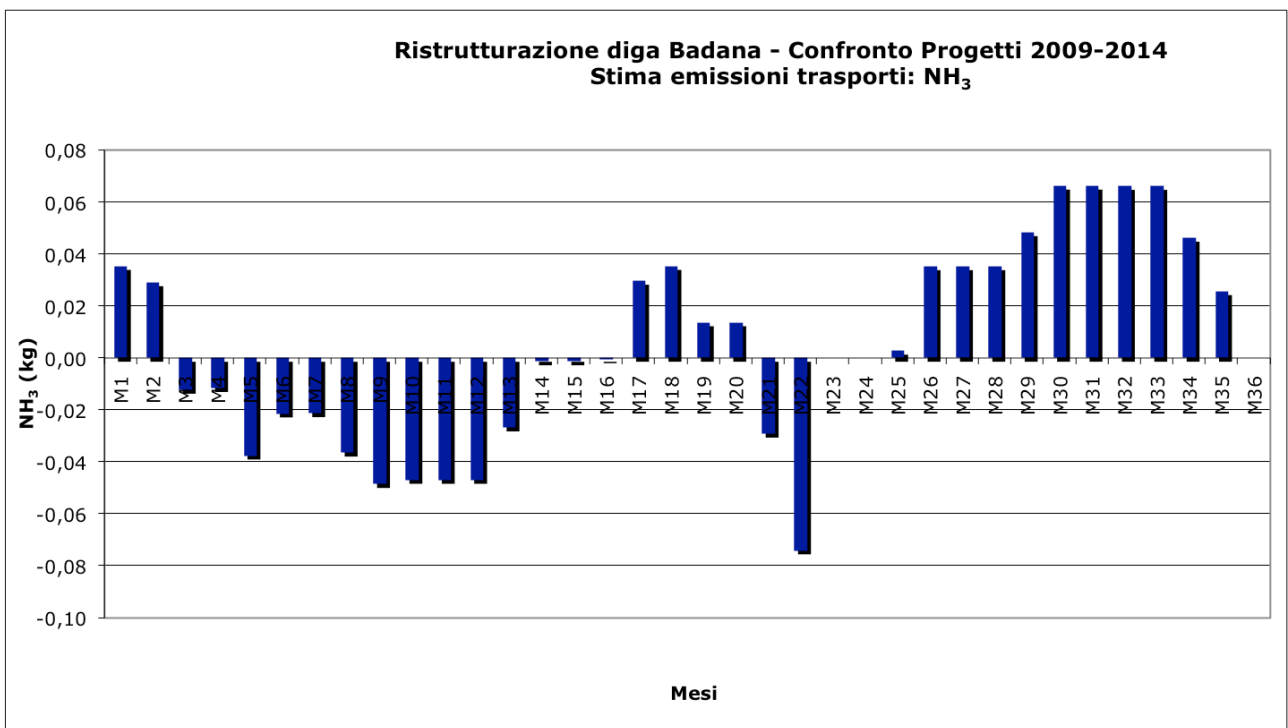


Figura 4.20 Differenza delle emissioni di NO₃ determinate dal flusso dei trasporti per i progetti 2009 e 2014.

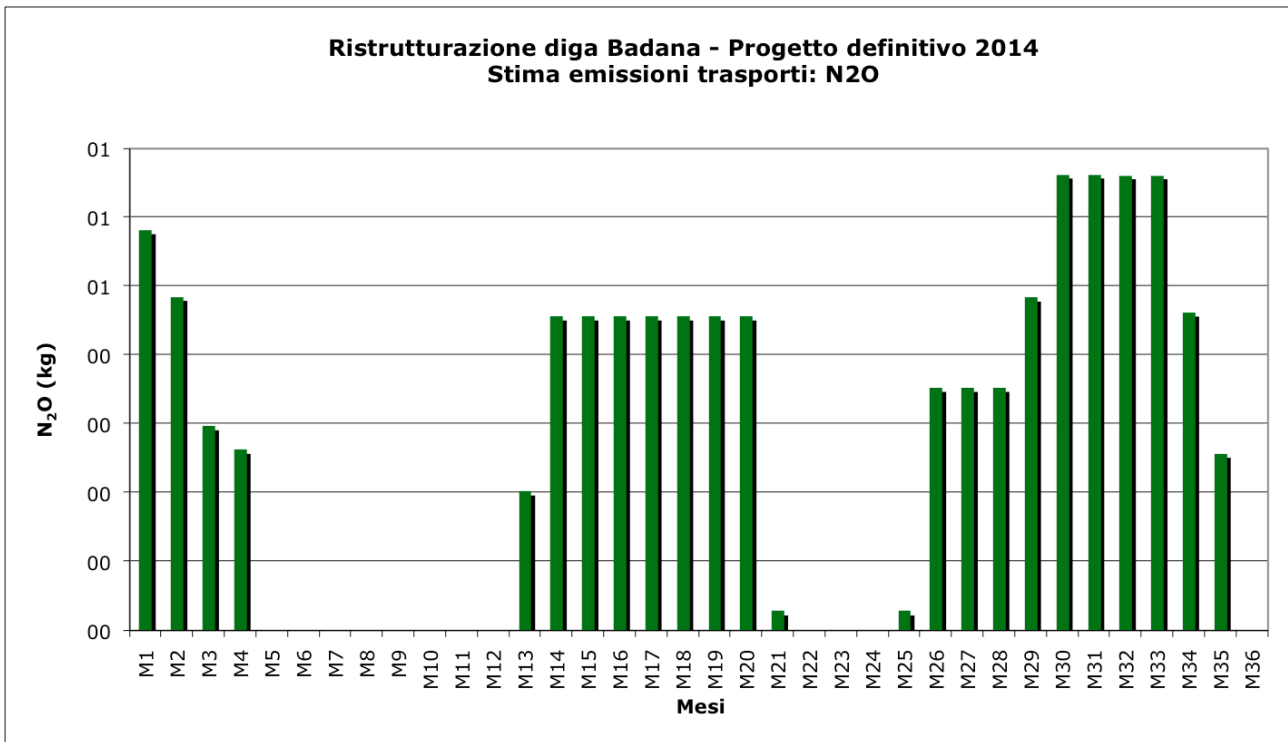


Figura 4.21 Andamento delle emissioni di N₂O, determinate dal flusso dei trasporti.

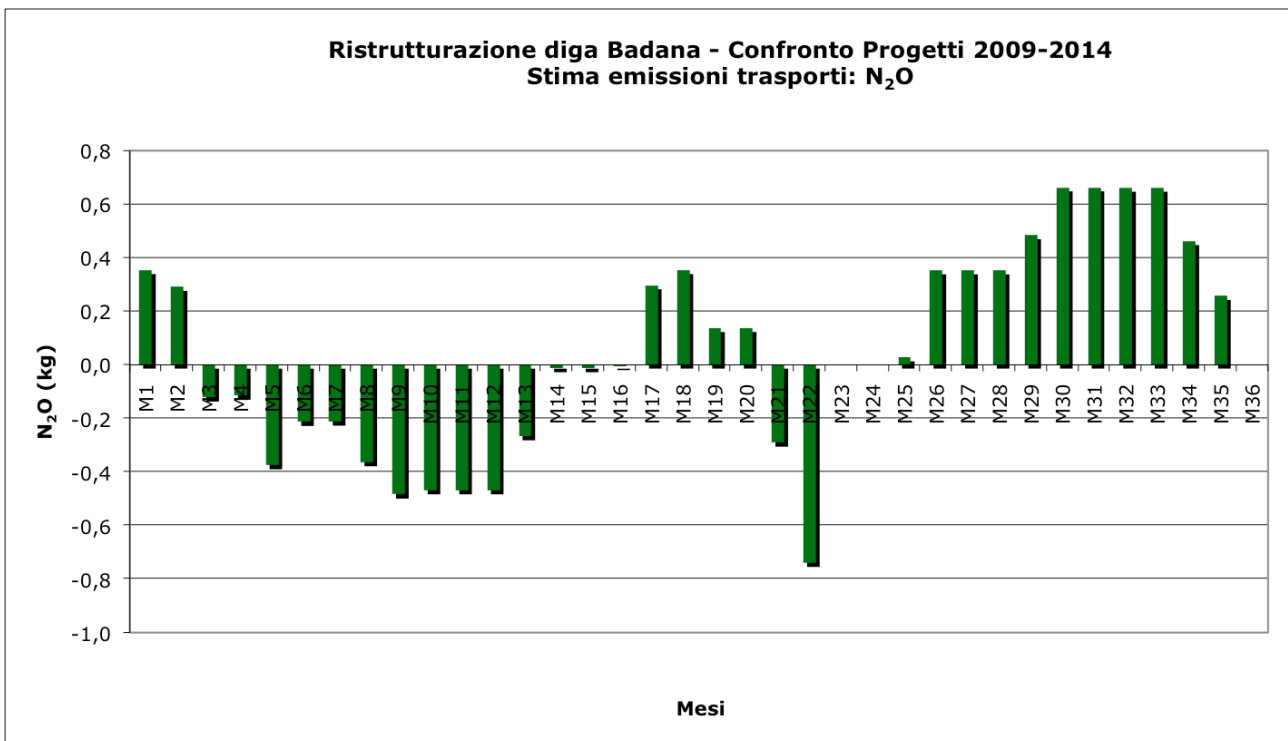


Figura 4.22 Differenza delle emissioni di N₂O determinate dal flusso dei trasporti per i progetti 2009 e 2014.

In considerazione dell'elevato pregio ambientale dell'intera area e del fatto che buona parte del percorso dei trasporti (circa 6 km), nonché il cantiere, insistono sui SIC IT1331501 e IT1180026 e nel Parco regionale naturale delle Capanne di Marcarolo, si ritiene necessario minimizzare al massimo l'impatto generale dell'attività. A tal fine risulta rilevante l'utilizzo dei materiali

accumulati all'interno dell'invaso di Badana; in questo modo si ridurrebbero sensibilmente i flussi di traffico in un tragitto delicato dal punto di vista ambientale e complesso in termini di percorribilità.

La riduzione del traffico in tale contesto permetterebbe di ridurre sensibilmente le emissioni di inquinanti e polveri. Infine, allo scopo di ridurre il più possibile l'impatto dovuto ai trasporti, si suggerisce la bagnatura periodica delle ruote dei mezzi.

4.6.4 Stima delle Emissioni di Polveri connesse all'Attività di Cantiere

La stima qui presentata considera come fattore di impatto più significativo connesso all'attività di cantiere quello dovuto alla dispersione e sollevamento delle polveri in atmosfera ripartito tra diretto ed indiretto: rispettivamente connesso alle lavorazioni ed alla movimentazione dei materiali all'interno dell'area di cantiere.

I parametri utilizzati nella stima sono le polveri totali sospese, indicate nel seguito come PM, e le polveri fini PM10, di granulometria inferiore ai 10 µm, il cui effetto dannoso sulla salute dell'uomo e degli esseri viventi in genere è particolarmente grave.

Le principali fonti di produzione di polveri all'interno del cantiere sono state individuate in:

- opere di demolizione e scavo;
- carico/scarico e movimentazione entro il cantiere;
- impianto di frantumazione;
- impianto di betonaggio.

Le emissioni sono state stimate a partire da una valutazione quantitativa delle attività svolte nel cantiere desunta dal cronoprogramma del progetto preliminare, tramite opportuni fattori di emissione derivati dal "Compilation of air pollutant emission factors" –EPA-, Volume I Stationary Point and Area Sources (Fifth Edition).

Il principale parametro di controllo delle emissioni di polveri risiede nel grado di umidità dei materiali; il materiale secco risulta ovviamente estremamente volatile, mentre l'effetto della bagnatura e/o annaffiatura abbattano i valori di oltre un ordine di grandezza.

Il modello di calcolo prevede l'utilizzo di formule empiriche i cui risultati, per ognuna delle quattro fonti di emissione, sono riportati nella tabella 4.9; la formula prevede l'influenza di alcuni parametri tra cui la velocità del vento ed il grado di umidità del materiale. Non essendo disponibili dati a riguardo, nel corso della presente stima si è deciso di assumere per quanto riguarda la velocità del vento il valore più elevato relativo alla validità della formula e pari a 6,7 m/s, ponendosi dunque nella situazione più sfavorevole; per quanto riguarda il grado di umidità dei materiali si è proceduto usando la media pesata tra i valori di materiale secco e condizioni post annaffiatura, nelle situazioni in cui sia possibile intervenire in questo modo.

	PM tot (kg/t)			PM10 (kg/t)		
	Asciutto	Post innaffiamento	Med pes 70-30	Asciutto	Post innaffiamento	Med pes 70-30
Scavo, demolizione, carico e scarico (kg/t)	0,09	0,0015	0,02805	0,04	0,0007	0,01249
Traffico veicolare (strade non pavimentate) (kg/km)	6,9	0,16	2,182	1,26	0,06	0,42

Tabella 4.7 Parametri di emissione polveri relative alle fasi di scavo, demolizione, carico e scarico e traffico veicolare in cantiere. Il valore utilizzato nel calcolo è la media pesata, con pesi 30% e 70% rispettivamente per la condizione materiale asciutto e materiale umido (da “Compilation of air pollutant emission factors” –EPA-, Volume I Stationary Point and Area Sources - Fifth Edition).

IMPIANTO DI BETONAGGIO		
Attività	PM tot (kg/t)	PM10 (kg/t)
A - Rifornimento silos	0,00500	0,00257
B - Carico miscelatore	0,00560	0,0019
C - Carico betoniera	0,10000	0,025
Totale	0,1106	0,0295
IMPIANTO DI FRANTUMAZIONE		
Attività	PM tot (kg/t)	PM10 (kg/t)
Vagliatura	0,000882	0,00042
Prima frantumazione	0,000609	0,00029
Seconda frantumazione	0,0021	0,001
Seconda vagliatura	0,00231	0,0011
Carico e trasporto materiale frantumato	0,000105	0,00005
Totale	0,006006	0,00286

Tabella 4.8 Parametri di emissione polveri relative alle fasi di frantumazione e betonaggio; il betonaggio è ripartito in componente A, relativa alla fase di rifornimento dei silos che interessa cemento, inerti e sabbia, ed in componenti B+C, relative a carico miscelatore e carico betoniera, in cui è stato considerato il solo cemento “Compilation of air pollutant emission factors” –EPA-, Volume I Stationary Point and Area Sources - Fifth Edition).

	Demolizioni e scavi		Carico, scarico ed attività di cantiere		Frantumazione		Betonaggio		Totale	
	PM tot. (kg)	PM 10 (kg)	PM tot. (kg)	PM 10 (kg)	PM tot. (kg)	PM 10 (kg)	PM tot. (kg)	PM 10 (kg)	PM tot. (kg)	PM 10 (kg)
Totale progetto 2014	3097	1379	6555	1262	763	364	1000	1000	11415	4004
Totale progetto 2009	1455	648	3080	593	516	246	1655	508	6744	2001

Tabella 4.9 Stima delle polveri emesse nel corso delle attività di cantiere per l'intera durata dei lavori di ripristino della diga Badana.

Tenuto conto del flusso di lavoro nel cantiere nel tempo e facendo uso del modello sopra esposto, è stato calcolato il valore delle emissioni di polveri nell'arco delle fasi di lavorazione previste dal progetto preliminare. I risultati di tali calcoli sono riportati nei grafici delle figure da 4.23 a 4.28, ove si riportano anche le differenze tra le polveri stimate per il progetto 2009 e per quello 2014.

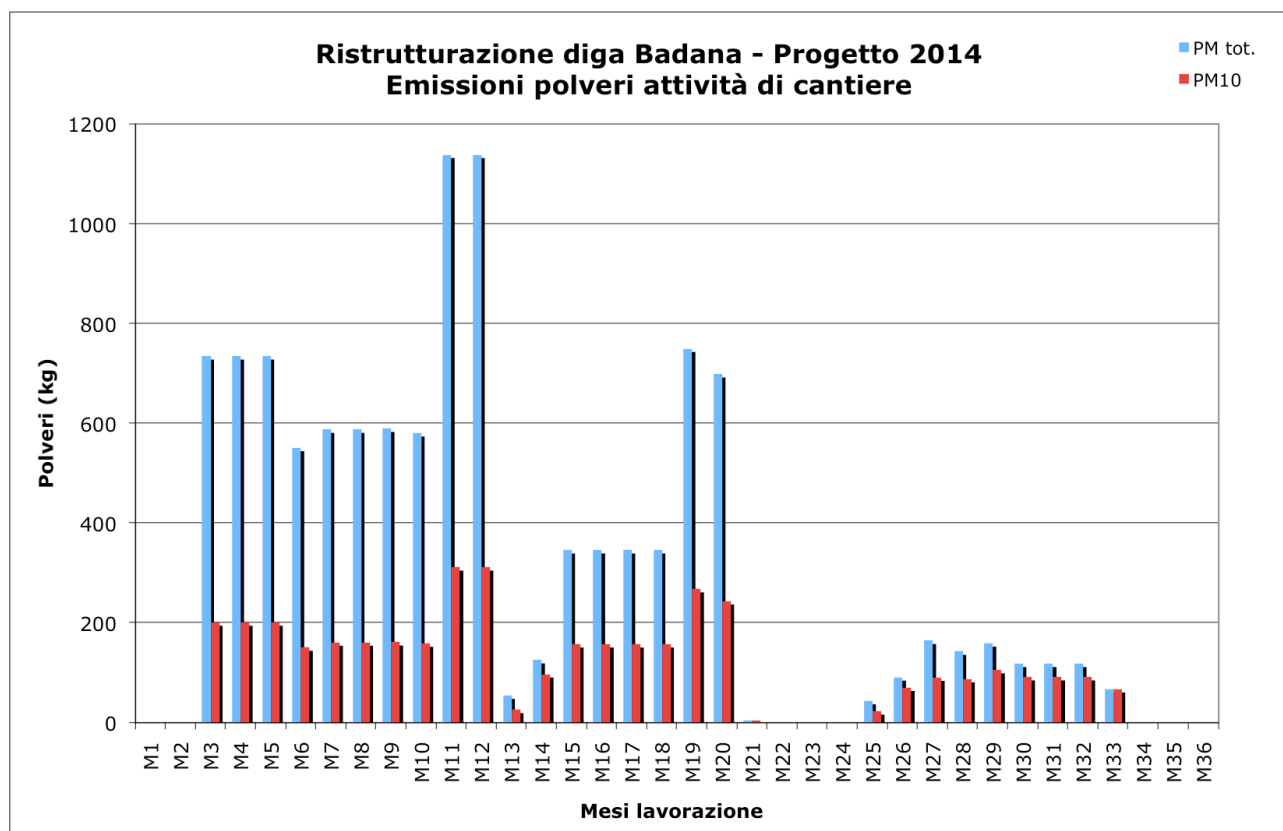


Figura 4.23. Emissioni delle polveri totali e quelle fini – PM10, determinate dalle attività di cantiere per il progetto 2014.

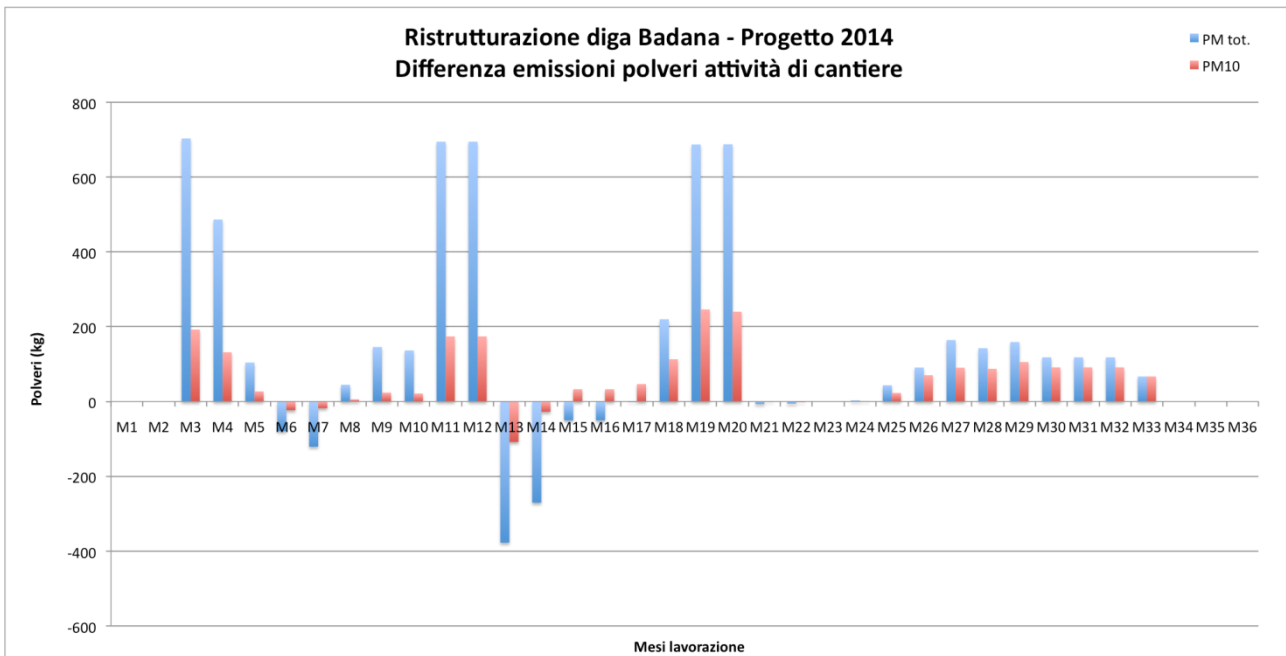


Figura 4.24. Differenza delle emissioni di polveri determinate dalle attività di cantiere, per i progetti 2009 e 2014.

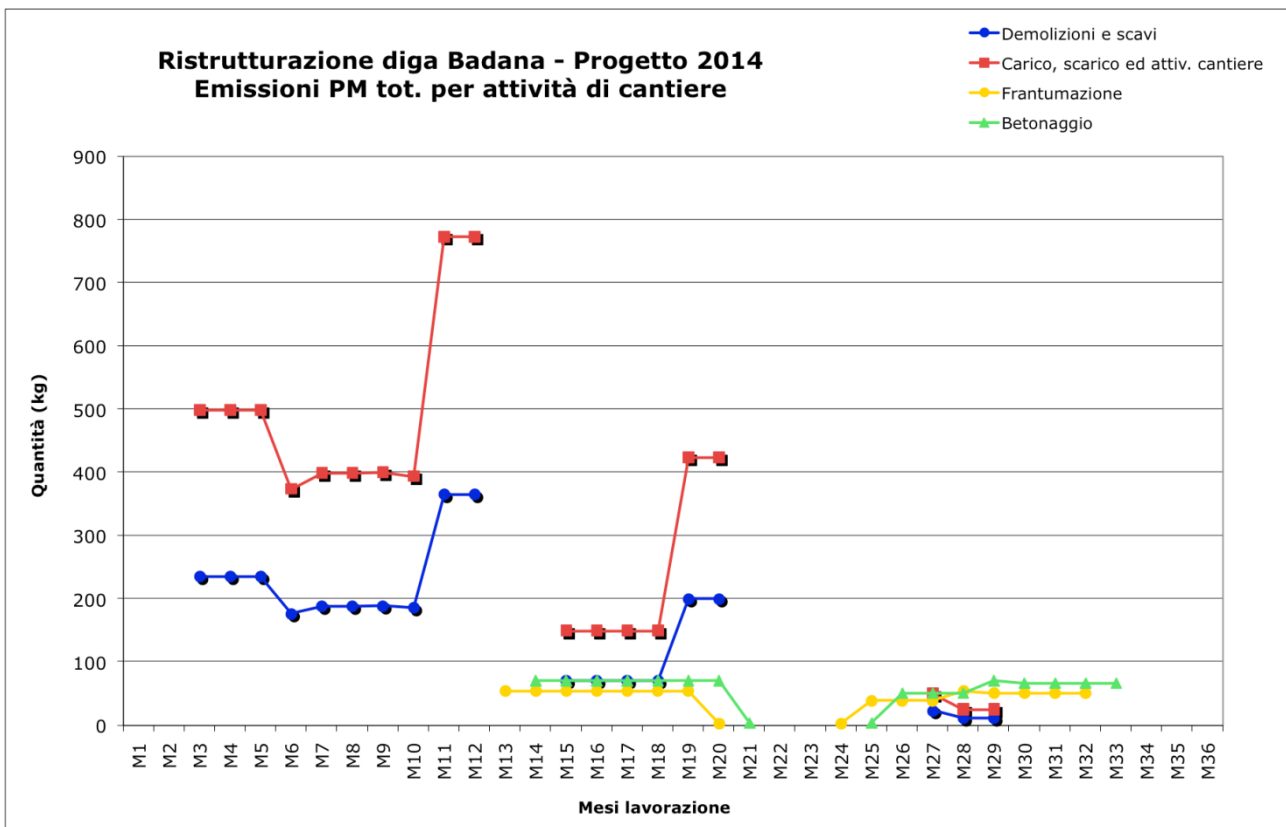


Figura 4.25 Andamento delle emissioni di polveri totali nel corso delle attività di cantiere per il progetto 2014.

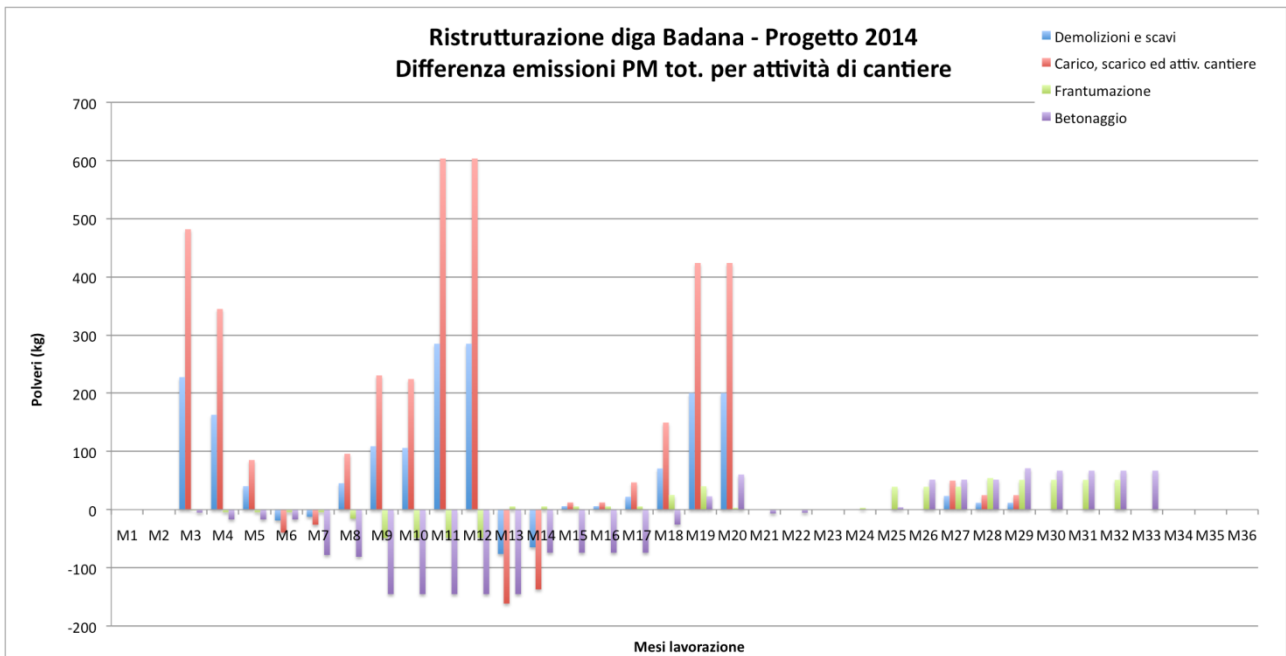


Figura 4.26 Differenza delle emissioni di polveri ripartite tra le attività di cantiere, per i progetti 2009 e 2014.

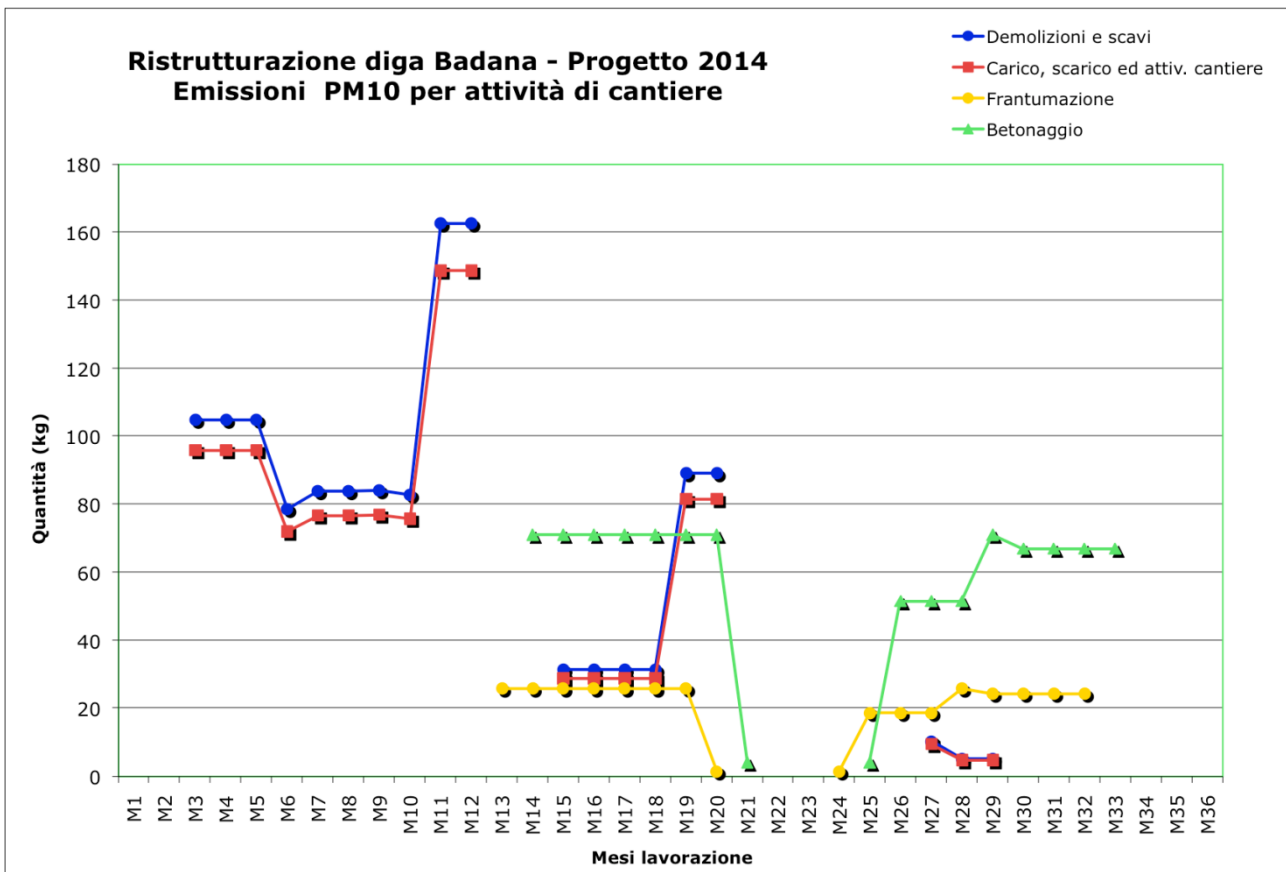


Figura 4.27 Andamento delle emissioni di polveri fini – PM10, nel corso delle attività di cantiere per il progetto 2014

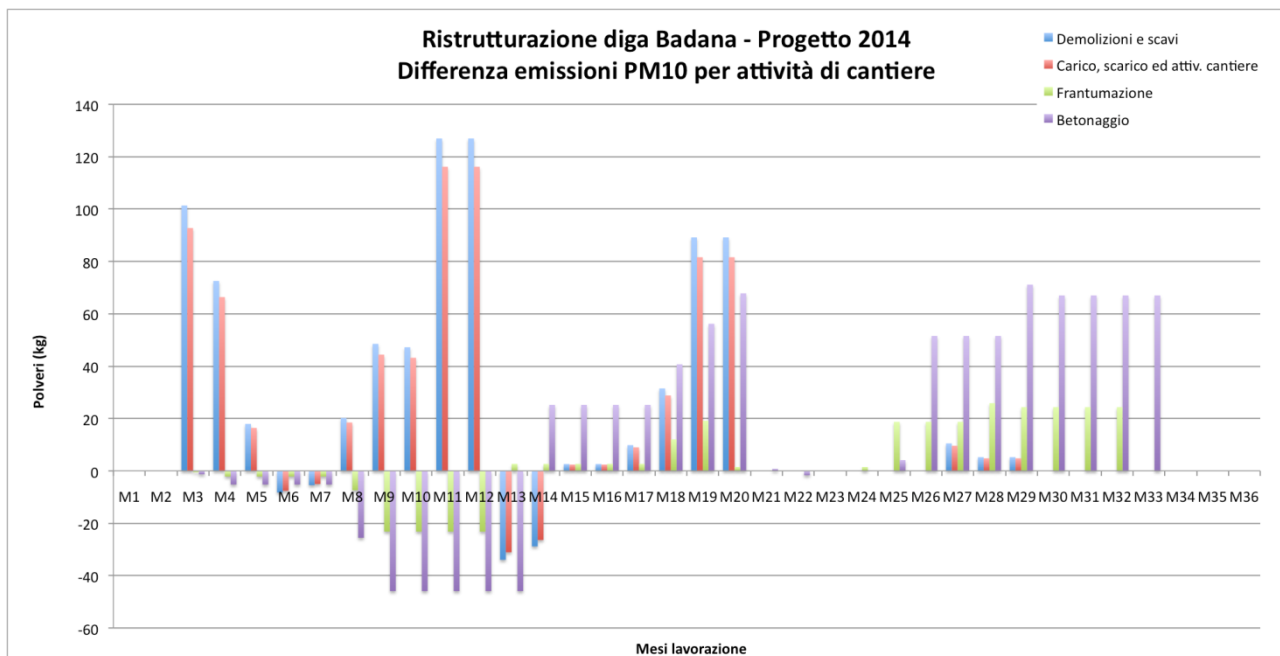


Figura 4.28 Differenza tra le emissioni di PM10, ripartite per attività di cantiere, per i progetti 2009 e 2014.

La somma dei contributi alle emissioni di polveri durante le diverse attività di cantiere per le polveri totali (PM) e per la frazione di polveri sottili (PM10) è riportata nella tabella seguente (tab.4.10).

Totale emissione polveri progetto preliminare di ristrutturazione della diga Badana.		
	PM tot. (kg)	PM 10 (kg)
Progetto 2014	11415	4004
Progetto 2009	6744	2001

Tabella 4.10. Confronto tra le emissioni di PM 10 e totali tra il progetto 2009 e quello 2014.

In considerazione del notevole effetto determinato dall'innaffiamento sulla riduzione delle polveri, in particolare per quanto riguarda quelle fini, si ritiene che questa operazione di mitigazione debba essere percorsa il più spesso possibile.

4.6.5 Stato attuale

La sostanziale assenza di traffico veicolare attuale, tranne quello saltuario per l'accesso dei mezzi per l'ordinaria manutenzione e per il trasporto del personale di presidio del complesso delle dighe, rende l'area non soggetta alla presenza di emissioni di polveri e gas. L'ambiente naturale di pregio, come già sottolineato, è testimoniata dalla presenza del Parco delle Capanne e dei due SIC in territorio piemontese e ligure.

In questa sede il confronto deve in ogni caso essere fatto con le condizioni previste dal progetto 2009 e dunque con i relativi flussi di trasporto e attività di cantiere. A tal fine sono stati redatti i grafici di confronto presentati nei paragrafi precedenti.

4.6.6 Impatto in fase di cantiere

L'impatto derivante dalla variazione di progetto 2009-2014 è stata presentata nei grafici da 4.5 a 4.8 per la differenza nei flussi dei trasporti derivanti dai due diversi Gantt di progetto che prevedono una differenza di durata di circa 6,5 mesi.

Emissioni connesse ai trasporti:

I grafici da 4.9 a 4.22 presentano i flussi di emissioni connesse al traffico veicolare e le relative differenze tra i progetti 2009 e 2014; la tabella 4.6 riassume invece le differenze in termini assoluti per gli inquinanti seguenti: NOx, CO, NMVOC, PM, CO2, NH3 e N2O.

Come si evince dai valori assoluti l'aumento delle emissioni è di circa il 23%, distribuito in maniera non uniforme nell'arco del periodo di cantierizzazione; tale non uniformità è determinata dalla necessità di contenere al massimo in termini temporali le attività di cantiere al fine di contenere l'impatto derivante da queste ed assicurare al cantiere la corretta funzionalità e ottimizzazione.

Produzione di polveri in cantiere:

I grafici da 4.23 a 4.28 riportano invece i flussi di produzione di polveri (totali e PM 10) in cantiere, in virtù del nuovo Gantt di progetto, compreso il confronto con i relativi grafici relativi al progetto 2014; la tabella 4.9 riporta invece i valori di confronto in termini assoluti.

Dai dati assoluti si evince un aumento significativo della produzione di polveri, determinata dalla maggiore entità delle attività di demolizione dell'ammasso murario della diga, come imposto dal Ministero dei LLPP. Anche in questo caso le variazioni sono distribuite in modo non uniforme lungo le attività di cantiere, sebbene la non uniformità sia meno accentuata rispetto alle emissioni, in quanto le attività di demolizione devono essere necessariamente concentrate nel periodo iniziale dei lavori.

4.6.7 Mitigazione

La mitigazione dell'impatto prevede l'estensione temporale per l'intera durata dei lavori, delle attività previste in sede di VIA 2011 (progetto 2009 – volume 3 e Integrazione 4), ovvero la bagnatura dei cumuli e dei piazzali e la bagnatura della strada di accesso dall'innesto con la SP4 fino al cantiere presso la diga.

L'attività di mitigazione primaria rimane l'impiego dei materiali provenienti da demolizione del corpo diga ammalorato al fine del loro impiego come inerti. Tale attività permetterà una notevole riduzione dei viaggi per il trasporto dei materiali necessari alla ristrutturazione della diga.

Le misure di mitigazione sono così riassunte:

- Utilizzo dei materiali del corpo diga, degli scavi e dei materiali presenti nel fondo dell'invaso, per la produzione degli inerti necessari al ripristino, in modo tale da ridurre

- le quantità di materiale di scavo e apporto esterno e, di conseguenza, il numero di viaggi degli automezzi e il tempo di permanenza del disturbo;
- Ottimizzazione delle operazioni di trasporto con massima riduzione dei viaggi a vuoto degli automezzi;
 - Massimo utilizzo di macchine ad alimentazione da rete elettrica (emissioni dei mezzi di lavorazione);
 - Innaffiamento continuo delle piste di transito, dei piazzali, degli scavi e degli accumuli di materiale demolito;
 - Inerbimento temporaneo dei cumuli di stoccaggio del terreno di scotico con miscuglio di leguminose, al fine di contenere la polvere e migliorare il terreno;
 - Utilizzo di impianti con filtri e sistemi di abbattimento delle polveri
 - Monitoraggio della presenza di fibre disperse in atmosfera;

Le attività di mitigazione sono schematicamente riportate nella tabella 6.1, stralciata dal SIA, integrazione 4. Tutte le attività saranno estese al nuovo intervallo temporale delle attività previste dal Gantt del progetto 2014.

4.6.8 Impatto in fase di esercizio

Al termine dei lavori di ristrutturazione del manufatto e di tutti i lavori di ripristino ambientale, verranno a terminare tutte le sorgenti di impatto attivate nel corso delle attività di cantiere.

Il traffico veicolare in particolare tornerà ad essere quello saltuario dei soli mezzi preposti al presidio dell'impianto ed alle operazioni di manutenzione ordinaria; il flusso dei mezzi, si ritiene, sarà paragonabile a quello esistente prima degli eventi del Febbraio 2006.

4.7 Clima acustico

4.7.1 Stato attuale

La situazione attuale del clima acustico è quella di un ambiente naturale, sostanzialmente privo di fattori di disturbo antropici e privo anche di ricettori significativi per quanto riguarda le attività previste nel progetto di ristrutturazione della diga. Gli unici ricettori nell'area sono rappresentati dagli edifici del personale preposto al presidio e manutenzione degli impianti, i quali si trovano però ad una distanza tale da non risultare influenzati dalle attività di cantiere se non per i flussi di trasporto.

4.7.2 Impatto

Il clima acustico sarà alterato durante le fasi di cantiere, mentre tornerà al suo stato originario nel corso dell'esercizio dell'impianto.

Rispetto al progetto 2009 ed al rispettivo Gantt, le attività restano inalterate con una maggiore durata delle fasi più rumorose, determinata dalla maggiore entità delle demolizioni e dell'attività dell'impianto di frantumazione.

Per la stima dell'impatto si ritiene dunque che le simulazioni effettuate in sede di VIA, con esito positivo nel 2011, possano essere mantenute valide considerando le fasi più rumorose su un intervallo di tempo maggiore.

4.7.3 Mitigazione

Malgrado le condizioni di deroga al piano di zonizzazione acustica indispensabili dato il contesto, dovranno essere adottate tutte le ragionevoli misure di mitigazione utili a contenere quanto possibile i livelli di pressione sonora derivanti dalle attività di cantiere. In particolare si sottolinea che queste prevedranno:

- Impiego di macchinari dotati di dispositivi silenziatori e ad alimentazione da rete elettrica (fornita da centrale e non da generatori), la cui realizzazione è prevista dal progetto 2009;
- Il rispetto degli orari previsti di lavorazione;
- Le lavorazioni particolarmente rumorose verranno eseguite per tempi brevi diluite nel corso della giornata lavorativa;
- I macchinari non in uso saranno mantenuti spenti;
- I macchinari saranno tenuti in perfetta efficienza.

4.8 Suolo e sottosuolo

Non sono previste differenze di progetto tali da indurre differenze di impatto su suolo e sottosuolo.

4.9 Ambiente idrico

La diga sorge sul rio Badana, affluente di sinistra del torrente Gorzente, nel quale confluisce in prossimità dell'invaso del lago di Lavezze (o Bruno).

Il bacino imbrifero presenta un'area di circa 4,8 km³. Il reticolo di drenaggio è di tipo dendritico e l'asta principale è lunga 4,5 km, ad andamento meandriforme e direzione prevalente E-O. La pendenza media dell'alveo è di circa il 7%. I versanti si presentano fortemente acclivi e in parte denudati. La vegetazione di fusti presente è dovuta a rimboschimenti effettuati nella zona in concomitanza delle varie edificazioni degli invasi.

Gli studi idrologici realizzati da ADFG e dal progettista, hanno permesso di individuare le portate possibili di massima di piena che caratterizzano l'invaso; su questa base dati è stato realizzato il progetto definitivo di ripristino dell'opera.

In seguito agli eventi del Febbraio 2006 ed al successivo svuotamento dell'invaso, la circolazione delle acque in superficie risulta alterata.

Lo svuotamento dell'invaso ha prodotto due effetti principali sulla circolazione delle acque:

- l'esposizione all'ambiente subaereo dei versanti un tempo sommersi, con il manifestarsi di intensi fenomeni di ruscellamento ed il ripristino del rio Badana nel fondo dell'invaso;
- l'assenza della regolazione del flusso delle acque a valle della diga di Badana.

Nel corso di periodi di piogge intense inoltre, l'invaso tende al riempimento parziale malgrado la presenza della galleria realizzata tra gli interventi di messa in sicurezza seguiti al Febbraio 2006.

Il reticolo idrografico del bacino del Badana si trova dunque in una situazione di disequilibrio essendo venuto a mancare il livello di base determinato dallo sbarramento.

4.9.1 Stato attuale

La qualità delle acque di circolazione superficiale è stata stimata facendo uso di uno studio del Novembre 2005, realizzato dallo Studio Ass. di Ingegneria MRS per conto di ADFG; le condizioni al tempo dello studio erano quelle appena antecedenti l'evento che ha interessato il corpo della diga, nel Febbraio seguente.

Data l'assenza di presenza antropica, i caratteri delle acque e dei sedimenti da queste trasportati risultano in stretta dipendenza con le caratteristiche lito-pedologiche dei versanti; risultano del tutto assenti fenomeni di inquinamento.

4.9.2 Impatto

Gli impatti all'ambiente idrico avranno effetti in fase di cantiere a causa della maggiore entità delle lavorazioni previste nel progetto 2014. Sebbene le attività di cantiere saranno sottoposte a costante controllo e periodico monitoraggio, potrebbe accadere che si verificino sversamenti accidentali di materiali inquinanti.

Si assisterà inoltre ad una sottrazione di risorsa idrica per le quantità necessarie alle lavorazioni ed alla presenza degli operatori nell'area di cantiere. Tale sottrazione non dovrebbe essere significativa in relazione al contesto ed alla disponibilità dell'area.

4.9.3 Mitigazione

La mitigazione degli impatti evidenziati al punto precedente sarà ottenuta mediante il convogliamento delle acque di lavorazione e di quelle di dilavamento dell'area di attività entro bacini di decantazione opportunamente dimensionati e posti a valle del cantiere. Le acque saranno opportunamente trattate nel caso sia necessario e quindi convogliate a valle della diga di Lavezze; sebbene le caratteristiche di queste saranno rese compatibili con il loro rilascio nell'ambiente in seguito ai trattamenti previsti, si eviterà la loro immissione in un corpo idrico ad uso umano (il lago di Lavezze).

L'attività di monitoraggio è stata inclusa nel documento di ottemperanza alle prescrizioni della procedura di VIA conclusasi positivamente nel 2011.

4.10 Vegetazione, flora, fauna ed ecosistemi

Il quadro ecologico che risulta dal quadro ambientale assume una importanza notevole in particolare su area vasta. A livello locale le interferenze più dirette ma temporanee sono relative alle opere di cantiere, che di fatto trasformano parti di ecosistemi ed interagiscono in modo importante con le biocenosi. L'effetto di questo impatto è temporaneo anche perché, a parte gli aspetti legati alla strada di accesso ai cantieri, i lavori vengono effettuati all'interno dell'area del lago che nello svuotamento, ha perduto tutti i valori relativi alla biocenosi acquatica.

4.10.1 Impatto

Nella presente fase di assoggettabilità della variazione del progetto rispetto a quello del 2009, si ribadisce la valutazione effettuata in quella sede.

In sintesi l'impatto globale calcolato sulla componente biocenotica riferita a parametri di qualità della comunità (stabilità, sensibilità e resilienza) può essere giudicato in area locale **BASSO**, con maggiore influenza a carico soprattutto delle comunità proprie dei boschi, che risentono della cantierizzazione dell'area rispetto al contesto paesaggistico.

4.10.2 Mitigazione

Non sono previste azioni di mitigazione specifiche. A carico del comparto sono state previste invece opere di compensazione per le quali si rimanda al SIA 2009.

4.11 Paesaggio

Il paesaggio viene proposto come la sintesi della realtà oggettiva composta dagli elementi fisici (boschi, corsi d'acqua, popolazioni, ecc.) e la percezione che se ne può avere. In sostanza si presuppone che non sia possibile esaminare esclusivamente gli aspetti percettivi, isolati da quanto viene percepito e produce i messaggi che nella mente umana vengono decodificati e trasformati in svariati tipi di informazione dipendentemente dalla singolarità di ogni individuo.

Dato che resta impossibile esaminare il risultato della percezione negli individui, a meno di statistiche impegnative e ripetute, l'unica strada percorribile sembra quella di esaminare gli elementi oggettivi che vengono percepiti.

Su queste basi, si è impostato lo studio presentato nel SIA 2009, basato sugli elementi e le forme presenti, per passare in un secondo momento ad una analisi della visibilità.

Le modifiche progettuali introdotte con il progetto 2014 non inducono modifiche sul paesaggio.

4.12 Salute pubblica

Il potenziale impatto determinato dal ripristino della diga di Badana deriva dalla potenziale presenza di inquinanti chimico-fisici che potrebbe verificarsi nel corso della realizzazione dell'intervento. Le misure di mitigazione ed i monitoraggi proposti (si veda il volume 3 del SIA) saranno in grado di ridurre al minimo i rischi di questo genere.

Analogamente avverrà per quanto riguarda gli effetti sulla salute del personale impiegato per le lavorazioni.

I fattori di maggiore attenzione per quanto riguarda la salute pubblica, ovvero la presenza di materiali fibrosi ed il rumore generato dal cantiere, sono stati oggetto di indagine preventiva e saranno oggetto di monitoraggio, come evidenziato nel volume 3 dello studio di impatto e negli allegati G ed H.

Inoltre le acque di lavorazione saranno convogliate, dopo opportuna decantazione ed eventuale trattamento, a valle della diga di Lavezze in modo da non essere oggetto di utilizzo umano. Per la stessa ragione le acque dilavanti che saranno poste a contatto con gli ambiti di lavorazione saranno convogliate nello stesso impianto di smaltimento.

Il complesso delle dighe si trova inserito in un contesto naturale, o seminaturale proprio a causa della presenza delle dighe stesse, e lontano da centri abitati. L'influenza sui centri più vicini risulta dunque nulla, tanto per la distanza quanto per l'assenza di potenziali sorgenti.

Altrettanto riguarda le attività agricole o di pastorizia che sono assenti nei dintorni degli invasi.

Anche gli effetti potenziali negativi sulla salute pubblica nelle fasi di esercizio dell'impianto risultano nulli e si può affermare, che nel complesso la realizzazione dell'opera non determinerà significative modifiche rispetto alla situazione attuale.

Il ripristino della funzionalità dell'invaso ed il conseguente riequilibrio dell'ambiente circostante permetterà di ottenere, anche grazie agli interventi di rifacimento del sentiero che percorre il bordo dell'invaso in sponda destra, una ripresa della fruizione escursionistica/ricreativa dell'area.

L'eventuale ipotesi di collasso dell'impianto (*dam break*) è stata presa in esame in uno studio apposito nell'Allegato M dello studio di impatto (progetto 2009).

L'aumento di durata della cantierizzazione, previsto in circa 6,5 mesi, e la maggiore intensità di alcune lavorazioni, comporterà l'estensione temporale delle azioni di mitigazione già previste, a tutta la durata dell'intervento.

5. CONFRONTO TRA LE ALTERNATIVE PROGETTUALI

5.1 Opzione “zero”

Il termine “opzione zero” indica l’abbandono dell’impianto e quindi il mancato ripristino della situazione antecedente il danneggiamento subito dal corpo diga.

Tale soluzione non può essere limitata al solo abbandono ma richiede in ogni caso che siano effettuati una serie di interventi indispensabili ai fini della messa in sicurezza dell’area, ovvero:

- garantire la sicurezza dei manufatti per distacchi di materiali ed eventuali parziali crolli che si possano verificare nel tempo.
- garantire la funzionalità nel tempo del cunicolo scavato nel corpo diga in seguito agli eventi del Febbraio 2006, al fine di permettere il passaggio dell’acqua; si dovrà infatti adeguare la dimensione del cunicolo a tempi di ritorno adeguati, in modo da non permettere l’innalzamento anche parziale del livello che creerebbe condizioni di instabilità con reale pericolo di crollo.
- evitare il riempimento di sedimenti dell’invaso che compromettano, con il tempo, la funzionalità del cunicolo.

Il mancato recupero dell’impianto comporta inoltre conseguenze di natura socio-economica ed ambientale con danni di notevole rilevanza in entrambi i campi.

5.1.1 *Aspetti socio-economici*

Dal punto di vista economico, oltre ai costi determinati dalla messa in sicurezza, il mancato recupero della funzionalità dell’impianto determinerà un danno causato dal venir meno di una risorsa che attualmente concorre in maniera importante alla necessità idropotabile degli abitanti del Comune di Genova. Tale mancanza risulterà ancor più critica nel prossimo futuro a causa della riduzione della disponibilità delle risorse idriche determinata dalle modifiche climatiche in atto a scala globale. In particolare la concentrazione dei periodi di piovosità renderanno ancora più importante rispetto ad oggi la capacità di ritenuta d’acqua da parte degli invasi.

L’abbandono dell’opera andrà inoltre ad incidere negativamente sul complesso dei Laghi del Gorzente, la cui organicità andrebbe ad essere ridotta in maniera significativa, ben oltre la perdita della capacità dell’invaso. Il complesso dei laghi è inserito, infatti, in un contesto morfologico tale per cui il riempimento degli invasi avviene in tempi anche molto rapidi; ciò avviene a causa del regime delle precipitazioni che risulta fortemente influenzato dalla morfologia e dalla breve distanza dal bacino dal Mare Tirreno, nonché dalla forte acclività che contraddistingue i versanti. Il regime delle precipitazioni è in particolare soggetto all’alternanza di periodi intensamente piovosi e periodi secchi.

La funzionalità del complesso degli invasi è dunque garantita dalla possibilità di ottenere un effetto di regolazione e bilancio della risorsa idrica tra i tre laghi, in modo da poter disporre di una riserva soddisfacente anche durante i periodi secchi.

La perdita di uno dei tre invasi si ripercuoterebbe dunque sulla funzionalità dell'intero complesso che perderebbe buona parte della possibilità di regolazione della riserva idrica; gli effetti si ripercuoterebbero sull'approvvigionamento di acqua ad uso umano della città di Genova.

L'andamento del livello di quota dell'invaso nel periodo compreso tra il 1994 ed il 2006 mostra come la funzione dell'invaso di Badana sia quella di riserva della risorsa idrica e di alimentazione dell'invaso del Lago Lungo che si trova immediatamente a valle. La quota invaso tende ad essere mantenuta sempre in prossimità del livello massimo e comunque mai al di sotto dei 700m s.l.m.m., con ridotte oscillazioni determinate dai periodi siccitosi.

5.1.2 *Aspetti ambientali*

Le modifiche ambientali indotte dall'abbandono dell'impianto comporterebbero il ritorno graduale verso le condizioni in atto prima della realizzazione dell'invaso artificiale, che risalgono ad oltre cento anni fa. L'ambiente ed in particolare gli ecosistemi si sono nel tempo adattati alle nuove condizioni ambientali determinate dalla realizzazione dell'invaso ed il tempo necessario ad un nuovo riequilibrio si presume sarebbero almeno altrettanto lunghi. Inoltre le modifiche avvenute nel tempo hanno causato alterazioni tali da rendere in parte impossibile un ritorno alle condizioni originarie.

I sistemi naturali fanno parte di quei meccanismi definiti complessi, la cui evoluzione nel tempo è determinata dalla variazione dei parametri fisici che ne regolano il funzionamento: le modifiche di questi comportano conseguenze che si ripercuotono nella componente fisica ed in quella biotica secondo meccanismi di tipo *feedback*. L'evoluzione del sistema nel suo complesso tende al raggiungimento di un equilibrio di tipo dinamico che prevede il continuo riaggiustamento di un parametro in funzione della variazione degli altri. In sostanza l'equilibrio che un sistema riesce a raggiungere può essere considerato più o meno delicato e le variazioni che su questo si possono indurre, determinano spesso conseguenze complesse e proporzionate all'entità della variazione.

Lo svuotamento permanente dell'invaso e l'abbandono dello sbarramento, nel sistema naturale del bacino di Badana, risulta essere una forte alterazione, sia in termini di energia che di materia presente nel sistema stesso. Infatti verrebbero ad essere permanentemente sottratti: materia per un volume pari a circa 5000000m³ di acqua e l'energia termica che da questa viene immagazzinata nei periodi di riscaldamento e rilasciata in quelli di raffreddamento. Un sistema naturale nel quale vengano alterati in modo così rilevante i flussi di materia ed energia, tende ad adattarsi con conseguenze tali da modificare l'ambiente fisico e di conseguenza gli habitat in esso presenti.

Il manufatto inoltre, fermo restando la sua messa in sicurezza, resterebbe sostanzialmente intatto e risulterebbe come un'alterazione permanente che renderebbe impossibile il ritorno alle condizioni antecedenti la realizzazione dell'invaso. La diga si presenta infatti come una barriera che altera ed in parte impedisce i collegamenti tra l'ambiente a valle di essa ed il nuovo ambiente che andrebbe a svilupparsi a monte.

5.1.3 *Aria ed atmosfera*

Il forte aumento delle polveri, causato dall'esposizione di vaste porzioni dei versanti all'azione dei venti spesso anche molto intensi nell'area, risulta essere tra gli impatti più importanti. I versanti un tempo sommersi presentano infatti condizioni tali da rendere lento il loro adattamento alle condizioni subaeree: alcune specie rupestri hanno già iniziato il loro insediamento ma l'elevata

pendenza dei versanti e l'accumulo di materiali grossolani in alcune parti rende difficoltoso l'accumulo di suolo, il quale permetterebbe un migliore sviluppo della copertura vegetale. Inoltre i litotipi presenti nell'area ed i processi morfogenetici vigenti non concorrono ad uno sviluppo soddisfacente della pedogenesi.

L'alterazione del microclima, in seguito all'abbandono dell'impianto, risulterebbe essere un altro aspetto estremamente rilevante: la perdita della massa d'acqua andrebbe ad eliminare l'effetto regolatore indotto a causa della sua inerzia termica, con l'effetto di eliminare lo smorzamento degli sbalzi termici. Ciò comporterebbe conseguenze importanti soprattutto sugli ecosistemi.

Si verificherebbero inoltre altre conseguenze che andrebbero a ripercuotersi sull'ambiente circostante:

- l'assenza della massa d'acqua comporterebbe una diminuzione dell'evaporazione e di conseguenza una riduzione dei fenomeni di condensazione dell'umidità sui versanti circostanti;
- l'alterazione dei flussi locali di vento e brezze: in particolare l'esposizione di superfici rocciose comporterebbe maggiori effetti di riscaldamento durante le ore diurne che porterebbero alla formazione di correnti ascensionali di maggiore intensità;
- lo sbarramento operato dalla diga interferisce con i flussi di vento che percorrono la valle; questa alterazione è stata indotta con la costruzione della diga, ma l'abbandono dell'impianto impedirebbe il ripristino delle condizioni originali.

5.1.4 Acqua ed idrogeologia

La conseguenza più importante dell'abbandono dell'impianto risulta essere, naturalmente, la diminuzione della quantità d'acqua presente a monte dell'invaso.

La mancata funzionalità dello sbarramento indurrebbe uno svuotamento dell'invaso che non sarebbe però costante: infatti, in occasione di periodi di intensa piovosità, il livello dell'acqua, nei tre anni trascorsi dallo svuotamento, è salito fino alla quota di circa 685m s.l.m.m., ovvero 17m oltre la quota di base diga (posizione del cunicolo). Questi periodici parziali riempimenti si verificherebbero con cadenza periodica a causa della limitata portata del cunicolo realizzato nel corpo diga tra le opere di prima messa in sicurezza dell'impianto, realizzate in seguito al danneggiamento. La funzionalità del cunicolo dovrà ovviamente essere garantita, impedendo la sua occlusione da parte dei materiali trasportati dal torrente.

Il carico solido del torrente risulterà inoltre aumentato rispetto a condizioni normali, a causa delle caratteristiche dei materiali accumulati nel fondo del lago ed ora soggetti all'azione di trasporto da parte del torrente stesso, e per l'intensa azione erosiva sui versanti un tempo sommersi ed oggi scarsamente vegetati, comunque con problemi riflessi al sottostante lago di Lavezze.

La diga di Badana, come ogni sbarramento, ha rappresentato inoltre un nuovo livello di base per tutti i processi erosivi che si verificavano a monte di essa; la perdita di funzionalità dell'impianto causerà quindi una ripresa dei processi erosivi laddove erano stati interrotti. Il risultato sarà quello della ripresa dei processi di erosione regressiva dell'asta torrentizia che andranno ad interessare in particolare il lieve gradino morfologico che si trova poco a valle di quella che era la coda del lago. Tali fenomeni andranno ulteriormente ad aumentare il carico solido nel torrente.

In relazione all'ambiente idrico sub-superficiale, sebbene le rocce che costituiscono il substrato geologico siano essenzialmente permeabili per fratturazione e sebbene i versanti prospicienti l'invaso siano caratterizzati da elevate pendenze, il venire meno della massa d'acqua produrrebbe un generale abbassamento della falda lungo la precedente fascia spondale.

5.1.5 *Suoli*

Le conseguenze principali sui suoli e sulle coperture, derivanti dall'abbandono dell'impianto, sarebbero causate dall'aumento dei processi erosivi.

I versanti, un tempo sommersi, sarebbero esposti ad un'intensa azione di degradazione che si esplicherebbe attraverso tutti i processi di alterazione e successivamente di erosione e trasporto. Il contesto morfologico dell'area determina un'azione intensa da parte dei processi termoclastici e crioclastici che determinano un'intensa azione di degradazione sulle rocce. L'azione di trasporto, esercitata prevalentemente dalle acque dilavanti e marginalmente per azione del vento, risulta inoltre estremamente intensa, in particolare lungo i versanti un tempo sommersi; le pendenze di questi raggiungono, mediamente per la fascia appena al di sotto del livello di massimo invasore, valori molto elevati, dell'ordine dell'80%. La difficoltà di accumulare materiali di degradazione lungo le porzioni più ripide dei versanti renderà difficile lo sviluppo di suoli con conseguenze negative sullo sviluppo della copertura vegetale. I materiali erosi e trasportati lungo i versanti tenderanno ad accumularsi nel fondovalle, concorrendo al trasporto solido del torrente. Laddove questo fenomeno si svilupperà in condizioni di una più ridotta acclività, la vegetazione arbustiva ed anche arborea potrà nel tempo procedere ad una nuova colonizzazione, contribuendo localmente alla riduzione dell'intensità dei processi erosivi.

In tempi lunghi tale processo non potrà in ogni caso raggiungere un equilibrio, data l'esigenza di mantenere la funzionalità del cunicolo realizzato nel corpo diga e di impedire quindi il riempimento dell'invaso. La situazione dovrà essere dunque mantenuta artificialmente in un equilibrio ottenuto tramite il continuo svuotamento dei materiali accumulati a monte del paramento. Sebbene i tempi per giungere al riempimento dell'invaso siano certamente lunghi, si sottolinea la notevole quantità di materiali accumulati a distanza di circa tre anni dallo svuotamento in prossimità del cunicolo realizzato nel corpo diga.

L'asportazione di questi materiali dovrà essere oggetto di un'attività periodica che andrà a gravare sul bilancio economico della gestione del complesso dei Laghi del Gorzente.

5.1.6 *Ecosistemi, flora e fauna*

La perdita della capacità dell'invaso avrebbe importanti conseguenze sugli ecosistemi che si sono sviluppati a margine di questo, dal momento del suo riempimento.

Le conseguenze sull'intero ambiente biotico sarebbero determinate essenzialmente da due cause principali:

- la riduzione della disponibilità di acqua e la riduzione e modifica dell'estensione della fascia spondale che verrebbe limitata alle sole sponde del torrente;
- l'alterazione del microclima determinata dalla scomparsa della massa d'acqua che, al livello di massimo invasore, raggiunge i 5000000m³.

Gli ambienti che un tempo rappresentavano la fascia spondale dell'invaso risulterebbero intensamente alterati e diverrebbero una zona di contatto tra due aree in forte trasformazione: l'ambiente oltre la quota di massimo invaso e quello al di sotto di questa.

Il primo vedrà ridotta la disponibilità di acqua, sia in senso diretto che indiretto, ovvero mediante gli apporti determinati dai processi di condensazione dell'umidità, di particolare importanza durante i periodi siccitosi. Un altro effetto di estrema importanza sarà determinato dal venir meno dell'effetto di mitigazione degli sbalzi termici generato dalla massa d'acqua dell'invaso, con notevoli effetti sul microclima. Nel complesso dunque la zona al di sopra della quota di massimo invaso tenderà ad un ambiente caratterizzato da un minor livello di umidità, con effetti conseguenti sulla vegetazione.

L'ambiente che si trova al di sotto della quota di massimo invaso, pur condividendo le stesse condizioni ambientali, si trova in uno stato differente, determinato da circa cento anni di sommersione: assenza di suolo e presenza solo di pochi sedimenti e prevalentemente di detriti grossolani, a causa della pendenza mediamente molto elevata e sostanziale assenza di vegetazione. I tre anni di esposizione all'ambiente subaereo hanno determinato una parziale e limitata colonizzazione locale da parte di vegetazione pioniera.

Nel complesso le due zone tenderanno con il tempo a convergere verso un ambiente dai connotati simili ma differenti rispetto alle condizioni della fascia spondale antecedenti lo svuotamento dell'invaso.

Un'altra conseguenza dello svuotamento permanente dell'invaso sarà quella della riduzione della risorsa idrica per la fauna che popola l'areale; questo aspetto potrà risultare critico in particolare nei periodi siccitosi e comporterà lo spostamento verso gli altri invasi per quelle specie in grado di farlo.

5.1.7 Paesaggio

Il paesaggio risulterà fortemente alterato in seguito allo svuotamento permanente dell'invaso; le cause principali saranno date dall'esposizione del corpo diga che, da monte, risulterà visibile fino alla base e dall'esposizione del fondo dell'invaso all'ambiente subaereo.

Date le dimensioni del corpo diga ed il contesto montuoso in cui è ubicato, l'impatto visivo della struttura risulterà forte ma la sua visibilità risulterà limitata dalla morfologia montuosa dell'area: la visibilità si estenderà fino agli spartiacque prospicienti la diga stessa ma per distanze limitate.

A causa della maggiore estensione e diversa localizzazione, sarà invece più elevata la visibilità della parte di invaso che si trovava al di sotto della quota di massima regolazione. Il contrasto con i versanti che si trovavano al di sopra di quest'ultima sarà evidente fintantoché i processi naturali non saranno riusciti a portare gli ambienti verso un nuovo equilibrio e la vegetazione non si sarà estesa in modo continuo fino alle sponde del torrente che corre nel fondo dell'invaso.

Nel complesso si può dunque ritenere l'impatto visivo del corpo diga come permanente, mentre quello delle zone un tempo ricoperte dalle acque dell'invaso come transitorio, sebbene i tempi di equilibrio siano presumibilmente lunghi.

5.2 Opzione demolizione e ricostruzione

5.2.1 Premessa

La soluzione progettuale della completa demolizione e successiva ricostruzione prevede la realizzazione di un manufatto dalle stesse caratteristiche di quello oggetto di ripristino. Per tale ragione la differenza di impatto è dovuta alle fasi di costruzione e cantierizzazione essendo l'impatto in fase di esercizio identico.

Le principali differenze tra le due soluzioni risultano quindi nei tempi di realizzazione e dal maggior impatto dei trasporti nel caso della demolizione/ricostruzione; gli scarti della frantumazione del manufatto originale saranno in quantità ben più ingenti rispetto alla soluzione di ripristino, così come tutti i materiali necessari alla ricostruzione. Il maggior impatto dei trasporti avrà ripercussioni anche sulla strada di accesso che risulta essere uno degli aspetti più delicati dell'intero intervento: saranno necessari interventi di manutenzione più intensi e più frequenti a causa del maggior traffico veicolare prevedibile.

Gli aspetti principali che emergono dal confronto sono i seguenti:

1. Tempi di realizzazione degli interventi; le componenti ambientali saranno sottoposte alle azioni derivate dalle varie attività.
2. Volumi delle opere da demolire, da cui conseguono:
 0. le attività di smantellamento delle opere;
 0. il movimento dei materiali e stoccaggio per il loro parziale riutilizzo come inerti per i conglomerati cementizi.
3. Volumi delle opere da realizzare, da cui conseguono:
 0. i volumi dei materiali necessari e, conseguentemente, la quantità e l'intensità dei trasporti per l'allestimento del cantiere e per l'approvvigionamento dei materiali necessari alle diverse lavorazioni e soprattutto del cemento ed inerti per i conglomerati cementizi;
 0. la produzione di conglomerati cementizi (impianti di frantumazione ed annessi, betonaggio);
 0. le superfici delle aree necessarie alle attività di cantiere e stoccaggio.

5.2.2 Raffronto fra i Tempi di Ristrutturazione – Demolizione/Ricostruzione

Facendo un confronto tra i crono-programmi delle due soluzioni, presentati nei rispettivi progetti, le differenti tempistiche per la rimessa in esercizio dell'opera possono essere quantificati in circa il doppio per la soluzione di demolizione e ricostruzione.

5.2.3 Raffronto tra Attività,

Le diverse attività in essere nelle due soluzioni possono essere sinteticamente riassunte nella demolizione di volumi pari a circa 8 volte e nella posa di calcestruzzi per un volume pari ad oltre 2,5 volte a sfavore della demolizione/ricostruzione. L'attività nel complesso, oltre ad essere ben più onerosa in termini economici, comporta un impatto notevolmente più elevato a causa dei diversi volumi da movimentare e realizzare e dei tempi più che doppi richiesti.

5.2.4 Confronto dell'impatto sulle componenti ambientali

5.2.4.1. Aria ed atmosfera

Tenute in considerazione le diverse attività di cantiere ed in particolari i diversi volumi in gioco nei due casi, si è proceduto alla stima delle emissioni determinate dalle attività richieste.

Il flusso dei trasporti nel caso della demolizione e ricostruzione è stato stimato analogamente a quanto fatto per la soluzione di ripristino, ovvero considerando le lavorazioni nel corso della durata del cantiere ed i volumi.

I risultati portano a valori di emissione superiori al doppio rispetto alla soluzione progettuale del ripristino.

Analogamente accade circa le emissioni relative alle attività di cantiere.

5.2.4.2. Clima acustico

Il maggiore impatto determinato dalla soluzione progettuale demolizione/ricostruzione deriva ancora dai due fattori: durata del cantiere e flusso dei trasporti.

Il traffico veicolare, sebbene rappresenti una sorgente mobile e discontinua, si protrarrebbe per tempi quasi doppi rispetto alla soluzione di ripristino e con una frequenza di passaggi più elevata.

Le attività di cantiere oltre a subire le stesse conseguenze in merito alla durata, produrrebbero un impatto acustico maggiore anche in termini di intensità, dovendo procedere al completo smantellamento del manufatto.

5.2.4.3. Ambiente idrico, suolo, vegetazione e fauna

Il maggiore impatto della soluzione demolizione/ricostruzione deriva anche in questo caso dalla maggiore durata richiesta dalla realizzazione dell'intervento e dal maggiore peso degli aspetti logistici.

Il cantiere necessario alla realizzazione dello smantellamento e della ricostruzione richiederebbe spazi ben maggiori rispetto a quelli necessari per il ripristino del manufatto, il che determinerebbe una sottrazione maggiore di spazi naturali per tempi lunghi e la necessaria regimazione delle acque di scorrimento superficiale secondo tutti i dettagli visti per quanto riguarda il ripristino. Sebbene questi possano successivamente essere soggetti ad interventi di ripristino l'impatto sarebbe in ogni caso maggiore rispetto alla soluzione di ripristino del manufatto.

6. ATTIVITÀ DI MITIGAZIONE

Il presente S.I.A., si conclude con l'individuazione delle opere di mitigazione e compensazione relative agli interventi in progetto.

Le “*misure di mitigazione*” sono definibili come “misure intese a ridurre al minimo o addirittura a sopprimere l'impatto negativo di un piano o progetto durante o dopo la sua realizzazione”. Tendono pertanto ad abbattere gli effetti derivabili direttamente dagli impatti prodotti dall'opera, nelle due fasi di cantiere e di esercizio. Comprendono diverse categorie di interventi:

- le opere di mitigazione, sono interventi appositi finalizzati a ridurre impatti diretti (ad esempio le barriere antirumore);
- le opere di ottimizzazione sono accorgimenti progettuali integrati alle fasi di lavorazione e alla progettazione dell'opera, finalizzati a ridurre gli impatti (ad es. la riduzione del materiale di demolizione, o la riduzione dell'occupazione di suolo).

Le “*misure di compensazione*”, sono gli interventi, anche non strettamente collegati con l'opera, che vengono realizzati a titolo di “risarcimento” paesistico-ambientale del territorio in cui si costruisce l'opera. In genere sono interventi funzionali a migliorare alcuni aspetti ambientali in riferimento agli impatti residui non mitigabili. A queste è demandato anche il compito di riqualificare eventuali degni del sistema ambientale con l'intento di migliorare la situazione di partenza e non solo di limitare al massimo il degrado ambientale prodotto dalle opere di trasformazione (ad esempio la riqualificazione boschivo-forestale per l'aumento della biodiversità o la bonifica e rivegetazione di siti degradati non legati all'opera in esame).

Gli interventi di mitigazione e compensazione, sebbene progettati per minimizzare gli effetti indotti principalmente su una componente e/o fattore ambientale, dovrebbero essere efficaci nei confronti di più componenti e/o fattori, e, soprattutto, avere una significatività a livello di sistema e non solo di componente.

6.1 Misure di mitigazione

Le differenze progettuali tra il progetto 2009 e quello 2014 determinano un aumento delle attività di cantierizzazione, ovvero l'aumento dei flussi di traffico, il pur ridotto aumento dei tempi di cantierizzazione (6,5 mesi circa) e l'aumento delle attività di demolizione del corpo diga.

Gli impatti in fase di esercizio risultano invece uguali a quelli del progetto 2009.

Tutte le attività di mitigazione, compensazione e monitoraggio previsti nella procedura di VIA conclusasi positivamente nel 2011 sono oggetto di verifica di ottemperanza; tali attività sono ribadite in questa sede e per il loro dettaglio si rimanda al documento di ottemperanza e agli elaborati del SIA.

L'incremento delle lavorazioni e del traffico veicolare determina la necessità di estendere le attività di mitigazione previste per tutta la durata del cantiere. In tabella 6.1 si riporta il quadro complessivo delle attività di mitigazione previste per le sole componenti che sono implicate dalle variazioni del progetto 2009-2014, ripartite analogamente a quanto fatto nel SIA 2009 in VIA e VINCA.

IMPATTI FASE DI CANTIERE	MITIGAZIONI	VIAVINCA	
Inquinamento delle acque superficiali	<ul style="list-style-type: none"> realizzazione di impianto per la depurazione delle acque di cantiere e di vasche di sedimentazione, dedicati al trattamento delle acque derivanti dalle attività di cantiere monitoraggio delle acque di lavorazione e reflue riutilizzo, successivo alla depurazione, delle acque di lavorazione per le attività di bagnatura, produzione inerti e perforazione 		
Scavi, demolizioni e movimentazione di terre e materiali da costruzione	<ul style="list-style-type: none"> utilizzo dei materiali del corpo diga e degli scavi per la produzione degli inerti necessari al ripristino, in modo tale da ridurre le quantità di materiale di scavo e apporto esterno, utilizzo dei materiali sedimentati presenti nel fondo dell'invaso (ghiaie, sabbie e rocce disarticolate) in zona soggetta a sommersione ad intervento ultimato; riduzione rilevante di materiali provenienti da cave esterne e conseguente abbattimento dei trasporti controllo geologico-tecnico su piste, scavi, demolizioni e materiali da frantoio, per la rilevazione di materiali potenzialmente amiantiferi scotico preventivo ad ogni escavazione, dell'eventuale terreno vegetale e accantonamento per il reimpiego. Inerbimento dei cumuli di stoccaggio nei casi in cui la giacenza sia prevista per tempi lunghi, al fine di migliorare il terreno per successivi riutilizzi per il recupero ambientale 		
Traffico (rumore e polveri)	<ul style="list-style-type: none"> utilizzo dei materiali del corpo diga, degli scavi e dei materiali presenti nel fondo dell'invaso, per la produzione degli inerti necessari al ripristino, in modo tale da ridurre le quantità di materiale di scavo e apporto esterno e, di conseguenza, il numero di viaggi degli automezzi e il tempo di permanenza del disturbo, ottimizzazione delle operazioni di trasporto con massima riduzione dei viaggi a vuoto degli automezzi 		
Rumore	<ul style="list-style-type: none"> impiego di macchinari dotati di dispositivi silenziatori e ad alimentazione da rete elettrica (fornita da centrale e non da generatori) riduzione al minimo delle lavorazioni rumorose nei mesi di aprile e giugno al fine di ridurre l'impatto nel periodo riproduttivo della fauna selvatica, 		
Polveri e inquinamento atmosferico	<ul style="list-style-type: none"> massimo utilizzo di macchine ad alimentazione da rete elettrica (emissioni dei mezzi di lavorazione) innaffiamento continuo delle piste di transito, dei piazzali, degli scavi e degli accumuli di materiale demolito, Inerbimento temporaneo dei cumuli di stoccaggio del terreno di scotico con miscuglio di leguminose, al fine di contenere la polvere e migliorare il terreno utilizzo di impianti con filtri e sistemi di abbattimento delle polveri monitoraggio della presenza di fibre disperse in atmosfera 		

Tabella 6.1 Schema riassuntivo