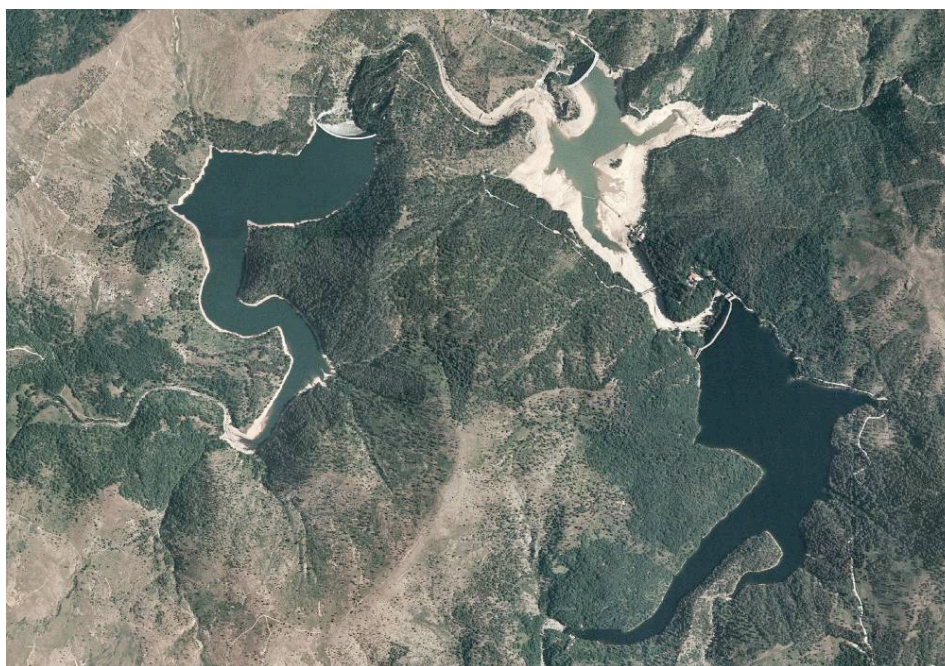


**DIGA DI BADANA
INTERVENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA
PROGETTO DEFINITIVO**

Studio d'Impatto Ambientale

**Volume 4:
Sintesi non tecnica**



PREPARATO DA	Dr. Geol. Luciano Minetti Dr. Arch. Gioia Gibelli Dr. Geol. Guido Paliaga	EMISSIONE	Finale
		REVISIONE	0
CONTROLLATO DA	Dr. Geol. Carlo Baracco	n° pagine di questo documento	76
DATA DI EMISSIONE	Genova, maggio 2009		

STRUTTURA DEL DOCUMENTO

Il presente documento è il **volume 4** dello studio di impatto ambientale relativo al progetto definitivo degli interventi di manutenzione straordinaria, resi necessari sulla diga di Badana a seguito dei dissesti avvenuti nel febbraio 2006.

Lo studio di impatto ambientale è composta dai seguenti documenti:

VOLUME 1: Relazione introduttiva
Quadro programmatico
Quadro ambientale
Quadro progettuale
Altri interventi in programmazione

VOLUME 2: Analisi degli impatti

VOLUME 3: Programma di monitoraggio ambientale
Opere di mitigazione e compensazione proposte

VOLUME 4: Sintesi non tecnica

DOCUMENTI ALLEGATI:

- A. Tavole di inquadramento.
- B. Tavole di simulazione degli scenari futuri.
- C. Tavole quadro progettuale.
- D. Tavole quadro ambientale.
- E. Tavole delle opere di compensazione.
- F. Documentazione fotografica.
- G. Progetto di gestione di terre e rocce provenienti da attività di scavo - Regione Piemonte.
- H. Progetto di gestione di terre e rocce provenienti da attività di scavo - Regione Liguria.
- I. Relazione tecnica relativa al riutilizzo di materiali provenienti dallo smantellamento (corpo diga ed opere accessorie).
- J. Relazione vincolo idrogeologico - Regione Piemonte.
- K. Relazione vincolo idrogeologico - Regione Liguria.
- L. Computo dei deflussi minimi vitali (ITEC Engineering).
- M. Studio dell'ipotetico collasso dell'opera di ritenuta (*dam – break*, ITEC Engineering).
- N. Elenco delle autorizzazioni, intese, pareri, nulla osta e assensi acquisiti o da acquisire.
- O. Relazione per la valutazione di incidenza SIC IT1180026 Capanne di Marcarolo
- P. Relazione per la valutazione di incidenza SIC IT1331501 Praglia – Pracaban – Monte Leco – Punta Martin
- Q. Progetto strada di accesso, installazioni logistiche e di cantiere (ITEC Engineering).
- R. Studio per l'utilizzo dei geomateriali presenti a monte diga (Relazione idraulica e di idoneità chimica, fisica e geotecnica per l'impiego per gli inerti da calcestruzzi).
- S. Autocertificazione, quietanza pagamento, istanza per la procedura ed avviso al pubblico.
- T. Progetto definitivo (Sembenelli Consulting).

STUDIO D'IMPATTO AMBIENTALE

Diga di Badana: interventi di manutenzione straordinaria – Progetto definitivo

GRUPPO DI LAVORO

Geol. Luciano Minetti

Arch. Gioia Gibelli

Geol. Guido Paliaga

Geol. Carlo Baracco

Dott. Nat. Bruna Ilde Menozzi

Ing. Alessandra Fantini

Ing. Osvaldo Straffella

Prof. Biol. Riccardo Santolini

Dott. Dott. Federico Morelli

Arch. Fabrizio Fenghe

Per. Agr. Simone Cimolino

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE	6
2. QUADRO DI RIFERIMENTO PROGRAMMATICO - SINTESI	9
3. QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE	13
3.1. Caratteristiche dell'impianto.....	13
3.1.1. Caratteristiche della diga e degli organi di scarico e di presa.....	13
3.1.2. Caratteristiche dell'invaso e del bacino idrografico.....	14
3.1.3. Esercizio della Diga.....	14
3.2. Il Dissesto	15
3.2.1. Gli eventi del febbraio 2006.....	15
3.2.2. Stato dell'Opera rilevato dopo il dissesto	15
3.2.3. Analisi del dissesto	16
3.2.4. Interventi per la messa in sicurezza.....	16
3.3. Indagini preliminari al progetto	17
3.3.1. Esecuzione di sondaggi e prove in sito e in laboratorio	17
3.3.2. Sintesi dei risultati.....	18
3.3.3. Studio idrologico	19
3.3.4. Verifiche di stabilità della diga originaria	19
3.3.4.1. Franco di regolamento	19
3.3.4.2. Verifiche di stabilità.....	20
3.3.5. Analisi di filtrazione	20
3.3.6. Conclusioni	20
3.4. Criteri e contenuti del progetto	21
3.4.1. Normativa e direttive.....	21
3.4.2. Scelta della soluzione	21
3.4.3. Vita utile della diga ristrutturata.....	22
3.4.4. Descrizione delle opere di ripristino e di adeguamento.....	22
3.4.4.1. Rimodellamento del Paramento di valle e del coronamento della diga.....	22
3.4.4.2. Impermeabilizzazione e consolidazione della roccia di fondazione.....	23
3.4.5. Verifica di stabilità della diga ristrutturata	23
3.4.5.1. Analisi di filtrazione	23
3.4.5.2. Verifiche strutturali.....	23
3.4.5.3. Sollecitazioni al contatto tra struttura esistente e rinfianco a valle	24
3.4.5.4. Dispositivi di monitoraggio.....	25
3.4.6. Nuovi organi di scarico.....	25
3.4.6.1. Nuovo sfioratore di superficie.....	25
3.4.6.2. Nuovo scarico di fondo.....	26
3.4.6.3. Opere di dissipazione a valle diga	26
3.4.7. Opere di presa.....	26
3.4.7.1. Nuove opere di presa	26
3.4.7.2. Soluzione alternativa per le opere di presa	27
3.4.8. Impermeabilizzazione del paramento di monte	27
3.5. Lavorazioni – quantità principali	27
Strumenti di misura.....	29
3.5.1. Quantità dei principali materiali per le attività di cantiere e trasporti.....	29
3.6. Costi.....	29
3.6.1. Costi Diretti.....	29

3.6.2. Costi Indiretti	30
3.7. I tempi dell'intervento	30
3.8 Attività di cantiere e modalità esecutive	32
3.8.1. Strada di Accesso e Piste di Cantiere	32
3.8.2. Impianti Tecnologici e Strutture Logistiche	32
3.8.3. Scelta dei siti destinati ad ospitare gli insediamenti logistici e gli impianti tecnologici	34
3.9. Caratteristiche degli interventi	34
3.9.1. Gallerie nelle spalle della diga	34
3.9.2. Scavi di fondazione	35
3.9.3. Paramento di valle	35
3.9.4. Coronamento	36
3.9.5. Trave perimetrale	36
3.9.6. Geomembrana	36
3.9.7. Scarico di superficie	36
3.9.8. Perforazioni e iniezioni	37
3.9.9. Dreni	37
3.9.10 Canne drenanti	37
3.9.11 Opere di presa	38
3.9.12. Scarico di fondo	38
3.9.13. Strumentazione di monitoraggio	39
4. QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	40
4.1. Introduzione	40
4.2. Le Strade d'Accesso	40
4.3. Sintesi delle Principali Valenze Ambientali dell' Area	41
4.4. Caratterizzazione delle componenti ambientali interessate dal progetto	42
4.5. Aria ed atmosfera	42
4.5.1. Stato attuale della qualità dell'aria	43
4.5.2. Impatti	43
4.5.3. Azioni di mitigazione	45
4.6. Clima acustico	46
4.6.1. Stato attuale	46
4.6.2. Impatto	46
4.6.3. Mitigazione	46
4.7. Suolo e sottosuolo	48
4.7.1. Geologia e Geomorfologia	48
4.7.2. Impatto	49
4.7.3. Mitigazione	49
4.8. Ambiente idrico	51
4.8.1. Stato attuale	51
4.8.2. Impatto	52
4.8.3. Mitigazione	52
4.9. Vegetazione, flora, fauna ed ecosistemi	53
4.9.1. Valutazione fase di cantiere	53
4.9.2. Valutazione fase di esercizio	53
4.10. Paesaggio	54
4.10.1. Analisi visiva delle forme	54
4.11. Salute pubblica	58
5. CONFRONTO TRA LE ALTERNATIVE PROGETTUALI	59
5.1. Opzione "zero"	59
5.1.1. Aspetti socio-economici	59

5.1.2. Aspetti ambientali.....	60
5.1.3. Aria ed atmosfera	61
5.1.4. Acqua ed idrogeologia.....	61
5.1.5. Suoli.....	62
5.1.6. Ecosistemi, flora e fauna.....	63
5.1.7. Paesaggio	63
5.2. Opzione demolizione e ricostruzione.....	64
5.2.1. Premessa	64
5.2.2. Raffronto fra i Tempi di Ristrutturazione – Demolizione/Ricostruzione.....	65
5.2.3. Raffronto tra Attività,	65
5.2.4. Confronto dell’impatto sulle componenti ambientali.....	65
5.2.4.1. Aria ed atmosfera.....	65
5.2.4.2. Clima acustico	65
5.2.4.3. Ambiente idrico, suolo, vegetazione e fauna	66
6. OPERE DI MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE.....	67
6.1. Misure di mitigazione.....	67
6.2. Le misure di compensazione.....	70
6.3. Descrizione degli elaborati di progetto	70
6.3.1. Interventi su versante.....	72
6.3.2. Interventi spondali.....	73
6.3.3. Elenco specie vegetali da impiegare per gli interventi di mitigazione e compensazione	74
6.3.4. Ulteriori indirizzi di mitigazione.....	75

1. INTRODUZIONE

Questo studio è stato condotto con l'obiettivo di illustrare le condizioni d'impatto indotte dai lavori per il ripristino funzionale della Diga di Badana, dopo la sua disattivazione, conseguente ai danni subiti dall'impianto nel Febbraio 2006 (si veda il Quadro progettuale del volume 1 del presente studio).

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" che ricade 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), gli strumenti di programmazione e pianificazione vigenti nel territorio interessato sono riportati al punto 13.

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.

L'evento del Febbraio 2006 ha reso necessario, per ovvie misure di sicurezza, lo svuotamento del lago con un effetto disastroso anche sull'ecosistema e, ovviamente, sulla funzionalità del complesso dei laghi del Gorzente che sono di importanza strategica per l'approvvigionamento idropotabile della città di Genova.

Prima degli eventi del Febbraio 2006 il sistema dei laghi del Gorzente provvedeva al fabbisogno di circa 200.000 persone (circa il 33% degli abitanti della città di Genova) attualmente, con lo svuotamento del lago di Badana, la funzionalità del sistema è ridotta della metà.

Gli effetti più gravosi sull'ambiente, derivati dallo svuotamento del lago, sono riassumibili nei seguenti punti:

- l'alterazione dell'ecosistema;
- l'area sottesa dallo specchio d'acqua, dal momento del suo svuotamento, ha perso buona parte della frazione terrosa ed è interessata quasi interamente da roccia disarticolata. Con il prosciugamento del lago l'area è esposta a fenomeni d'intenso ruscellamento diffuso su tutta la superficie, in ragione delle forti pendenze che comunque ne rendono difficilissimo il recupero con sistemi tradizionali d'inerbimento e piantumazione;
- l'erosione dei sedimenti accumulati sul fondo del lago negli anni di esercizio, ed il successivo trasporto nel lago di Lavezze, determina l'intorbidimento e l'insiltamento di quest'ultimo, provocando ulteriori danni ambientali ed una significativa limitazione della funzionalità del sistema dei laghi stessi.

Per le condizioni sopra esposte sembra che l'unica soluzione sostenibile, in termini di ritorno sociale, economico e, non ultimo, ambientale, sia il ripristino dell'opera con il conseguente recupero della funzionalità della risorsa e delle condizioni antecedenti il Febbraio 2006.

In ragione di quanto fino ad ora esposto, l'impatto ambientale prevalente pare quello derivato dalle attività per la ristrutturazione della diga che sono concentrate nella finestra temporale prevista per:

- la preparazione del cantiere;
- le attività di cantiere vere e proprie;
- la smobilitazione del cantiere stesso al termine dei lavori, i previsti interventi di ripristino delle aree interessate dalle attività di cantiere ed alla logistica, gli interventi compensativi.

Il progetto ha tenuto nella necessaria considerazione il pregio ambientale dell'area, i vincoli che ne regolano la gestione, sotto la tutela del Parco delle Capanne di Marcarolo, e la presenza di un Sito di Interesse Comunitario (SIC).

Le scelte progettuali, avendo come obiettivo il raggiungimento della necessaria sicurezza dell'opera, sono state condotte in un'ottica di minimo impatto, in considerazione di alcuni punti determinanti per la ristrutturazione.

I punti più rilevanti sono qui di seguito riassunti:

- Il progetto di ristrutturazione, con le importanti trasformazioni per il raggiungimento di tutti i nuovi obiettivi di sicurezza, mantiene la fisionomia dell'opera originale, con ingombri areali (impronta) e del nuovo scarico di superficie, doverosamente adeguato alle esigenze di sicurezza attualmente imposte, simili a quelli esistenti prima dell'intervento. Per le necessarie condizioni di stabilità globale dell'opera e il richiesto incremento della capacità dello scarico di superficie, il progetto prevede un ispessimento della diga compreso tra 2 a 4 m ed un innalzamento di 4 m, rispetto all'originale.
- Il progetto prevede il riutilizzo di tutti i materiali, derivati da demolizioni e scavi, per il confezionamento degli inerti per i calcestruzzi necessari alla rimodellazione dell'opera stessa ed all'essenziale rinnovamento delle opere accessorie.
- Nella necessità d'integrazione dei materiali provenienti da demolizione e scavi, utilizzo di materiali presenti nel lago/hi, da aree soggette a sommersione.
- Produzione degli inerti (ghiaie, pietrisco, sabbie), attraverso un impianto di frantumazione e vagliatura posizionato in modo da ottimizzare i trasporti.
- Utilizzo, in tutti i casi possibili, di energia elettrica per le macchine di cantiere.
- Utilizzo di mezzi di cantiere e trasporto che richiedano il minimo degli interventi di adeguamento delle strade di avvicinamento alla diga.

A parte il primo aspetto, che ha soprattutto rilevanza paesaggistica (permanente), le scelte progettuali consentiranno di abbattere il traffico derivato dai trasporti di materiali da costruzione

dall'esterno, che rappresentano i volumi di gran lunga più consistenti, e di conseguenza di limitare drasticamente emissioni, polveri, rumore e costi.

Sono, altresì, previste tutte le misure di mitigazione adeguate e possibili per la conduzione delle varie lavorazioni con l'obiettivo del minimo impatto.

2. QUADRO DI RIFERIMENTO PROGRAMMATICO - SINTESI

Il quadro di riferimento programmatico contiene una parte rivolta alla definizione delle procedure necessarie all'ottenimento delle autorizzazioni ambientali e una parte nella quale sono elencati i contenuti normativi dei principali strumenti di pianificazione inerenti l'opera in oggetto.

In merito alla procedura per le **autorizzazioni ambientali** il riferimento primario è il 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”*, il quale detta le nuove norme rispetto alle procedure di V.I.A. e alle categorie di opere ad essa assoggettate.

Il primo riferimento è nell'art. 6 (Oggetto della disciplina), che al **comma b) inserisce nelle opere soggette a VIA “le modifiche o estensioni dei progetti elencati nell'allegato II”**, categoria nella quale si inserisce l'opera in oggetto.

Lo stralcio del suddetto allegato, con i contenuti riferibili alle opere di ristrutturazione/rifacimento della diga Badana, è riportato di seguito.

Sono soggette a VIA sia l'opera in sé, che la cantierizzazione. Il livello progettuale da sottoporre a VIA è quello *definitivo*, in conformità all'art. 93 del decreto n. 163 del 2006 nel caso di opere pubbliche.

La presenza del SIC delle Capanne di Marcarolo implica la necessità di effettuare la Valutazione di incidenza (Dpcm n. 357 del 1997), la quale deve essere parte integrante del procedimento di V.I.A., (Art. 10, comma 3).

ALLEGATO II - Progetti di competenza statale

Sono tre gli articoli che interessano il progetto in esame:

13) Impianti destinati a trattenere, regolare o accumulare le acque in modo durevole, di altezza superiore a 15 m o che determinano un volume d'invaso superiore ad 1.000.000 m³, nonché impianti destinati a trattenere, regolare o accumulare le acque a fini energetici in modo durevole, di altezza superiore a 10 m o che determinano un volume d'invaso superiore a 100.000 m³.

16) Opere ed interventi relativi a trasferimenti d'acqua che prevedano o possano prevedere trasferimento d'acqua tra regioni diverse e ciò travalichi i comprensori di riferimento dei bacini idrografici istituiti a norma della legge 18 maggio 1989, n. 183.

18) Ogni modifica o estensione dei progetti elencati nel presente allegato, ove la modifica o l'estensione di per sé sono conformi agli eventuali limiti stabiliti nel presente allegato.

Viene inoltre riportato un elenco dei riferimenti normativi principali:

Per la Valutazione d'Impatto Ambientale

1. D.P.R. 12 aprile 1996 “Atto di indirizzo e coordinamento per l'attuazione dell'art. 40, comma 1 della L. 146/1994, concernente disposizioni in materia di valutazione di impatto ambientale”
2. Legge regione Piemonte n. 40 del 14 dicembre 1998, e s.m.

3. D.L. n.4 del 2008, Parte seconda che disciplina le procedure di Valutazione d'Impatto Ambientale
4. D.Lgs n.42 del 22/01/04 e s.m, (Codice dei Beni culturali e ambientali)

Inoltre indicazioni metodologiche previste da:

5. D.P.C.M. n. 377 del 10.08.88;
6. D.P.C.M. del 27.12.88, "Norme tecniche per la redazione degli Studi di Impatto Ambientale"; che rappresentano le norme tecniche per la redazione degli Studi di Impatto Ambientale e sono derivate dalla Direttiva CEE n. 337/85 del 27.06.85;

e dalle circolari del Ministero Ambiente:

7. Circolare MA 07.10.96 n. GAB/96/15208 concernente "Procedure di Valutazione di Impatto Ambientale";
8. Circolare MA 08.10.96, n. GAB/96/15326 concernente "Principi e criteri di massima della Valutazione di Impatto Ambientale".

Per la Valutazione d'Incidenza

1. Dpcm N. 357 del 1997
2. Dpgr. N. 16 del 2001 sulla Valutazione d'Incidenza
3. Guida metodologica alle disposizioni dell'articolo 6, paragrafi 3 e 4 della direttiva Habitat. 92/43/CEE

Per la normativa sulle acque

1. La L. 36/1994. sulla tutela delle acque e le normative e s.m., in particolare
2. il DM Ambiente 22 novembre 2001 (legge 36/1994 - modalità di affidamento in concessione a terzi della gestione del servizio idrico integrato) e le
3. modifiche apportate dal Dm 16 aprile 2003

Principali riferimenti legislativi nazionali e regionali relativi alla tipologia dell'opera – Invasi

1. REGIO DECRETO 11 DICEMBRE 1933, N. 1775, Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici.
2. CIRCOLARE N. 13 MI. PC. (87), Oggetto: Piani di emergenza per incidenti alla dighe di ritenuta di cui al regolamento approvato con D.P.R. n. 1363 dell'1/11/1959.
3. CIRCOLARE MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI 4 DICEMBRE 1987, N. 352, Prescrizioni inerenti l'applicazione del regolamento sulle dighe di ritenuta approvato con decreto del Presidente della Repubblica 1° Novembre 1959, n. 1363 (G.U. 19-1-1988, n. 14).
4. LEGGE 18 MAGGIO 1989, N. 183 55, Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo.

5. CIRCOLARE MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI 19 APRILE 1995, N. US/482, Dighe di ritenuta - Competenze in materia di vigilanza sulla progettazione, la costruzione e l'esercizio.
6. D.P.C.M. 27 febbraio 2004, Indirizzi operativi per la gestione organizzativa e funzionale del sistema di allertamento nazionale e regionale per il rischio idrogeologico ed idraulico ai fini della protezione civile
7. D.L. 29 marzo 2004, n. 79, Disposizioni urgenti in materia di sicurezza di grandi dighe

Per l'inquinamento acustico

1. D.P.C.M 14 novembre 1997, Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore.
2. Decreto del Presidente della Repubblica 30 Marzo 2004, n. 142, Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447.
3. Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 194, Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale.

Sono prese in considerazione anche le disposizioni di:

1. Legge n. 349/86 istitutiva del Ministero dell'Ambiente in Italia;
2. Legge n. 146 del 22.02.94 art. 40, comma 1, "Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità Europee";

Gli **strumenti di pianificazione** considerati per la redazione del quadro programmatico sono:

- PTR Regione Piemonte;
- PTR Regione Liguria;
- PPR Regione Piemonte;
- PTCP Regione Liguria;
- PTP Alessandria;
- PTCP Genova;
- Piano del Parco delle Capanne di Marcarolo;
- Piano per l'assetto idrogeologico (P.A.I.);
- Piano di Tutela delle Acque del bacino del Po;
- Piano di Tutela delle Acque (P.T.A.) Regione Piemonte;
- Piano di Tutela delle Acque (PTA) Regione Liguria;
- Programma Forestale Regionale (PFR) della Liguria.

Inoltre, in mancanza di un piano forestale della Regione Piemonte e delle province, si sono consultati i volumi a cura dell'IPLA S.p.a.: *"i boschi del Piemonte"*.

Inoltre sono stati estratti i vincoli e le normative relative a:

- Normativa in materia di aree protette;
- Vincolo idrogeologico;
- Vincolo paesaggistico – ambientale (D.lgs 42/2004);
- Rischio sismico.

Dall'analisi del quadro programmatico degli strumenti di pianificazione territoriale a scala regionale, provinciale e locale che definiscono i vincoli e le direttrici di sviluppo dell'area interessata dal progetto si evince che tale intervento, per altro incentrato su di un manufatto già esistente, non comporta interferenze con le indicazioni e le norme in essi contenuti.

3. QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE

3.1. Caratteristiche dell'impianto

3.1.1. Caratteristiche della diga e degli organi di scarico e di presa

La diga di Badana è una struttura a gravità di altezza massima 56.25 m. Il coronamento, posto a quota 717.25 m s.l.m., ha una larghezza di circa 4.5 m ed è delimitato da due muri-parapetto di altezza 1.2 m. Lo sviluppo al coronamento è di 216 m, con andamento curvilineo a raggio di curvatura di circa 200 m. Con un intervento successivo, il piano di coronamento è stato rialzato di una misura variabile tra 0.25 e 0.50 m circa, conferendo una monta di circa 0.25 m in chiave all'arco. Le quote attuali del piano di calpestio (lato monte) sono così le seguenti (m s.l.m.): 717.71 in chiave, 717.60 alle reni e 717.50 sulle spalle.

Il paramento di monte ha pendenza variabile da $i = 0.3H:1V$ alla base fino a $i = 0$ (verticale) sopra la quota 711.3 m s.l.m.. Per il paramento di valle la pendenza varia da $i = 1H:1V$ alla base fino a $i = 0.25H:1V$, immediatamente sotto la quota 711.3 m s.l.m.. Anche in questo caso, il tratto superiore è verticale.

La struttura della diga di Badana è in muratura, costituita da blocchi di pietrame legati con malta di calce idraulica, sabbia e pozzolana. Non esistono cunicoli al suo interno.

La diga non è provvista di cortina di impermeabilizzazione a monte, né di sistema di drenaggio per il controllo delle sottopressioni nel masso murario, né di dreni in fondazione.

Lo scarico principale della diga di Badana consiste in uno sfioratore di superficie a sifone a 6 canne, ubicato in sponda sinistra, la cui portata massima teorica è stimata in $75 \text{ m}^3/\text{s}$. La soglia stramazante dei sifoni (quota d'inizio sfioro) è a quota 716.90 m s.l.m. mentre il labbro superiore (quota di innesco) si trova a quota 717.00 m s.l.m..

Prima del dissesto, lo scarico di fondo consisteva in 2 tubi $\varnothing 600 \text{ mm}$, disposti trasversalmente all'asse della diga, in grado di convogliare una portata massima teorica, a massimo invaso, di circa $17.5 \text{ m}^3/\text{s}$. Ciascuna tubazione era dotata di una saracinesca di servizio nella sezione di uscita, alloggiata in una edicola in muratura, e di una seconda saracinesca pochi metri più a 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 dispone di 4 prese di derivazione, installate rispettivamente a quota 691.90, 700.6, 706.6 e 711.6 m s.l.m. (quote rilevate nel 2007), costituite da altrettante tubazioni in ghisa di diametro 500 mm che attraversano in sbieco il corpo diga da monte a valle. Ciascuna condotta è annegata nella muratura del corpo diga ed è protetta a monte da una griglia in acciaio. Analogamente allo scarico di fondo, la pressione dell'acqua al loro interno è sempre corrispondente alla quota dell'invaso.

Ciascuna condotta è dotata di una saracinesca di servizio nella sezione di uscita, alloggiata in una edicola in muratura. Le 4 tubazioni confluiscono in un collettore che corre lungo il piede di valle della diga, in sponda destra.

3.1.2 Caratteristiche dell'invaso e del bacino idrografico

L'area del bacino imbrifero in corrispondenza della diga è di circa 4.8 km². La forma del bacino è circa rettangolare con lato maggiore di lunghezza 2.8 km e lato minore di 1.7 km.

Le principali caratteristiche del bacino sono :

Superficie:	$A = 4.8 \text{ km}^2$
Lunghezza asta principale:	$L = 4.5 \text{ km}$
Quota minima:	$H_{\min} = 667 \text{ m s.l.m.}$
Quota massima:	$H_{\max} = 1081 \text{ m s.l.m.}$
Pendenza media asta principale:	$ia = 6.9\%$
Pendenza media dei versanti:	$iv = 45\%$
Superficie dello specchio liquido alla quota di max. invaso:	0.250 km ²
Superficie del bacino imbrifero:	4.8 km ²
Capacità utile dell'invaso: circa	4.65 hm ³ .

Le portate transistanti attraverso gli scarichi della diga recapitano integralmente nel sottostante lago di Lavezze, circa 1 km a valle.

La portata di piena di progetto dell'invaso di Badana è stata stimata in 160 m³/s ed associata ad un evento con tempo di ritorno 1000 anni.

3.1.3. Esercizio della Diga

La diga di Badana è stata realizzata tra il 1907 e il 1914 ed è in servizio dal 1914.

La diga, che sottende un bacino di 4.8 km², crea un invaso massimo di 4.66x10⁶ m³ (ai sensi della L 584/1994). Il livello di massima regolazione è a quota 716.90 m s.l.m. mentre il livello di massimo invaso è a quota 717.00 m s.l.m.

L'esercizio del serbatoio segue storicamente il ciclo seguente: invaso pieno, quota prossima alla massima regolazione 716.90 m s.l.m., nella prima metà dell'anno, svaso fino alla quota 704 m s.l.m. circa in settembre-ottobre, (eccezionalmente nel 2003 il serbatoio è stato svasato fino alla quota 685 m s.l.m.), invaso nuovamente pieno tra novembre e dicembre. La gestione tipica dell'invaso

presenta dunque periodi relativamente lunghi durante i quali il livello è prossimo alla quota di massima regolazione.

3.2. Il Dissesto

3.2.1. Gli eventi del febbraio 2006

Nel mese di Febbraio 2006 si sono evidenziate perdite significative a valle dello sbarramento, tali da suggerire l'esistenza di un grave potenziale pericolo, così localizzate:

- a) in sponda destra alla quota dell'alveo, nella zona di contatto tra piede diga e fondazione;
- b) in sponda sinistra alla quota 682, anch'essa nella zona di contatto tra piede diga e fondazione;
- c) in sponda sinistra alla quota 675, in corrispondenza di un affioramento roccioso posto una decina di m a valle del piede diga. A questa situazione è associata anche una perdita secondaria a quota 677 sul paramento della diga, ad una quota leggermente superiore a quella del piede.

La portata globale di tali perdite è stata stimata in $3 \text{ m}^3/\text{s}$.

In concomitanza con la manifestazione di tali perdite, si è verificata la rottura del collettore di derivazione in destra, all'incirca all'altezza dell'uscita degli scarichi di fondo a quota 668.

La Direzione dell'esercizio ha deciso immediatamente, a scopo precauzionale, di svuotare l'invaso aprendo gli scarichi di fondo.

3.2.2. Stato dell'Opera rilevato dopo il dissesto

Sul paramento di valle, nella porzione centrale poco sopra la metà altezza, sono visibili alcune fessure orizzontali. In particolare, si può osservare una fenditura suborizzontale circa continua alla quota 689 m s.l.m., con ramificazioni subparallele tra loro che interessano quote comprese tra 688.5 e 694 m s.l.m..

Sul paramento di monte sono visibili alcune fenditure suborizzontali continue (quota 689-690 circa) e delle fessure subverticali, relativamente chiuse, circa ai limiti della porzione di diga più alta.

All'interno del cunicolo realizzato trasversalmente alla base della diga per lo smaltimento delle acque tra le progressive 7.00 e 10.00, si è rilevata una discontinuità macroscopica nel corpo diga, che corrisponde a un dislocamento orizzontale verso valle di una porzione ("placca") del corpo diga.

Le numerose indagini effettuate sulle pareti del cunicolo hanno portato all'individuazione di una superficie di distacco, piuttosto irregolare, all'interno del corpo diga.

Il volume stimato della placca distaccata è stato stimato in circa 8500 m^3 .

3.2.3. Analisi del dissesto

Per poter meglio interpretare la natura dei fenomeni di dissesto registrati ci si è riferiti ai dati di monitoraggio acquisiti in un lungo periodo di osservazione precedente il dissesto tramite :

- letture della pressione all'interno di 4 fori verticali attrezzati con piezometri;
- letture degli spostamenti del coronamento per collimazione;
- misure di portata dei drenaggi (canaletta di scolo delle acqua) al piede di valle della diga.

Le verifiche, contenute in un'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 (schermo di iniezioni) e di controllo (schermo di dreni). Dai dati analizzati, è rilevabile una certa tendenza all'aumento delle sottopressioni, così come una tendenza all'aumento delle perdite raccolte nelle canalette 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 mostra che la forma arcuata ridistribuisce le sollecitazioni con un effetto di scarico della mensola di chiave e di sovraccarico delle mensole poste ai 2 terzi. L'effetto è amplificato quando l'arco si raffredda (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, alcuni giunti sub-verticali ravvicinati configurano una fondazione più compressibile ed il carico che su di questa insiste si trasferisce lateralmente. Il trasferimento di sforzi è probabilmente proseguito fino a creare una situazione di sovraccarico e l'inizio di una rottura, che è progredita fino a dislocare di alcuni centimetri il piede del paramento. A questa dislocazione è associata una delle 3 principali venute d'acqua osservate in occasione dell'evento del febbraio 2006.

È possibile che la frattura iniziale si sia quindi propagata verso la sponda destra, coinvolgendo i 2 tubi dello scarico di fondo che erano in pressione. Tutta la frattura a questo punto è andata in pressione provocando la dislocazione di una fascia di circa 75 m del piede di valle, denunciata dalle fessure presenti a metà paramento e rilevata anche nel cunicolo di ispezione.

3.2.4. Interventi per la messa in sicurezza

Mediterranea delle Acque S.p.A., anche a seguito di prescrizione da parte del Servizio Dighe, ha attuato interventi urgenti per mettere in sicurezza la diga evitando che, in caso di afflussi importanti, potessero 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, e lo scavo di un cunicolo passante alla base della diga.

Come prima misura di sicurezza, è stata introdotta, all'interno dello scarico di fondo destro e per tutto il suo sviluppo, una tubazione in HDPE di diametro 500 mm.

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 è verificato per una piena con periodo di ritorno di 30 anni, corrispondente ad una portata al colmo di 96 m³/s.

3.3. Indagini preliminari al progetto

3.3.1. Esecuzione di sondaggi e prove in sito e in laboratorio

Allo scopo di pervenire ad una miglior interpretazione dei fenomeni verificatisi e di acquisire maggiori elementi caratterizzanti lo stato attuale del corpo della diga, elementi necessari per una corretta progettazione degli interventi da adottare, Mediterranea delle Acque S.p.A. ha ritenuto necessario ottenere nuove informazioni approfondite sulle caratteristiche delle formazioni rocciose di fondazione e sulle condizioni dell'ammasso murario.

Per soddisfare tali esigenze è stato necessario:

- eseguire sondaggi esplorativi del 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;
- svolgere prove in sito per ottenere valori credibili dei parametri ingegneristici della massa muraria e rocciosa;
- eseguire una serie di prove in laboratorio per ricavare accurati valori puntuali delle grandezze da utilizzare per analisi statiche e di filtrazione;
- attuare una campagna di rilevamenti topografici e geognostici estesa a tutta l'area interessata dalle opere;
- svolgere un approfondito studio idrologico sul bacino di Badana.
-

Le indagini geomeccaniche sono state così suddivise:

- indagini Geologiche e Geomeccaniche;
- indagini sulla Muratura.

A tal fine è stata attuata una vasta campagna di rilevamenti sulla roccia di fondazione e sulla muratura della diga attraverso :

- Rilevamenti topografici
- Rilevamenti geologici
- Rilevamenti geomeccanici
- Perforazioni carotate
- Prove in sito
- Indagini di laboratorio
- Ispezione TV delle pareti dei fori
- Prove d'acqua
- Prove sismiche
- Prove Geo-radar
- Tomografie soniche

3.3.2. Sintesi dei risultati

Roccia dell'Assise

Il valore dei parametri geomeccanici rilevati in punti rappresentativi sia dell'ammasso esposto sia dell'ammasso in profondità indicano complessivamente delle qualità discrete. Per quanto riguarda la permeabilità dell'ammasso roccioso di fondazione, le prove di permeabilità effettuate (Lugeon) evidenziano assorbimenti generalmente modesti, salvo al contatto diga-fondazione e nelle parti più superficiali della roccia in spalla Sx.

Muratura del Corpo Diga

Per la permeabilità del corpo diga, le prove Lugeon effettuate evidenziano assorbimenti generalmente modesti salvo in alcune tratte di foro in cui essi sono più consistenti.

I valori della resistenza sono piuttosto variabili; tale variabilità riflette le differenti condizioni di alterazione o fratturazione di ciascun provino.

In laboratorio sono state effettuate prove di taglio, per verificare l'adesione tra calcestruzzo (nuovo paramento) e la muratura esistente. Le rotture sono avvenute tutte all'interno della muratura a dimostrazione a conferma di una efficace aderenza tra calcestruzzo e muratura lungo la superficie di contatto.

Dal punto di vista della modellazione della roccia di fondazione per l'analisi strutturale, semplificando, si può dire che:

- la spalla sinistra e la fascia centrale della spalla destra sono costituite da roccia a blocchi di grandi dimensioni e compatti, di colore scuro che rappresenta il materiale migliore della fondazione;

- una fascia in spalla destra è formata da roccia di scistosità pronunciata fino a scagliettata (come risultato di alterazione intensa). È il materiale meno competente della fondazione;
- le restanti parti della fondazione hanno caratteristiche di resistenze intermedie;

3.3.3. 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-deflussi delle piogge intense di bassa frequenza tarato sull'idrogeologia del bacino e mediante l'analisi della serie storica delle portate medie giornaliere in ingresso al serbatoio di Badana.

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 e precisamente:

- la relazione di ADFG: “Valutazione delle portate di piena del torrente Gorzente in corrispondenza della diga del lago Badana” (giugno 1999), integrata nell'aprile 2000;
- la nota n. SDI/75/cis del 28 marzo 2002 del RID Ufficio Idraulica;
- la relazione di ADFG “Disposizioni urgenti in materia di dighe e di edifici istituzionali - Portate di piena e verifiche idrauliche degli organi di scarico” del maggio 2006.

Il risultato dello studio ha messo in evidenza la coerenza dei risultati con quelli ottenuti nei precedenti lavori.

3.3.4. Verifiche di stabilità della diga originaria

3.3.4.1. Franco di regolamento

Secondo il Regolamento Dighe, il franco netto non deve essere inferiore a 1 m. Nell'attuale configurazione della diga di Badana, con vaso 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. Il Progetto ripristina il franco netto rispetto alla quota di coronamento sovralzando la diga e adottando un nuovo scarico di superficie di maggior capacità conforme alle specifiche di regolamento più recenti e di più funzionale gestione (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).

3.3.4.2. Verifiche di stabilità

Nel rispetto della normativa attualmente in vigore le verifiche sono state effettuate 53 sezioni orizzontali su tutta l'altezza della struttura ad intervalli di 1 m. E' stata considerata un'azione sismica, con accelerazione di progetto relativa alla "zona 4" (0.05 g) e tenendo conto sia della componente verticale che di quella orizzontale dell'azione inerziale della massa strutturale e dell'acqua invasata. Il risultato delle verifiche di cui sopra non rispetta i limiti regolamentari. 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. pur avendo aggiunto uno schermo di dreni.

3.3.5. Analisi di filtrazione

L'analisi di filtrazione, 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.

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 quest'aspetto, affatto desiderabile, concorre al deterioramento dello stato di conservazione della muratura.

3.3.6. 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) cioè 8.4 m al di sotto della quota di sfioro, o a 714.40 m s.l.m. (con le canne drenanti da regolamento in funzione) cioè 2.5 m al di sotto della quota di sfioro;
- in seguito al distacco di una placca al piede del febbraio 2006, considerando gli effetti dell'azione sismica, la diga sarebbe verificata sia allo scorrimento sia alla resistenza soltanto previa riduzione della quota di massimo invaso a 707,70 m s.l.m. (senza canne drenanti)

cioè 9.2 m al di sotto della quota di sfioro o a 712.20 m s.l.m. (con le canne drenanti regolamentari) cioè 4.7 m al di sotto della quota di sfioro.

L'analisi statica è quindi stata completata con un modello tridimensionale 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.

3.4. Criteri e contenuti del progetto

3.4.1 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 richiesti dal RID in ottemperanza alle indicazioni espresse dalla IV Sezione del Consiglio Superiore LL.PP. nella seduta n° 254 del 11.10.2007.

3.4.2. Scelta della soluzione

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 dalle indagini, hanno determinato la scelta della soluzione che consiste nell'aumentare le forze stabilizzanti aggiungendo massa muraria sul paramento di valle e aumentando, per quanto possibile, l'effetto arco della struttura.

Il Progetto Preliminare ha evidenziato come la scelta della soluzione progettuale sia scaturita da un approfondito confronto tecnico-economico-ambientale con 2 alternative possibili:

- la Demolizione-Ricostruzione della Diga;
- l'intervento di manutenzione straordinaria che considera l'intervento sul Paramento di Valle.

La soluzione prevista dal Progetto trova riscontro in analoghi interventi attuati negli anni scorsi in altri impianti simili, d'importanza paragonabile a quello di Badana: San Vicente Dam in California (h = 67 m; sovrалzo effettivo 16.5 m), Guri Dam in Venezuela (h = 112 m; sovrалzo 52 m), Roosevelt Dam in Arizona (h = 85 m; sovrалzo 23.5 m).

3.4.3. Vita utile della diga ristrutturata

Le opere previste nel Progetto Definitivo (in particolare, l'inserimento della schermatura e dei drenaggi e il consolidamento della roccia), l'impiego di materiali di caratteristiche compatibili con quelli della diga attuale, il contenimento delle sollecitazioni entro limiti adeguati alle strutture esistenti, l'inserimento di più funzionali organi di scarico e di presa e, non ultimo, l'adozione di particolari protezioni, quali la geomembrana impermeabile sul paramento di monte, garantiscono che la diga, completamente ristrutturata, possa essere considerata come rimessa a nuovo e quindi avere una vita utile che supera largamente i 50 anni, periodo normalmente considerato per giustificare l'investimento.

3.4.4. Descrizione delle opere di ripristino e di adeguamento

3.4.4.1. Rimodellamento del Paramento di valle e del coronamento della diga

Per ripristinare le condizioni di equilibrio richieste dalla normativa vigente (D.M. 24 marzo 1982) è 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)
- esecuzione di uno scavo di imposta al piede della struttura muraria;
- consolidamento della roccia sulla quale sarà fondata la struttura aggiuntiva. Il consolidamento sarà fatto con un reticolo di fori lunghi 6-8 m iniettati con boiaccia binaria;
- rimodellamento del paramento di valle : sopraelevazione e allargamento del coronamento:

L'arco di coronamento diviene continuo da spalla a spalla ringrossandosi in corrispondenza del canale dello sfioratore (sovrapassandolo e sottopassandolo).

Il franco libero rispetto all'attuale livello di massima regolazione è superiore a 4 m e consente un innalzamento programmato del livello di massima regolazione che si alza di 1 m, raggiungendo quota 718.00. Ne deriva un incremento di capacità del serbatoio stimabile in circa 250 000 m³.

In ottemperanza alla normativa vigente (D.M. 24 marzo 1982), la diga viene dotata 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).

3.4.4.2. Impermeabilizzazione e consolidazione della roccia di fondazione

Tutti i trattamenti della roccia d'imposta della diga, previsti dal progetto, dovranno essere condotti con metodi 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 che tutto il piede di monte e la base dell'attuale masso murario siano consolidati con 2 serie di fori eseguiti dalla trave di piede e che, dal cunicolo interno alla diga, siano eseguiti fori in numero, direzione e lunghezza variabili, per trattare il contatto roccia muratura.

Inoltre il Progetto prevede che un tappeto di fori equispaziati sia eseguito dalla superficie dello scavo per consolidare la roccia sotto il calcestruzzo di rinfiacco della struttura esistente.

Il Progetto prevede inoltre la formazione di uno schermo d'iniezioni realizzato secondo le indicazioni che emergeranno dalle prove preliminari eseguite nel campo prova per mezzo di fori eseguiti a fino ad una profondità non superiore a 35 m sotto al piano dei cunicoli. Nei fori saranno iniettate a pressione boiacche stabili, fluidificate, binarie o ternarie.

Infine, operando dall'interno del cunicolo, si realizzerà uno schermo di dreni il cui scopo è quello di captare le portate comunque filtranti nella roccia e di limitare la piezometrica sotto la parte centrale della diga.

3.4.5. Verifica di stabilità della diga ristrutturata

3.4.5.1. Analisi di filtrazione

L'analisi di filtrazione ha considerato la diga di Badana nella condizione successiva all'esecuzione di tutte le misure di adeguamento in progetto.

Analogamente a quanto fatto nell'analisi di filtrazione della diga nella condizione originaria, il regime idraulico è stato studiato assumendo un moto di filtrazione stazionario. Ciò ha permesso di modellare la risposta a lungo termine del sistema.

I principali risultati dell'analisi di filtrazione mostrano che gli interventi di risanamento previsti dal Progetto Definitivo determinano un regime idraulico corretto. Il nuovo manto di tenuta elimina in pratica le portate filtranti. Il corpo diga è essenzialmente asciutto, situazione questa favorevole alla conservazione della muratura. La presenza di uno schermo d'iniezioni nella fondazione produce un'efficace dissipazione del carico idraulico, ne consegue che al contatto con la muratura della diga le sottopressioni residue sono inferiori alla norma. La presenza dei dreni a valle dello schermo di tenuta contribuisce attivamente alla dissipazione delle pressioni.

3.4.5.2. Verifiche strutturali

Le verifiche di regolamento sono state condotte tenendo conto dei contributi migliorativi derivanti dall'intervento proposto.

Le verifiche di stabilità mostrano che la diga è verificata sia allo scorrimento sia alla resistenza con una quota di massimo invaso pari a 719.70 m s.l.m., quindi con un innalzamento significativo del valore attuale.

Data la constatata tridimensionalità del comportamento della struttura, questa è stata analizzata con un modello 3D.

Nelle condizioni d'invaso pieno e considerando un modesto effetto termico sull'arco, le sollecitazioni di compressione rimangono in tutta la struttura (esistente e aggiunta) a livelli accettabili. Non ci sono trazioni sui piani di contatto diga-fondazione né lungo i piani orizzontali di ripresa nella muratura.

Come sisma base di esercizio (OBE) è stato assunto un evento con tempo di ritorno pari a $T_r = 200$ anni la cui a_{max} è 0.054 g. Come sisma di progetto è stato assunto un evento con tempo di ritorno pari a $T_r = 2475$ anni la cui a_{max} è 0.14 g.

Con il sisma con tempo di ritorno $T_r = 2475$ anni, si producono, sia nel calcestruzzo che nella muratura, trazioni istantanee al terzo superiore ed alla base della diga, nelle sezioni poste a 1/3 e 2/3 dell'arco. Le trazioni nel calcestruzzo sono inferiori alla sua resistenza a trazione mentre quelle nella muratura la superano. Dato che il sisma è bassa intensità, il numero dei cicli critici è limitato e le trazioni locali possono venire assorbite dalla muratura senza particolari problemi.

In sede di progetto esecutivo sarà bene ripetere alcune delle analisi fatte in questa sede modellando il comportamento non-lineare del materiale. Si conta che una modellazione più raffinata possa mostrare che anche le modeste trazioni oggi calcolate in realtà non superano il limite di accettabilità.

3.4.5.3. Sollecitazioni al contatto tra struttura esistente e rinfianco a valle

I calcoli strutturali evidenziano che le sollecitazioni al contatto tra la vecchia e la nuova struttura sono in pratica trascurabili.

Si sono esaminate diverse soluzioni per migliorare la solidarizzazione tra le due strutture, ma, tenuto conto delle modeste tensioni di taglio, si è finito che sia sufficiente provvedere a un semplice corrugamento, tramite idrodemolizione, della muratura esistente dopo la demolizione corticale. Verrà in pratica rimossa parte della malta lasciando in evidenza 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 struttura addizionale assorbe la maggior parte delle variazioni termiche cosicché la muratura si troverà, in futuro, in condizioni più favorevoli e costanti di quelle attuali, con notevole vantaggio sulla vita utile del manufatto. Si provvederà comunque a un continuo e diffuso controllo delle temperature durante le fasi di getto.

3.4.5.4. Dispositivi di monitoraggio

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

- pendolo con punto di lettura monodirezionale.
- piezometri installati nella muratura e nella roccia di fondazione a 3 diverse quote, con perforazioni eseguite dal cunicolo e dal paramento di valle. Alcuni piezometri saranno installati a monte dello schermo d'iniezioni, altri tra lo schermo di iniezioni ed i dreni, altri a valle dei dreni;
- misuratori di giunto a cavallo dei giunti del paramento di valle;
- termometri nella massa muraria e nel nuovo calcestruzzo, installati con perforazioni eseguite del paramento di valle;
- celle di carico multi direzionali, munite di sensore termometrico, disposte nella direzione delle sollecitazioni principali nel nuovo calcestruzzo;
- misuratori di portata a stramazzo con lettura automatizzata;
- pilastri di stazione e borchie di collimazione sul coronamento;
- misuratori di livello con lettura automatizzata.

3.4.6. Nuovi organi di scarico

3.4.6.1. Nuovo sfioratore di superficie

Il progetto di potenziamento dello scarico di superficie considera la sostituzione dell'attuale sfioratore a sifoni con uno nuovo sfioratore a soglia libera. La soluzione tecnica prevede il sovrizzo del coronamento di circa 4 m (quota 721.20 m s.l.m.) e la realizzazione di una trave di coronamento con intradosso a quota 717 m s.l.m. Lo sfioratore a soglia libera riduce gli oneri di manutenzione ed evita il pericolo di ostruzione della soglia da parte di materiale flottante nel serbatoio. E' stato progettato uno sfioratore con soglia a labirinto che ha un ingombro più contenuto e s'inserisce nel paesaggio con un più ridotto impatto ambientale.

La cresta dello sfioratore, realizzato in sponda sinistra, è posta a quota 718 m s.l.m, ha una larghezza di circa 14.2 m, circa uguale a quella dell'originario sfioratore a sifoni, consentendo di riutilizzare il canale di scarico esistente. La verifica idraulica del nuovo scarico di superficie con piena di progetto millenaria mostra che il massimo livello d'invaso eccezionale è pari a 719.70 m s.l.m. Il franco idraulico netto è di 1.29 m.

In sede di Progetto Esecutivo sarà realizzato un modello fisico in scala del nuovo sfioratore e delle annesso opere di scarico al fine di verificare ed ottimizzare la geometria della soglia sfiorante.

3.4.6.2. Nuovo scarico di fondo

Le condotte di scarico attuali sono sostituite con un'unica condotta ispezionabile, di diametro 1.00 m e lunghezza complessiva circa 50 m, alloggiata sul fondo dell'attuale cunicolo trasversale.

E' previsto un nuovo apparato di controllo e regolazione delle portate scaricate.

L'imbocco dello scarico di fondo sarà dotato di rete metallica atta a trattenere eventuali materiali flottanti e di una serie di panconi per evitare l'accumulo di sedimenti intorno allo scarico.

Gli organi d'intercettazione dello scarico di fondo saranno costituiti da una valvola a saracinesca e da una valvola a cono fisso di tipo "Howell-Bunger". La capacità massima dello scarico è di circa 14 m³/s per un livello del serbatoio pari alla quota di massima regolazione (718 m s.l.m.). La durata complessiva dello svasso rapido del serbatoio è di circa 5 giorni.

3.4.6.3. Opere di dissipazione a valle diga

La dissipazione dell'energia del getto dello scarico di fondo sarà interamente affidata al dispositivo annesso alla valvola a cono fisso. La protezione del fondo alveo nella zona d'impatto del getto sarà costituita da una sistemazione in massi sciolti d'idonea pezzatura (rip-rap).

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 a valle del piede diga e in parte dal rimescolamento del flusso nel sottostante bacino di smorzamento ricavato nel fondo alveo. Non sono necessari particolari accorgimenti per la protezione del fondo alveo dall'azione erosiva della corrente.

Le reali condizioni di dissipazione andranno comunque verificate su un modello fisico in scala.

3.4.7. Opere di presa

3.4.7.1. Nuove opere di presa

Il progetto di adeguamento delle opere di presa prevede l'installazione a monte di ciascuna condotta di un organo di intercettazione motorizzato (paratoia a strisciamento)

Le pareti interne della condotta che presentano evidenti i segni di un'ossidazione avanzata, saranno foderate con un rivestimento in HDPE o PVC ad alta resistenza meccanica e chimica per ottenere un miglioramento di efficienza e di durabilità.

Pur comportando una riduzione del diametro efficace della condotta, si otterrà di fatto un incremento della portata in quanto la superficie del rivestimento ha una scabrezza notevolmente inferiore a quella di una condotta in ghisa esposta ad prolungato invecchiamento.

A valle della diga la condotta di raccolta delle varie prese sarà sostituita con una nuova condotta in acciaio. Al piede diga è prevista l'installazione di una valvola a saracinesca per il controllo della derivazione.

3.4.7.2. Soluzione alternativa per le opere di presa

In ottemperanza a quanto richiesto dal RID Direzione di Roma, in alternativa al progetto sopra illustrato, viene proposta una soluzione che prevede la costruzione di un torrino in adiacenza al paramento di monte della diga, che raccoglie, su un'unica sezione verticale, tutte e 4 le opere di presa.

La costruzione dell'opera in variante, non comporta significative variazioni di spesa.

Ogni opera di presa mantiene l'esistente quota d'imbocco ed è regolata da paratoia mobile azionata dalla sommità del coronamento. Le acque di derivazione vengono convogliate all'interno del torrino e confluiscono in un unico condotto, quello dell'attuale opera di presa inferiore a quota 691.90 m slm, che sarà opportunamente rivestito con tubazione in HDPE, come nella precedente soluzione progettuale.

3.4.8. Impermeabilizzazione del paramento di monte

In considerazione dell'età della muratura e del lungo periodo durante il quale essa è stata dilavata dall'acqua del serbatoio, è opportuno prendere misure efficaci per porre e mantenere all'asciutto l'intero corpo murario.

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 sistema di geosintetici verrà applicato sul paramento con l'ausilio di speciali profilati di ancoraggio e tensionamento.

Lungo il perimetro il sistema di geosintetici si ancora e fa tenuta su una trave di piede in calcestruzzo larga circa 1.5 m e profonda altrettanto, che sarà gettata in uno scavo da eseguire alla base del paramento. Parallelamente alla trave una scanalatura praticata nella muratura e protetta da una piastra in acciaio inossidabile farà da collettore delle eventuali perdite raccolte e convogliate dal geodreno. In 2 punti lungo la scanalatura verranno praticati 2 fori e inseriti 2 tubi in acciaio inossidabile che recapitano nel cunicolo. Sarà così possibile misurare le portate filtranti dal paramento e, in caso di perdite importanti, isolare il geodreno con 2 saracinesche installate sui detti tubi.

3.5. Lavorazioni – quantità principali

Vengono di seguito indicate le principali quantità di lavoro:

Gallerie corpo diga e spalle

Lunghezza: m 172

Scavo:	m ³	2450
Calcestruzzo:	m ³	1300

Schermo impermeabilizzazione

Superficie:	m ²	9500
Fori:	n°	460
Perforazioni:	m	6700
Iniezioni cemento:	t	650

Consolidamento roccia

Fori:	N°	64
Perforazioni:	m	766
Iniezioni cemento:	t	80

Drenaggi

Fori:	N°	84
Perforazioni:	m	1510
Canne drenanti □200:	m	2925

Demolizione corpo diga e calcestruzzo

Superficie paramento valle:	m ²	7000
Placca:	m ³	8500
Paramento valle:	m ³	3500
Scarico Superficie:	m ³	1500
Totale	m ³	13500

Scavi in roccia

Piede valle e spalle diga:	m ²	1500
Scarico Superficie:	m ³	1500

Nuova struttura sul Paramento di valle

Casseri paramento e giunti:	m ³	7000
Ferro di armatura:	t	100

Calcestruzzo

Cls Rck 25 (paramento):	m ²	38500
Cls Rck 35 (coronamento):	m ³	4000
Cls drenante:	m ³	500
Totale calcestruzzo:	m ³	44400

Impermeabilizzazione Paramento di monte

Geomembrana:	m ²	6000
--------------	----------------	------

Trave perimetrale

Lunghezza:	m	200
Volume:	m ³	250

Scarico superficie

Getti calcestruzzo:	m ³	3500
Casseri:	m ²	2000
Ferro armatura:	t	200

Scarico di fondo

Calcestruzzo imbocco monte:	m ³	50
Tubazione scarico:	m	50
Valvola a farfalla:	n°	1
Valvola Howell Bungler:	n°	1

Opere di presa

Murature:	m ³	50
Saracinesche:	n°	4
Rivestimento tubazione PEAD:	m	100

Strumenti di misura

Piezometri:	n°	21
Capisaldi e Borchie:	n°	12
Stramazzi:	n°	2
Termometri:	n°	8
Misuratori dilatazione:	n°	6
Pendolo:	n°	1
Celle di pressione:	n°	3

3.5.1. Quantità dei principali materiali per le attività di cantiere e trasporti

Per la ristrutturazione sono previsti le seguenti quantità:

- 48000 m³ calcestruzzo di cui :
 - ✓ 38500 m³ (Rck 25) per il paramento (+ 500 m³ cls drenante);
 - ✓ 4000 m³ per coronamento;
 - ✓ 3600 m³ per scarico di superficie ed altri particolari minori (Rck 35);
 - ✓ 1300 m³ di rivestimenti delle gallerie e 100 t di iniezioni per consolidamenti e impermeabilizzazioni.

Le lavorazioni richiederanno l'utilizzo di queste tipologie e quantità di materiali:

- Cemento circa 12000 t ;
- Ferri di armatura 300 t ;
- Inerti circa 67200 m³ sciolti.

3.6. Costi

3.6.1. Costi Diretti

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

Tipo di attività	Sub Totali e Totali in Euro
Cantierizzazione:	760000
Indagini e prove preliminari:	86750
Schermo e consolidamenti:	1070365
Drenaggi:	783380
Scavi:	1228750
Demolizioni:	1899000
Calcestruzzi:	9909000
Impermeabilizzazione paramento:	616000
Ripristino delle opere di presa:	46000
Apparecchiature elettromeccaniche:	112500
Strumentazioni:	72820
Sommano	16584565
Imprevisti 10%:	1658457
Totale Costi Diretti:	€ 18243022

Si valuta che Oneri di Sicurezza gravino per circa **1 000 000 €**.

3.6.2. Costi Indiretti

Progettazione:	4%
Direzione e supervisione dei lavori:	3%
Modelli, prove di laboratorio e collaudi:	1%
Oneri legali, finanziari ed assicurativi:	2%
Alea per imprevisti (eventi eccezionali, contenziosi, ecc.):	3%

In totale i Costi Indiretti incidono per un 13%: 2371593 €

Investimento Totale: 20614614 €

Investimento Totale

In sintesi si stima che l'investimento necessario per riportare la diga di Badana a condizioni di esercizio soddisfacenti sarà di circa **20 500 000 €**.

3.7. I tempi dell'intervento

I tempi dell'intervento vista l'impossibilità di prevederne l'inizio sono stati determinati senza tenere in considerazione le inevitabili interruzioni stagionali. E' stato redatto un cronoprogramma, (Allegato C dello studio di impatto) il cui tempo esecutivo è valutato in 22 mesi, esso è stato lo

strumento per la determinazione delle intensità e sovrapposizioni delle varie attività previste e per la valutazione degli impatti derivati nel periodo.

Lo svolgimento dei lavori seguirà presumibilmente la seguente cadenza:

- L'adeguamento delle strade di accesso al cantiere, e piste di servizio, l'installazione delle strutture logistiche e degli impianti tecnologici di cantiere richiederanno circa 4-5 mesi di lavoro. Durante tale periodo (a partire cioè dal 4° mese) sarà possibile dar inizio ai lavori di scavo dei cunicoli interni alle spalle, agli scavi all'aperto per l'imposta del nuovo paramento di valle e alla demolizione del calcestruzzo della placca lesionata.
- La realizzazione dei cunicoli longitudinali della diga richiederà presumibilmente 5 mesi di lavoro (tra il 4° e il 8° mese). In successione (9° mese) sarà eseguito il rivestimento del cunicolo trasversale, prima dell'installazione della tubazione metallica e delle valvole dello scarico di fondo.
- Per l'asportazione della placca lesionata e per gli scavi in roccia all'aperto lungo il perimetro di valle della diga sono stati preventivati circa 3 mesi di lavoro (tra il 4° e il 6° mese).
- Le lavorazioni di ristrutturazione del paramento di valle della diga e di ricostruzione del coronamento richiedono l'installazione di impianti e di attrezzature di elevata potenzialità. Si prevede necessario un periodo complessivo di 17 mesi circa (dal 6° al 19° mese per il paramento e dal 18° al 22° mese per il coronamento).
- La collocazione della geomembrana sul paramento di monte richiederà circa 2-3 mesi di lavoro e seguirà immediatamente il completamento del coronamento (20°-22° mese).
- La costruzione della trave perimetrale in c.a. alla base del paramento di monte potrà aver inizio subito dopo l'installazione del cantiere (quindi al 4° mese) e sarà completata entro il 6° mese.
- La formazione dello schermo d'iniezione richiederà 8 mesi, tra il 7° e il 14° mese. Seguirà il consolidamento della muratura e della roccia (eseguito dall'interno del cunicolo, dalla trave perimetrale di monte e dal piede di valle), per un periodo circa 8 mesi (tra il 9° e il 16° mese). Di seguito saranno eseguiti i drenaggi della roccia di fondazione (4 mesi tra il 16° e il 20°).
- La perforazione delle canne drenanti, eseguita dalla sommità del coronamento potrà essere iniziata ancor prima della ristrutturazione del coronamento, rinviando al termine dei lavori il completamento delle canne nella fascia superiore. Si può prevederne l'esecuzione tra il 9° e il 15° mese.
- La ristrutturazione dello sfioratore richiederà presumibilmente circa 15-16 mesi di lavoro, durante i quali si susseguiranno temporalmente :
 - ✓ la demolizione dei calcestruzzi (tra il 6° e il 9° mese);
 - ✓ lo scavo della roccia della spalla sinistra (tra il 9° e il 11° mese);
 - ✓ la costruzione dello sfioratore a labirinto (tra il 11° e il 15° mese) e dello scivolo (tra il 16° e il 19° mese);
 - ✓ infine gli scavi per la vasca di dissipazione (tra il 19° e il 22° mese).

- Nella parte terminale del periodo dei lavori sono collocate le opere dello scarico di fondo (tra il 15° e il 22° mese), le opere di presa (tra il 17° e il 20° mese) e l'installazione della strumentazione (negli ultimi 5 mesi a mano a mano che vengono completate le opere destinate al loro alloggiamento).
- Gli ultimi 3-4 mesi saranno utilizzati anche per l'esecuzione di eventuali interventi di ripristino ambientale.
- Lo smobilizzo del cantiere e la rimessa in pristino delle aree utilizzate per i lavori rappresentano l'ultima fase operativa.

3.8 Attività di cantiere e modalità esecutive

3.8.1. 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.

Sarà necessario provvedere alla semaforizzazione di alcuni tratti (in particolare quello in discesa verso il lago Lavezze) che non possono essere vantaggiosamente ristrutturati a causa della ripidezza dei pendii. Tale provvedimento provocherà verosimilmente soste prolungate di autocarri su piazzole di ampia capacità ricavate appositamente alle estremità dei tratti in questione.

È prevista altresì la realizzazione di una nuova pista per il raggiungimento del coronamento che si troverà 4 metri al disopra dell'attuale. (Allegato Q dello studio di impatto)

Saranno sostanzialmente migliorate e completate le piste sterrate già esistenti all'interno del bacino che serviranno all'approvvigionamento delle sabbie, ghiaie della roccia disarticolata, presenti nel bacino stesso, che saranno trasportate all'impianto di frantumazione/selezione a valle dello sbarramento o degli inerti già selezionati se si opterà per il posizionamento di un impianto di a monte dello sbarramento. Dette piste serviranno altresì a raggiungere lo sfioratore in spalla sinistra.

3.8.2. Impianti Tecnologici e Strutture Logistiche

Una volta completata la viabilità di cantiere, si dovrà provvedere all'allestimento delle strutture logistiche e degli impianti tecnologici.

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.;
- ✓ parcheggi

Contemporaneamente si darà corso all'installazione degli impianti tecnologici per lavorazione degli inerti e per la produzione dei calcestruzzi, per le operazioni di getto ecc. impianti e strutture ausiliarie costituiti essenzialmente da:

- ✓ impianti di frantumazione, macinazione, lavaggio e selezione per la produzione degli inerti;
- ✓ impianto di betonaggio;
- ✓ impianto di trattamento delle acque provenienti dalle aree interessate dai lavori e dagli impianti vasche di decantazione multistadio;
- ✓ gru a torre, installate a valle diga, i cui bracci abbiano la possibilità di coprire tutta l'estensione del paramento.
- ✓ strutture ausiliarie destinate a lavorazioni specifiche e impianti ausiliari centralizzati
- ✓ logistica di cantiere con infermeria di primo soccorso, spogliatoi, uffici, laboratorio, parcheggi, distributore carburanti, officina.

Gli impianti saranno ubicati al piede della diga di Badana. Dovranno essere inoltre predisposti piazzali di ampia superficie e installati sili di adeguata capacità per costituire scorte d'inerti frantumati e/o selezionati tali da sopperire in ogni momento al fabbisogno richiesto dalla produzione di conglomerati cementizi, e di scarto e depositi per eventuali stock temporanei di roccia con esubero di amianto. La logistica di cantiere sarà posizionata sui terrazzi in destra orografica

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

Sui piazzali e gli insediamenti dovrà essere garantito lo smaltimento delle acque di superficie tramite adeguate canalizzazioni, le acque e i liquidi derivati dalle lavorazioni saranno convogliati in impianti di decantazione e/o di depurazione, per essere poi recapitate nel torrente Gorzente (corpo idrico non destinato a consumo umano) a valle del Lago di Lavezze attraverso una tubazione superficiale adeguatamente ancorata, che sarà rimossa alla conclusione delle attività che ne richiedono l'utilizzo.

Nell'ottica della riduzione dei maggiori fattori d'impatto: rumore, emissioni e stock di combustibile, è previsto utilizzo, dove possibile, di macchinari alimentati da energia elettrica; a questo scopo sarà realizzato un'apposita derivazione dalla centralina del lago di Lavezze dalla quale partirà un cavidotto in adesione alla superficie che raggiungerà il cantiere.

3.8.3. Scelta dei siti destinati ad ospitare gli insediamenti logistici e gli impianti tecnologici

La scelta dei siti è stata condotta tenendo in considerazione il loro possibile riutilizzo nelle attività future previste (si veda il capitolo 5 del volume 1 dello studio di Impatto) 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 posti 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 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, e 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 ponte Bailey.

Nella fase precedente la predisposizione del cantiere, la società costruttrice selezionata potrà presentare proposte alternative sia sulla posizione degli impianti sia 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 in un Allegato dedicato (Q) dove le soluzioni sopra indicate sono riportate con il necessario dettaglio.

3.9. Caratteristiche degli interventi

3.9.1. Gallerie nelle spalle della diga

Scavi e Presostegni:

Lo scavo procederà contemporaneamente nei 2 cunicoli contrapposti, alternando le fasi di demolizione o perforazione a quelle di allontanamento dei detriti.

Di norma lo scavo sarà realizzato con impiego di martelli demolitori montati su mezzi cingolati leggeri. L'allontanamento dei detriti di scavo sarà eseguito, lungo i bracci longitudinali, con pale

meccaniche d'ingombro limitato rinculante e con l'ausilio di mezzi idonei lungo il cunicolo trasversale già realizzato. Lo scavo sarà seguito immediatamente da interventi di presostegno dei paramenti rocciosi e, a tratte di circa 10 m, dalla formazione di una preplatea.

Dovranno inoltre essere costantemente funzionanti gli impianti d'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, vibratori a immersione o a parete).

3.9.2. Scavi di fondazione

Lo scavo d'immorsamento in roccia del nuovo paramento di valle della diga sarà realizzato di norma tramite martelli demolitori azionati da macchine cingolate. Gli scavi all'aperto procederanno di norma dall'alto verso il basso si svolgeranno in concomitanza con la demolizione della placca di calcestruzzo lesionata le aree di scavo, saranno mantenute umide per evitare la formazione di polveri. L'area di lavoro dovrà comunque essere servita dalle gru a torre installate a valle diga che permettano il trasporto di attrezzature e di macchinari e che, in generale, consentano il collegamento rapido con le aree operative al piede della diga. I materiali di risulta degli scavi saranno trasportati agli impianti di lavorazione degli inerti. Dopo lo scavo la superficie della roccia sarà modellata e in seguito pulita con getti di acqua e aria in pressione. Se durante lo scavo saranno identificate litologia con sospetta presenza di amianto in esubero si provvederà ad adottare tutte le precauzioni previste dalle mitigazioni del rischio di propagazione di polveri, e all'accumulo dei materiali di scavo in area appositamente delimitata che verranno tempestivamente campionati e testati per deciderne l'eventuale allontanamento nei modi previsti (si veda lo studio di gestione delle terre e rocce da scavo, Allegati G ed H)

3.9.3. Paramento di valle

Si prevede di eseguire la ristrutturazione del paramento di valle della diga con la seguente sequenza:

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

La demolizione della placca lesionata (12000 m³ su una superficie di circa 2500 m² e su un'altezza di 20 m circa) sarà eseguita, in un'unica soluzione, per mezzo di martelloni demolitori

I prodotti di demolizione, saranno raccolti in stock, e mantenuti umidi, nei pressi degli impianti di lavorazione degli inerti per la produzione di aggregati per la produzione del calcestruzzo.

La demolizione della porzione più corticale del paramento di valle verrà eseguita contestualmente ai getti di rimodellamento.

Dopo la demolizione con martelloni, le superfici di contatto tra la muratura esistente e il nuovo getto di calcestruzzo saranno opportunamente corrugate tramite un trattamento d'idrodemolizione, che sarà realizzato con getti di acqua e aria ad alta pressione. La base del paramento a diretto

contatto con la roccia di fondazione sarà costituita da una trave in calcestruzzo armato che sarà realizzata lungo tutto il perimetro inferiore prima di iniziare i getti in elevazione.

Nella fascia a cavallo dei giunti, per una larghezza di 2.00 m e uno spessore di 0.20 m, verrà disposto uno strato di calcestruzzo con caratteristiche drenanti, avente il compito di raccogliere eventuali acque di infiltrazione presenti al contatto tra la vecchia e la nuova muratura e di convogliarle all'esterno lungo i giunti di costruzione. Il getto dello strato drenante precederà immediatamente quello del paramento in modo da assicurare la continuità della muratura.

3.9.4. Coronamento

Modalità non dissimili da quelle sopra descritte per il paramento di valle saranno adottate per la realizzazione del nuovo coronamento, il quale peraltro, risultando sopraelevato rispetto a quello attuale, dovrà essere casserato anche sul paramento di monte. Per provvedere alla dislocazione di attrezzature di lavoro e all'ammainamento di materiali da costruzione saranno utilizzate le gru a braccio dotate di ampio raggio d'azione, previste.

3.9.5. Trave perimetrale

Per l'esecuzione dello schermo impermeabile di ritenuta è necessario provvedere preliminarmente alla costruzione di una trave perimetrale in c.a. lungo tutta la superficie di appoggio del paramento di monte. Per garantire la tenuta tra il calcestruzzo della nuova trave (che potrebbe subire lievi abbassamenti e rotazioni sotto il carico idrostatico) e la muratura esistente, sarà installato un waterstop in PVC

3.9.6. Geomembrana

La posa in opera della geomembrana sarà effettuata dopo il completamento del coronamento della diga e della trave perimetrale, dopo l'esecuzione dello schermo e dopo la costruzione delle murature di supporto degli organi di manovra delle saracinesche di presa. Verranno prima di tutto montati sul paramento i profili di ancoraggio e tensionamento. I rotoli del geocomposito, in precedenza assemblati e disposti sulla sommità del coronamento, saranno fatti scendere in strisce di 4 m circa, in aderenza alla superficie del paramento di monte e in seguito collegati tra di loro. Tutte le saldature verticali saranno testate con aria compressa. Le estremità inferiore e superiore della geomembrana saranno ancorate rispettivamente alla trave perimetrale e al coronamento della diga.

3.9.7. Scarico di superficie

Scavi e demolizioni: gli scavi in roccia all'aperto della spalla sinistra avverranno contestualmente alla demolizione dell'attuale scarico di superficie in calcestruzzo. Le attività sono del tutto analoghe a quelle descritte per gli scavi all'aperto, l'accesso sarà 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 dalla gru a torre prevista che provveda al trasferimento in zona dei macchinari e dei materiali da costruzione. I materiali di risulta degli scavi e delle demolizioni saranno, trasferiti al piede dell'attuale canale di scarico e qui, successivamente trasportati se idonei, agli impianti di lavorazione degli inerti. Se durante lo scavo saranno identificate litologie con sospetta presenza di amianto in esubero, si provvederà ad adottare tutte le precauzioni previste dalle mitigazioni del rischio di propagazione di polveri, e all'accumulo dei materiali di scavo in area appositamente delimitata che verranno tempestivamente campionati e testati per deciderne l'eventuale allontanamento nei modi previsti (studio dedicato in Allegato ???).

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

3.9.8. Perforazioni e iniezioni

Iniezioni di consolidamento: le iniezioni di consolidamento, che seguiranno procedure esecutive analoghe a quelle dello schermo di impermeabilizzazione, saranno eseguite dall'interno dei cunicoli realizzati nel corpo e nelle spalle della diga, dalla trave perimetrale a monte diga e al piede di valle della diga.

Schermo di impermeabilizzazione: Le perforazioni e le iniezioni, per la realizzazione dello schermo, saranno eseguite dalla sommità della trave perimetrale di monte operando, con le attrezzature, sui gradoni appositamente predisposti con ponteggi tubolari.

L'alimentazione dei prodotti d'iniezione avverrà tramite pompaggio delle miscele confezionate in apposite centrali di dosaggio e di mescolazione.

3.9.9. Dreni

L'esecuzione dello schermo di dreni nella roccia di fondazione avrà inizio solo dopo il completamento dello schermo di iniezione e del consolidamento della roccia di fondazione.

I drenaggi della roccia saranno eseguiti operando dall'interno dei cunicoli realizzati nel corpo e nelle spalle della diga.

3.9.10 Canne drenanti

La perforazione delle canne drenanti disposte nel corpo della diga a ridosso del paramento di monte sarà realizzata dalla sommità del coronamento. La perforazione delle canne drenanti richiederà l'impiego di carotatrici meccaniche di adeguata potenza, idonee per perforazioni fino a 40 m di profondità.

3.9.11 Opere di presa

La ristrutturazione di ognuna delle 4 opere di presa procederà con la seguente successione operativa:

- ✓ rimozione delle griglie sul paramento di monte;
- ✓ scollegamento delle attuali condotte allo sbocco sul paramento di valle;
- ✓ introduzione (da valle) del nuovo rivestimento interno in HDPE con sigillatura con le tubazioni in ghisa;
- ✓ cassetta e getto delle lesene di supporto delle guide delle paratoie;
- ✓ montaggio griglie, guide, saracinesche e argani

Le saracinesche di valle ed il raccordo al collettore principale di derivazione faranno parte di interventi posteriori eseguiti dal Gestore.

In ottemperanza a quanto richiesto dal RID Direzione di Roma, in alternativa al progetto sopra illustrato, viene proposta una soluzione che prevede la costruzione di un torrino in adiacenza al paramento di monte della diga, che raccoglie, su un'unica sezione verticale, tutte e 4 le opere di presa. La costruzione dell'opera in variante mantiene l'esistente quota d'imbocco ed è regolata da paratoia mobile azionata dalla sommità del coronamento. Le acque di derivazione sono convogliate all'interno del torrino e confluiscono in un unico condotto, quello dell'attuale opera di presa inferiore a quota 691.90 m

3.9.12. Scarico di fondo

Si dovrà preliminarmente ampliare il tratto di monte del cunicolo trasversale, ricavando sul perimetro slarghi a coda di rondine per favorire l'immorsamento del nuovo scarico di fondo nel corpo diga. Seguirà il getto di rivestimento del cunicolo trasversale, in successione a quello di rivestimento dei 2 bracci longitudinali. Successivamente si provvederà all'installazione, in aderenza al paramento di monte della diga, degli elementi metallici che costituiscono l'imbocco dello scarico. Dopo aver eseguito le opere in calcestruzzo esterne e quelle d'intasamento della tratta iniziale di tubazione, sarà installata la valvola che costituisce l'organo d'intercettazione di monte. Di seguito sarà installata, nella parte inferiore del cunicolo, la tubazione metallica rettilinea supportata da selle metalliche ancorate alla platea. In prossimità dello sbocco di valle sarà infine installata la valvola di regolazione Howell Bunger, corredata di dispositivi idraulici e di equipaggiamenti elettromeccanici.

3.9.13. Strumentazione di monitoraggio

Pendolo: l'installazione del pendolo, di lunghezza complessiva di circa 50 m, avverrà previa perforazione del corpo della diga dal coronamento (di diametro 350 mm). La verticale del pendolo intersecherà il cunicolo trasversale in prossimità dell'intersezione con i cunicoli longitudinali.

Piezometri: nella roccia di fondazione e nel corpo della diga saranno installati, n° 21 piezometri elettrici a corda vibrante con filtro ceramico. I rilevamenti saranno effettuati o dall'interno dei cunicoli o dalla sommità del coronamento.

Termometri: nella muratura esistente e nel calcestruzzo del rinfiango di valle saranno installati termometri per seguire la distribuzione e le variazioni di temperatura all'interno della diga.

Collimatori: sul coronamento saranno installate 4 + 4 borchie di collimazione per seguire le deformazioni dell'arco. Sulle sponde saranno posizionati 2 + 2 pilastri di stazione per l'esecuzione delle misure.

Misuratori di dilatazione: a cavallo di ciascun giunto del nuovo rinfiango di valle saranno installati, in successione ai getti in elevazione, strumenti monodirezionali atti a rilevare dilatazioni e/o chiusure dei giunti stessi.

Stramazzi: allo sbocco dei 2 cunicoli laterali verranno posizionati, dopo il rivestimento delle gallerie, 2 stramazzi per la misurazione delle portate filtranti che attraversano il corpo diga e la roccia di fondazione, captate rispettivamente dalle canne drenanti e dai drenaggi profondi a valle dello schermo.

4. QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE

4.1. 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.

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.

4.2. Le Strade d'Accesso

La strada d'accesso alle dighe del Gorzente, a partire dalla SP 4, 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 e fig.1bis cartografia d'inquadrimento), che risulta essere la più vicina al cantiere. Il percorso si sviluppa quindi a cavallo dello spartiacque ligure-padano tra la quota minima di 120 m s.l.m. in corrispondenza del superamento del torrente e quella massima di 815 m s.l.m., in corrispondenza del passaggio dello spartiacque.

Il primo tratto del percorso (fig. 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. 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), 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 35 t.

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

4.3. 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 335 m s.l.m.m. del lago della Lavagnina inferiore ed i 1170 m 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 negli allegati 1, 2 e 3 (Parco Naturale regionale delle Capanne di Marcarolo), mentre nell'allegato 4 e 5 sono riportate le schede relative dei due SIC IT1180026 Capanne di Marcarolo (Regione Piemonte) e IT1331501 Praglia – Pracaban - Monte Leco - Punta Martin (Regione Liguria).

4.4. Caratterizzazione delle componenti ambientali interessate dal progetto

Lo studio 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.

4.5. Aria ed atmosfera

I tre invasi artificiali del Gorzente sono posti ad una quota compresa tra i 640 m s.l.m. del lago Bruno ed i 740 m s.l.m. del lago Badana, nei pressi dello spartiacque tirrenico-padano, in territorio

piemontese. I laghi si sviluppano lungo i versanti padani, in un conteso montuoso di tipo appenninico.

Lo spartiacque ligure-padano si sviluppa lungo tutto l'arco ligure ad una quota mediamente elevata ed a breve distanza dal mare. Tali caratteri, nell'area in oggetto, risultano particolarmente accentuati, così come il forte contrasto morfometrico tra i versanti di competenza tirrenica e quelli di competenza padana: fortemente acclivi i primi e meno acclivi i secondi.

L'assetto morfologico dell'area determina una forte influenza sui caratteri del clima e del microclima; la quota mediamente elevata e la vicinanza del mare sono i primi responsabili di forti escursioni termiche e di regimi piovosi mediamente elevati.

Il clima dell'area è di tipo umido con assenza di periodi di tipo arido; i regimi pluviometrici tendono al massimo nel periodo autunnale, mentre quello invernale è caratterizzato da precipitazioni nevose anche intense.

4.5.1. Stato attuale della qualità dell'aria

L'assenza di attività umane nell'area e di traffico veicolare, a parte il ridotto transito dei mezzi del personale preposto al presidio degli impianti ed alla loro manutenzione, determinano la sostanziale assenza di sorgenti di inquinanti dell'aria. La viabilità di accesso ai laghi del Gorzente è infatti permessa solo per questi scopi e vietata al traffico veicolare privato.

I pochi mezzi in passaggio saltuario non rappresentano dunque una sorgente di inquinamento dell'aria tale da richiedere la presenza di centraline di misurazione.

L'unica componente che si è ritenuto di indagare è quella relativa alla presenza di fibre di amianto aerodisperse, a causa della presenza nell'area di rocce serpentinitiche.

A tale scopo è stata svolta una serie di 5 rilevazioni volte alla determinazione indice di rilascio per determinare l'eventuale diffusione di materiali a struttura fibrosa, secondo quanto prescritto dalle normative vigenti. Le misurazioni hanno permesso di fornire il termine di confronto per le successive misurazioni da effettuarsi nel corso delle lavorazioni ("punto zero").

Le stazioni di misura sono state localizzate nei seguenti punti:

- il sito d'intervento: due stazioni a base diga
- la strada d'accesso
- la casa della direzione
- il sito dei futuri alloggiamenti (casa Lago Lungo)

Le misure e le successive analisi, effettuate in attinenza alla vigente normativa, hanno fornito valori di oltre un ordine di grandezza inferiore rispetto al valore di soglia.

4.5.2. Impatti

Gli impatti sulla qualità dell'aria sono limitati alla fase di cantierizzazione necessaria al ripristino del manufatto; la fase di esercizio non produrrà alcun impatto su questa componente ambientale.

L'immissione in atmosfera di gas inquinanti e di polveri connesse al traffico veicolare sono tra le principali cause di impatto delle opere necessarie alla nuova 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 area di approvvigionamento, ed 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 820 m s.l.m. di quota, che attraversa due aree SIC.

I mezzi necessari alle opere di cantierizzazione ed all'approvvigionamento dei materiali, necessari ai lavori di ripristino dell'impianto, sono fonte di 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 e le polveri generate dal consumo degli pneumatici dei mezzi. La sorgente di 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 ed i flussi dei materiali in entrata ed in uscita dal cantiere.

L'attenzione è stata posta sulla stima delle emissioni dei seguenti inquinanti:

- 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.

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). Si è stimato l'utilizzo di mezzi di massa compresa tra le 16 T e le 32 T che soddisfano la normativa Euro III - 1999/96/EC.

Sono inoltre stati implementati fattori correttivi che permettono di stimare l'effetto sulle emissioni determinate dal carico del mezzo, dalla tipologia del percorso (pendenza e velocità) e dalla quota alla quale si sviluppa lo stesso.

Nel corso delle fasi di cantiere saranno emesse polveri e inquinanti aeriformi a causa delle operazioni di smantellamento e di movimentazione dei materiali sui piazzali; altra fonte di emissione saranno gli impianti di frantumazione e di betonaggio necessari.

Al fine di stimare l'influenza di questi processi sono stati usati altri modelli di calcolo che permettono di fornire l'andamento delle emissioni nel corso delle diverse fasi di cantiere così come individuate nel cronoprogramma di progetto.

4.5.3. Azioni di mitigazione

I risultati dell'elaborazione delle emissioni connesse ai trasporti, unitamente alle considerazioni circa la complessità di accesso al cantiere, hanno sottolineato l'importanza di ridurre al massimo il flusso degli stessi.

L'utilizzo dei materiali risultanti dallo smantellamento delle porzioni di manufatto deteriorato, insieme ai materiali disponibili all'interno dell'invaso di Badana, permettono di ridurre in modo significativo i trasporti riducendo quindi l'impatto sulla componente aria; benefici effetti di mitigazione si ottengono analogamente sul disturbo che i trasporti arrecano alla fauna ed in generale agli ecosistemi.

Le opere di mitigazioni proposte per ridurre l'impatto nel corso delle fasi di lavorazione consistono sostanzialmente nella bagnatura di tutte quelle attività che produrranno polveri e nella bagnatura delle ruote dei veicoli così come quella periodica dei mucchi. Questa azione permette infatti di ridurre considerevolmente la frazione di polveri in sospensione e ne riduce quindi la dispersione nell'ambiente circostante.

4.6. Clima acustico

4.6.1. 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.

4.6.2. Impatto

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

Al fine di stimare gli effetti sul clima acustico determinati dalle attività di cantiere, è stato esaminato il piano di Gantt; sulla base della sovrapposizione delle diverse attività si sono selezionate tre fasi durante le quali le sorgenti di rumore saranno più intense. L'allegato D del presente studio di impatto ambientale riporta i risultati ottenuti dal modello revisionale. Questo ha tenuto conto della morfologia dell'area, dell'uso del suolo (importante per definire i parametri di riflessione delle onde acustiche) e dell'ubicazione dei macchinari nel corso delle diverse fasi di lavorazione.

Si è inoltre proceduto tenendo conto che durante le fasi iniziali di lavorazione l'impianto di frantumazione necessari alla produzione di inerti potrà essere installato entro l'invaso di Badana su di un terrazzo alluvionale posto in sponda destra alla quota di circa 685 m s.l.m.m. in vicinanza dei materiali alluvionali che si prevede saranno utilizzati per la produzione di inerti. Al fine di valutare l'impatto acustico di questa situazione, si è proceduto ad una simulazione indicata come FASE 3A, per la quale è stato simulato l'impatto della diversa ubicazione delle sorgenti.

Dalle simulazioni effettuate risulta che il cantiere, almeno nelle sue fasi di maggior rumorosità, non rispetta i limiti di Piano di Zonizzazione acustica vigenti. Va tuttavia ricordato che, non essendo di fatto presenti ricettori significativi ed in base alle valutazioni precedentemente riportate, appare evidente che le emissioni acustiche ipotizzate rispettino i limiti previsti in deroga per le attività di cantiere e pertanto verrà fatta richiesta ai comuni limitrofi all'area d'intervento, prima dell'inizio dei lavori, di poter operare in deroga ai limiti di piano.

4.6.3. Mitigazione

Malgrado le condizioni di deroga al piano di zonizzazione acustica sottolineate al paragrafo precedente, 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 prevederanno:

- 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.

4.7. Suolo e sottosuolo

4.7.1. Geologia e Geomorfologia

Il comprensorio degli sbarramenti artificiali del Gorzente s'impone in prossimità dello spartiacque tirrenico-padano ed è caratterizzato da una morfologia molto differente tra i due versanti: maturo quello padano ed abrupto quello tirrenico in ragione delle grandi strutture distensive disposte NW-SE, che hanno rigetti dell'ordine degli ettometri e sono legate alla formazione del margine continentale plio-quadernario.

Importanti lineazioni strutturali disposte E-W e NW-SE si riscontrano anche nel versante padano, dove predomina una morfologia molto matura specialmente nelle parti sommitali dei versanti perciò, ad una quota generalmente superiore agli 800 m s.l.m., si osservano forme evolute, caratterizzate dalla presenza di vallecicole a fondo concavo ed a bassa energia del rilievo mentre, al di sotto dell'isoipsa degli 800 m, si riscontrano forme erosive legate alla predominante azione delle acque incanalate.

Si osserva pertanto un'inversione del rilievo con forme più mature in quota rispetto a forme legate ad un modellamento più recente nelle parti di fondovalle.

Tale situazione, evidentemente legata all'innalzamento plio-quadernario del margine continentale, ha consentito il mantenimento di forme relitte riferite al prevalente modellamento periglaciale delle zone in quota; tali forme risultano pertanto collegate ad un contesto morfoclimatico differente da quello attuale in cui l'adeguamento ad un nuovo livello di base ha innescato fenomeni di erosione regressiva che sono evidenziati nella carta geomorfologica da una scarpata di degradazione che individua la quota cui è arrivato il modellamento delle acque incanalate che hanno dato origine a forme incise ed ereditate.

In questo contesto si può affermare che gli sbarramenti hanno interrotto, o comunque notevolmente rallentato, il ciclo erosivo in atto, ed in tal senso si evidenzia come siano quasi completamente assenti significativi fenomeni gravitativi di versante, sempre comunque legati ad un'azione erosiva superficiale. Sono, infatti, presenti coni e fasce di detrito superficiale di versante di spessore ridotto e in prevalenza ubicati in corrispondenza di zone milonizzate. Non sono state individuate zone sede di movimenti franosi profondi.

Si notano infine localizzati fenomeni di erosione selettiva che mettono generalmente in evidenza picchi, o torrioni isolati, di metagabbri filoniani di ridotta estensione tra le rocce verdi.

L'idrografia di superficie lungo i versanti appare elementare, caratterizzata da aste del I° e II° ordine, mentre le aste di fondovalle, pur di limitata estensione, appaiono più mature con meandri incassati in roccia e depositi alluvionali terrazzati di modesta estensione.

La copertura vegetale è prevalentemente costituita da prato cespugliato ed arbusteto, essendo la presenza di conifere dovuta a rimboschimenti artificiali.

Il complesso dei laghi del Gorzente e della Lavagnina è interessato prevalentemente da formazioni rocciose appartenenti al settore nord orientale del Gruppo di Voltri in parte ricoperti in discordanza da depositi di formazioni di pertinenza del Bacino Terziario Piemontese; l'area in esame è pertanto caratterizzata da elementi tettonico-strutturali differenti.

Il Gruppo di Voltri è un sistema composito di falde metamorfiche, situato in posizione interna rispetto all'arco alpino occidentale, dove si appilano unità originate in diversi ambienti della litosfera: crosta oceanica e relativi sedimenti pelagici (Unità ofiolitiche di Monte Beigua, Ponzema e Voltri-Rossiglione) sedimenti di fossa, di margine continentale e frammenti di mantello superiore sottocontinentale (Unità Erro-Tobbio).

4.7.2. Impatto

Gli impatti previsti sulla componente derivano dalla sottrazione degli spazi dovuta alle attività di cantiere e di adeguamento della viabilità di accesso alla diga ed alla eventuale presenza di amianto nelle rocce soggette a scavo.

Le attività che prevedono scavi e movimenti terra sono le seguenti (Allegato Q):

- adeguamento della viabilità di accesso alla diga con piazzole di scambio e sosta dei mezzi
- realizzazione di piazzola di atterraggio elicotteri in adiacenza alla casa della direzione degli impianti (in sponda destra del lago di Lavezze)
- installazione logistiche presso la casa del gestore in sponda destra al lago di Lavezze in prossimità della sua coda
- installazioni logistiche in prossimità del terrazzo alluvionale in sponda destra a valle della diga di Badana
- cantiere a valle della diga di Badana
- strada di accesso alla nuova quota di coronamento della diga di Badana.

Un ulteriore impatto di tipo permanente deriva dalla sottrazione di spazi determinato dall'innalzamento del livello di massimo invaso di un metro.

Tutte le attività di scavo saranno oggetto di adeguato monitoraggio e controllo, data la presenza di rocce peridotitiche anche parzialmente serpentizzate. Gli aggregati di fibre d'amianto possono essere dispersi nella massa rocciosa oppure, si concentrano lungo le superfici di discontinuità che pervadono l'ammasso roccioso e formano, spesso, una sorta di "feltro" aghiforme d'aspetto sericeo. La pericolosità delle fibre d'amianto, se inalate, è un fatto accertato. E' evidente che il livello di pericolosità dei minerali fibrosi è collegato alla loro facilità di diffondersi nell'ambiente circostante. In sede di studio di impatto si è proceduto ad effettuare una serie di 16 campionamenti in punti ritenuti significativi (Allegato A): per tre di questi si è rilevata presenza di fibre di amianto in quantità superiori ai limiti di legge.

4.7.3. Mitigazione

In relazione alla sottrazione di spazi operata dalle installazioni temporanee, in seguito al termine delle attività, si procederà al ripristino ambientale.

Per quanto riguarda la possibile presenza di fibre di amianto, sono state proposte varie misure mitigazione del rischio che sostanzialmente coinvolgono tutte le operazioni di scavo e smantellamento previste e che sostanzialmente consistono in:

- abbattimento delle polveri attraverso la:
 - ✓ bagnatura della superficie ove avviene la demolizione;
 - ✓ bagnatura permanentemente delle piste e strade d'accesso ed i piazzali di movimentazione.

- Presenza di un geologo durante le operazioni di scavo che identifichi l'eventuale presenza di porzioni di ammasso con possibile presenza di amianto.
 - ✓ Nel caso di supposta presenza il materiale derivato dallo scavo sarà stoccato in un'area predisposta verrà mantenuto umido e coperto e verrà campionato e testato per rilevare l'eventuale presenza di fibre amiantifere in eccesso, in caso positivo il materiale verrà avviato ad opportuna scarica nei modi competenti.
 - ✓ Nel caso del rilevamento di vene con presenza palese di amianto, il tratto interessato verrà confinato attraverso la copertura di tutta la sua superficie con uno strato di gunite adeguato.

I dettagli delle attività sono riportati negli allegati G ed H, relativi alla gestione delle terre e rocce da scavo.

4.8. 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.

4.8.1. 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.

4.8.2. Impatto

Gli impatti all'ambiente idrico avranno effetti sia in fase di cantiere che in fase di esercizio. Sebbene le attività di cantiere saranno sottoposte a costante controllo e periodico monitoraggio, potrebbe accadere che si verificano 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.

Nel corso della fase di esercizio si manifesterà un impatto sull'ambiente idrico determinato dall'innalzamento del livello di massimo invaso di un metro. L'innalzamento comporterà uno stoccaggio di acqua pari ad un volume di 250000 m³, il che comporterà la sottrazione di tale volume al deflusso ed una lieve modifica dei livelli di falda subsuperficiale al contorno dell'invaso. Questo secondo impatto si ritiene di modesta entità, sia a causa del ridotto livello dell'innalzamento che a causa della geologia che caratterizza il contorno del lago: i versanti prospicienti il lago sono in prevalenza fortemente acclivi e le rocce permeabili per fratturazione, ad esclusione dei conglomerati che si trovano limitatamente nelle porzioni più occidentali del lago.

I benefici ottenuti dalla possibilità di stoccare un maggiore volume d'acqua sembrano bilanciare l'impatto, in considerazione delle attività di manutenzione programmate sugli altri sbarramenti del complesso del Gorzente ed al fine di poter disporre di una maggior riserva disponibile ai rilasci a valle del complesso stesso.

4.8.3. 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).

4.9. 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.

Tuttavia, dal momento che le interferenze ecologiche e paesaggistiche ed in particolare floro-faunistiche si possono riflettere anche a scala più ampia, di quella strettamente locale, si è proceduto allo sviluppo di una valutazione che possa considerare i riflessi dell'azione su piccola scala considerando anche un intorno funzionale utile a valutare l'effettivo peso dell'opera su un contesto territoriale più vasto.

Le tipologie vegetazionali indicate sono quelle relative agli aggruppamenti fisionomico strutturali in modo da rendere più efficace la valutazione. Il valore ecologico delle biocenosi presenti in ogni macrotipologia è stato posto in relazione all'effetto stimato generato dall'impatto (EI) in un'area circostante il sito d'intervento in periodi di gestione ordinaria.

Sono state considerate le tipologie d'impatto più dirette sulla biocenosi, svolte sia in fase di CANTIERE sia presenti in fase di GESTIONE ORDINARIA della diga. Tale valutazione si è basata principalmente su alcuni criteri ecologici chiave: la stabilità (= mantenimento delle condizioni di equilibrio), la sensibilità (= livello di risposta che il sistema attua rispetto all'impatto) e la resilienza (= capacità del sistema di ritornare allo stato originario dopo aver subito l'impatto).

4.9.1. Valutazione fase di cantiere

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.

4.9.2. Valutazione fase di esercizio

In questa fase essendo stato considerato un solo fattore di interazione fortemente legato all'impatto sulle biocenosi la tabella risulta più semplice e già sintetica delle risposte ecosistemiche delle fasi di Stabilità-Sensibilità-resilienza.

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 **MEDIO**, con maggiore influenza a carico soprattutto delle comunità che hanno poca resilienza di fronte alle variazioni di livello e che risentono nella loro parte marginale di contatto con il bordo del lago, l'influenza di queste forti modificazioni e trasformazioni di habitat.

4.10. 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 uno studio basato sugli elementi e le forme presenti, per passare in un secondo momento ad una analisi della visibilità.

4.10.1. *Analisi visiva delle forme*

Il tipo di analisi affrontato in questo capitolo, parte dal presupposto citato: ciò che noi percepiamo è la risultante delle forme che gli oggetti territoriali assumono in base alle loro caratteristiche proprie e all'utilizzo che ne è stato fatto nel tempo, e delle modalità proprie con cui ogni essere vivente percepisce il suo contesto.

Pertanto l'analisi procede per le seguenti fasi successive:

- Analisi delle forme geologiche che incidono direttamente sulla percezione dei luoghi e indirettamente sulla formazione degli ecosistemi e sulle loro forme
- Analisi delle forme degli ecosistemi

Queste due fasi danno origine a una conoscenza degli oggetti che costituiscono l'area studio. Restano poi da indagare le modalità con cui questi vengono percepiti. Al di là della soggettività intrinseca in questo tipo di funzione, è possibile valutarne la visibilità attraverso una serie di considerazioni che tengono conto dei seguenti aspetti:

- visibilità a corto e lungo raggio
- tipo di punto di osservazione: fisso o in movimento
- tipo di visuale: aperta o schermata
- numero di osservatori potenziali.

Analisi delle forme

Il paesaggio, in questo tipo di valutazione, è considerato sia per le sue valenze estetico/percettive, che per quelle ecologiche legate agli aspetti percettivi.

Questa valutazione deriva infatti dall'elaborazione di una metodologia particolare, che sintetizza gli aspetti estetici e quelli legati alla "salute" del paesaggio da un punto di vista ecologico.

Vengono considerati gli elementi percepiti visivamente che appaiono significativi, sia da un punto di vista "diagnostico" della funzionalità ecologica, sia dal punto di vista estetico. Infatti esistono legami profondi tra molti elementi di interesse percettivo e alcune caratteristiche fisico-biologiche degli ecosistemi che si manifestano attraverso la forma.

Ad esempio la diversificazione morfologica viene in genere percepita come elemento di interesse legato alla varietà delle forme che determina e, contemporaneamente, è legata alla possibilità di incremento della bio-diversità: un margine boschivo lineare è meno interessante di uno sinuoso. Contemporaneamente un margine sinuoso che degrada verso uno spazio aperto, acquisisce un significato ecotonale molto maggiore con ricadute importanti a livello di habitat e potenzialità nei confronti della diversificazione delle specie animali e vegetali. Tali elementi del paesaggio sono stati oggetto di una lettura accurata, restituita graficamente.

Viene di seguito descritta la tavola che riporta la restituzione di tale lettura.

Tav. D 2A "Analisi morfologica: forme geologiche"

L'elemento paesistico costituisce l'elemento strutturale di base del paesaggio in generale.

La geo-morfologia, il mosaico degli ecotopi, le dinamiche del territorio, gli usi antropici, ci permettono di caratterizzare gli ambiti da un punto di vista strutturale e funzionale.

La tavola D 2A, riporta uno studio speditivo della morfologia, individuata dai crinali principali e secondari, dalle selle principali, dalle cime e dai dossi, dagli impluvi, dai corsi d'acqua e dai laghi presenti. In generale la morfologia dei rilievi che accolgono l'invaso Badana e è caratterizzata da forme morbide con acclività non accentuate.

Dall'osservazione di queste forme e dai segni grafici riportati sulla carta, si desume l'ordine sotteso alla strutturazione del paesaggio in oggetto.

Sono riportate su questa tavola anche le visuali in formato tridimensionale delle principali forme che caratterizzano l'area, sulla quale sono identificati i crinali principali e secondari riportati in planimetria.

Altri elementi sono le aree boscate che si alternano piacevolmente con i prati, costituendo un mosaico ambientale diversificato di discreto interesse sia percettivo che per la variabilità degli habitat che propone.

Un aspetto problematico, è dato dall'estensione delle aree a prato su versante, specie sui versanti più acclivi che, oltre a determinare una certa monotonia paesaggistica, danno origine ad aree di erosione diffusa. In sostanza, in queste zone, non si ritrova la medesima coerenza ed armonia tra la forma geologica e la copertura del suolo attuale, che caratterizza il contesto. Tali caratteri sono in relazione anche con gli aspetti legati alla biodiversità: il mosaico variato, ricco di fasce ecotonali, è fortemente favorevole alla formazione di habitat diversi che possono ospitare un elevato numero di specie.

Il lago, in questo mosaico, si pone come ulteriore elemento di diversificazione potenzialmente positivo anche se, attualmente, lo svuotamento ha prodotto una ferita di grandi dimensioni nel mosaico esistente. Da questo punto di vista una rapida soluzione che porti di nuovo all'allagamento dell'invaso è sicuramente favorevole.

Tav. D 2B “Analisi morfologica: tipi di margini”

Vengono qui esaminati i punti di contatto tra un elemento del paesaggio e l'altro. Queste sono le zone dove si concentrano le relazioni tra elementi e habitat diversi, oltre a costituire i punti di massima varietà percepita.

In genere se gli elementi confinanti sono tra loro sinergici (compatibili) margini sinuosi, che aumentano le possibilità di relazione, e porosi, rappresentano la situazione ottimale per la biodiversità (cfr la teoria degli ecotoni).

Da un punto di vista della percezione umana, tali margini in genere sono a basso contrasto e permettono di comunicare il graduale cambiamento da un elemento all'altro.

In questi margini l'informazione non è di tipo binario (es: o è bosco o è prato), ma molto più complessa. Pertanto può essere più ricca e stimolante. Inoltre è possibile assistere a situazioni dinamiche (margini boschivi dinamici sfrangiati) a seguito di mutamenti nella gestione del territorio, ovvero di disturbi di vario genere. In questi casi ci si aspetta che il paesaggio si modifichi nel tempo, attraverso le dinamiche di colonizzazione da parte della vegetazione presente. Questi tipi di margini sono i più diffusi nell'ambito paesistico considerato e ne determinano un alto valore.

Il discorso cambia quando gli elementi confinanti sono tra di loro incompatibili, ossia entrano in conflitto vicendevole perchè non si stabiliscono relazioni tra di loro. In genere, tale conflitto è leggibile nel paesaggio attraverso la compresenza di forme contrastanti.

In tal caso è meglio che i margini riducano le possibilità di incontro (margini netti e rettilinei). Da un punto di vista percettivo il contrasto è maggiore e l'informazione binaria. Talvolta, in questi casi, sono necessari alcuni tipi di mitigazioni. Tali tipi di margini, rappresentano i casi di maggiore staticità.

Tav. D 2C “Analisi visiva, tipi di visuali”

Un approfondimento specifico è stato effettuato per quanto riguarda l'impatto visivo dell'opera in oggetto. La visibilità incide fortemente sulla percezione e, per questo, può incidere su scelte e comportamenti che, indirettamente, possono avere effetti sul sistema ambientale.

Il valore della visibilità viene attribuito in base a tre tipi di situazioni diverse e alle modalità con le quali queste si combinano. Viene presa in considerazione:

la visibilità del sito a corto e lungo raggio in riferimento al punto di osservazione,

il numero di punti di osservazione,

la qualità delle visuali presenti.

Questi tre diversi elementi determinano la qualità delle visuali.

A questo scopo, sono individuate una serie di visuali riscontrabili nel percorso lungo il sentiero che costeggia il bacino.

Le visuali a lungo raggio sono quelle che facilmente vengono intercettate da un numero maggiore di visitatori, sono quindi considerate quelle dove la presenza di un eventuale detrattore “impatta” maggiormente sulla percezione delle persone.

Le visuali a corto raggio presentano invece, meno probabilità di presentarsi ai fruitori, a meno di collocazioni particolari su percorsi obbligati o simili.

Un maggior numero di punti di osservazione verso un determinato oggetto, "pesa" più di un numero limitato.

La qualità dell'oggetto è, ovviamente, soggettiva. E' però certo che sia possibile distinguere valorizzatori e detrattori in base alle relazioni con il loro contesto.

Le immagini fotografiche significative, sono riportate nella tavola e sono valutate attraverso la chiave di lettura descritta.

In planimetria sono indicati i punti di vista. Sotto ogni immagine è indicata una banda colorata che ne identifica il tipo di visuale rispetto alla distanza dell'oggetto e alla presenza o meno di ostacoli e/o quinte visive.

Le immagini verranno poi utilizzate per il controllo di quanto accadrà con il riempimento dell'invaso (cfr. Allegato B).

4.11. 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) 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.

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 700 m 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 5000000 m³ 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, ferma 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 685 m s.l.m.m. , ovvero 17 m 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 invaso 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 invaso, raggiunge i 5000000 m³

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:

- Tempi di realizzazione degli interventi; le componenti ambientali saranno sottoposte alle azioni derivate dalle varie attività.
- Volumi delle opere da demolire, da cui conseguono:
 - le attività di smantellamento delle opere;
 - il movimento dei materiali e stoccaggio per il loro parziale riutilizzo come inerti per i conglomerati cementizi.
- Volumi delle opere da realizzare, da cui conseguono:
 - 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;

- la produzione di conglomerati cementizi (impianti di frantumazione ed annessi, betonaggio);
- le superfici delle aree necessarie alle attività di cantiere ed 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. OPERE DI MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE

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 degradi pregressi del sistema ambientale con l'intento di migliorare la situazione di partenza e non solo di limitare la 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

Per quanto riguarda la mitigazione degli impatti, si è giunti ad una definizione degli interventi, e alla loro quantificazione in modo tale che questi possano risultare efficaci.

La tabella che segue, riporta l'elenco degli impatti riscontrati e le relative mitigazioni previste per la fasi di cantiere.

IMPATTI	MITIGAZIONI
Eliminazione/riduzione di habitat, frammentazione e interferenze con dinamiche faunistiche, interruzione e impoverimento in genere degli ecosistemi interessati dall'opera	<ul style="list-style-type: none"> - localizzazione delle aree di cantiere in luoghi di scarsa importanza vegetazionali e non interessati da frequentazione di specie esigenti e/o dotate di interesse conservazionistico, in particolare si segnalano le abbeverate e i guadi - ridurre al minimo il consumo/occupazione di suolo delle aree di cantiere e delle opere di adeguamento della pista di accesso
inquinamento delle acque superficiali	<ul style="list-style-type: none"> - realizzazione di vasche di sedimentazione - aumento della vegetazione riparia ove possibile
deviazione delle acque	<ul style="list-style-type: none"> - ridurre al minimo il tratto interessato - regolazione delle acque di superficie intercettate nell'esecuzione dei lavori, per razionalizzarne la restituzione negli alvei naturali, evitando dannose azioni di ruscellamento e conseguenti effetti erosivi localizzati
scavi, riporti, rimodellamento morfologico,	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizzo dei materiali del corpo diga e degli scavi per gli inerti necessari alle riparazioni/ricostruzioni, in modo tale da ridurre le quantità di materiale di scavo e apporto esterno - scotico dell'eventuale terreno vegetale preventivo ad ogni escavazione, accantonamento per il reimpiego e inerbimento nei casi in cui la giacenza è per tempi lunghi - recupero delle sponde del lago con interventi di ingegneria naturalistica
Traffico (rumore e polveri)	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizzo dei materiali del corpo diga e degli scavi per gli inerti necessari alle riparazioni/ricostruzioni, in modo tale da ridurre le quantità di materiale di scavo e apporto esterno e, di conseguenza, il numero di viaggi degli automezzi - Ottimizzazione delle operazioni di trasporto con massima riduzione dei viaggi a vuoto degli automezzi

Verranno inoltre mantenuti i seguenti accorgimenti per tutta la durata del cantiere:

- Per tutti i piazzali, verrà realizzata una canaletta perimetrale per la raccolta delle acque.
- Per le aree che prevedono movimentazione di mezzi pesanti, lavorazioni dei materiali, ecc, sarà previsto un disoleatore e una vasca di sedimentazione per provvedere alla raccolta e successiva asportazione dei fanghi. Le acque così trattate verranno immesse in una vasca di lagunaggio /fitodepurazione, dotata di vegetazione idonea a migliorare la qualità dell'acqua prima di essere immessa nel torrente. Nel caso non sia reperibile un'area sufficientemente ampia per il lagunaggio, verrà prevista una subirrigazione a norma di legge.

Per le aree che conterranno le baracche e gli uffici si procederà come segue:

- Verrà effettuata la distinzione tra acque bianche e acque nere,
- Le acque bianche, raccolte nella canaletta perimetrale, verranno immesse in una vasca di lagunaggio /fitodepurazione, dotata di vegetazione idonea a migliorare la qualità dell'acqua prima di essere immessa nel torrente. Nel caso non sia reperibile un'area sufficientemente ampia per il lagunaggio, verrà prevista una subirrigazione a norma di legge.
- Le acque nere, nel caso si trovi la disponibilità di un'area piana di almeno 50 mq, verrà realizzato un impianto di fitodepurazione. 50 mq corrispondono alla superficie necessaria per fitodepurare gli scarichi di 50 abitanti equivalenti, corrispondente al personale che si stima possa essere presente stabilmente in cantiere.
- Nel caso tale superficie non possa essere reperibile, le acque di scarico verranno convogliate in una fossa Imhoff da cantiere a doppia parete a norma di legge

Per quanto riguarda **la fase di esercizio**, si prevedono le seguenti mitigazioni

IMPATTI	MITIGAZIONI
Innalzamento livello del lago	<ul style="list-style-type: none"> • Ripristino del sentiero perimetrale nei tratti in cui verrà sommerso, a un a quota più elevata • Sistemazioni spondali antierosive con opere di ingegneria Naturalistica nei tratti privi di vegetazione
Inquinamento luminoso dovuto all'illuminazione della diga	Mascheramento delle luci verso l'alto
Oscillazione del livello dell'acqua	Realizzazione di una struttura sommersa nella parte alta del lago, finalizzata al mantenimento di pozze d'acqua, anche nei periodi siccitosi
Impatto visivo del manufatto	<ul style="list-style-type: none"> • Lavorazione della faccia a vista del cls del paramento di valle con spessori nelle casseforme per la formazione di una superficie gradevolmente irregolare • Impiego di una geomembrana sul paramento di monte, non riflettente e simile alla superficie del cls
Deflusso torrente Gorzente	Si avvierà un percorso per la gestione dei rilasci compatibili con il deflusso minimo vitale per il torrente Gorzente

6.2. Le misure di compensazione

A valle delle analisi degli impatti, espletata l'individuazione di tutte le misure di mitigazione atte a minimizzare gli impatti negativi, si sono definite le misure che possono essere intraprese al fine di migliorare le condizioni dell'ambiente interessato, compensando gli impatti residui. A tal fine, al progetto è associata la scelta e la rappresentazione grafica delle opere di compensazione.

Le misure di compensazione non riducono gli impatti residui attribuibili al progetto, ma provvedono a sostituire una risorsa ambientale che è stata depauperata con una risorsa considerata di importanza almeno equivalente. Tra gli interventi di compensazione si possono annoverare:

1. riqualificazione boschivo-forestale di aree depauperate o di aree interessate da interventi di forestazione monospecifica,
2. formazione di neo-ecosistemi, quali zone umide;
3. ripristini di aree degradate in genere;
4. strutture per la regolamentazione turistica e per la didattica ambientale.

Le opere, di cui sopra, si considerano parte integrante del progetto e sono illustrate negli **Allegati E**. Per l'individuazione delle tecniche migliori, si è sempre fatto riferimento alla tecnica a minore impatto a parità di risultato tecnico – funzionale e naturalistico.

Le compensazioni più interessanti paiono essere legate agli aspetti idrogeologici e di incremento della biodiversità.

6.3. Descrizione degli elaborati di progetto

Gli elaborati prodotti per le opere di mitigazione e compensazione sono:

tavola E 1 – Inquadramento dell'area e reportage fotografico;

tavola E 2 – Localizzazione degli interventi;

tavola E 3 – Sezioni;

tavola E 4 – Particolari costruttivi.

Inoltre le simulazioni dello scenario progettuale sono riportate in Allegato B - Simulazioni dello scenario futuro

Nella tavola **E 1 – Inquadramento dell'area e reportage fotografico** - viene riportata la planimetria dello stato di fatto, in scala 1:5.000, dove sono localizzati i punti di ripresa delle fotografie con le visuali più significative per la comprensione delle caratteristiche morfologiche e vegetazionali che hanno guidato le scelte progettuali. Tali caratteristiche sono funzionali all'individuazione delle aree di criticità che saranno oggetto di intervento. Sulla base cartografica sono riportati gli invasi dei tre laghi, Badana, Bruno e Lungo, le aree boscate e gli ambiti soggetti a fenomeni di erosione diffusa dei versanti, il cui ruscellamento interessa il lago Badana. Tale condizione, oltre a incidere sugli equilibri idrogeologici, e sulla quantità di sedimenti che vengono convogliati nell'invaso, costituisce un fattore limitante importante nei confronti della biodiversità. E' infatti presente una sorta di circolo vizioso per cui l'acclività e l'esposizione ai venti, non

permettono una successione vegetazionale idonea, ma tale aspetto incide sul ruscellamento, il quale inibisce ulteriormente la formazione di suolo e, di conseguenza l'insediarsi della vegetazione, oltre a determinare erosione e trasporto di materiale solido nell'invaso, a scapito dell'invaso stesso. Si ritiene pertanto opportuno operare con interventi puntuali di ingegneria naturalistica, finalizzati alla stabilizzazione degli strati superficiali dei versanti, al convogliamento delle acque di ruscellamento, all'innescio di processi successionali attraverso l'impianto di piccole macchie di specie pioniere. Tali interventi non tendono a ridurre significativamente le superfici prative utilizzate per la caccia dai predatori che popolano queste zone, ma a ridurre significativamente l'asporto di suolo nei punti in cui questo si verifica.

Viene infine riportato il confine regionale tra le regioni Piemonte e Liguria.

Nella tavola **E 2 – Localizzazione degli interventi** – viene riportata la planimetria di progetto, scala 1:5.000, in cui vengono individuati gli ambiti più significativi entro i quali ricadranno gli interventi di mitigazione e compensazione: le aree boscate e le aree soggette a fenomeni di erosione diffusa.

Tali interventi sono suddivisi in:

interventi per la vegetazione: intensificazione e riqualificazione;

riqualificazione delle sponde del lago;

interventi antierosivi localizzati di ingegneria naturalistica.

Nella tavola **E 3 – Sezioni** – sono riportate due planimetrie, la prima, uno stralcio della tavola 2, con lo stato attuale e l'individuazione degli ambiti di intervento differenziati per tipologia di opera, scala 1:5.000, e la seconda con gli usi del suolo in scala 1:10.000.

Dalle planimetrie sono tratte le sezioni pre e post intervento. Attraverso le sezioni si propone il confronto tra lo stato attuale e le modifiche che si verranno a creare a seguito della realizzazione delle opere di mitigazione e compensazione previste. Altre informazioni leggibili dal disegno delle sezioni sono le quote e la sequenza di usi del suolo che caratterizzano la porzione di territorio sezionata.

La tavola **E 4 - Particolari costruttivi** - è composta da una serie di schede descrittive e illustrative delle diverse tipologie di opere previste per la riqualificazione paesistico-ambientale. Tali schede propongono lo schema tipo delle opere, corredato da una breve descrizione delle sue caratteristiche e funzioni, dimensioni, accorgimenti nella realizzazione. Ogni opera ha un nome e una sigla identificativa. L'elaborato è suddiviso in due parti: interventi sul versante e interventi spondali. Entrambe le parti sono introdotte da una foto aerea dell'area nella quale compare la localizzazione degli interventi con segno grafico e sigla corrispondente all'opera. E' inoltre inserito lo schema grafico per l'adeguamento della viabilità di accesso a Case Menta ed al crinale a nord del lago di Badana.

Nell'**Allegato B – Simulazione dello scenario futuro** – sono presenti le foto dello stato attuale dell'invaso e i foto inserimenti della situazione attesa a fronte degli interventi sulla diga e quelli di riqualificazione paesistico-ambientale.

E' così visualizzata l'entità dei benefici che gli interventi nel loro insieme apporteranno nelle aree maggiormente critiche, in particolare la riduzione dell'impatto visivo determinata dal riempimento dell'invaso.

6.3.1. Interventi su versante

Gli interventi sono volti a far fronte al fenomeno di erosione diffusa del versante a nord-ovest dell'invaso del lago Badana. Questi sono riconducibili alle seguenti tipologie di opere:

- **Stuoie in cocco** con talee/talee: risultano efficaci se localizzate a copertura di aree soggette a fenomeni contenuti di erosione. Le stuoie possono essere semplicemente idroseminate. Dove sia opportuno innescare processi successionali della vegetazione, è possibile inserire talee di salice per la ricostruzione di boschetti che favoriscano consolidarsi e stabilizzarsi del terreno. Le stuoie vengono localizzate sul versante nord-ovest dell'invaso, affiancate spesso alle palizzate, in aree dove le pendenze lo consentono.
- **Cordonata viva**: risulta essere un ulteriore strumento atto a rispondere al problema delle erosioni dei versanti. Consiste nella posa di talee e ramaglia di salici, opportunamente bloccata con paletti di legno. I salici sviluppandosi consolidano il versante. E' realizzabile su versanti caratterizzati dalla presenza di uno strato di terreno di almento 30 – 40 cm di spessore.
- **Fascina viva drenante**: In corrispondenza di linee preferenziali di deflusso superficiale e lungo i tratti in erosione, possono essere poste in opera strutture drenanti costituite da materiale vegetale vivo e morto (ma non disseccato) e da materiale detritico grossolano reperito in loco. Si prevede la disposizione in modo continuo sul fondo del solco di fascine (\varnothing 30-60 cm) composte da ramaglia viva (talee ed astoni). Le fascine vengono inserite in prossimità delle palizzate ed in particolare nelle aree in cui viene convogliata l'acqua superficiale accumulata da tali opere.
- **Drenaggio superficiale**: tale opera è volta a raccogliere le acque di ruscellamento, soprattutto in prossimità della diga, dove lo scorrimento è maggiore. Si basa sulla posa di geogriglia intasata di terreno e semi, bloccata da graffette di ferro e sassi, bitumata a freddo.
- **Palizzata viva**: è un'opera di stabilizzazione e di mitigazione degli effetti del ruscellamento, che viene realizzata su pendii anche molto ripidi e su terreni precari per migliorare efficacemente la stabilità superficiale del versante, mediante le seguenti operazioni:
 - disposizione trasversale, rispetto alle linee di massima pendenza, e con l'accortezza di mantenere una pendenza utile al deflusso delle acque verso la fascina drenante, di tondame di \varnothing 24 cm circa, disposto su due file parallele e fissato con tondini di ferro di \varnothing 20 mm, lunghezza minima 130 cm., prevedendo l'ausilio nelle parti in roccia di perforatrici meccaniche e intasamento di malta di cemento,
 - stesura di ciottoli di \varnothing 6-8 cm ca per un'altezza di circa cm.20-25
 - ricopertura con terreno di coltivo e messa a dimora di talee di salice lunghe almeno 60cm. e sporgenti verso l'esterno del pendio per circa 10 cm; in ragione di 10 talee per metro lineare.
 - ricopertura del tutto con altro terreno di coltivo in modo da ottenere uno strato di terra di 30-

50 cm. La realizzazione delle palizzate precederà quella della fascina drenante. Le palizzate sono poste a forma di “lisca di pesce” in modo tale da convogliare le acque sulle fascine drenanti. Quest’opera è localizzata nelle aree del versante maggiormente soggette a fenomeni erosivi.

Idrosemina: consiste in una semina con matrice a fibre legate per il rivestimento di superfici in cui la presenza di materiale organico è fortemente carente. Avviene mediante spargimento meccanico in un’unica soluzione a mezzo di idroseminatrice a pressione con ugelli speciali per garantire l’applicazione a distanza del prodotto e lo spargimento omogeneo del prodotto, previa doppia aspersione di una sostanza idrobituminosa stabile diluita in acqua.

L’idrosemina sarà composta con le seguenti quantità di componenti per metro quadrato (variazioni potranno apprestarsi in relazione al contesto ambientale):

- 7 l di acqua
- 35 g min. di seme
- 120 g min. di concime organominerale bilanciato
- 370 g min. di prodotto secco per matrice di fibre legate

Le quantità indicate sopra sono necessarie per garantire i seguenti risultati:

- spargimento uniforme senza presentare interstizi tra le fibre superiori ad 1 mm;
- perfetta copertura del suolo per eliminare interstizi tra la matrice ed il terreno;
- funzione di idroritenzione e creazione di un microclima adatto alla germinazione.

Sono inoltre previsti interventi di riqualificazione boschivo-forestale in corrispondenza delle aree già sottoposte a forestazione di conifere e caratterizzate attualmente dall’assenza di rinnovo di latifoglie. E’ qui prevista la messa a dimora di piantine forestali di cui all’elenco apposito.

6.3.2. Interventi spondali

Tali interventi sono finalizzati a riqualificare le sponde del lago, in particolare in quelle aree in cui l’oscillazione del nuovo livello del lago potrebbe comportare erosione spondale. Si prevede:

4. La posa di **gabbioni sommersi**, finalizzati alla realizzazione di zone umide, che costituiscono habitat ideali per l’avifauna e le biocenosi acquatiche. Sono realizzati in modo tale da contenere volumi di terra entro i quali saranno inseriti culmi e rizomi di canne. Il loro utilizzo è previsto in prossimità dell’uscita del torrente dall’invaso del lago Badana, dove è già presente un accumulo di materiale. In tale area il livello delle acque è più basso, per cui rappresenta la localizzazione ideale per tale intervento. Inoltre, tale opera potrà essere debitamente adattata al fine di racchiudere una piccola rea dove sia possibile mantenere un’escursione limitata delle acque, così da garantire lo sviluppo delle biocenosi acquatiche anche nei periodi più critici. I gabbioni di contenimento saranno in rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale tipo 8x10, verranno riempiti preferibilmente con materiale di demolizione di dimensioni tali da non fuoriuscire dalla maglia della rete e da consentire il

maggior costipamento possibile.

5. **Rullo spondale in fibra di cocco:** è un'opera ideale in prossimità di zone umide a sponde con inclinazione limitata. Il rullo consente di consolidare e limitare l'erosione delle sponde, andando a creare condizioni favorevoli allo sviluppo del canneto. Tale tipo di intervento è previsto in un'ansa, localizzata nella parte a sud-ovest dell'invaso del lago Badana, dove il probabile ristagno delle acque ne suggerisce l'utilizzo.
6. **Fascina spondale:** consiste nella messa a dimora, lungo le sponde del lago, di fascine vive di specie legnose con capacità di riproduzione vegetativa. La fascina viene assicurata mediante l'infissione di picchetti in legno con orientamento alternato, per rendere così la struttura più elastica e solidale in caso di variazione del livello dell'acqua, avranno un diam. da 20 a 50 cm legate filo di ferro cotto di 2 - 3 mm e verranno poste in modo da sporgere per $\frac{1}{2}$ - $\frac{1}{3}$, in un fossatello predisposto al piede della sponda. Le fascine verranno fissate ogni 0,8 - 1 m con pali di salice vivi o con barre in ferro e dovranno essere rincalzate con terreno per garantire la crescita delle piante. La messa in opera potrà avvenire soltanto durante il periodo di riposo vegetativo.
7. **Ribalta viva:** tale tipologia di opera è utile nel ricostruire le aree soggette a fenomeni di erosione. L'opera è posta parallelamente alle sponde, in modo da limitare i fenomeni di ruscellamento e allo stesso tempo vanno a ripristinare la vegetazione ripariale, scarsa in queste zone.
8. **Barriere sommerse:** tali barriere sono utili per creare dei "ripiani" utili allo sviluppo delle specie vegetali acquatiche dove le sponde ripide forniscono un habitat favorevole. Gli interventi che prevedono l'utilizzo delle barriere sommerse si localizzano nella parte sud del lago Badana, all'uscita del torrente dall'invaso, e risultano affiancate all'area in cui verranno utilizzati i gabbioni e in quelle dove la sponda è maggiormente ripida.

Sono inoltre previste la posa di talee e le semine di ontani.

6.3.3. Elenco specie vegetali da impiegare per gli interventi di mitigazione e compensazione

Per gli interventi, saranno utilizzate specie arboree e arbustive delle serie indicate nelle analisi su vegetazione e flora e precisamente:

- **per le riqualificazioni forestali**, le specie del Querceto a *Quercus petraea*, con *Quercus petraea*, *Quercus pubescens* e *Sorbus aria* per lo strato arboreo, *Rhamnus alpina* e *Amelanchier ovalis* in prevalenza per lo strato arbustivo, arricchite con noccioli, cornioli, biancospini.
- Per le **opere di Ingegneria naturalistica su versante**, verranno impiegate esclusivamente specie arbustive in buona parte di tipo pioniero. Per le talee si impiegheranno *Salix eleagnos*, *Salix purpurea*, come piantine radicate da inserire nelle palizzate *Cytisus scoparius*, *Cornus mas*, *Cornus sanguinea*, *Spartium sp.*

- Per le **opere su sponda**, verranno impiegate talee di salice: *Salix eleagnos*, *Salix viminalis*, *Salix cinerea*, e verranno effettuate semine di *Alnus glutinosa*.

Per quanto riguarda le specie palustri, si prevede l'impiego di rizomi e culmi di canne prelevati, in periodo di riposo vegetativo, negli ambiti circostanti del Parco delle capanne di Marcarolo in cui sono presenti torbiere e piccole zone umide, previa autorizzazione dell'ente Parco.

6.3.4. Ulteriori indirizzi di mitigazione

L'analisi del quadro faunistico e l'uso delle specie come indicatori ha fatto emergere alcuni aspetti importanti riguardo l'impatto ambientale dell'intervento:

1. Le biocenosi acquatiche non sono state considerate poiché non presenti, dal momento che allo stato attuale l'invaso è vuoto. La realizzazione di ecosistemi non influenzati dalla variabilità delle condizioni ambientali derivate dall'escursione anche importante del livello dell'acqua determina un serbatoio di biodiversità soprattutto dei livelli trofici di base, che è fondamentale per l'innescare dei processi ecologici di riequilibrio e recupero della stabilità.
2. La fase di cantiere incide relativamente sul sistema per due motivi principali: uno per la temporaneità dell'impatto ed il secondo per la grande dimensione delle tipologie ambientali interessate che mantengono capacità portante;
3. La fase di esercizio presenta gli impatti più significativi. A livello di quelle tipologie che, a contatto con il bordo dell'acqua, presentano minore capacità di resistere alla variabilità di condizioni di presenza d'acqua gli effetti del disturbo continuato e variabile determina stress delle biocenosi e mancanza di sviluppo delle stesse. Di conseguenza le specie meno igrofile che caratterizzano ecosistemi più sensibili alle variazioni di livello, sono quelle maggiormente interessate all'alterazione dovuta a questi fenomeni. In particolare, la variabilità di questi eventi potrebbe essere ancora più importante in relazione ai fenomeni di climate change in cui gli eventi piovosi sono fortemente variabili e concentrati in brevi periodi, con conseguenze anche importanti sulla variabilità del livello dell'acqua e sullo stress indotto sulle biocenosi e la loro conseguente stabilità.

Questo scenario di problemi, determina la necessità di creare ecosistemi più stabili, come per altro è stato accennato al punto 1. Questi neoambienti debbono subire una minore interferenza dalla variabilità del livello dell'acqua in modo che la biocenosi, cioè tutti gli organismi vegetali ed animali propri di questi habitat, possano completare il proprio ciclo vitale senza interruzioni. Le azioni possibili sono legate alla creazione di barriere aperte e/o modificazioni delle sponde soprattutto nei punti in cui un immissario entra nel lago, ovviamente in relazione alla pendenza. Tali azioni che potrebbero essere più di una, dovrebbero costituire un ecosistema che produce biodiversità e che comporta una stabilizzazione delle condizioni e delle dinamiche ecologiche in

modo che le biocenosi soprattutto acquatiche possano svilupparsi e stabilizzare le loro tendenze dinamiche.