



## **REGIONE SICILIANA**

*Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità*

*Dipartimento Regionale dell'Acqua e dei Rifiuti*

### **DIGA OLIVO**

**IN COMUNE DI PIAZZA ARMERINA (EN)**

**N. ARCH. S.N.D. 1159**



### **PROGETTO DI GESTIONE DEL SERBATOIO OLIVO**

(art. 114 del Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152)

**Redatto da:**

(Ing. Gaetano Chiapparo)

**Coordinamento:**

(Ing. Carlo Pezzini)

## Sommario

1. PREMESSA .....	6
2. FINALITA' DELLO STUDIO .....	7
3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	8
4. PROGETTO DI GESTIONE DELL'INVASO .....	9
<b>4.1. Parte generale</b> .....	9
4.1.1. Generalità.....	9
4.1.2. Caratteristiche principali dell'impianto.....	9
4.1.3. Diga.....	11
4.1.4. Opere di scarico.....	12
4.1.5. Opere complementari .....	13
4.1.6. Serbatoio .....	14
4.1.7. Bacino imbrifero.....	14
4.1.8. Siti interessati a valle diga .....	14
4.1.9. Situazione attuale dell'impianto .....	15
<b>4.2. Parte conoscitiva</b> .....	15
4.2.1. Generalità.....	15
4.2.2. Indagini topografiche .....	16
4.2.2.1. Modalità operative.....	16
4.2.2.2. Risultati ottenuti.....	18
4.2.3. Indagini sulle acque d'invaso e sul materiale di sedimentazione .....	19
4.2.3.1. Caratteristiche delle acque d'invaso .....	19
4.2.3.1.1. Modalità operative.....	19
4.2.3.1.2. Risultati ottenuti.....	20
4.2.3.2. Caratteristiche del sedimento.....	22

4.2.3.2.1.	Prima campagna d'indagine ( <i>marzo-aprile 2004</i> ) .....	22
4.2.3.2.1.1.	Modalità operative.....	24
4.2.3.2.1.2.	Risultati ottenuti.....	24
4.2.3.2.2.	Seconda campagna d'indagine ( <i>novembre-dicembre 2009</i> ).....	27
4.2.3.2.2.1.	Modalità operative.....	27
4.2.3.2.2.2.	Risultati ottenuti.....	28
4.2.4.	Torbidità delle acque di scarico.....	29
4.2.4.1.	Deflussi naturali.....	31
4.2.4.2.	Deflussi di scarico .....	34
4.2.4.3.	Caratteristiche della fauna ittica .....	37
<b>4.3.</b>	<b>Definizione delle caratteristiche generali dell'invaso .....</b>	<b>40</b>
4.3.1.	Acque d'invaso .....	40
4.3.2.	Materiale di sedimentazione .....	41
4.3.2.1.	Caratteristiche volumetriche.....	41
4.3.2.2.	Caratteristiche fisico-chimiche.....	42
4.3.2.3.	Informazioni complementari.....	43
<b>4.4.</b>	<b>Programma di gestione per il ripristino della capacità d'invaso.....</b>	<b>46</b>
4.4.1.	Generalità.....	46
4.4.2.	Sfangamento .....	47
4.4.2.1.	Quantità dei fanghi da asportare .....	47
4.4.2.2.	Caratteristiche attrezzatura e modalità operative.....	51
4.4.2.3.	Dimensionamento dell'impianto.....	56
4.4.2.4.	Fasi di lavoro.....	57
4.4.2.5.	Casse di colmata .....	60
4.4.2.6.	Opere di ripristino .....	64
4.4.2.7.	Sistemazione definitiva .....	65

4.4.3.	Intervento di ripristino dello scarico di fondo.....	66
4.4.3.1.	Situazione attuale.....	66
4.4.3.2.	Criterio progettuale.....	69
4.4.3.3.	Funzionamento idraulico.....	71
4.4.3.4.	Modalità operative.....	72
<b>4.5.</b>	<b>Programma di gestione per il mantenimento della capacità d’invaso .....</b>	<b>74</b>
4.5.1.	Generalità.....	74
4.5.2.	Vincoli ambientali.....	75
4.5.3.	Fauna ittica .....	75
4.5.4.	Rilascio in concomitanza con eventi di piena.....	76
4.5.5.	Programma operativo delle operazioni di spurgo.....	77
4.5.5.1.	Entità del rilascio a valle.....	77
4.5.5.2.	Periodo ottimale per effettuare i rilasci.....	77
4.5.5.3.	Programma temporale delle operazioni di spurgo .....	77
4.5.5.4.	Livelli di concentrazione .....	79
<b>4.6.</b>	<b>Programma di monitoraggio .....</b>	<b>79</b>
4.6.1.	Generalità.....	79
4.6.2.	Fase sperimentale .....	80
4.6.3.	Fase di esercizio.....	81
4.6.3.1.	Caratteristiche degli accertamenti previsti .....	83
4.6.3.1.1.	Caratterizzazione del materiale sedimentato .....	83
4.6.3.1.2.	Rilevamento morfobatimetrico dell’invaso .....	83
4.6.3.1.3.	Rilevamento della torbidità delle acque di spurgo .....	83
4.6.3.1.4.	Ispezione visiva.....	84
4.6.3.1.5.	Stato ecologico dell’acqua .....	84
4.6.3.1.6.	Indagine della popolazione ittica .....	86

4.6.3.2.	Piano operativo .....	87
4.6.3.2.1.	Caratterizzazione del materiale sedimentato .....	88
4.6.3.2.2.	Rilevamento morfobatimetrico dell'invaso .....	88
4.6.3.2.3.	Rilevamento della torbidità e dell'ossigeno disciolto .....	88
4.6.3.2.4.	Ispezione visiva.....	89
4.6.3.2.5.	Controllo stato ecologico dell'acqua.....	89
4.6.3.2.6.	Indagine della popolazione ittica .....	90
4.6.3.2.7.	Calendario delle operazioni di monitoraggio .....	90
4.6.4.	Operazioni di controllo per lo sfangamento mediante asportazione .....	91
<b>4.7.</b>	<b>Esame della possibilità di laminazione .....</b>	<b>91</b>
4.7.1.	Generalità.....	91
4.7.2.	Idrogrammi delle piene massime annue.....	93

# PROGETTO DI GESTIONE DEL SERBATOIO OLIVO

## 1. PREMESSA

Il Progetto di Gestione degli Invasi (PGI), previsto dall'art. 114 del Decreto legislativo 3 aprile 2006, n°152 è finalizzato a definire il quadro previsionale delle operazioni di svasso, sfangamento e spurgo connesse con le attività di manutenzione dell'impianto per assicurare il mantenimento ed il graduale ripristino della capacità utile, propria dell'invaso, e per garantire prioritariamente in ogni tempo il funzionamento degli organi di scarico e di presa.

Esso inoltre, serve a definire i provvedimenti da porre in essere, durante le suddette operazioni, per la prevenzione e la tutela delle risorse idriche invase e rilasciate a valle dello sbarramento, conformemente alle prescrizioni contenute nei piani di tutela delle acque e nel rispetto degli obiettivi di qualità dei corpi idrici interessati.

## 2. FINALITA' DELLO STUDIO

Secondo la vigente normativa, il Progetto di Gestione degli Invasi deve trattare due distinte questioni:

- accertamento dell'interrimento del serbatoio, piano di recupero della capacità d'invaso e controllo dell'interrimento futuro;
- programma di utilizzo degli scarichi di fondo anche in caso di piena.

Per rispondere compiutamente alle prescrizioni della normativa vigente, tale studio verrà articolato in una serie di punti che possono riassumersi nei seguenti:

- a. Parte generale: intesa a fornire tutti gli elementi d'individuazione e di caratterizzazione dell'impianto considerato e le specifiche finalità del progetto;
- b. Parte conoscitiva: intesa a programmare e acquisire tutti gli elementi necessari per la definizione dei piani d'intervento, previsti nello stesso progetto;
- c. Definizione delle caratteristiche generali dell'invaso: intesa a sintetizzare tutti i dati acquisiti con le indagini e gli studi a carattere conoscitivo, circa le caratteristiche delle acque d'invaso e del materiale sedimentato nello stesso invaso;
- d. Programma di gestione per il ripristino della capacità d'invaso: inteso a precisare le modalità operative proposte per lo sfangamento;
- e. Programma di gestione per il mantenimento della capacità d'invaso: inteso a definire i programmi di gestione degli scarichi per le eventuali operazioni di spurgo;
- f. Programma di monitoraggio: inteso a definire tutte le operazioni di accertamento e di controllo che devono essere attuate nelle fasi operative di svasso e spurgo;
- g. Esame della possibilità di laminazione: al fine di individuare l'opportunità di modulare i deflussi di piena, mediante l'impiego programmato degli scarichi di fondo, e di precisare il programma per la normale gestione delle opere di scarico.

### 3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- [1] D.Lgs. 11.05.1999 n°152 *“Disposizioni sulla tutela delle acque dall’inquinamento”* abrogato e sostituito dal D.Lgs. 03.04.2006 n°152 *“Norme in materia ambientale”*;
- [2] D.M. 30.06.2004 del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio – *“Criteri per la redazione del progetto di gestione degli invasi, ai sensi dell’articolo 40, comma 2, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n.152”*;
- [3] D.M. 25.10.1999 n°471 – *“Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati”*;
- [4] Ordinanza Commissariale Reg. Sicilia n°333 del 24.12.2008 – *“Piano di tutela delle Acque dall’inquinamento”*.

## 4. PROGETTO DI GESTIONE DELL'INVASO

### 4.1. **Parte generale**

#### 4.1.1. Generalità

Il serbatoio Olivo, è un'opera esistente che è stata costruita, dall'Ente di Sviluppo Agricolo (E.S.A.), negli anni 1979-1981, per l'utilizzazione a scopo irriguo a servizio di un comprensorio di oltre 5000 [ha], in territorio della provincia di Enna.

La diga, costituita con materiali sciolti, è stata realizzata mediante lo sbarramento del torrente *Olivo*, che più a valle assume la denominazione di torrente *Braemi*, affluente in sinistra del fiume *Imera Meridionale*.

Essa è situata fra le pendici dei monti *Polino* e *Manganello*, poco a ponente dell'abitato di Piazza Armerina, ed è cartograficamente individuata nella Sezione n°631160 "*Montagna di Marzo*" della Carta Tecnica Regionale 1:10000.

#### 4.1.2. Caratteristiche principali dell'impianto

- Diga: del tipo a materiali sciolti, di pietrame costipato, con manto di tenuta sul paramento di monte, realizzato con conglomerato bituminoso;
- Quota coronamento: 454,50 m s.l.m.
- Larghezza coronamento: 8,00 m
- Sviluppo del coronamento: 423,50 m
- Quota più depressa delle fondazioni: 405,00 m s.l.m.
- Altezza massima della diga (sul punto più depresso): 49,50 m
- Altezza massima ritenuta (dal fondo alveo a monte a q. 410,00): 41,20 m
- Franco totale: 3,30 m
- Semionda: 0,50 m
- Franco netto: 2,80 m
- Grado di sismicità della zona: (II<sup>a</sup> categoria) S= 9; C= 0,07

- Quota di massimo invaso:	451,20 m s.l.m.
- Quota massima regolazione:	448,30 m s.l.m.
- Quota minima regolazione:	427,80 m s.l.m.
- Volume invasato:	
• alla quota di massimo invaso:	18,00 M m <sup>3</sup>
• alla quota di massima regolazione:	15,00 M m <sup>3</sup>
• alla quota di minima regolazione:	2,00 M m <sup>3</sup>
- Superficie dello specchio liquido:	
• alla quota di massimo invaso:	1,24 M m <sup>2</sup>
• alla quota di massima regolazione:	1,10 M m <sup>2</sup>
• alla quota di minima regolazione:	0,33 M m <sup>2</sup>
- Volume utile di regolazione:	13,00 M m <sup>3</sup>
- Volume di capacità morta:	2,00 M m <sup>3</sup>
- Volume di laminazione:	3,00 M m <sup>3</sup>
- Superficie del bacino imbrifero:	
• sotteso direttamente:	60,00 km <sup>2</sup>
• allacciato:	42,00 km <sup>2</sup>
- Portata di massima piena (di progetto):	1000 m <sup>3</sup> /s
- Tempo di ritorno corrispondente:	1000 anni
- Portate massime di scarico:	
• con livello a quota di massimo invaso	
○ scarico di superficie:	780 m <sup>3</sup> /s
○ scarico di fondo:	106 m <sup>3</sup> /s
- Tempo di svuotamento del serbatoio (di progetto):	48 ore
- Anno inizio esercizio:	1981
- Periodo di vita dell'impianto:	30 anni

Le planimetrie e i principali disegni di consistenza dell'impianto sono riportate nelle seguenti tavole, allegate in appendice:

Tav. 1 - Planimetria del bacino imbrifero;

Tav. 2 - Planimetria dello sbarramento;

Tav. 3 – Particolari opere di scarico;

Tav. 4 – Sezione tipo della diga;

Tav. 5 – Diagramma delle aree e dei volumi d'invaso del serbatoio.

#### 4.1.3. Diga

Il corpo diga è costituito da un rilevato di calcari evaporitici, provvisto sul paramento di monte e sul piano d'imposta di fasce di calcari mesozoici; il paramento di monte ha pendenza 1/2 mentre quello di valle 1/1,75 con interruzione di tre banchine.

Il manto di tenuta è realizzato mediante conglomerato bituminoso multistrato; esso è disposto sul paramento di monte ed è saldato al piede sul cunicolo perimetrale che borda tutto il rilevato nella parte verso invaso.

La tenuta in fondazione è assicurata da una paratia continua a pannelli immorsati al cunicolo perimetrale.

Il sistema drenante è costituito dal citato cunicolo perimetrale, allo scopo munito di apposite bocchette disposte sia per raccogliere le acque provenienti dallo strato drenante del manto di tenuta (bocchette alte), sia per captare le acque eventualmente presenti sul piano d'imposta (bocchette basse).

Tale sistema è integrato dal cunicolo d'accesso, disposto trasversalmente alla diga nella zona centrale più depressa del piano d'imposta, ed è anch'esso munito di bocchette basse su ambo i lati.

Tutte le permeazioni sono raccolte in distinte canalette che si sviluppano fino alla cabina d'accesso di valle ove sono situati appositi stramazzi di misura.

#### 4.1.4. Opere di scarico

Le opere di scarico a servizio dello sbarramento comprendono uno scarico di superficie e uno di fondo.

- Lo **scarico di superficie**, ubicato in sponda sinistra, è costituito da due calici gemelli, con diametro  $\phi = 20,40$  m e ciglio di sfioro a quota 448,30 m s.l.m., seguiti da canne verticali e da gallerie circolari  $\phi = 5,40$  m, che si sviluppano a valle diga, ove immettono in apposita vasca di dissipazione.

I calici sono dimensionati per una portata massima complessiva di 780 m<sup>3</sup>/s; il loro funzionamento risulta definito dalla seguente espressione:

$$Q = 241,40 * h^{1,50}$$

che dà  $Q = 780$  m<sup>3</sup>/s per  $h = 2,19$  m; per sovralti maggiori si verifica il riempimento del calice e la portata, come verificato con prove su modello, resta praticamente costante.

- Lo **scarico di fondo**, anch'esso ubicato in sponda sinistra, è costituito da un tratto di galleria circolare  $\phi = 5,40$  m, che s'immette nella galleria destra (quella più interna) dello scarico di superficie.

All'inizio della galleria è disposta un'opera d'imbocco, sagomata a pipa, con soglia di sfioro a quota 416,00 m s.l.m.. L'intercettazione è assicurata da una coppia di paratoie piane a strisciamento, con dimensioni 1,80 x 2,40 m, con battuta a quota 404,56 m s.l.m..

Tali paratoie sono alloggiate in apposito pozzo-torre, situato una trentina di metri a monte dell'innesto con la galleria dello scarico di superficie.

La torre è munita di cabina d'accesso, a quota coronamento, ed è collegata alla sponda sinistra mediante una lunga passerella.

Lo sviluppo della galleria fra opere d'imbocco e il blocco paratoie è di 98,00 m (in c.t.).

L'opera è dimensionata per una portata massima di 106 m<sup>3</sup>/s; il suo

funzionamento risulta definito dall'espressione:

$$Q = 16,32 * (q_i - q_p)^{0,50}$$

ove:  $q_i$  = quota del livello d'invaso;

$q_p$  = quota baricentrica delle paratoie, pari a 405,76 m s.l.m.

Tale espressione da  $Q = 106 \text{ m}^3/\text{s}$  per  $q_i = 448,30 \text{ m s.l.m.}$  coincidente con la quota di massima regolazione.

Il tempo necessario per lo svuotamento completo del serbatoio, dalla quota massima di regolazione alla quota soglia dello scarico di fondo, risulta dal progetto originario pari a circa 48 ore.

#### 4.1.5. Opere complementari

Le opere complementari a servizio dello sbarramento comprendono una derivazione irrigua e una condotta di adduzione.

- La **derivazione irrigua**, comprende l'opera di presa e la condotta di derivazione fino a valle diga.

L'opera di presa è ubicata in corrispondenza delle paratoie d'intercettazione ed è costituita da una bocca di presa, disposta nella galleria dello scarico di fondo subito a monte paratoie e da due condotte metalliche  $\phi = 800 \text{ mm}$ , disposte in parallelo, che transitano nella stessa camera paratoie dello scarico di fondo, ove sono alloggiato le relative valvole d'intercettazione, costituite da n°2 saracinesche  $\phi = 800 \text{ mm}$ .

La condotta di derivazione è costituita da una tubazione metallica del  $\phi = 1000 \text{ mm}$ , nella quale si immettono le due condotte di cui sopra.

Tale condotta è alloggiata al di sotto dell'arco rovescio della galleria di scarico e si sviluppa per circa 655 m, fino allo sbocco della galleria stessa, ove esce a giorno e si collega, lateralmente, alla condotta di adduzione del comprensorio irriguo.

- La **condotta di adduzione**, che si sviluppa per circa 6598 m, è

costituita da una tubazione in c.a.p. del  $\phi = 1200$  mm PN 6 disposta parte pensile e parte interrata.

#### 4.1.6. Serbatoio

I dati provenienti dalla serie dei rilievi compiuti in varie epoche nell'area attualmente delimitata dalle sponde del serbatoio pongono in evidenza l'esistenza di un potente substrato di terreni argillosi e argillo-sabbiosi, di età pliocenica, sempre affiorante lungo i fianchi vallivi.

In corrispondenza della zona in cui ricade l'opera di sbarramento la formazione argillo-sabbiosa di substrato fa passaggio alla successione dei termini più antichi che sono a loro volta rappresentati dalle marne calcaree stratificate (Trubi) del Pliocene Inferiore, dai calcari evaporitici del Messiniano, dalle argille sabbiose e dalle argille marnose del Tortonian.

#### 4.1.7. Bacino imbrifero

Il bacino imbrifero sotteso dallo sbarramento ha un'estensione di  $60 \text{ km}^2$ , all'interno del quale non risulta essere sversata alcuna acqua proveniente da insediamenti urbani.

Esso risulta delimitato, a occidente: dal Cozzo Frumentello (613 m s.l.m.) e dalla Serra di Bubudello (753 m s.l.m.), nella parte settentrionale: dal Monte Castellazzo (833 m s.l.m.) e dal Monte della Forma (866 m s.l.m.), a oriente: dal Cozzo Prato Bannata (838 m s.l.m.), dal Monte Campana (838 m s.l.m.) e dal Cozzo Rametta (837 m s.l.m.) mentre a sud lo sbarramento è compreso tra le pendici dei monti Polino (638 m s.l.m.) e Manganello (850 m s.l.m.).

#### 4.1.8. Siti interessati a valle diga

I siti interessati a valle diga dai deflussi di scarico del serbatoio comprendono sia l'alveo dell'asta fluviale, sia le zone immediatamente circostanti ove possono determinarsi allagamento.

#### 4.1.9. Situazione attuale dell'impianto

Si può ritenere che allo stato attuale tutte le opere (edili, meccaniche, elettriche, etc), componenti l'impianto, siano in buono stato di conservazione e con funzionamento accettabile.

A questa situazione, fanno eccezione alcune opere che presentano degli inconvenienti dovuti a due fattori:

- le perdite idriche che si manifestano nel corpo diga in maniera consistente;
- l'interrimento del serbatoio a cui consegue l'occlusione quasi completa dell'imbocco dello scarico di fondo e quella parziale, ma molto accentuata, della condotta di derivazione e di adduzione al comprensorio irriguo.

In particolare per quanto riguarda le notevoli perdite idriche, che si manifestano nel corpo diga, va accertato se esse sono dovute a permeazioni anomale nei terreni di fondazione o di aggiramento delle sponde, oppure per eventuali lesioni nel manto di tenuta.

Mentre per quel che riguarda lo scarico di fondo, va evidenziato che il suo funzionamento risulta fortemente compromesso dal rilevante accumulo di materiale sedimentato, il quale determina una notevole ostruzione all'imbocco.

A tal riguardo si precisa che l'interrimento generale del serbatoio raggiunge quota di 422,00 m s.l.m., con battente di 6,00 m sulla soglia dello scarico di fondo.

Inoltre, va evidenziato che nell'ammasso del materiale sedimentato, in prossimità dell'imbocco dello scarico di fondo, risulta presente un profondo cono di depressione, formatosi proprio per l'entrata in funzione di detto scarico nel tempo.

## **4.2. Parte conoscitiva**

### 4.2.1. Generalità

Al fine di acquisire tutti gli elementi conoscitivi richiesti per la redazione del presente Progetto di Gestione, sono state eseguite delle indagini ed effettuati degli

studi, che vengono sotto specificati, sia per quanto riguarda la consistenza sia i risultati raggiunti.

#### 4.2.2. Indagini topografiche

Per accertare, in dettaglio, la situazione attuale circa l'interrimento generale e locale, in relazione all'opera d'imbocco dello scarico di fondo, è stato eseguito uno specifico rilievo batimetrico che ha interessato tutta la zona antistante lo sbarramento.

Tale rilievo, eseguito in data del 04.08.2003, ha evidenziato che il piano d'interrimento risulta praticamente orizzontale e raggiunge circa quota 421,50 m s.l.m., mentre in prossimità dell'imbocco dello scarico di fondo è presente un imbuto di depressione, conseguente al richiamo determinato dalle acque di scarico.

Successivamente, in data 14.01.2004, a seguito di eventi meteorici di discreta entità che hanno indotto ulteriore materiale sedimentabile all'interno dell'invaso, è stato effettuato un rilevamento che ha indicato, nelle vicinanze della diga livelli d'interrimento variabili da 421,50 m s.l.m. a 422,50 m s.l.m.

##### 4.2.2.1. Modalità operative

Il rilevamento del fondale è stato eseguito con acquisizione automatica dei dati di posizione e profondità mediante strumentazione GPS in modalità RTK ed ecoscandaglio di precisione.

Allo scopo si è adottato un percorso di navigazione su griglia precedentemente prefissata a maglie 10x10 m, con infittimento a 5x5 m nella zona adiacente alla diga, ove sono situati gli imbocchi dello scarico di fondo e l'opera di derivazione irrigua.

E' stato, inoltre, effettuato un'ulteriore infittimento, a maglia 2x2 m, nell'immediata vicinanza dell'imbocco dello scarico di fondo per meglio definire la geometria del cono di depressione venutosi a formare negli anni.

Per effettuare tale rilievo, è stata utilizzata un'imbarcazione, fornita

direttamente dal Gestore e in dotazione permanente al serbatoio in esame, all'occorrenza appositamente attrezzata con un sistema di sincronizzazione dei dati di rilevamento.

All'inizio e alla fine di ogni giornata lavorativa é stata eseguita una taratura dell'ecoscandaglio. con riscontro su almeno due aste graduate, al fine di verificare l'esattezza delle misure e di tener conto della torbidità dell'acqua da cui dipende la velocità dell'impulso sonoro.

Per l'esecuzione del rilievo batimetrico generale sono stati utilizzati n°2 ricevitori geodetici GPS a 12 canali e doppia frequenza con sistema RTK e radio modem con frequenza autorizzata.

Per l'esecuzione della rete di infittimento sono stati utilizzati n°3 ricevitori geodetici GPS a 12 canali e doppia frequenza.

In tal modo é stato possibile ricostruire un modello tridimensionale del fondale, correttamente georeferenziato di notevole precisione.

Le principali fasi del lavoro possono essere dettagliate come segue:

- materializzazione dei capisaldi stabili da utilizzare per l'inquadramento cartografico del rilievo batimetrico;
- ricerca e reperimento presso l'Istituto Geografico Militare delle monografie dei vertici planimetrici ed altimetrici necessari per l'inquadramento della rete nel sistema nazionale Gauss Boaga;
- esecuzione delle misure GPS per la determinazione delle coordinate piano altimetriche dei vertici materializzati;
- eventuale compensazione rigorosa della rete;
- calcolo dei parametri di trasformazione per il passaggio delle coordinate dal sistema WGS84 al sistema Gauss Boaga;
- progettazione delle rotte (sezioni batimetriche da rilevare);
- taratura dell'ecoscandaglio;
- esecuzione del rilievo batimetrico;

- scarico ed elaborazione dei dati;
- elaborati finali di consegna.

Si precisa inoltre che, al fine di convalidare pienamente il rilevamento eseguito, è stato eseguito uno scandaglio a mano, in presenza di personale tecnico del Gestore, dal coronamento diga, che ha dato una profondità del piano dell'interrimento pari a 32,50 m corrispondente alla quota 422,00 m s.l.m (coronamento diga alla 454,50 m s.l.m.), confermando pienamente le misure batimetriche.

#### 4.2.2.2. Risultati ottenuti

Dall'indagine eseguita è stato ottenuto il modello tridimensionale del tetto del deposito sedimentario, che è stato georeferenziato e sovrapposto alla planimetria della zona d'invaso, con il fondo valle nella situazione naturale prima della realizzazione del serbatoio stesso.

Sulla base di tale planimetria sono state eseguite numerose sezioni longitudinali e trasversali all'area dell'invaso, sulle quali è stato ricostruito l'andamento presumibile del fondo valle.

Si può constatare come il materiale d'interrimento risulta disposto su tutta l'area d'invaso in modo alquanto omogeneo, formando un piano a quota 422,00 m s.l.m. circa.

Pertanto in corrispondenza all'opera d'imbocco dello scarico di fondo, che ha soglia alla quota 416,00 m s.l.m., l'ammasso sedimentario si eleva di circa 6,00 m sopra la soglia stessa, mentre raggiunge un'altezza di circa 13,00 m sulla testa del cunicolo di piede della diga, posta a quota 409,00 m s.l.m.

In tutta la zona circostante tale opera d'imbocco, il rilievo batimetrico, a maglia adeguatamente infittita, ha consentito di individuare il cono di depressione che si è formato nell'ammasso sedimentario e che ha consentito fino ad oggi il funzionamento dello scarico di fondo.

Tale cono di depressione, come rilevabile dalla planimetria batimetrica, ha un diametro di circa 5,00 m al fondo, e di circa 30,00 m alla quota 420,00 m s.l.m.

Per quanto riguarda la valutazione dell'entità del deposito sedimentario si precisa che si è adottato il procedimento basato sulle sezioni orizzontali dell'invaso.

Con tale procedimento è stata determinata, per sezioni orizzontali dell'invaso, la curva dei volumi d'invaso nella situazione attuale.

Poi, per confronto con la curva degli invasi originaria, è stata valutata l'entità dell'interrimento in funzione della quota d'invaso.

Al riguardo si fa presente che le aree delle sezioni orizzontali sono state valutate, per la situazione attuale, in forma automatica direttamente sulla base del disegno digitalizzato; per la situazione antecedente all'invaso si è invece fatto riferimento ai dati riportati nello stesso disegno della curva degli invasi riportata nel Foglio di Condizioni attualmente vigente.

Pertanto, si può constatare che il volume attuale dell'interrimento massimo assomma a 750.000 m<sup>3</sup>, e che tale volume si raggiunge a quota 422,00 m s.l.m. mentre a quote superiori l'interrimento è assente.

#### 4.2.3. Indagini sulle acque d'invaso e sul materiale di sedimentazione

Ai fini della caratterizzazione dell'acqua d'invaso sono stati prelevati specifici campioni che sono stati sottoposti alle necessarie analisi chimico-fisiche, indispensabili per definire le loro caratteristiche e quindi, individuare la classe di qualità, cui appartengono, e accertare l'eventuale presenza di elementi tossici.

Mentre per la caratterizzazione sia del sedimento contenuto all'interno del serbatoio, che del terreno prelevato dal sito individuato per la realizzazione delle casse di colmata, è stata condotta negli anni una doppia campagna di indagini.

In entrambe queste campagne, sono stati prelevati specifici campioni integrali che sono stati sottoposti alle necessarie prove di laboratorio.

##### 4.2.3.1. Caratteristiche delle acque d'invaso

###### 4.2.3.1.1. Modalità operative

Il prelievo dei campioni d'acqua è stato effettuato, da natante, mediante apposito campionatore prelevando, lungo la stessa verticale, tre campioni a diverse profondità, come richiesto dalla normativa, e precisamente:

- un campione in superficie;
- un campione a metà della calma d'acqua;
- un campione al fondo.

#### 4.2.3.1.2. Risultati ottenuti

Tutti i risultati ottenuti dalle analisi effettuate presso laboratori specializzati, come specificati dai certificati allegati in appendice (Tab. 1 – Rapporti di prova analisi acque, 1<sup>a</sup> campagna), hanno mostrato i seguenti risultati:

ANALISI CHIMICHE (Laboratorio: L.AG.AM. ESA – PA)

Campione 1					
pH	8,0	CATIONI		ANIONI	
Conducibilità [ $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ ]	778				
SAR	1				
Classe salinità	C3	Ca <sup>++</sup> [ppm]	79	Cl <sup>-</sup> [ppm]	68
Classe sodicità	S1	Mg <sup>++</sup> [ppm]	22	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> [ppm]	175
Limite di TODD	-	Na <sup>+</sup> [ppm]	58	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [ppm]	-
RSC [meq lt <sup>-1</sup> ]	-2,55	K <sup>+</sup> [ppm]	7	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [ppm]	198

Campione 2					
pH	8,2	CATIONI		ANIONI	
Conducibilità [ $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ ]	783				
SAR	1				
Classe salinità	C3	Ca <sup>++</sup> [ppm]	81	Cl <sup>-</sup> [ppm]	68
Classe sodicità	S1	Mg <sup>++</sup> [ppm]	22	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> [ppm]	193
Limite di TODD	-	Na <sup>+</sup> [ppm]	59	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [ppm]	-
RSC [meq lt <sup>-1</sup> ]	-2,66	K <sup>+</sup> [ppm]	7	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [ppm]	195

Campione 3					
pH	8,1	CATIONI		ANIONI	
Conducibilità [ $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ ]	854				
SAR	2				
Classe salinità	C3	Ca <sup>++</sup> [ppm]	84	Cl <sup>-</sup> [ppm]	75
Classe sodicità	S1	Mg <sup>++</sup> [ppm]	25	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> [ppm]	214
Limite di TODD	-	Na <sup>+</sup> [ppm]	72	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [ppm]	-
RSC [meq lt <sup>-1</sup> ]	-2,95	K <sup>+</sup> [ppm]	8	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [ppm]	203

Campione 4					
pH	8,0	CATIONI		ANIONI	
Conducibilità [ $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ ]	804				
SAR	2				
Classe salinità	C3	Ca <sup>++</sup> [ppm]	92	Cl <sup>-</sup> [ppm]	69
Classe sodicità	S1	Mg <sup>++</sup> [ppm]	27	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> [ppm]	185
Limite di TODD	-	Na <sup>+</sup> [ppm]	68	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [ppm]	-
RSC [meq lt <sup>-1</sup> ]	-3,57	K <sup>+</sup> [ppm]	8	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [ppm]	200

Campione 5					
pH	8,2	CATIONI		ANIONI	
Conducibilità [ $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ ]	817				
SAR	2				
Classe salinità	C3	Ca <sup>++</sup> [ppm]	82	Cl <sup>-</sup> [ppm]	68
Classe sodicità	S1	Mg <sup>++</sup> [ppm]	26	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> [ppm]	194
Limite di TODD	-	Na <sup>+</sup> [ppm]	72	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [ppm]	-
RSC [meq lt <sup>-1</sup> ]	-2,88	K <sup>+</sup> [ppm]	8	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [ppm]	207

#### 4.2.3.2. Caratteristiche del sedimento

##### 4.2.3.2.1. Prima campagna d'indagine (marzo-aprile 2004)

Nel particolare, è stato necessario condurre una duplice indagine conoscitiva dei diversi strati terrosi; sono stati quindi analizzati campioni di terreno, a diverse profondità, del sedimento contenuto nel serbatoio (*Suolo di deposito*) e del terreno prelevato dal sito individuato per la realizzazione delle casse di colmata (*Suolo agricolo*).

La dislocazione planimetrica e la nomenclatura dei prelievi è riportata nello stralcio planimetrico (Tav. 6 – Planimetria ubicazione sondaggi 1<sup>a</sup> campagna) in appendice allegato

L'indagine dei campioni prelevati da entrambi i siti ha riguardato, oltre alla natura geotecnica, anche l'analisi chimica del terreno, secondo le normative vigenti necessarie e sufficienti non solo ad identificare le caratteristiche fondamentali del suolo e la sua dotazione in elementi nutritivi, ma anche per evidenziare eventuali carenze, squilibri od eccessi di elementi.

Le **analisi geotecniche**, effettuate sia sul sedimento fangoso sia sul terreno in posto, hanno interessato la conoscenza dei seguenti elementi:

➤ Prove di identificazione

- Analisi granulometrica completa;
- Limiti di consistenza;
- Caratteristiche del peso specifico e di volume;
- Contenuto d'acqua;
- Indice dei vuoti.

➤ Prove di rottura

- Taglio diretto consolidate drenate;
- Prove triassiali consolidate drenate.

➤ Prove di compressione edometrica

Nel dettaglio, le proprietà caratteristiche dei terreni, definite con le prove geotecniche eseguite dalla Sidercem, sono:

- contenuto naturale d'acqua ( $W_n$ );
- porosità ( $n$ );
- indice dei vuoti ( $e$ );
- peso specifico dei grani ( $\gamma_s$ );
- peso secco dell'unità di volume ( $\gamma_d$ );
- peso umido dell'unità di volume o massa volumica ( $\gamma_u$ );
- grado di saturazione ( $s$ );
- limite di liquidità ( $W_z$ );
- limite di plasticità ( $W_p$ );
- indice di plasticità ( $I_p$ );
- indice di consistenza ( $I_c$ );
- tipo di terreno sedimentato;
- terreno in posto;
- coesione efficace ( $c'$ );
- attrito efficace ( $\phi'$ );
- coesione non drenata ( $c_u'$ ).

Le **analisi chimiche** hanno interessato la conoscenza dei seguenti elementi:

Tipologia	SITO 1	SITO 2
Granulometria	X	X
PH	X	X
Calcare	X	X
Cationi scambiabili	X	X
Sostanza organica	X	X
Macroelementi	X	X
Microelementi	X	X
Estratto a pasta satura	X	

In particolare per il materiale di deposito proveniente dalla diga è stata effettuata anche un'analisi sui potenziali inquinanti e sulla contaminazione dei suoli, in ottemperanza al D.M. 25 ottobre 1999 n°471.

L'analisi chimica dei suoli è stata eseguita su:

- n°4 campioni di “suolo agricolo” - Profondità fissa di 0,00÷0,40 m;
- n°2 campioni di “suolo di deposito” – Profondità variabile 2,00÷9,00 m

L'analisi degli inquinanti dei suoli ha interessato:

- n°2 campioni di “suolo di deposito” – Profondità fissa 2,00÷2,20 m.

#### 4.2.3.2.1.1. Modalità operative

Per quanto riguarda il materiale sedimentario il prelievo dei campioni è stato effettuato da apposito natante sul quale è stata disposta un'ideale apparecchiatura capace di eseguire un carotaggio continuo dell'ammasso fangoso e del terreno in situ.

#### 4.2.3.2.1.2. Risultati ottenuti

Tutti i risultati ottenuti dalle analisi chimio-fisiche, svolte presso laboratori specializzati, come specificati dai certificati allegati in appendice (Tab. 2 – Rapporti di prova analisi terreno, 1<sup>a</sup> campagna), hanno mostrato nella media i seguenti risultati:

ANALISI CHIMICHE (Laboratorio: L.AG.AM. ESA – PA)

Tipologia	Suolo agricolo	Suolo di deposito
<i>Granulometria</i>		
Sabbia [%]	45,0	34,6
Limo [%]	13,5	18,8
Argilla [%]	41,5	46,7
<i>PH</i>		
In H <sub>2</sub> O	8,5	8,3
In KCl	7,4	7,7
<i>Calcare</i>		
Totale [g kg <sup>-1</sup> ]	93,3	235,5
Attivo [g kg <sup>-1</sup> ]	53,0	105,0
<i>Cationi scambiabili</i>		
Ca <sup>++</sup> [meq 100 gr <sup>-1</sup> ]	22,4	26,7
Mg <sup>++</sup> [meq 100 gr <sup>-1</sup> ]	3,5	6,1
K <sup>+</sup> [meq 100 gr <sup>-1</sup> ]	1,0	1,0
Na <sup>+</sup> [meq 100 gr <sup>-1</sup> ]	1,3	1,0
Capacità scambio cationico C.S.C. [meq 100 gr <sup>-1</sup> ]	31,9	38,3
Grado Saturazione Basi (GSB) [%]	87,7	95,5
Rapporto Mg/K	3,9	6,4
<i>Sostanza organica</i>		
S.O. [g kg <sup>-1</sup> ]	17,5	25,1
Carbonio [g kg <sup>-1</sup> ]	10,2	14,6
Rapporto C/N	8,5	11,0
<i>Macroelementi</i>		
N [g kg <sup>-1</sup> ]	1,2	1,4
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Fosforo assimilabile) [mg kg <sup>-1</sup> ]	25,0	18,0
K <sub>2</sub> O (Potassio scambiabile) [mg kg <sup>-1</sup> ]	451,5	428,5
<i>Microelementi</i>		
Cu <sup>++</sup> [mg kg <sup>-1</sup> ]	0,5	2,5
Zn <sup>++</sup> [mg kg <sup>-1</sup> ]	0,1	0,6
Fe <sup>++</sup> [mg kg <sup>-1</sup> ]	6,2	111,5
Mn <sup>++</sup> [mg kg <sup>-1</sup> ]	1,5	8,0
<i>Estratto a pasta satura</i>		
Conducibilità a 25 °C [μS/cm <sup>-1</sup> ]	723,00	N.R.
Ca <sup>++</sup> [mmol kg <sup>-1</sup> ]	1,10	N.R.
Mg <sup>++</sup> [mmol kg <sup>-1</sup> ]	0,23	N.R.
Na <sup>+</sup> [mmol kg <sup>-1</sup> ]	1,22	N.R.
K <sup>+</sup> [mmol kg <sup>-1</sup> ]	0,10	N.R.
Cl <sup>-</sup> [mmol kg <sup>-1</sup> ]	0,61	N.R.
Rapporto Mg/K	3,5	N.R.

ANALISI INQUINANTI (Laboratorio: CATARA – CT)

<b>Prova</b>	<b>Media valori</b>	<b>Limite</b>
Antimonio	<1 mg/Kg s.s.	Max 10
Arsenico	<2 mg/Kg s.s.	Max 20
Berillio	<0,2 mg/Kg s.s.	Max 2
Cadmio	<0,2 mg/Kg s.s.	Max 2
Cianuri liberi	<0,1 mg/Kg s.s.	Max 1
Cobalto	<2 mg/Kg s.s.	Max 20
Cromo esavalente	<0,2 mg/Kg s.s.	Max 2
Cromo totale	65 mg/Kg s.s.	Max 150
Fluoruri	<10 mg/Kg s.s.	Max 100
Mercurio	<0,1 mg/Kg s.s.	Max 1
Nichel	34 mg/Kg s.s.	Max 120
Piombo	<10 mg/Kg s.s.	Max 100
Rame	17 mg/Kg s.s.	Max 120
Selenio	<0,3 mg/Kg s.s.	Max 3
Stagno	0,8 mg/Kg s.s.	Max 1
Tallio	0,15 mg/Kg s.s.	Max 1
Vanadio	29 mg/Kg s.s.	Max 90
Zinco	97 mg/Kg s.s.	Max 150
b-esacloroesano	<0,001 mg/Kg s.s.	Max 0,01
Alaclor	<0,01 mg/Kg s.s.	Max 0,01
Aidrin	<0,001 mg/Kg s.s.	Max 0,01
Atrazina	<0,001 mg/Kg s.s.	Max 0,01
Clordano	<0,001 mg/Kg s.s.	Max 0,01
DDD, DDT, DDE	<0,001 mg/Kg s.s.	Max 0,01
Dieldrin	<0,001 mg/Kg s.s.	Max 0,01
Endrin	<0,001 mg/Kg s.s.	Max 0,01
g-sacloroesano (lindano)	<0,001 mg/Kg s.s.	Max 0,01
Idrocarburi pesanti C>12	<5 mg/Kg s.s.	Max 50
PCB	<0,0001 mg/Kg s.s.	Max 0,001

#### 4.2.3.2.2. Seconda campagna d'indagine (novembre-dicembre 2009)

Anche in questo caso, come nella precedente campagna esplorativa, l'indagine eseguita da personale qualificato dell'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente (A.R.P.A.) della Regione Sicilia, ha riguardato entrambi i siti analizzati in precedenza ovvero, il fondo dell'invaso e il terreno destinato ad ospitare le casse di colmata.

Sono stati prelevati quindi, n°3 campioni di sedimenti di fondo dell'invaso e n°1 campione di terreno dall'area delle casse di colmata.

##### 4.2.3.2.2.1. Modalità operative

Ai fini di effettuare la caratterizzazione dei campioni di sedimenti depositati sul fondo del serbatoio e dei campioni di terreno destinato a sede delle casse di colmata, personale del Dipartimento di Enna di ARPA Sicilia si sono recati presso il sito in oggetto, e con la collaborazione della parte di personale dell'ARRA in servizio presso l'invaso e con l'ausilio di un'imbarcazione, equipaggiata ai sensi di legge, messa a disposizione della stessa, hanno proceduto ad ispezionare ed effettuare quanto segue:

- a. previa individuazione su planimetria dei tre punti di campionamento, come indicati nella planimetria allegata in appendice (Tav. 7 – Planimetria ubicazione sondaggi 2<sup>a</sup> campagna) gli operatori si sono recati con l'imbarcazione negli stessi;
- b. con l'ausilio di una benna manuale è stato effettuato il campionamento dei sedimenti di fondo;
- c. successivamente è stata raggiunta la zona delle casse di colmata ed è stato effettuato un ultimo prelievo di terreno;
- d. tutti i punti prelievo sono stati rilevati tramite marcatura con GPS;
- e. tutti i campioni, prelevati in doppia aliquota, contenuti in barattolo di vetro da 1,0 Kg, sono stati portati presso i laboratori del Dipartimento ARPA Sicilia di Enna e del Dipartimento ARPA Sicilia di Siracusa, dove sono state eseguite tutte le analisi chimiche specificate nelle note

n°2341 del 30.10.2009 e n°2394 del 06.11.2009 del DAP di Enna.

#### 4.2.3.2.2. Risultati ottenuti

Nella seguente tabella sono descritti, unitamente alle coordinate GPS, i campioni prelevati ed analizzati:

<b>Campione</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Coordinata (33 s UTM) Est</b>	<b>Coordinata (33 s UTM) Nord</b>
1	Sedimento	0436953	4140430
2	Sedimento	0436702	4140138
3	Sedimento	0436514	4140438
4	Terreno	0435669	4138659

Tutti i risultati ottenuti dalle analisi chimiche, svolte presso laboratori specializzati, come specificato nei certificati allegati (Tab. 3 – Rapporti di prova analisi terreno, 2<sup>a</sup> campagna), hanno mostrato come *“Nessun valore dei parametri determinati supera la Concentrazione di Soglia di Contaminazione (CSC) prevista, per i suoli ad uso verde pubblico, privato e residenziale, della tabella 1 dell’allegato n°5 alla parte IV del D.lgs. 152/2006”*.

Si riporta, di seguito, una tabella riepilogativa circa i risultati delle analisi eseguite:

Campione	Parametro	Unità di misura	Quantità <sup>1)</sup>	Metodo di prova
1	pH in sospensione al 10%		8,26	D.M. 11/05/1192 metodo n.7
	Azoto totale	mg/Kg N	54,9	D.M. 11/05/1192 metodo n.19
	Carbonio organico	g/Kg C	9,36	D.M. 11/05/1192 metodo n.15
	Fosforo totale	mg/Kg P	181	D.M. 11/05/1192 metodo n.21
2	pH in sospensione al 10%		8,32	D.M. 11/05/1192 metodo n.7
	Azoto totale	mg/Kg N	50,4	D.M. 11/05/1192 metodo n.19
	Carbonio organico	g/Kg C	9,36	D.M. 11/05/1192 metodo n.15
	Fosforo totale	mg/Kg P	166	D.M. 11/05/1192 metodo n.21
3	pH in sospensione al 10%		8,17	D.M. 11/05/1192 metodo n.7
	Azoto totale	mg/Kg N	71,7	D.M. 11/05/1192 metodo n.19
	Carbonio organico	g/Kg C	9,76	D.M. 11/05/1192 metodo n.15
	Fosforo totale	mg/Kg P	162	D.M. 11/05/1192 metodo n.21
4	pH in sospensione al 10%		8,76	D.M. 11/05/1192 metodo n.7
	Azoto totale	mg/Kg N	268	D.M. 11/05/1192 metodo n.19
	Carbonio organico	g/Kg C	8,24	D.M. 11/05/1192 metodo n.15
	Fosforo totale	mg/Kg P	136	D.M. 11/05/1192 metodo n.21

#### 4.2.4. Torbidità delle acque di scarico

Il Decreto 30 giugno 2004 richiede la valutazione delle caratteristiche qualitative e quantitative del materiale solido in sospensione nei deflussi relativi a due distinte situazioni e precisamente:

- deflussi di morbida che si avrebbero a valle in assenza del serbatoio;
- deflussi di scarico dal serbatoio.

Al riguardo si ritiene opportuno fare subito alcune precisazioni:

- Nel caso in esame, l'area dell'invaso non presenta particolari situazioni che possano indurre variazioni apprezzabili fra i deflussi in arrivo al serbatoio e quelli che si avrebbero a valle "in assenza del serbatoio"; pertanto i deflussi

<sup>1</sup> Tutti i risultati sono riferiti al peso secco del campione

da considerare possono essere equiparati a quelli naturali anche attualmente (con presenza del serbatoio) afferenti al serbatoio stesso.

- Per i deflussi di scarico dal serbatoio, si ritiene opportuno considerare specificamente quelli rilasciati mediante lo scarico di fondo, in quanto quelli sfiorati dagli scarichi di superficie in caso di piena, non hanno alcun interesse per il controllo dell'interrimento, che è la finalità del presente studio.
- La qualità del materiale in sospensione, in ambedue le situazioni sopra indicate, dovrebbe essere accertata con specifica campionatura delle acque affluenti all'invaso e defluenti dallo stesso, così da evidenziare eventuali variazioni rispetto al sedimento accumulato nell'invaso stesso. Ciò potrà essere fatto in fase di monitoraggio di tutte le operazioni programmate nel piano di gestione del serbatoio, come precisato successivamente.

In linea generale tuttavia non vi sono motivi che impediscano l'assimilazione del materiale in sospensione a quello sedimentato nel serbatoio e di cui si è già trattato ampiamente nei paragrafi precedenti, a cui pertanto si rimanda.

- Per quanto riguarda la quantità del materiale solido in sospensione si può parlare di "*torbidità*", in accordo con il Servizio Idrografico Regionale, data in  $\text{Kg/m}^3$ .
- Al riguardo occorre considerare che tale parametro risulta estremamente variabile in quanto dipendente non solo dalla portata di deflusso, ma anche dalle condizioni che determinano tale deflusso, sia per gli eventi naturali (situazione meteorologica e pluviometrica più o meno concentrate), sia per quelli conseguenti a manovre volontarie degli scarichi.

Si ritiene quindi opportuno fare riferimento a due distinti parametri:

- *Torbidità specifica*  $T$  ( $\text{Kg/m}^3$ ) in corrispondenza a una data portata;
- *Torbidità media*  $T_0$  ( $\text{t/Km}^2 \cdot \text{anno}$ ) relativa al trasporto solido complessivo in un anno, relativo a un  $\text{Km}^2$  di bacino sotteso.

Del primo parametro si può parlare sia per i deflussi naturali, che di quelli artificiali per manovra scarichi; del secondo parametro invece si può

ovviamente parlare solo per i deflussi naturali, che si caricano di materiale in sospensione durante la fase di ruscellamento che interessa tutta l'area del bacino tributario.

- Infine va osservato che l'entità del trasporto solido, specialmente per quanto riguarda i deflussi di scarico del serbatoio, può essere precisato con piena attendibilità solo con misure dirette, notevolmente prolungate nel tempo e con portate variabili, data la forte dipendenza sia dall'entità della portata stessa, sia dalla situazione morfologica del deposito sedimentario nelle vicinanze dello scarico e anche delle caratteristiche dello stesso sedimento in relazione a compattezza e capacità coesiva.

Di tutto quanto sopra si è tenuto debito conto nella definizione del piano di monitoraggio, di cui ai capitoli successivi, nel quale la prima fase è mirata proprio alle prove da effettuare in via preliminare per la più precisa determinazione dei parametri, di cui qui si tratta.

Tuttavia, per consentire la stessa programmazione di tali prove, è necessario fissare fin d'ora dei parametri di riferimento, anche se andranno poi confermati ulteriormente ed eventualmente affinati.

In questa fase quindi si è considerato indispensabile fare riferimento a dati indiretti, dedotti da misure effettuate su altri impianti.

In particolare si è fatto riferimento alle seguenti pubblicazioni:

- Annali Idrologici del Servizio Idrografico di Palermo ove sono pubblicati i dati torbiometrici misurati sui corsi d'acqua Siciliani nel periodo 1961÷1976, nel quale sono state effettuate la maggior parte delle misure;
- Monografie di specifiche sperimentazioni e studi, come riportato nella bibliografia di riferimento.

#### 4.2.4.1. Deflussi naturali

Per quanto riguarda la torbidità specifica, data dal rapporto tra il valore della portata torbida e quello della portata liquida, poiché non esistono stazioni torbiometriche ricadenti direttamente all'interno del bacino idrografico sotteso dallo

sbarramento in esame, si è fatto riferimento ai dati inerenti il trasporto torbido riportati dalle stazioni site nelle più prossime vicinanze del bacino in oggetto.

In particolare si è presa in esame la stazione torbiometrica denominata “*Imera Meridionale a Drasi*” (Tab. 4 – Stazione torbiometrica).

Detta stazione ricade all'interno di un bacino ben più ampio rispetto a quello sotteso dallo sbarramento costituito dalla diga ma che comunque contiene quello in esame.

Dall'insieme di tutti i dati di riferimento si può osservare quanto segue:

- Il valore della torbidità specifica risulta notevolmente variabile in funzione della corrispondente portata di deflusso, presentando valori medi mensili, nel periodo di osservazione, variabili nell'intervallo  $0,2 \div 80 \text{ kg/m}^3$ , e valore medio annuo pari a  $9,30 \text{ kg/m}^3$ .
- La correlazione fra torbidità specifica e la corrispondente portata di deflusso (Q), considerata per le singole stazioni, risulta molto labile per il limitato numero di osservazioni. Tale correlazione, sull'insieme di dati osservato, è risultata analoga a quelle recentemente individuate su altri corsi d'acqua italiani sulla base di più estese serie di osservazioni.

Al riguardo si può citare, a puro titolo di esempio, il caso del fiume Reno (Emilia-Romagna), particolarmente significativo per l'analoga tipologia del materiale in sospensione (limo-argilloso), ove è in corso un ampio monitoraggio finalizzato all'individuazione delle caratteristiche, quantitative e qualitative, del trasporto solido naturale (4).

- Si può infine osservare come i valori più frequenti della torbidità specifica risultano compresi nell'intervallo  $0 \div 15 \text{ kg/m}^3$  con valore medio pari circa a  $5 \div 7 \text{ kg/m}^3$  (se si tralasciano i valori di entità trascurabile).

Si può quindi ritenere che la torbidità specifica relativa ai deflussi più normali e ricorrenti possa essere fissata in  $6 \text{ kg/m}^3$ .

Tale parametro ha scarso valore per quanto riguarda l'interrimento verificatosi nel serbatoio, che dipende in misura sostanziale dagli eventi di piena, ma servirà di riferimento per le valutazioni successive.

Per quanto riguarda la torbidità media si è invece fatto diretto riferimento ai dati accertati dal materiale sedimentato nel serbatoio (come già precisati nei paragrafi precedenti) e al deflusso annuo medio afferente al serbatoio stesso, che può essere stimato pari a 10 Mm<sup>3</sup>, sulla base della precipitazione media della zona e di un coefficiente di deflusso 0,85.

In base ai dati di riferimento, si ha quanto segue:

- superficie del bacino sotteso	S= 60 (Km <sup>2</sup> )
- periodo di vita dell'invaso	P= 30 (anni)
- deflusso medio annuo	D= 10 (Mm <sup>3</sup> )
- volume interrimento constatato	V = 750.000 (m <sup>3</sup> )
- volume interrimento medio annuo	V <sub>o</sub> = 25.000 (m <sup>3</sup> *anno)
- peso di volume secco del sedimento	γ <sub>d</sub> = 1,29 (t/m <sup>3</sup> )
- volume interrimento specifico: V <sub>s</sub> =V/(P*S)	V <sub>s</sub> = 417 (m <sup>3</sup> * Km <sup>2</sup> *anno)
- deflusso torbido specifico medio: DT= V <sub>s</sub> * γ <sub>d</sub>	DT= 538 (t*Km <sup>2</sup> *anno)
- torbidità media: T <sub>o</sub> = DT*S/(D*10 <sup>3</sup> )	T <sub>o</sub> = 3,23 (Kg/m <sup>3</sup> )

Si fa presente che il valore della torbidità media, così individuato in 3,23 kg/m<sup>3</sup>, è da considerare certamente in difetto, ma comunque sufficientemente attendibile.

Infatti non tutto il materiale trasportato in sospensione dai deflussi afferenti al serbatoio viene sedimentato nel serbatoio stesso, ma in parte può essere scaricato a valle negli eventi di piena che determinano la tracimazione degli scarichi di superficie.

Tuttavia tale effetto può avere un'influenza alquanto limitata sull'interrimento sia perché gli eventi di piena determinanti tracimazione hanno frequenza bassa nella vita media di un vaso, sia perché le acque di tracimazione sono quelle a torbidità più ridotta.

È comunque opportuno, considerando il fatto che l'invaso in oggetto non ha mai sfiorato, convalidare il valore di torbidità così trovato, con riferimenti ad altri parametri sperimentali.

Al riguardo si può precisare quanto segue:

- Il volume d'interrimento specifico  $V_s = 417 \text{ m}^3/\text{km}^2\cdot\text{anno}$  risulta ben compreso nei valori misurati in diversi laghi artificiali della Sicilia.

Al riguardo si può far riscontro ai valori verificati nei seguenti laghi:

- Lago Rubino sul torrente Fastaia:	185 ( $\text{m}^3/\text{km}^2\cdot\text{anno}$ )
- Lago Butera sul torrente Comunelli:	1500 ( $\text{m}^3/\text{km}^2\cdot\text{anno}$ )
- Lago Nicoletti sul torrente Borretta:	306 ( $\text{m}^3/\text{km}^2\cdot\text{anno}$ )
- Lago Ancipa sul torrente Troina:	511 ( $\text{m}^3/\text{km}^2\cdot\text{anno}$ )
- Lago Gela sul fiume omonimo:	2050 ( $\text{m}^3/\text{km}^2\cdot\text{anno}$ )

Tali valori sono dedotti dai dati riportati nelle memorie (1) e (2), a parte quelli del Lago Butera, il cui interrimento è stato valutato direttamente, sapendo che al momento attuale ha raggiunto la quota 84,00 m s.l.m, riempiendo l'invaso quasi completamente.

- Il conseguente valore del deflusso torbido annuo  $DT = 538 \text{ t}/\text{km}^2\cdot\text{anno}$  risulta anch'esso ben compreso nei valori registrati dalle stazioni torbiometriche della Sicilia.

#### 4.2.4.2. Deflussi di scarico

I valori torbiometrici precedentemente individuati per il deflussi naturali, hanno scarso significato per quanto riguarda i deflussi che si verificano con l'apertura degli organi di scarico profondo in quanto le due situazioni di deflusso risultano sostanzialmente diverse, come più volte evidenziato.

Va, ancora, evidenziato che il processo di asportazione e accumulo in sospensione del materiale solido si attua nei due casi, rispettivamente per deflussi naturali e deflussi di scarico, con meccanismi ben distinti e differenziati.

Per i deflussi naturali tale processo si verifica per ruscellamento delle acque piovane sui terreni in genere poco acclivi, con erosione estesa ma di entità relativamente modesta (in genere pari a qualche decimo di millimetro).

Per i deflussi conseguenti ad apertura dello scarico di fondo le condizioni di asportazione del deposito sedimentario presente nell'invaso si presentano sostanzialmente diverse e in genere caratterizzate dai seguenti fattori:

1. deflusso forzato, a velocità consistenti, per la presenza di un battente idrico nell'invaso di entità notevole e talvolta molto elevata;
2. formazione, in corrispondenza all'imbocco dello scarico, di un imbuto di richiamo inciso nel deposito sedimentario con pareti al limite di equilibrio del materiale interessato.

In tali condizioni pertanto il trasporto solido può assumere valori molto più consistenti, ma difficilmente verificabili senza prove dirette.

Il fenomeno di asportazione del materiale di fondo può risultare anche più complesso se il materiale stesso presenta un consistente consolidamento e una resistenza per coesione, resa possibile dalla presenza di una significativa frazione argillosa.

In questo caso l'asportazione del materiale sedimentario da parte delle acque di scarico non avviene solo per graduale erosione, ma anche per distacco di intere lame di sedimento, causato da squilibrio delle pressioni neutre; pertanto si alternano fasi a trasporto solido molto limitate ad altre con trasporto molto più intenso, con andamento quasi pulsante.

Data la complessità del fenomeno, per un'attendibile valutazione della torbidità sarà assolutamente necessario eseguire, come già precedentemente accennato, prove specifiche nella situazione reale del deposito sedimentario e con le portate che s'intende adottare per le operazioni di rilascio a valle.

Tali prove per altro richiedono una preventiva programmazione e specifiche autorizzazioni da parte degli Organi Competenti e pertanto sono state previste in una specifica fase nel piano di monitoraggio, di cui ai successivi capitoli.

Per un'indicazione preliminare, comunque necessaria per articolare correttamente la prevista sperimentazione, *si* è quindi fatto riferimento a casi reali, ove il materiale di sedimentazione presenta tipologia limo-argillosa, abbastanza vicina a quella del materiale presente nell'invaso allo studio.

I casi di riferimento sono quelli delle seguenti dighe:

- Diga di Pontecosi sul fiume Serchio, ove è stato *accuratamente* monitorato tutto il processo di sfangamento, mediante svaso e rilascio a valle (periodo 1999÷2001);
- Diga Mignano sul fiume Arda, ove è stata monitorata una fase di scarico con funzione di sfangamento (periodo 2000).

Dai dati raccolti in tali processi di sfangamento, adeguatamente monitorati, come riportati nelle pubblicazioni di riferimento, si possono desumere le indicazioni sotto riportate, che hanno un reale carattere sperimentale.

### Pontecosi

La torbidità media nell'intero periodo di sfangamento, valutata come rapporto volumetrico fra l'entità del materiale d'interrimento (come presente in sito) e l'entità del deflusso scaricato, è risultata pari al 2%.

Tale torbidità in termini ponderali risulta all'incirca pari a <sup>2)</sup>:

$$T_s = 20 \text{ kg/m}^3$$

### Mignano

Durante il processo sperimentale di sfangamento la torbidità specifica è variata notevolmente, con valori massimi registrati di  $80 \text{ kg/m}^3$  e valori medi normalmente compresi nell'intervallo  $10\div30 \text{ kg/m}^3$ .

Si può quindi ritenere che anche in questo caso la torbidità delle acque di spurgo indichi un valore medio:

$$T_s = 20 \text{ kg/m}^3$$

In base al complesso dei riferimenti evidenziati nel presente paragrafo, si può in conclusione ritenere che la torbidità specifica, propria delle acque rilasciate dallo

---

<sup>2</sup> Assunto per il materiale sedimentario in sito un peso secco  $\gamma_d = 1,10 \text{ (t/m}^3\text{)}$ , come nel caso in esame, si può valutare che, per l'asportazione di  $1,00 \text{ m}^3$  di materiale in sito, si sia reso necessario lo scarico di un volume idrico pari a  $1,00/2\% = 50 \text{ m}^3$ ; pertanto il peso del materiale solido contenuto in  $1,00 \text{ m}^3$  di acqua scaricata risulta pari a  $1100 \text{ kg} / 50 \text{ m}^3 = 22 \text{ kg/m}^3$  e in c.t. =  $20 \text{ kg/m}^3$

scarico di fondo, risulti variabile nell'intervallo 5÷20 kg/m<sup>3</sup>, con valore medio di 12,50 kg/m<sup>3</sup>.

Pertanto, ai fini delle successive determinazioni, per la torbidità specifica delle acque di spurgo si è fissato cautelativamente un valore medio pari a:

$$T_s = 12 \text{ kg/m}^3$$

Si fa anche presente che concentrazioni di materiale solido in sospensione dell'ordine sopra prefissato, normalmente non gravano eccessivamente sull'ecosistema del corso d'acqua recettore, se non mantenute per periodi molto prolungati.

Ciò tuttavia dovrà essere accuratamente accertato per lo specifico caso esaminato nella fase di monitoraggio delle operazioni di sfangamento di cui ai successivi capitoli.

#### 4.2.4.3. Caratteristiche della fauna ittica

Per la richiesta caratterizzazione della fauna ittica presente nell'alveo a valle diga e nelle acque dello stesso invaso, è stata fatta una specifica indagine generale e locale da cui è risultato quanto segue.

Il tratto di asta fluviale preso in esame è quello che si estende per circa 15 km a valle della diga.

In tale tratto i depositi alluvionali di tipo grossolano, ghiaia e blocchi in prevalenza, si estendono fino a coprire anche l'alveo e le sponde del fiume.

Questo particolare ambiente caratterizzato da acque poco chiare, fondale prevalentemente roccioso, modesta vegetazione fluviale, favorisce certamente lo sviluppo di una fauna ittica di tipo fluvio-lacustre, determinata dalla presenza della carpa, dell'anguilla e del pesce persico.

Qui di seguito vengono descritti i principali caratteri delle specie ittiche presenti nell'habitat.

#### Carpa

La carpa appartiene alla famiglia dei *Ciprinidi*, classificata col nome scientifico di *Ciprinus carpio*.

Diffusa nelle acque del fiume, rappresenta un pesce rustico, molto longevo, potendo raggiungere in alcuni ambienti anche l'età di 30 anni.

Alcuni esemplari possono raggiungere dimensioni di parecchi decimetri (la taglia massima è di metri 1,3) e il peso di alcuni chilogrammi.

Per quanto riguarda l'habitat, essendo una specie sedimentaria di tipo bentonico, vive in acqua calma, nelle pozze più depresse dell'alveo, tra la vegetazione del fondo.

Il range ottimale di temperatura delle acque resta compreso fra i 15÷30°

Le femmine depongono uova in quantità che oscillano fra 150.000 e 200.000 uova/kg di peso.

Il ciclo riproduttivo si verifica nel trimestre maggio-luglio.

Per quanto riguarda le abitudini alimentari, può considerarsi un pesce onnivoro, in grado di cibarsi di piante acquatiche, di detriti, ma soprattutto di insetti, vermi e molluschi.

Specie euriterma, è resistente agli sbalzi di temperatura.

Specie auriolina, è resistente alle variazioni di salinità delle acque.

È un pesce introdotto nell'ambiente in cui vive ed ha interesse quale preda nella pesca sportiva. Nell'ambito della piscicoltura è un pesce adatto al ripopolamento ed allevato può essere destinato al consumo.

### Anguilla

L'anguilla appartiene alla famiglia degli *Anguillidi*, classificata col nome scientifico di *Anguilla anguilla*.

È un pesce ad ampia valenza ecologica; in condizioni di scarsa concentrazione di ossigeno è in grado di assorbirlo anche attraverso la pelle per respirazione cutanea.

L'areale riproduttivo dell'anguilla europea sarebbe localizzato, secondo lo studioso danese Schmidt, nel mar dei Sargassi; tuttavia non sembra escluso un areale riproduttivo nel Mediterraneo. Pertanto essa appartiene alle specie migratrici sia di tipo anadromico, sia di tipo catadromico, e il processo riproduttivo avviene fuori zona.

In generale alcuni esemplari possono raggiungere la massima dimensione di m 1,5 e il peso fino a 10 kg.

Per quanto riguarda l'habitat, inoltre, l'anguilla è una specie bentonica che vive nei corsi d'acqua sul fondo.

Il range ottimale di temperatura delle acque resta compreso fra 5÷25°.

Le femmine depongono fino a 5.000.000 di uova a profondità anche elevate (1.000 m).

Le larve, chiamate leptocefali, compiono una migrazione inversa a quella dei genitori andando a colonizzare le acque dei fiumi.

Per quanto riguarda le abitudini alimentari, può considerarsi un pesce onnivoro, in grado di cibarsi di plancton, di erbe acquatiche, di detriti.

Sul piano sportivo non desta particolare interesse.

### Pesce persico

Il pesce persico appartiene alla famiglia dei *Percidi* e viene classificata col nome scientifico di *Perca fluviatilis*.

Questa specie, dapprima diffusa nelle regioni settentrionali italiane, venne successivamente introdotta con buoni risultati anche nelle regioni meridionali e nelle isole. In ambienti non inquinanti vive anche in Sicilia nei maggiori corsi d'acqua.

Il pesce persico raggiunge una taglia di circa 50 cm ed il suo peso può arrivare a kg 3,5.

Appartiene ad una specie sedimentaria che si diffonde in acque calme dei fiumi.

Il range ottimale di temperatura delle acque in cui vive oscilla, in genere, fra i 10÷20°.

La femmina depone circa 100.000 uova/kg di peso in lunghi nastri gelatinosi che aderiscono alla vegetazione sommersa.

Il ciclo riproduttivo resta compreso nel quadrimestre marzo-giugno.

Per quanto riguarda le abitudini alimentari, il pesce persico, può considerarsi una specie ittiofaga, in grado di cibarsi di altri pesci.

È una specie euriterma, in grado di sopportare variazioni di temperatura delle acque.

Dal punto di vista ecologico, la specie tende a rarefarsi.

Rilevante è l'interesse anche nell'ambito della pesca sportiva. Sul mercato rappresenta una specie d'interesse commerciale.

### 4.3. Definizione delle caratteristiche generali dell'invaso

#### 4.3.1. Acque d'invaso

La definizione di stato di qualità ambientale dell'invaso è stata fatta sulla base dei criteri indicati dal D.Lgs. 03 aprile 2006 n°152 "Norme in materia ambientale" che fonda tale definizione sulle analisi chimiche delle acque interessate.

In particolare tale normativa fornisce due griglie di classificazione, rispettivamente per lo *stato ecologico* e per lo *stato ambientale* (tabelle 11 e 12 della legge citata), che vengono riportate di seguito.

**Tab. 11 - Stato ecologico dei laghi**

PARAMETRO	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4	CLASSE 5
Trasparenza (m) (valore minimo annuo)	> 5	≤ 5	≤ 2	≤ 1,5	≤ 1
Ossigeno ipolimnico (% di saturazione) Valore minimo annuo misurato nel periodo di massima stratificazione)	> 80%	≤ 80%	≤ 60%	≤ 40%	≤ 20%
Clorofilla "a" (µg/L) (valore massimo annuo)	< 3	≤ 6	≤ 10	≤ 25	> 25
Fosforo totale P (µg/L) (valore massimo annuo)	< 10	≤ 25	≤ 50	≤ 100	> 100

**Tab. 12 - Stato ambientale dei laghi**

Concentrazione inquinanti	Stato ecologico				
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
<= valore soglia	ELEVATO	BUONO	SUFFICIENTE	SCADENTE	PESSIMO
> valore soglia	SCADENTE	SCADENTE	SCADENTE	SCADENTE	PESSIMO

Dalle analisi all'uopo eseguite, è risultato quanto segue:

- macrodescrittori relativi alla classificazione ecologica

PARAMETRO	U. di M.	da	a	CLASSE
Trasparenza	m	0,9	1,6	5
Ossigeno ipolimnio	%	8,7	88,3	3
Clorofilla "a"	µg/l	1,33	1,16	1
Fosforo totale	µg/l	62,3	<10	3

- inquinanti

tutti i valori sono risultati sempre inferiori al valore di soglia.

In base ai risultati dei parametri che influenzano l'attribuzione dello stato ecologico, può essere attribuita la Classe 3.

Dato poi che gli inquinanti sono risultati sempre sotto soglia, la griglia di tabella 12 indica che il lago in esame può essere classificato a stato ambientale sufficiente.

#### 4.3.2. Materiale di sedimentazione

##### 4.3.2.1. Caratteristiche volumetriche

In base ai risultati ottenuti con i rilievi batimetrici e alle elaborazioni su di essi eseguite, possono essere fornite le seguenti indicazioni:

- Volume del materiale sedimentato nell'invaso: 750.000 (m<sup>3</sup>)
- Volume medio annuo materiale sedimentato : 25.000 (m<sup>3</sup>\*anno)
- Volume specifico annuo del materiale sedimentato: 417(m<sup>3</sup>\* Km<sup>2</sup>\*anno)
- Deflusso torbido specifico medio annuo: 538 (t\*Km<sup>2</sup>\*anno)
- Torbidità media: 3,23 (Kg/m<sup>3</sup>)

#### 4.3.2.2. Caratteristiche fisico-chimiche

Dalle analisi eseguite è risultato quanto segue:

- **Caratteristiche fisiche**

Il materiale dal punto di vista granulometrico è classificabile come: argillo-sabbioso.

Le percentuali dei rispettivi componenti sono risultate mediamente:

Sabbia	Limo	Argilla
34,6%	18,8%	46,7%

Il peso di volume allo stato naturale e il relativo contenuto d'acqua sono risultati mediamente:

$$\gamma = 1,81 \text{ t/m}^3$$

$$W = 43 \%$$

Il peso secco e il peso specifico dei grani sono risultati mediamente:

$$\gamma_d = 1,29 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_s = 2,69 \text{ t/m}^3$$

Pertanto risulta:

- porosità:  $n = (\gamma_s - \gamma_d) / \gamma_s = 0,52$

- Indice dei vuoti:  $e = n / (1 - n) = 1,08$

- **Caratteristiche chimiche**

In base ai risultati delle analisi chimiche è stato possibile eseguire una significativa caratterizzazione pedoagronomica.

E' risultato che il materiale di sedimentazione è dotato di un discreto potenziale agronomico e può trovare impiego sia per ammendamento di terreni agrari particolarmente deficitari o anche direttamente per colture di tipo seminativo, arboreo o boschivo.

- **Inquinanti**

Le analisi sugli inquinanti hanno indicato che il materiale di sedimentazione può essere considerato privo di elementi inquinanti, in misura significativa per l'uso agricolo previsto nel presente progetto.

- **Possibilità d'impiego**

Date le caratteristiche pedoagronomiche riscontrate e l'assenza di inquinanti, le possibilità di reimpiego del materiale d'interrimento dell'invaso riguardano principalmente i seguenti settori:

- ammendamento di terreni agricoli, per migliorare o equilibrare le caratteristiche pedoagronomiche dei terreni stessi;
- riqualificazione ambientale di zone morfologicamente dissestate o comunque alterate rispetto alla conformazione naturale dei terreni limitrofi, per una definitiva sistemazione a verde.

#### 4.3.2.3. Informazioni complementari

In base alle caratteristiche del materiale sedimentario, come sopra precisate, possono essere dedotte ulteriori informazioni, specificatamente richieste dal D.M. 30 giugno 2004.

- **Provenienza del materiale solido di sedimentazione**

Il materiale d'interrimento di un lago è normalmente prodotto dal dilavamento superficiale delle particelle più fini dei terreni del bacino imbrifero sotteso dal lago stesso.

Generalmente il materiale sedimentario risulta di caratteristiche fisiche e pedoagronomiche anche notevolmente diverse dal materiale d'origine, in quanto varia la composizione granulometrica e ancora più sostanzialmente il suo profilo stratigrafico, nel senso che da suoli poco evoluti, costituiti sostanzialmente dal substrato pedogenetico con scarso ricoprimento terroso, possono derivare orizzonti sedimentari di notevole spessore.

Esso tuttavia mantiene in genere le caratteristiche chimiche del materiale d'origine, in quanto non vi è sostanziale variazione degli elementi costitutivi, ma eventualmente solo arricchimento o impoverimento di alcuni elementi.

La provenienza e le caratteristiche generali del sedimento sono quindi in generale ben note, ma le analisi eseguite sui sedimenti possono evidenziare l'eventuale presenza di fattori particolari, sia fisici, come dissesti o frane, sia chimici, come apporto di inquinanti, che possono alterare sia l'entità sia le caratteristiche del sedimento stesso.

Per individuare questi fattori di disturbo nel normale processo di dilavamento del suolo, si è anzitutto analizzata la situazione generale del bacino sotteso.

Tenuto conto delle proprietà generali di detto bacino si può ritenere che le caratteristiche del sedimento, come evidenziato dalle analisi eseguite, portano ad escludere fattori anomali circa la provenienza del sedimento stesso.

Tali caratteristiche infatti denotano nel complesso: un trasporto solido di entità non eccessiva e una notevole omogeneità delle proprietà fisiche e chimiche, tutti aspetti in concordanza con le proprietà dei terreni del

bacino imbrifero.

Si può quindi concludere che il materiale d'interrimento del serbatoio proviene direttamente dal bacino di monte, in assenza di fattori anomali che possono influire sul processo del normale dilavamento.

- **Erodibilità del bacino imbrifero**

In base all'estensione del bacino imbrifero e alla quantità del volume annuo d'interrimento il volume d'interrimento specifico è risultato pari a  $417 \text{ m}^3 \cdot \text{Km}^2 \cdot \text{anno}$ ; pertanto si può valutare l'erodibilità media del bacino in circa 0,33 mm, considerando un rapporto di trasformazione fra terreno in posto e terreno sedimentato pari a 1,33 per il diverso addensamento del terreno stesso nelle due diverse situazioni<sup>3</sup>.

- **Influenza di attività antropiche**

La riscontrata assenza di inquinanti in misura anomala, fa escludere qualsiasi attività antropica che determini inquinamento. Resta evidentemente l'attività agraria, che specialmente con l'aratura concorre a favorire l'erosione del terreno.

Mancano comunque tracce apprezzabili di pesticidi.

- **Elenco comuni rivieraschi**

I comuni rivieraschi interessati, disposti a valle dello sbarramento fino alla confluenza con il Fiume Imera Meridionale, nonché quelli confinanti con l'invaso risultano dal seguente elenco:

- Comune di Piazza Armerina;
- Comune di Barrafranca;

---

<sup>3</sup> Peso secco dell'unità di volume pari a  $1,29 \text{ t/m}^3$  per il materiale sedimentario dell'invaso e pari a  $1,72 \text{ t/m}^3$  per il terreno naturale in sito. Si ha infatti:  $\gamma_s = \gamma / (1 + w)$ , con  $\gamma = 2,08 \text{ t/m}^3$  (valore medio presumibile) e  $w = 0,21$

- Comune di Mazzarino;
- Comune di Pietraperzia;
- Comune di Riesi.

#### **4.4. Programma di gestione per il ripristino della capacità d'invaso**

##### **4.4.1. Generalità**

Il comma 1 dell'art. 3 del D.M. 30 giugno 2004 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio prevede che per il razionale controllo della capacità d'invaso, sia messo a punto un piano previsionale *“per assicurare il mantenimento e il graduale ripristino della capacità utile, propria dell'invaso, e per garantire prioritariamente in ogni tempo il funzionamento degli organi di scarico e di presa”*.

La finalità di garantire la funzionalità degli scarichi, indipendentemente dalla necessità e dalle modalità dell'eventuale intervento di sfangamento è inoltre ribadita anche allo stesso art. 3 – comma 5.

Al riguardo si fa presente che, data la particolare situazione dell'interrimento in atto e la reperibilità di adeguate zone di dislocazione del materiale eventualmente asportato, come successivamente precisato, sarebbe tecnicamente possibile un vasto intervento di sfangamento inteso sia al recupero della capacità utile dell'invaso, sia al ripristino della piena funzionalità dello scarico di fondo.

Va però precisato che il recupero integrale della capacità utile d'invaso, in base al programma di utilizzo della risorsa idrica, può considerarsi un interesse di pertinenza del Gestore, in funzione della valutazione sul rapporto costi/benefici.

Di contro il ripristino della piena funzionalità dello scarico di fondo rappresenta un'esigenza prioritaria che, per ragioni di sicurezza dello stesso impianto e delle zone poste a valle della diga, necessita di un intervento volto a ripristinare la totale efficienza.

Per quanto esposto sopra si ritiene in questa sede di proporre un intervento di sfangamento limitato al volume necessario e sufficiente per consentire sia le operazioni d'ispezione ed eventuale riparazione del manto di tenuta della diga, sia di effettuare dei lavori di sovralzo dell'imbocco dello scarico di fondo, rimandando

a tempi successivi eventuali sfangamenti di più vaste proporzioni, tesi a consentire il recupero integrale dell'invaso in modo graduale, come concretamente previsto dalla normativa.

Va inoltre precisato che l'intervento proposto dovrà comunque essere integrato da interventi di spurgo atti ad assicurare il mantenimento della capacità utile recuperata e il funzionamento nel tempo dello scarico di fondo.

Pertanto gli interventi proposti risultano distinti in due tipologie:

1. intervento di sfangamento per recupero parziale della capacità d'invaso e per assicurare la funzionalità immediata dello scarico di fondo;
2. intervento di spurgo per mantenimento capacità d'invaso e per assicurare nel tempo la permanente funzionalità dello stesso scarico di fondo.

Il primo tipo d'intervento viene trattato nel presente capitolo, mentre il secondo tipo verrà trattato distintamente nel capitolo successivo.

#### 4.4.2. Sfangamento

##### 4.4.2.1. Quantità dei fanghi da asportare

Come già precedentemente chiarito, la finalità dello sfangamento previsto in questa fase non è quella di recuperare capacità d'invaso, bensì quella di liberare dai fanghi il manto di tenuta della diga fino al cunicolo di piede, con ciglio alla quota 409,00 m s.l.m., così da consentire un'ispezione del manto e la sua eventuale riparazione, e la zona circostante all'imbocco dello scarico di fondo, per consentire i lavori di modifica.

Di conseguenza risulta conveniente ridurre l'entità del materiale da asportare allo stretto necessario allo scopo.

È chiaro d'altronde che non è possibile operare in modo strettamente circoscritto alle zone d'interesse, in quanto la fluidità del fango non consente di realizzare fronti a pendenza consistente.

Va inoltre evidenziato che lo scavo generale, in tutta la zona antistante la diga potrebbe al limite essere approfondito solo fino a quota 416,00 m s.l.m.; quota

corrispondente sia al ciglio dell'avandiga esistente a monte del piede manto diga, sia al pianoro in cui risulta inserita l'opera d'imbocco dello scarico di fondo.

Tuttavia, con una tale situazione di scavo, risulterebbe molto complessa e onerosa la realizzazione di un'adeguata deviazione provvisoria dei deflussi naturali, che si ritiene necessario realizzare per una sufficiente sicurezza dei cantieri di lavoro localizzati all'interno del serbatoio.

Per consentire il deflusso delle acque afferenti all'invaso e assicurare un minimo franco di sicurezza, sarebbe infatti necessario realizzare attorno ai citati cantieri di lavoro delle ture provvisionali di altezza non inferiore ai 2,00, rispetto al fondo scavo alla 416,00 m s.l.m.

Da analisi preliminari si è potuto evidenziare che tali opere assumerebbero una notevole consistenza, e di conseguenza impegnerebbero un tempo di lavorazione troppo lungo per essere concentrato nel breve periodo estivo nel quale s'intende eseguire tutti i lavori che richiedono il serbatoio vuoto.

Un abbassamento del piano generale di scavo alla quota 414,00 m s.l.m. eliminerebbe questi inconvenienti, consentendo il funzionamento corretto della deviazione provvisoria senza ulteriori aggravii di opere provvisionali ai cantieri di lavoro.

Pertanto si è prevista la seguente modalità di scavo:

- scavo generale limitato alla quota 414,00 m s.l.m., esteso a tutta la zona antistante la diga fino circa 20 m a monte dell'esistente opera d'imbocco dello scarico di fondo;
- raccordo verso monte al piano generale d'interrimento a quota 422,00 m s.l.m., con livelletta a pendenza 0,10 che può considerarsi, con notevole cautela, la pendenza d'equilibrio dei fanghi sommersi;
- approfondimento alla quota 409,00 m s.l.m. strettamente limitato alla zona antistante il manto di tenuta della diga, che risulta separata dall'invaso a monte, e quindi dai relativi sedimenti, per la presenza del rilevato avandiga, con ciglio a quota 416,00 m s.l.m.

Per quanto riguarda la valutazione del volume complessivo di scavo, si fa presente quanto segue.

Le indicazioni grafiche degli scavi sono state definite considerando il livello

attuale d'interrimento che è stato assunto pari a quota 422,00 m s.l.m.

Tuttavia, al fine di tener conto dell'interrimento che potrà verificarsi nel periodo intercorrente fra la data del presente piano e quello di esecuzione dei lavori di sfangamento, la valutazione del volume complessivo dei fanghi da asportare è stata fatta considerando il livello d'interrimento incrementato di 1,00 m e quindi alla quota 423,00 m s.l.m.

Tale cautela è sembrata indispensabile dopo gli eventi di piena dell'autunno 2003, in corrispondenza ai quali il livello d'interrimento accertato è aumentato di circa 0,50 m nell'area immediatamente a monte diga, con un apporto che si può stimare in circa 30.000 m<sup>3</sup>.

La valutazione del volume dello scavo, come sopra definito, è riportata nella tabella seguente da cui risulta che il volume complessivo di scavo assomma a 475.000 m<sup>3</sup> di cui 410.000 relativo all'interrimento attuale e 65.000, previsti per interrimento futuro.

## VALUTAZIONE VOLUMI SFANGAMENTO

- **Zona antistante avandiga, con scavo generale a quota 414,00 m s.l.m.**  
( valutazione per sezioni orizzontali )

Quota (m s.m.)	Area (m <sup>2</sup> )	Volumi (m <sup>3</sup> )	Volumi progressivi
414,00	12.027		0
416,00	18.131	29.950	29.950
416,00	36.882	0	29.950
418,00	42.669	79.481	109.431
420,00	48.537	91.143	200.574
421,00	52.000	50.259	250.832
422,00	54.526	53.258	304.090
423,00	56.818	55.668	359.758

e in c.t. 360.000 360.000

- **Zona valloni Olivo e Bonifacci, con scavo generale variabile fra quote 414,00 e 423,00 m s.l.m.**  
( valutazione per sezioni verticali )

### - Vallone Olivo

area sezione di massima altezza (m<sup>2</sup>) : A = 1.004,49  
 sviluppo livelletta di raccordo da quota 421,00 a quota 421,00 (m) : L = 90,00  
 volume complessivo (m<sup>3</sup>) :  $V = 1/2 \cdot A \cdot L = 45.202$   
 e in c.t. 45.000 45.000

### - Vallone Bonifacci

area sezione di massima altezza (m<sup>2</sup>) : A = 554,06  
 sviluppo livelletta di raccordo da quota 421,00 a quota 421,00 (m) : L = 70,00  
 volume complessivo (m<sup>3</sup>) :  $V = 1/2 \cdot A \cdot L = 19.392$   
 e in c.t. 20.000 20.000

- **Zona fra manto diga e avandiga, con scavo incassato fino a quota 409,00 m s.l.m.**  
( valutazione per sezioni verticali )

area sezione a quota 409 (m<sup>2</sup>) : A1= 2.583  
 area sezione a quota 416 (m<sup>2</sup>) : A2= 12.116  
 altezza zona incassata (m) : H = 7,00  
 volume complessivo (m<sup>3</sup>) :  $V = 1/2 \cdot (A1 + A2 + (A1 \cdot A2)^{0.50}) \cdot H = 47.351$   
 e in c.t. 50.000 50.000

volume complessivo 475.000 475.000

#### 4.4.2.2. Caratteristiche attrezzatura e modalità operative

Per la realizzazione dello scavo di sfangamento del serbatoio si prevede un impianto costituito sostanzialmente da una draga montata su apposito natante, che opera nel serbatoio per l'asportazione dei fanghi e il loro sollevamento fino a coronamento diga, e da una condotta in parte galleggiante e in parte fissa, per l'adduzione della miscela asportata fino alla zona ove sono situate le casse di colmata per la chiarificazione e l'essiccamento del materiale asportato.

Tale zona è situata circa 2 km a valle diga.

L'impianto che s'intende adottare, è del tipo pneumatico o equivalente, per portata di 1.000 m<sup>3</sup>/h.

Tale tipo d'impianto consente di asportare i fanghi mediante sollevamento di una miscela acquosa ad alta concentrazione di materiale in sito (60 ÷ 80%). Nel presente caso si prevede cautelativamente una concentrazione del 33%, tenuto conto che si potranno incontrare livelli di consistente compattezza.

L'operatività della draga è assicurata normalmente per pescaggio minimo di 5,00 m (tirante del pelo libero rispetto al livello del materiale da asportare), ma con utilizzo di apparecchiature speciali, costituite da pompe a vuoto, è possibile ridurre tale valore fino a 2,00 m.

La draga, mediante tubazione parte galleggiante e parte fissa, realizzerà anche il vettoraggio della miscela asportata fino a una tramoggia disposta a coronamento diga, sito a quota 454,50 m s.l.m.; il successivo vettoraggio fino alle casse di colmata sarà realizzato per gravità mediante tubazione fissa.

L'impianto nel suo complesso comprende le seguenti componenti.

- Il pontone draga, è previsto con le seguenti dimensioni: lunghezza 35÷40 m, larghezza 12,00 m, altezza 2,00 m circa.

Esso sarà formato da elementi smontabili e potrà ospitare tutte le attrezzature previste, oltre la cabina di comando centralizzata come indicato successivamente.

Per la movimentazione del gruppo pompa è previsto l'utilizzo di un braccio rigido con giunto snodato, a cui sono agganciate due tubazioni per aria compressa, la tubazione di mandata e l'apparecchiatura per il comando oleodinamico del distributore sommerso.

- Il gruppo pompa, a funzionamento pneumatico, è costituito da tre cilindri con diametro di 1,50 m e altezza di 2,00 m circa, fra loro saldamente collegati a stella, privi di meccanismi rotanti e muniti solo di due valvole rispettivamente d'ingresso e di mandata, realizzate in gomma antiabrasiva e acciaio inox, e di tubazioni di collegamento.

Il ciclo di lavoro delle pompe può essere distinto in tre fasi.

Nella prima fase un singolo cilindro viene riempito dal materiale da asportare per mezzo della pressione idrostatica esistente a fondo invaso. Quando il cilindro è riempito la valvola d'ingresso si chiude automaticamente per il proprio peso.

Nella seconda fase viene immessa nel cilindro pieno aria compressa, fornita da compressore situato sul pontone, che spinge il materiale a uscire dalla valvola di mandata e rifluire, mediante apposita tubazione, fino al punto di recapito prefissato.

Nella terza fase, a cilindro vuoto, viene scaricata l'aria compressa, mediante comando dell'apposito distributore, e il cilindro risulta pronto per un nuovo riempimento.

Al fine di ottenere una portata continua e uniforme, il distributore agisce alternativamente sui tre cilindri, operando normalmente da uno a tre cicli al minuto.

La pompa qui considerata lavora pertanto come una pompa a pistoni, ove l'elemento spingente è costituito solo dall'aria compressa, con eliminazione di ogni altro meccanismo in movimento.

Il gruppo pompa è collegato al gruppo distributore di tipo sommerso, a funzionamento oleodinamico, composto di centralina con motore elettrico, pannello di controllo posizionato a bordo del pontone, distributore a valvola applicato sul gruppo pompa e tubazioni flessibili di gomma per il collegamento al distributore sommerso. Tale gruppo ha la funzione di regolare l'ingresso e lo scarico dell'aria compressa ad ogni ciclo e di assicurare la continuità e uniformità della portata.

In relazione alla profondità dell'invaso e allo spessore e compattezza dei fanghi, il gruppo pompa potrà essere corredato da una serie di tre tubi

pescanti verticali, collegati alle valvole d'ingresso dei tre cilindri, oppure da una serie di pale singole convogliatrici, sempre collegate alle valvole d'ingresso.

Il gruppo pompa è sospeso a un braccio rigido, montato sul pontone, e sollevato da un argano mediante cavo flessibile.

Con attrezzatura delle pompe con tubi pescanti, il dragaggio viene iniziato abbassando il gruppo pompa fino a che i tre tubi d'ingresso vengono a contatto con il fondale. Mantenendo allentato il cavo di sostegno, i tubi d'ingresso risultano affondati nel materiale da dragare. In tal modo, non appena il distributore consente lo scarico dell'aria compressa da uno dei cilindri, si verifica un immediato rifluimento del materiale attraverso il tubo d'ingresso, a causa della pressione idrostatica esterna, e il graduale riempimento del cilindro (sistema di dragaggio a buche).

Per ottenere la massima concentrazione di solido in acqua di modeste profondità, dove la pressione idrostatica è bassa, oppure con fondali compatti, è necessario facilitare l'ingresso del materiale nella pompa.

Ciò può essere ottenuto attrezzando il gruppo pompa con pale convogliatrici e trainando la pompa stessa in modo da forzare le pale contro il materiale compatto in modo da costringerlo a penetrare, attraverso la pala, nel cilindro della pompa. Questo metodo di scavo (sistema di dragaggio a traino) consente di dragare con grande precisione anche strati sottili di sedimento depositato su fondali di pietrame o di calcestruzzo, per ottenere una perfetta azione di ripulitura.

Questo sistema pertanto dovrà essere utilizzato per il dragaggio in vicinanza delle opere esistenti, costituite sia dal manto diga, sia dall'opera d'imbocco dello scarico di fondo e dal rivestimento dell'originario canale di deviazione provvisoria, che adduce all'opera stessa.

- I gruppi motocompressori, per la produzione dell'aria compressa richiesta per il funzionamento delle pompe e per il trasporto del materiale, sono disposti a bordo del pontone. In relazione alle esigenze della lavorazione

prevista, si prevede l'installazione di n°4 motocompressori da 325 kW, per una complessiva potenza installata di 1.300 kW, con una portata complessiva d'assorbimento d'aria libera di 160.000 l/minuto'.

- La tubazione di mandata, per collegamento della draga al coronamento diga, che é il punto più elevato del tracciato verso le vasche di colmata a valle è prevista del tipo PE.a.d. – PN 6 con diametro esterno 450 mm. Essa risulta costituita da una prima tratta galleggiante della lunghezza di 416 m, adeguatamente sostenuta da dispositivi di galleggiamento, per il servizio della draga nell'area serbatoio, e da una seconda tratta fissa della lunghezza di 231 m, che risale la spalla destra della diga fino a coronamento a quota 454,50 m s.l.m., ove scaricherà la miscela dragata in apposita tramoggia.

Da tale tramoggia è prevista la partenza della tubazione di vettoraggio alle casse di colmata, che funzionerà a caduta naturale, dato il notevole dislivello geodetico disponibile (circa 65 m) fra quota coronamento diga e livello massimo delle casse di colmata pari a 390,00 m s.l.m. circa.

Per una viscosità dei fanghi alla concentrazione massima del 50% pari a 25 cp, le perdite di carico, in relazione alle caratteristiche della tubazione sotto precisate, possono infatti essere valutate in circa 40 m ( $i = 20,25 \text{ m/km}^4$ ), e quindi ben inferiori al dislivello disponibile.

La condotta é prevista del tipo PE.a.d. – PN 10 con diametro esterno 400 mm e sviluppo complessivo di 1.835 m. Essa potrà essere disposta per il primo tratto lungo la pendice di valle della spalla destra diga, e successivamente lungo l'esistente strada di fondo valle. Al termine della condotta, prima dell'immissione nelle casse di colmata é prevista la disposizione di apposita stazione di iniezione di adeguati flacculanti.

---

<sup>4</sup> Le perdite di carico sono state calcolate mediante l'abaco della Formula di Blasins, per acqua chiara, e moltiplicate per il peso specifico della miscela, pari a 1,35 t/m<sup>3</sup> per la concentrazione assunta pari al 33% di solido; non si è invece tenuto conto della viscosità in quanto i valori accertati sono ininfluenti sulle perdite stesse.

- Il gruppo generatore per il funzionamento delle centraline oleodinamiche, illuminazione e pompe di sentina per una potenza installata di 250 kW.
- La centralina oleodinamica per azionamento gruppo distributore e organi di traino, posizionamento e sollevamento.
- Argani per manovra pontone e gruppo pompa. Nel complesso sono previsti, installati a bordo del pontone:
  - n°4 argani per traino – posizionamento, di tipo oleodinamico e controllo della velocità, dimensionati per tiro diretto di 7.000 kg, velocità 0,5÷5,0 m/minuto' e corredati di cavo d'acciaio di 200 m a spessore 26 mm;
  - n°1 argano per sollevamento gruppo pompa, di tipo oleodinamico e controllo della velocità, dimensionato per tiro diretto di 6.000 kg con 6 pulegge, velocità 10÷15 m/minuto' e corredato da cavo d'acciaio a spessore 30 mm;
  - n°1 argano per posizionamento traino.
- Apparecchiature di controllo, per consentire l'ottimizzazione del lavoro e dei controlli. Nel complesso sono previsti:
  - Ricetrasmittitore VHF;
  - Ecoscandaglio con schermo a colori e trasduttore emettitore;
  - Densimetro e misuratore di portata per il controllo della miscela pompata; lo strumento è dotato di sorgente radiometrica opportunamente schermata e di rilevatore con sonda a scintillazione; la visualizzazione del valore misurato della densità avviene tramite apposito strumento convertitore con microprocessore disposto nella cabina di comando.

Per quanto riguarda le modalità di scavo si precisa quanto segue.

- Il sistema di dragaggio a buche sarà utilizzato solo nella zona di scavo più lontana dalle opere esistenti e nelle zone ove lo spessore dei sedimenti da scavare è maggiore.

In prossimità della diga si prevede di procedere con dragaggio a traino, con passate parallele al coronamento lungo tutto il fronte della diga.

L'utilizzazione di due argani di traino e due di ritorno consente di realizzare con facilità spostamenti laterali nella zona di dragaggio in base all'indicazione dell'ecoscandaglio.

Sarà comunque necessario invertire la direzione di avanzamento della draga dopo un certo numero di passate, onde permettere il lavoro di scavo anche nella zona sottostante la draga stessa.

- Gli ancoraggi per il traino e il ritorno della draga potranno essere effettuati a mezzo di due cavi in acciaio, disposti trasversali al fronte diga e ancorati a pali fissi disposti sulle due sponde del serbatoio.
- I due cavi di traino e i due di ritorno saranno opportunamente fissati ai due cavi trasversali a mezzo di agganci rapidi, così da facilitare le operazioni di sganciamento per il cambio di passata, qualora il traino con due argani risulti insufficiente a completare gli spostamenti laterali delle passate parallele al fronte diga.

#### 4.4.2.3. Dimensionamento dell'impianto

Per il dimensionamento dell'impianto complessivo di dragaggio e vettoraggio alle casse di colmata, si è fatto riferimento a quanto segue.

- La quantità di materiale in sito da asportare, come valutato al precedente, ha un volume di 475.000 m<sup>3</sup>.
- La concentrazione della miscela risultante dal procedimento di scavo, considerato il metodo di scavo previsto che consente concentrazioni anche notevolmente elevate, viene fissata cautelativamente pari al 33% (33% materiale in sito, 67% acqua di diluizione).
- Pertanto il volume della miscela da trattare può essere valutato pari a  $(475.000/0,33) = 1.439.000$  m<sup>3</sup>.
- Data la necessità di concentrare il lavoro di sfangamento in un periodo invernale di 4÷5 mesi, la portata di dragaggio è stata fissata in 1.000 m<sup>3</sup>/h di miscela.

Di conseguenza, considerato di eseguire il lavoro con due turni giornalieri di 8 ore per 22 giorni mensili, si ha:

- Tempo complessivo di lavorazione:

$$T = 1.439.000 \text{ m}^3 / (1.000 \text{ m}^3/\text{h} \times 16 \text{ h/g} \times 22 \text{ g}) = 4,09 \cong 4 \text{ mesi}$$

- In via presuntiva, data l'incertezza circa l'entità degli afflussi naturali, si può considerare che durante i lavori di dragaggio il livello d'invaso possa oscillare da quota 430,00 a 435,00 m s.l.m.

Pertanto, considerato che i depositi sedimentari da asportare risultano contenuti nella fascia fra quota 409,00 e 423,00 m s.l.m., l'altezza di sollevamento dal fondo scavo fino alla draga varia, secondo le zone e il livello in serbatoio, da un minimo compreso fra 7 e 12 m a un massimo variabile da 21 a 26 m.

In particolare si precisa che il minimo invaso in serbatoio compatibile con le operazioni di dragaggio, considerando le esigenze operative della draga, come precedentemente precisate (pescaggio minimo di 2,00 m), può essere fissato a quota 425,00 m s.l.m., a cui corrisponde un'altezza di sollevamento minima di 2,00 m e massima di 16,00 m.

Considerando inoltre il consumo d'acqua d'invaso, inglobato nella miscela asportata e pari circa a  $1,00 \times 10^6 \text{ m}^3$ , che ai minimi livelli d'invaso impegna un battente di circa 1,00 m, il livello minimo d'invaso all'inizio dei lavori può essere fissato pari a 426,00 m s.l.m.

- Il vettoraggio dei fanghi, dalla draga fino alle casse di colmata a valle diga, avviene, come già precedentemente precisato, mediante tubazione in PE.a.d. suddivisa in due tratte:
  - la prima, con diametro interno 399 mm e sviluppo di 650 m circa, costituisce la condotta di mandata fino alla tramoggia disposta a coronamento diga a quota 454,50 m s.l.m.;
  - la seconda, con diametro interno di 352 mm e sviluppo di 1.835 m circa, costituisce l'adduttrice alle casse di colmata, con funzionamento a gravità.

#### 4.4.2.4. Fasi di lavoro

In relazione alle caratteristiche del dragaggio, e a quelle delle casse di colmata, di cui si tratterà specificamente nel successivo paragrafo, il riempimento

delle vasche stesse avverrà gradualmente in fasi successive.

Al riguardo si precisa che le vasche di colmata sono nel complesso quattro con le seguenti capacità d'invaso:

Vasca	Capacità d'invaso (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )
n°1	197
n°2	133
n°3	153
n°4	97
<b>totale</b>	<b>580</b>

Il tirante per ottenere tale capacità è uniforme su tutte le vasche e pari a 6,20 m; il volume complessivo è di 580.000 m<sup>3</sup>.

Si precisa inoltre che, per facilitare la sedimentazione del materiale solido, all'atto dell'immissione nelle vasche della miscela proveniente dalle operazioni di dragaggio verrà aggiunto adatto flocculante.

In base ai risultati delle prove di sedimentazione appositamente effettuate in laboratorio, si prevede di aggiungere un flocculante polielettrolita cationico (*del tipo Prodefloc C, o similare*) nella misura dello 0,2% in volume.

Di conseguenza è da prevedere che il materiale di sedimentazione subisca un aumento di volume del 10÷15% rispetto al volume del materiale come prelevato dal serbatoio, a causa di un maggior contenuto d'acqua inglobato per effetto del flocculante.

Considerato che il materiale di prelievo dal serbatoio ha un volume in sito di 475.000 m<sup>3</sup>, si può quindi valutare che il volume del materiale sedimentato nelle casse di colmata risulti pari a circa 545.000 m<sup>3</sup>.

Sempre in base alle prove di sedimentazione effettuate si può però considerare che il tempo di sedimentazione ad acque ferme, cioè dopo l'interruzione del riempimento della vasca in questione, sia abbastanza breve e non superiore a qualche giorno.

In pratica, il riempimento delle singole vasche avverrà per fasi successive. Infatti a riempimento completo della prima vasca, si passerà alla seconda, mentre nella prima si svilupperà il processo di sedimentazione con scarico dell'acqua

chiarificata.

Alla fine del riempimento di tutte le vasche si ritornerà sulla prima, che dopo sedimentazione risulterà riempita solo parzialmente.

Il ciclo verrà ripetuto più volte, fino a sedimentazione di tutto il materiale di dragaggio. Allo stato finale il riempimento delle vasche risulterà pari circa al 94% del volume disponibile (545.000 volume sedimentato/580.000 volume disponibile) con uno spessore di sedimentato all'incirca pari a  $0,94 \times 6,20 = 5,83 \cong 5,80$  m.

Il calcolo dei cicli di riempimento é riportato nella seguente tabella:

#### RIEMPIMENTO CASSE DI COLMATA

**Dati**

( senza indice = volume parziale ; indice o =volume totale )

<p>VS = materiale sedimentario in sito          c = concentrazione materiale in sito nella miscela di dragaggio          VM = miscela di dragaggio = VS / c          Q = portata miscela di dragaggio          VC = capacità invaso cassa colmata          VD = materiale depositato nella cassa di colmata = p1 • VM          VAR = acqua reflua chiarificata = p2 • VM          VCR = capacità invaso residua cassa colmata          T = tempo di riempimento casse colmata          QR = portata reflua continua ( su 24 ore )</p>	<p>VSo = 475.000 [m<sup>3</sup>]          = 0,33          VMo = 1.439.000 [m<sup>3</sup>]          = 1.400 [m<sup>3</sup>/h]          VCo = 580.000 [m<sup>3</sup>]          VDo = 545.000 [m<sup>3</sup>]          VARo = 894.000 [m<sup>3</sup>]          VCRo = 35.000 [m<sup>3</sup>]          To = 3,893 [mesi]          Qro = 88,59 [l/s]</p> <p style="text-align: right;">con p1 = VDo / VMo = 0,38          con p2 = VARo / VMo = 0,62          per lavorazione su 12 h/g e 22 g/m          per totale h/mese = 264</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Ciclo	Casse di colmata		Miscela affluente VM		Tempo di riempimento T		Materiale depositato VD		Acqua reflua chiarificata VAR		Capacità invaso residua VCR		Portata reflua QR
	n°	Volume VC disponibile	parziale	progress.	parziale	progress.	parziale	progress.	parziale	progress.	parziale	progress.	
1°	1	197.000	197.000	197.000	0,533	0,533	74.611	74.611	122.389	122.389	122.389	122.389	88,59
	2	133.000	133.000	330.000	0,360	0,893	50.372	124.983	82.628	205.017	82.628	205.017	88,59
	3	153.000	153.000	483.000	0,414	1,307	57.946	182.929	95.054	300.071	95.054	300.071	88,59
	4	97.000	97.000	580.000	0,262	1,569	36.737	219.666	60.263	360.334	60.263	360.334	88,59
2°	1	122.389	122.389	702.389	0,331	1,900	46.353	266.020	76.036	436.370	76.036	436.370	88,59
	2	82.628	82.628	785.017	0,224	2,124	31.294	297.314	51.334	487.704	51.334	487.704	88,59
	3	95.054	95.054	880.071	0,257	2,381	36.000	333.314	59.053	546.757	59.053	546.757	88,59
	4	60.263	60.263	940.334	0,163	2,544	22.824	356.137	37.439	584.196	37.439	584.196	88,59
3°	1	76.036	76.036	1.016.370	0,206	2,750	28.798	384.935	47.239	631.435	47.239	631.435	88,59
	2	51.334	51.334	1.067.704	0,139	2,889	19.442	404.377	31.892	663.327	31.892	663.327	88,59
	3	59.053	59.053	1.126.757	0,160	3,049	22.366	426.743	36.688	700.014	36.688	700.014	88,59
	4	37.439	37.439	1.164.196	0,101	3,150	14.179	440.922	23.260	723.274	23.260	723.274	88,59
4°	1	47.239	47.239	1.211.435	0,128	3,278	17.891	458.813	29.348	752.622	29.348	752.622	88,59
	2	31.892	31.892	1.243.327	0,086	3,364	12.079	470.892	19.813	772.435	19.813	772.435	88,59
	3	36.688	36.688	1.280.014	0,099	3,463	13.895	484.787	22.793	795.228	22.793	795.228	88,59
	4	23.260	23.260	1.303.274	0,063	3,526	8.809	493.596	14.450	809.678	14.450	809.678	88,59
5°	1	29.348	29.348	1.332.622	0,079	3,606	11.115	504.711	18.233	827.911	18.233	827.911	88,59
	2	19.813	19.813	1.352.435	0,054	3,659	7.504	512.215	12.309	840.220	12.309	840.220	88,59
	3	22.793	22.793	1.375.228	0,062	3,721	8.632	520.847	14.160	854.381	14.160	854.381	88,59
	4	14.450	14.450	1.389.678	0,039	3,760	5.473	526.320	8.977	863.358	8.977	863.358	88,59
6°	1	18.233	16.752	1.406.431	0,045	3,805	6.345	532.665	10.408	873.766	11.888	11.888	88,59
	2	12.309	11.310	1.417.741	0,031	3,836	4.283	536.948	7.026	880.792	8.026	19.914	88,59
	3	14.160	13.011	1.430.751	0,035	3,871	4.928	541.876	8.083	888.875	9.233	29.147	88,59
	4	8.977	8.249	1.439.000	0,022	3,893	3.124	545.000	5.125	894.000	5.853	35.000	88,59

Si può constatare che per il deposito di tutto il materiale asportato dal serbatoio accorrono n°6 cicli di riempimento – sedimentazione e che il tempo minimo fra la fine del precedente e il successivo riempimento si verifica dal 5° al 6° ciclo per la cassa 1 e risulta pari a 0,15 mesi, pari a circa 3 giorni consecutivi, largamente sufficiente alla voluta sedimentazione dell'ultimo ciclo di riempimento

che interessa volumi di miscela battente alquanto esigui.

#### 4.4.2.5. Casse di colmata

Come già accennato, l'area destinata alla realizzazione delle casse di colmata è situata circa 2 km a valle diga, in corrispondenza di un'ampia ansa dell'asta fluviale all'altezza dell'ex. Mulino Ugliara, in Contrada Criti.

Orograficamente la superficie interessata si presenta come un ampio pianoro degradante da Nord a Sud verso l'asta fluviale con un dislivello complessivo di una decina di metri (fra le quote 390 e 380 m s.l.m. circa) su uno sviluppo variabile da 250 a 600 (pendenza media variabile dal 2 al 4% circa).

Tale pianoro risulta delimitato sui lati Est e Sud dall'asta fluviale dell'Olivo e sul lato Ovest dal tributario torrente Polino.

A Nord la zona è dominata dal rilievo collinoso di Contrada Criti, interessato al piede dalla strada Provinciale di Barrafranca, che assicura un comodo accesso e un diretto collegamento con la diga del serbatoio Olivo.

Tutta la zona ricade in una formazione di argille mioceniche, che denotano caratteri di argilla sabbiosa per lo più consolidata e variamente brecciata.

Gli accertamenti geotecnici eseguiti hanno indicato che il terreno in sito è adeguato per assicurare sia una sufficiente tenuta delle casse di colmata, sia la piena stabilità dei fronti di scavo e delle arginature richiesti per la realizzazione delle casse stesse.

Le casse di colmata sono sviluppate longitudinalmente lungo le isoipse e con disposizione a gradoni l'una rispetto all'altra.

Esse risultano realizzate parte in scavo, sul lato verso monte, e parte in rilevato, mediante apposite arginature che le delimitano sul lato verso valle o anche lateralmente.

Le relative fasi di lavoro sono previste come segue:

- scavo di pulizia con asportazione dello strato superficiale per uno spessore di 0,60÷0,70 m;
- scavo di profilatura del pendio, con preparazione di ripiani orizzontali e delle gradonature fra i ripiani stessi, che andranno a formare il fondo delle singole vasche;

- durante queste due prime operazioni il materiale di risulta dovrà essere accatastato nella stessa area di lavoro, o nelle immediate vicinanze, avendo cura di tener ben separato il materiale più superficiale di scarto da quello più profondo da utilizzare per la costruzione delle arginature;
- realizzazione delle arginature di contorno, con impiego di quella parte del materiale di risulta scavo ritenuta idonea.

Si precisa inoltre che il materiale di risulta scavi non utilizzato per le arginature, in quanto non idoneo per la presenza dello strato agrario più superficiale o comunque di supero rispetto alle quantità necessarie per gli argini, dovrà essere portato a discarica provvisoria, per essere successivamente ripreso per la sistemazione definitiva delle casse di colmata. Come successivamente precisato, l'entità di tale materiale è stato valutato in 74.000 m<sup>3</sup>.

Al riguardo, si sottolinea che l'area per la discarica provvisoria è stata prevista al confine con la stessa zona delle casse di colmata ed è stata ricompresa nella zona soggetta ad esproprio.

Le vasche sono state definite con capacità superiore a quella strettamente necessaria per lo stoccaggio del materiale di sfangamento, così da assicurare un volume residuo da utilizzare per la sistemazione definitiva anche del materiale di scarto degli scavi, in modo da evitare onerose discariche fuori dall'area di lavoro.

Nel complesso sono state previste n°4 casse di colmata per una capacità d'invaso complessiva pari a 580.000 m<sup>3</sup>.

Ognuna delle casse ha forma in pianta diversa in relazione alla conformazione orografica dell'area interessata, ma tutte le vasche hanno uguali caratteristiche di profondità.

In particolare si precisa quanto segue:

- la profondità complessiva di ogni vasca è stata fissata pari a 6,60 m;
- il franco rispetto al ciglio argini è stato fissato in 0,40 m, così che la profondità della capacità utile d'invaso risulta pari a 6,20 m;
- il dislivello fra vasca e vasca è risultato pari a 4,00 m, fra la 1<sup>a</sup> e la 2<sup>a</sup> vasca, a 2,00 m, fra la 2<sup>a</sup> e la 3<sup>a</sup> vasca, e a 3,00 m fra la 3<sup>a</sup> e la 4<sup>a</sup> vasca, con dislivello complessivo di 9,00 m.

Di conseguenza le caratteristiche altimetriche e volumetriche delle singole

vasche risultano come precisato nel sottostante prospetto.

Caratteristiche	Vasca 1 <sup>a</sup>	Vasca 2 <sup>a</sup>	Vasca 3 <sup>a</sup>	Vasca 4 <sup>a</sup>	Totale
- quota fondo scavo (m s.l.m.)	386.80	382.80	380.80	377.80	
- quota ciglio argini (m s.l.m.)	392.40	388.40	386.40	383.40	
- livello d'invaso (m s.l.m.)	392.00	388.00	386.00	383.00	
- volume d'invaso (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	197	133	153	97	580
- livello di sedimentazione (m)	5,80	5,80	5,80	5,80	
- volume d'invaso residuo per materiale scarica (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ) compreso franco di 40 cm	24	16	18	12	70

La movimentazione del materiale terroso, richiesta per l'intera lavorazione, come risultata da un'accurata valutazione sulla base dei disegni di progetto, coinvolge le seguenti quantità volumetriche:

- scavo complessivo	247.000	m <sup>3</sup>
- rilevato argini	173.000	m <sup>3</sup>
- materiale da scartare	74.000	m <sup>3</sup>

pari a uno spessore medio di circa 0,70 m, su tutta l'area interessata.

- volume disponibile per deposito materiale a rifiuto	70.000	m <sup>3</sup>
-------------------------------------------------------	--------	----------------

Tale volume risulta praticamente uguale a quello da scartare; tuttavia anche se il materiale di scarto risultasse maggiore di quello previsto, potrà comunque essere disposto sopra le stesse casse di colmata e accuratamente spianato.

L'area complessiva occupata dalle vasche é di circa 120.000 m<sup>2</sup> pari a 12 ha; la superficie da espropriare é stata valutata nel complesso in circa 19 ha, di cui circa 1,2 ha per relitti particellari.

Gli argini sono previsti a forma trapezia con larghezza di coronamento pari a 2,00 m e paramenti a pendenza 2/3. La costruzione é prevista per stati dello spessore di 0,30 m, ben costipati con adeguati mezzi d'opera. In fondazione é previsto un piccolo taglione per la tenuta.

Data la brevità del periodo di vita di queste opere, il cui funzionamento a cassa di colmata é previsto per circa 4 mesi, non si prevedono in generale particolari opere di difesa o presidio, salvo quelle di seguito specificate.

Il pianoro interessato dalle casse di colmata risulta alquanto sopraelevato rispetto al fondo valle ove si sviluppa l'asta del torrente Olivo, ma il versante che lo delimita ha piede che costeggia un'ampia ansa del torrente, ove potrebbero avvenire erosioni di scalzamento.

Pertanto è stata prevista una conveniente difesa di sponda costituita da gabbionate metalliche e da un limitato rinterro di sponda, ove sarà realizzato un impianto di essenze d'alto fusto, con effetto di consolidamento e di rallentamento del deflusso idrico.

Per il proporzionamento di tale sistemazione è stato eseguito un accurato studio dei deflussi di piena, che è riportato nella Relazione Idraulica.

Inoltre sul lato di monte della zona vasche è prevista la realizzazione di un cunettone di guardia, per proteggere le vasche stesse dall'effetto erosivo dovuto al ruscellamento di acque meteoriche.

Si precisa inoltre che, a fine del funzionamento delle casse di colmata e dopo un periodo sufficiente per consentire un buon consolidamento del materiale sedimentato, tutta l'area interessata sarà convenientemente sistemata per la definitiva destinazione a coltura agraria. In questo ambito saranno previste difese di presidio e di consolidamento a verde in corrispondenza di tutti i residui fronti ripidi lungo le gradonature che resteranno funzionali per consentire una sistemazione a ripiani pressoché orizzontali, per favorire le pratiche agrarie.

Le vasche di colmata saranno alimentate sul lato di monte, rispetto all'andamento della valle, ove è prevista la disposizione di apposita condotta di distribuzione, munita di valvole a saracinesca per il riempimento alternativo delle singole vasche. All'inizio di tale condotta è disposta apposita stazione di iniezione per l'immissione del previsto flocculante.

Lo scarico delle vasche è previsto sul lato opposto, di valle, così da costringere la miscela affluente a percorrere l'intero sviluppo delle vasche stesse.

Tale scarico sarà attuato mediante apposite operette inserite nella sponda di bordo e munite di soglia sfiorante, gradualmente sovralzabile mediante panconature in legno.

Lo scarico è assicurato mediante un tubo  $\varnothing$  300, per ogni singola operetta, che si sviluppa, incassato nel fondo delle vasche, fino a valle delle stesse ove è

disposto un pozzetto di raccolta dei quattro collettori e un condotto di scarico, costituito da tubo  $\varnothing$  400 che si prolunga fino a immissione nell'alveo naturale dell'Olivo.

All'imbocco del tubo di scarico è disposto un apposito filtro, di geotessile tessuto non tessuto, montato su telaino metallico removibile, così da impedire qualsiasi introduzione di acque non chiarificate nel tubo stesso.

Ogni singola operetta è costituita da una struttura di c.a. a forma di U, con robusta platea di fondo e pareti laterali per il contenimento del rilevato arginale.

Tale struttura è intercettata al centro da un setto che forma lo stramazzo di base, successivamente sovralzabile con le già citate panconature.

La larghezza dello stramazzo è fissata in 1,00 m e pertanto la portata di scarico risulta espressa da:

$$Q = 0,385 \cdot (2g)^{1/2} \cdot 1,00 \cdot h^{1,50} = 1,70 \cdot h^{1,50}$$

ove: h = sovralzo sopra la soglia di sfioro.

La portata media d'efflusso è già stata valutata precedentemente ed è risultata pari a 88,59 l/s. Applicando una maggiorazione cautelativa per tener conto di eventuali periodi di fermo nel processo di scarico, si può fissare la portata massima d'efflusso in 100 l/s.

Pertanto si può constatare, mediante l'applicazione della formula di scarico sopra riportata, che il sovralzo h massimo richiesto non supera il valore di 15 cm.

Per quanto riguarda infine la condotta di adduzione della miscela dragata dalla diga alle casse di colmata, si può dire, con riferimento al profilo riportato nei disegni di progetto, che il suo sviluppo complessivo è di 1.850,00 m, e che il suo andamento altimetrico è sempre discendente, senza formazione di sifoni o di ristagni.

#### 4.4.2.6. Opere di ripristino

La realizzazione delle casse di colmata determinerà il fuori servizio di alcune opere insistenti sull'area interessata, che fa parte del comprensorio irriguo a valle diga.

In particolare si segnala quanto segue:

- alcuni tratti di condotte di distribuzione irrigua interferiscono con la zona di

scavo delle casse di colmata e vanno quindi distrutte.

- la stradella esistente sul lato di valle dell'area interessata risulterà compromessa dalle operazioni di scavo e così due condotte irrigue ad essa affiancate.

Per ripristinare la viabilità esistente e il pieno funzionamento dell'impianto irriguo su tutte le aree non interessate dalle opere, é quindi necessario realizzare le seguenti opere integrative:

- strada di servizio, in posizione analoga a quella esistente, ma leggermente traslata per mantenere una sufficiente distanza di rispetto dalle casse di colmata. Tale stradella sarà corredata da un cunettone continuo di guardia in modo da assicurare il drenaggio di tutti i terreni circostanti;
- due condotte in PVC, di diametro rispettivamente  $\phi$  140 e  $\phi$  160 e sviluppo di 460 m, disposte sul lato valle in corrispondenza della citata stradella di servizio; una terza condotta in PVC  $\phi$  140 e sviluppo di 350 m, disposta sul lato di monte, per ripristinare la continuità di una rete ad anello.

#### 4.4.2.7. Sistemazione definitiva

Come già accennato, a fine lavori é prevista la sistemazione definitiva di tutta l'area agricola.

Tale sistemazione, da realizzare quando i fanghi di sedimentazione abbiano raggiunto un grado di consolidamento sufficiente per consentire la portanza dei mezzi d'opera, comprenderà i seguenti interventi:

- ripresa del materiale di risulta scavi ricco di terreno agrario, allo scopo messo a discarica provvisoria nelle vicinanze, e spandimento uniforme sul materiale di sedimentazione contenuto nelle casse di colmata, così da realizzare un piano regolarizzato a livello di coronamento degli argini; in tal modo tutta la zona risulterà conformata a ripiani orizzontali separati da gradonature costituite dalla parte delle arginature emergenti rispetto al ripiano di valle;
- realizzazione di cunette di scolo in terra, per assicurare il necessario drenaggio superficiale di tutta la zona;
- consolidamento, con tappeto erboso di adatte essenze, della parte di

arginature emergenti, che forma scarpata fra i vari terrazzi;

- consolidamento con manto erboso esteso anche al paramento esterno dell'argine perimetrale, che segna il confine della zona terrazzata.

Oltre a questi interventi specifici per le casse di colmata, si prevede anche la realizzazione di impianti a verde lungo la protezione d'alveo disposta al piede del versante naturale che delimita tutta la zona terrazzata prospiciente all'asta del torrente Olivo.

Tali impianti hanno finalità sia di consolidamento e protezione, sia di mitigazione ambientale con l'intento di realizzare un buon inserimento delle difese d'alveo, previste con gabbionate metalliche, e un graduale passaggio alla vegetazione naturale delle sponde.

Allo scopo si prevede l'adozione di impianti differenziati, come sotto specificati:

- una striscia di cespugliamento al piede delle stesse gabbionate di difesa fluviale;
- una zona alberata estesa su tutto il modesto rinterro contro sponda a monte delle citate gabbionate, tale impianto avrà una notevole efficacia protettiva di tutta la sponda in caso di esondazione per eventi di piena eccezionali;
- la restante parte della sponda naturale fino all'argine di contenimento delle casse di colmata sarà interessato da un impianto di cespugliamento di arbusti mediterranei.

#### 4.4.3. Intervento di ripristino dello scarico di fondo

##### 4.4.3.1. Situazione attuale

Come già descritto precedentemente, lo scarico di fondo è costituito da un tratto di galleria, che s'immette nella galleria destra (quella più interna) dello scarico di superficie.

All'inizio della galleria è disposta l'opera d'imbocco.

L'intercettazione è assicurata da una coppia di paratoie piane a strisciamento, con dimensioni 1,80 x 2,40 m e battuta a quota 404,56 m s.l.m.

Tali paratoie sono alloggiare in apposita torre (realizzata parzialmente a pozzo) situata una trentina di metri a monte dell'innesto con la galleria dello scarico di superficie.

Lo sviluppo della galleria compresa fra l'opera d'imbocco e il blocco paratoie è di 96 m, la sezione tipo è circolare  $\varnothing = 5,40$  m.

L'opera d'imbocco è costituita da un manufatto di c.a., a pianta pressoché rettangolare, con vano interno sagomato a pipa e raccordato alla sezione circolare della galleria.

La struttura in pianta ha una lunghezza di 22,00 m e una larghezza variabile da 15,20 m, sul lato verso invaso, a 8,40 sul lato di valle.

Il vano interno ha pareti laterali piane, dello spessore di 1,50 m, e pareti frontali, verso invaso e verso valle, sagomate ad arco di cerchio a  $90^\circ$ , così da realizzare la disposizione a pipa (Tav. 8 – Particolare dell'imbocco a pipa).

La bocca superiore, disposta su un piano orizzontale a quota 416,00 m s.l.m., segue la sagoma della pianta con lunghezza di 11,00 m e larghezza variabile da 10,00 a 7,00 m.

Il vano interno raccorda tale bocca superiore a una sezione verticale di forma quadrata 5,40 x 5,40 m, disposta a 5,80 m dal filo di valle della struttura.

Nell'ultimo tratto è disposto il raccordo fra la sezione quadrata, sopra indicata, con la sezione circolare  $\varnothing = 5,40$  m della galleria di scarico.

La quota fondo all'attacco con la galleria è 405,54 m s.l.m., così che il vano interno risulta di altezza pari a 10,46 m, fino al ciglio sfiorante disposta a quota 416,00 m s.l.m., come già precisato.

La platea di fondo ha uno spessore minimo di 1,50 m e il piano d'imposta risulta così a quota 404,04 m s.l.m.; ne consegue che l'opera ha un'altezza di 12,00 m (in c.t.).

La parete verso invaso risulta molto massiccia, con spessore minimo di 4,40 m, in quanto ingloba le luci utilizzate in fase costruttiva per la deviazione provvisoria dei deflussi, che sono munite di doppi gargami per la posa di panconature di chiusura in fase di getto finale.

Al centro del vano interno è disposto un setto dello spessore di 1,20 m, che si eleva per tutta l'altezza della struttura.

Inoltre in corrispondenza della bocca superiore sono disposte trasversalmente due travi, a forma circolare  $\varnothing = 1.000$ , che s'immorsano nelle pareti laterali e nel setto centrale, formando una larga griglia antiinvasione.

L'opera risulta completamente inserita nel terreno della sponda sinistra, che forma un ampio pianoro alla stessa quota 416,00 m s.l.m. del ciglio di sfioro.

Tale pianoro risulta interrotto sul lato verso invaso dal canale realizzato a suo tempo per la deviazione provvisoria dei deflussi.

Questo canale infatti, che ha fondo a quota 409 m s.l.m. circa e tracciato che si sviluppa per un tratto in sponda destra serbatoio, poi attraversa il fondo valle costeggiando il rilevato avandiga sul lato di monte, quindi prosegue sulla sponda sinistra, così da collegare i due rami naturali del serbatoio stesso, valloni Bonifacci e Olivo, consentiva di addurre tutti i deflussi naturali all'opera d'imbocco, allo scopo munita di luci per la deviazione provvisoria, come già accennato.

Il canale ha sponde a pendenza 1/2, che impattano contro le pareti laterali della stessa opera d'imbocco, così che quest'ultima risulta in parte interrata nella sponda e in parte aggettante nel canale.

Il piano d'imposta dell'opera ricade interamente nella formazione argillosa di base, che interessa tutto il fondo del serbatoio.

Si precisa infine che il tratto della galleria di scarico, che interessa il citato pianoro a quota 416,00 m s.l.m., è stato realizzato come galleria artificiale, con scavo eseguito con ausilio di due paratie gemelle, costituite da pali accostati  $\varnothing = 1.000$ .

Va precisato che nello scarico di fondo è realizzata anche la derivazione irrigua.

Essa è costituita da una bocca di presa, disposta subito a monte del blocco paratoie, che risulta collegata mediante due tubi metallici  $\varnothing 800$  alla condotta di derivazione.

Questa è costituita da tubo metallico  $\varnothing 1.000$ , che si sviluppa lungo tutta la galleria di valle, sistemato sotto l'arco rovescio della galleria stessa, con sviluppo di 665 fino allo sbocco, ove è previsto l'attacco alla condotta di adduzione al comprensorio irriguo.

I due tubi di raccordo  $\varnothing 800$  transitano dalla camera paratoie dello scarico di fondo ove sono disposte le valvole d'intercettazione, del tipo a saracinesca  $\varnothing 800$ .

Attualmente l'interrimento del serbatoio raggiunge il livello 422,00 m s.l.m., con un'altezza di 6,00 m sopra la soglia di sfioro dell'opera d'imbocco, disposta a quota

416,00 m s.l.m.

Da un rilievo batimetrico, appositamente eseguito in tutta la zona antistante la diga, risulta però che in corrispondenza dell'opera d'imbocco si è formato un discreto cono di depressione, con apertura in corrispondenza della bocca orizzontale di presa a forma circolare del diametro di circa 7,00 m.

Il funzionamento dello scarico è quindi ancora possibile, ma molto precario e parzializzato.

Di conseguenza risulta notevolmente interrita anche la galleria di scarico, fino al blocco paratoie, e la stessa bocca di presa della derivazione irrigua, che nella realtà funziona a portata molto ridotta.

#### 4.4.3.2. Criterio progettuale

Il ripristino della completa funzionalità dello scarico di fondo, e il mantenimento di tale funzionalità nel tempo, considerata la situazione attuale come precisata precedentemente, richiede un intervento di risanamento, che comprenda:

- l'allontanamento del deposito sedimentario fino alla quota di sfioro dell'opera d'imbocco (416,00 m s.l.m.);
- la ripulitura della galleria fino al blocco paratoie;
- la realizzazione di una protezione all'imbocco, atta a garantirne la funzionalità anche in presenza del futuro interrimento.

Lo sfangamento del serbatoio, come prospettato al capitolo precedente, assicurerebbe l'allontanamento dei fanghi su tutto il pianoro, disposto alla quota 416,00 m s.l.m., entro cui è disposto l'imbocco dello scarico.

La ripulitura della condotta potrebbe poi seguire, in tempi anche brevi, operando dal citato pianoro.

Tuttavia un tale intervento non può essere considerato sufficiente ad assicurare la funzionalità dello scarico nel tempo, per l'inevitabile progressivo interrimento che senza dubbio si verificherà anche in futuro.

Pertanto assume importanza fondamentale la modifica della struttura dell'imbocco in modo che possa risultare adeguatamente protetta dai futuri interrimenti. Si può anzi dire che tale adeguamento si pone come l'oggetto fondamentale di tutto l'intervento di ripristino qui considerato.

L'opera d'imbocco proposta in questa fase risulta costituita dalla struttura esistente opportunamente modificata, per adeguarla al collegamento e al sostegno della nuova struttura superiore, e da un torrino di presa in elevazione dalla quota 416,00 m s.l.m., attualmente coincidente con la sommità della stessa struttura esistente.

L'adeguamento della struttura inferiore (esistente) consiste in una risagomatura del vano interno, in modo da rendere tale vano a sezione trasversale sempre circolare.

In tal modo detto vano interno assume la forma di un tronco di cono a sezione circolare, incurvato a 90° per realizzare l'andamento a pipa, caratteristico della struttura attuale.

La sezione orizzontale superiore, disposta al livello della bocca di presa attuale, ha diametro  $\varnothing = 6,80$  m, quella a fine raccordo, sempre circolare, ha diametro  $\varnothing = 5,40$  m e si raccorda direttamente con la galleria di scarico.

Tale risagomatura sarà realizzata mediante casseratura metallica a perdere, opportunamente sagomata, e getto di bloccaggio con calcestruzzo fibrorinforzato con aghi metallici.

La risagomatura comporta la preventiva demolizione del setto interno e della griglia superiore, di cui si è detto nella precedente descrizione dell'opera esistente.

Va precisato che tale modifica risulta essenziale per la resistenza della struttura ai carichi orizzontali esterni, in quanto consente di realizzare uno stato tensionale caratterizzato dall'assenza di tensioni di trazione, grazie all'effetto arco indotto dal vano interno sempre circolare.

Il torrino superiore si eleva dalla quota 416,00 m s.l.m. di sommità della struttura esistente alla quota 427,00 m s.l.m., di 0,80 m inferiore alla quota minima di regolazione pari a 427,80 m s.l.m.

La struttura di c.a. della canna è a sezione circolare, con diametro interno  $\varnothing = 7,80$  m e spessore di 1,80 m, per cui il diametro esterno risulta pari a 11,40 m.

La parte superiore è completamente aperta, così da formare la bocca di presa principale, con ciglio di sfioro a quota 427,00 m s.l.m. e sezione circolare  $\varnothing = 7,80$  m; tale bocca è protetta da doppia crociera di travi 0,40 x 1,00 m a spigoli arrotondati.

Sul lato verso invaso sono disposte delle serie di bocche supplementari disposte sovrapposte una alle altre per tutta l'altezza del torrino.

Ogni serie comprende n°4 luci disposte radialmente, definite da un angolo al centro di 30° e separate da tre pile con angolo al centro di 10°.

La larghezza di ogni luce è variabile da 2,02 m, sul alto interno della canna, a 2,96 m, su lato esterno.

Le serie di luci sono sovrapposte fra loro con interasse di 1,25 m e separate da un setto-trave disposto orizzontalmente. Il setto ha spessore di 0,30 m e sagomatura arrotondata sia sul lato verso invaso, che sul lato interno.

I setti orizzontali, larghi 1,80 m, come le pareti della struttura, sono interrotti centralmente da una feritoia larga 0,30 m, munita ai bordi, contro la struttura e le relative pile, di appositi gargami per l'infilaggio di robuste panconature.

Le serie di luci sovrapposte sono complessivamente n°8, e vanno dalla quota di sfioro 417,00 m s.l.m., della luce inferiore, alla quota di sfioro 425,75 m s.l.m., della luce più elevata.

La funzione di queste luci supplementari è quella di consentire, nella fase iniziale, l'afflusso nello scarico di fondo fino a livello 417,00 m s.l.m., ma di poter sovralzare tale livello, mediante l'installazione delle panconature, in modo graduale in relazione all'innalzamento futuro del livello d'interrimento, così da creare una adeguata difesa per impedire l'afflusso dei fanghi d'interrimento all'interno dello scarico.

I panconi per ogni singola bocca avranno dimensioni 2,90 x 1,25 x 0,30 m; saranno realizzati in carpenteria di alluminio.

#### 4.4.3.3. Funzionamento idraulico

Come verificato dai calcoli, lo scarico di fondo così modificato avrà le seguenti caratteristiche funzionali.

- *Situazione iniziale con tutte le luci sussidiarie aperte*
  - Portata massima con livello d'invaso alla quota di massima regolazione (448,30 m s.l.m.): 106,44 m<sup>3</sup>/s
  - Portata con livello d'invaso alla quota di minima di regolazione (427,80 m s.l.m.): 76,37 m<sup>3</sup>/s

- Tempo di vuotamento del serbatoio dalla quota massima di regolazione alla soglia più bassa dell'opera d'imbocco (417,00 m s.l.m.) 48,30 ore

Si può constatare che in questa situazione il funzionamento dello scarico presenta variazione molto modesta rispetto a quello definito nel progetto originario caratterizzata da una portata massima di 106,44 m<sup>3</sup>/s e tempo di vuotamento di circa 46 ore.

Si fa presente che la costanza del valore della portata massima si giustifica pienamente in quanto essa risulta condizionata solo dalla portata alle paratoie, ove non sono intervenute modifiche, e non dalla conformazione dell'imbocco.

- *Situazione finale con tutte le luci sussidiarie panconate*
  - Portata massima con livello d'invaso alla quota di massima regolazione (448,30 m s.l.m.): 106,44 m<sup>3</sup>/s
  - Portata con livello d'invaso alla quota minima di regolazione (427,80 m s.l.m.): 0.00 m<sup>3</sup>/s
  - Tempo di vuotamento del serbatoio dalla quota massima di regolazione alla soglia più bassa dell'opera d'imbocco (427,00 m s.l.m.): 48.76 ore

Si può constatare che in questa situazione, nonostante l'evidente differenza della limitazione dello svaso alla quota 427,00 m s.l.m., che tuttavia corrisponde qui al vuotamento completo del serbatoio, non differisce sostanzialmente per quanto riguarda l'entità della portata massima e la durata del tempo di vuotamento.

#### 4.4.3.4. Modalità operative

I lavori relativi all'imbocco dello scarico di fondo dovranno essere eseguiti a serbatoio vuoto e dopo l'intervento di sfangamento.

Pertanto la situazione locale a inizio lavori risulta caratterizzata dal livello d'interrimento alla quota 414,00 m s.l.m., mentre il livello d'invaso risulterà alla quota 416,00 m s.l.m., che è la quota minima di funzionamento dello scarico di

fondo.

Il primo intervento previsto è quello di realizzazione una deviazione provvisoria dei deflussi, che consentirà anche di realizzare il vuotamento completo del serbatoio fino alla quota 414,00 m s.l.m.

A inizio lavori pertanto tutto il pianoro costituito da terreno in posto, disposto alla quota 416,00 m s.l.m. e nel quale è inserita l'opera d'imbocco, risulterà libero dai fanghi e di sicuro supporto sia per il cantiere di lavoro, sia per l'accesso dei mezzi operativi.

Come precedentemente descritto, l'opera d'imbocco non resta tutta contenuta nel citato pianoro, ma in parte aggettante dalla sponda, che lo delimita sul lato verso invaso, e interferente con l'originario canale di deviazione provvisoria, che ha fondo a quota 409,00 m s.l.m.

Qui l'opera risulterà ancora interessata dai fanghi di sedimentazione, che dalla quota 409,00 m s.l.m. si elevano fino alla quota 414,00 m s.l.m. dello sfangamento.

Per la realizzazione di un sicuro piano di lavoro, si prevede di eseguire un consolidamento di tutta la zona attorno all'opera d'imbocco per un'area rettangolare, con larghezza di circa 30 m e lunghezza, in senso longitudinale parallelo all'asse della galleria di scarico, pari a 25,00 m.

Per quanto precisato più sopra tale superficie insiste, in parte, sul pianoro di terreno in posto alla 416,00 m s.l.m. e in parte si prolunga verso serbatoio interessando i fanghi di sedimentazione.

Pertanto il consolidamento vero e proprio risulterà limitato alla parte insistente sui fanghi di sedimentazione.

Qui il consolidamento sarà realizzato mediante posa di un rilevato in terra affondato all'interno dei materiali di sedimentazione.

Per la realizzazione di tale rilevato si prevede l'impiego di detrito calcareo di cava, che potrà essere prelevato dalla cava Cozzi delle Rocche, attualmente in funzione, situata circa 3 km a Sud di Barrafranca lungo la vallata del T. Braemi.

La distanza su strada dalla diga è di circa 17 km.

La posa del rilevato sarà effettuata mediante getto alla rinfusa sui fanghi di sedimentazione, a iniziare dalla sponda e proseguendo verso invaso, e

costipamento progressivo operato dagli stessi mezzi di trasporto o altri atti allo scopo.

Il costipamento dovrà essere protratto fino a rifiuto, così da assicurare la penetrazione del rilevato fino al sottostante terreno in posto e di conseguenza una capacità portante adeguata ai mezzi d'opera di previsto impiego.

Il materiale così posto in opera realizzerà un'intima compenetrazione con i fanghi esistenti, così da ottenere il voluto consolidamento.

Data la notevole densità dei fanghi in sito, è però presumibile che la zona di penetrazione del materiale gettato non realizzi un rilevato sommerso caratterizzato da una precisa pendenza di paramento, ma più verosimilmente una compenetrazione irregolare a seconda della densità dei fanghi alle varie profondità.

Tuttavia, è stato previsto un rilevato con pendenza di paramento 1/1, in modo da avere una valutazione pienamente cautelativa del volume del materiale d'impiego.

L'accesso al cantiere di lavoro è assicurato da una stradella di servizio che si prevede venga realizzata sul fianco sinistro dalla valle, in diramazione dalla strada circumlacuale, subito a monte della zona sistemata con scogliera di protezione. Tale strada al fondo valle si raccorda con il piano del cantiere previsto per i lavori relativi all'imbocco dello scarico di fondo.

Da qui potrà facilmente proseguire per il servizio sia del cantiere di lavoro relativo al manto di tenuta della diga, sia per quello relativo all'imbocco nella nuova opera di presa.

#### **4.5. Programma di gestione per il mantenimento della capacità d'invaso**

##### **4.5.1. Generalità**

Si è già precisato che l'intervento di sfangamento per asportazione, per il recupero parziale della capacità d'invaso finalizzato alla piena riattivazione dello scarico di fondo, va necessariamente integrato con un intervento di spurgo, da effettuare con rilascio dallo scarico di fondo, al fine di far fronte all'interrimento successivo e assicurare in tal modo sia il mantenimento della capacità d'invaso recuperata con l'intervento di sfangamento, sia il pieno funzionamento dello

scarico di fondo.

Per il raggiungimento di tale obiettivo si ritiene sufficiente assicurare la rimozione del materiale sedimentato afferente annualmente al serbatoio, mediante operazioni periodiche a cadenza annuale.

In base alle valutazioni già fatte circa l'entità annua dell'interrimento, il volume del materiale da rimuovere dall'invaso è pari a 26.786 m<sup>3</sup>/anno.

Considerato che il quantitativo del materiale da rimuovere è abbastanza contenuto, si ritiene opportuno prevedere allo scopo la metodologia dello sfangamento mediante rilascio a valle, da attuare mediante spurghi periodici dello scarico di fondo, secondo il programma successivamente riportato.

#### 4.5.2. Vincoli ambientali

Il programma degli spurghi deve tener conto di alcuni ben precisi vincoli ambientali e precisamente:

- Il pieno rispetto degli *“obiettivi di qualità”*, fissati per le acque defluenti a valle diga nel Piano di tutela delle acque dell'inquinamento, come previsto nel D.Lgs. 3 aprile 2006 n°152;
- Il rispetto dei *“cicli biologici delle popolazioni ittiche, presenti nel serbatoio e nell'asta fluviale a valle diga, con particolare riferimento al periodo riproduttivo e alle prime fasi di sviluppo, in modo da minimizzare gli effetti negativi sull'equilibrio del sistema acquatico, a monte e a valle dello sbarramento”*.

#### 4.5.3. Fauna ittica

A questo riguardo l'indagine effettuata ha potuto accertare la presenza delle seguenti specie ittiche, che risultano essere tra le più diffuse nei corsi d'acqua siciliani:

- anguilla;
- carpa;

- persico

e di conseguenza è stato possibile individuare la stagione interessata dei cicli riproduttivi e delle prime fasi di sviluppo.

Il periodo più delicato per la fauna ittica può quindi essere situato nei mesi di marzo-luglio.

#### 4.5.4. Rilascio in concomitanza con eventi di piena

Si ritiene opportuno evidenziare qui anche un criterio operativo, che pur non discendendo da prescrizioni normative, costituisce un vincolo di opportunità per i rilasci a valle, che riveste una notevole importanza e quindi va segnato ogni volta che si verificano le situazioni meteoriche e idrologiche adeguate.

Tale criterio è quello di effettuare le operazioni di rilascio, con apertura dello scarico di fondo, in corrispondenza di eventi naturali di piena e precisamente in coda a tali eventi, cioè quando la portata al colmo è già transitata e la piena stessa è in fase di esaurimento.

In tal modo lo scarico artificiale, senza incrementare la portata massima dell'evento naturale, può inserirsi in esso come prolungamento e sfruttare così importanti fattori ad esso connesso, quali:

- l'utilizzo di acque di piena che probabilmente sarebbero comunque riversate a valle con evidente risparmio delle acque invase;
- possibilità di svasare a valle il deflusso di scarico in un momento in cui il corso d'acqua è già sede di deflussi consistenti così da favorire la dispersione del materiale solido fluitivo a valle.

Occorre inoltre tener presente l'opportunità di suddividere gli scarichi a valle in più fasi distanziate nel tempo, così da consentire al fiume di accogliere e disperdere l'afflusso del materiale solido, con minor disturbo della vita acquatica.

La torbidità specifica per le acque di scarico è stata fissata in termini ponderali pari a 12 Kg/m<sup>3</sup>, tale concentrazione, dato il peso secco dell'unità di volume del materiale sedimentario, in sito, pari a 1,29 t/m<sup>3</sup>, corrisponde a una concentrazione

volumetrica pari<sup>5)</sup> all'1%.

#### 4.5.5. Programma operativo delle operazioni di spurgo

##### 4.5.5.1. Entità del rilascio a valle

In base alla prevista quantità di materiale da asportare dall'invaso, pari a 25.000 m<sup>3</sup>/anno, e alla concentrazione della torbidità prefissata, come sopra specificato, il necessario quantitativo dell'acqua di rilascio risulta annualmente pari a:

$$V_a = 25.000 / 0,01 = 2.500.000 \text{ m}^3$$

##### 4.5.5.2. Periodo ottimale per effettuare i rilasci

Considerato il periodo di rispetto della fauna ittica (marzo÷luglio) e quello di più probabile accadimento degli eventi di piena, il periodo ottimale per attuare i rilasci a valle va collocato nella stagione autunnale e invernale, da ottobre a febbraio.

##### 4.5.5.3. Programma temporale delle operazioni di spurgo

Considerato tutto quanto precedentemente precisato, al fine di assicurare il mantenimento della capacità d'invaso e la salvaguardia sia dell'acqua invasata, sia del corpo ricettore, mediante normali operazioni di svaso, sghiaimento e sfangamento, il programma delle operazioni di spurgo può essere articolato come segue:

---

<sup>5</sup> La concentrazione del materiale solido contenuto nell'acqua di spurgo (torbidità in Kg/m<sup>3</sup>), in termini volumetrici riferiti direttamente al materiale sedimentario allo stato naturale in sito, è data dal rapporto fra il peso del materiale solido contenuto nel m<sup>3</sup> dell'acqua di spurgo (12 Kg/m<sup>3</sup>) e il peso del materiale solido contenuto nel m<sup>3</sup> di materiale sedimentario in sito ( $\gamma_d = 1290 \text{ Kg/m}^3$ ) rapporto pari a 0,0093 e in c.t. a 0,01. Di conseguenza il rapporto di trasformazione fra il volume dell'acqua di spurgo, alla concentrazione (c) prefissata e il volume del materiale sedimentario risulta pari a  $k = c/\gamma_d$ , che per  $c = 12 \text{ Kg/m}^3$  da  $k = 0,01$ .

- Annualmente devono essere eseguiti almeno n°4 interventi di spurgo con apertura dello scarico di fondo fino alla portata massima efficace per determinare una consistente asportazione del materiale sedimentario. Tale portata massima dovrà essere fissata nella prima fase sperimentale del monitoraggio in relazione all'entità della concentrazione della torbidità registrata. Tuttavia si ritiene opportuno prefissare qui, a scopo puramente orientativo, una portata compresa tra 5÷15 m<sup>3</sup>/s, con media di 10 m<sup>3</sup>/s.
- Tali interventi saranno programmati in n°2 nella stagione autunnale e per n°2 in quella invernale, con l'accortezza di dilazionarli nel tempo con intervallo di 7 giorni.
- Se possibile per il verificarsi di eventi di piena o di morbida consistente, tali interventi dovranno essere iniziati in coda agli eventi stessi, avendo però cura di dare inizio all'intervento solo quando è iniziata la fase di esaurimento della piena. In questo caso, e nei limiti consentiti dalla durata dell'evento naturale, le operazioni di scarico potranno convenientemente essere prolungate anche oltre i tempi successivamente indicati e fino a completo esaurimento dell'evento naturale.
- Ogni singola operazione di spurgo, a parte la maggior durata possibile in concomitanza con eventi di piena naturale, come già sopra precisato, dovrà essere eseguita con le seguenti modalità:
  - apertura graduale dello scarico di fondo fino alla portata massima qui indicata presuntivamente in 10 m<sup>3</sup>/s;
  - mantenimento di tale apertura per un periodo continuativo di 18 h e 45', così da fluitare a valle un volume idrico pari a:

$$17^{\text{h}},36' \times 3.600 \times 10 = 675.000 \text{ m}^3$$

pari a ¼ del volume idrico da scaricare in un anno. Tale periodo ovviamente è qui indicato con carattere puramente orientativo in quanto il periodo reale potrà essere fissato solo dopo l'accertamento dell'effettiva capacità di spurgo di questa operazione, come previsto nel programma di monitoraggio.

#### 4.5.5.4. Livelli di concentrazione

Per quanto riguarda i livelli di concentrazione del materiale solido in sospensione nelle acque di scarico, si fissano i seguenti livelli massimi:

- valore massimo orario 10% (volume/volume)<sup>6</sup>;
- valore medio relativo all'intera operazione 1% (volume/volume).

Tali valori ovviamente dovranno essere confermati o eventualmente aggiustati sulla base delle risultanze della prima fase di monitoraggio, nella quale verrà determinata sperimentalmente proprio l'entità della torbidità specifica nelle acque di scarico, in funzione della portata e del tempo, lungo l'intero periodo di scarico.

### 4.6. Programma di monitoraggio

#### 4.6.1. Generalità

La normativa vigente [2] prevede per tutte le operazioni di scarico a valle, con funzione di rimozione di una parte del materiale sedimentato nell'invaso, siano minuziosamente monitorate al fine di controllare puntualmente gli effetti indotti sul corpo idrico recettore dal rilascio delle acque sia per svaso, che per spurgo dell'invaso.

Tali effetti possono essere schematicamente raggruppati in tre distinte tipologie:

- ❖ alterazioni alle caratteristiche geometriche del corpo idrico recettore, per deposito anomalo del materiale solido veicolato dal deflusso idrico o per erosione delle sponde, così da indurre una modifica alle capacità di trasporto e di contenimento del cavo fluviale.

---

<sup>6</sup> Come prima definito, tali valori corrispondono a volume solido, riferito a materiale di sedimentazione in sito e volume liquido del deflusso di scarico.

- ❖ Alterazioni della qualità delle acque di valle, tenuto conto anche degli obiettivi di qualità prefissati dal piano di *“Tutela delle acque dall’inquinamento”*.
- ❖ Alterazione della vita acquatica nel tratto d’alveo immediatamente a valle dello sbarramento, con particolare riguardo alla popolazione ittica, presente nell’alveo stesso e anche nelle acque d’invaso.

Il piano di monitoraggio previsto nel presente Progetto di Gestione si divide in due fasi.

Si è infatti ritenuto opportuno prevedere in via preliminare una fase sperimentale intesa ad accertare la reale entità del materiale solido fluitabile a valle mediante le operazioni di spurgo.

Tale accertamenti sono da considerarsi essenziali non solo per una più adeguata messa a punto delle stesse operazioni di spurgo ma anche per aggiustare i livelli di torbidità previsti, in modo da adeguarli alle esigenze degli *“obiettivi di qualità”* delle acque di valle.

E’ chiaro che il monitoraggio, come sopra prospettato, è un’operazione specificatamente intesa alla salvaguardia della situazione ambientale dell’alveo a valle, e in tal senso la normativa la prescrive solo in caso di sfangamento per rilascio, mentre per lo sfangamento per asportazione, qui pure previsto, prescrive lo studio circa le modalità di dislocazione e smaltimento del materiale asportato.

Tuttavia anche nella fase di sfangamento per asportazione sarà necessario eseguire dei controlli mirati, rientranti concettualmente nell’ambito del monitoraggio.

#### 4.6.2. Fase sperimentale

Questa prima fase, a carattere preliminare, come già precisato ha l’unica finalità di accertare sperimentalmente l’entità del materiale solido trasportato in sospensione dalle acque di scarico, rilasciate dallo scarico di fondo con funzione di spurgo dell’invaso.

Essa verrà quindi attuata per tutta la prima annata di esecuzione delle

operazioni di spurgo, come già programmate ai capitoli precedenti.

La misurazione del materiale solido in sospensione dovrà essere fatta durante tutto il periodo di apertura dello scarico di fondo, in continuo o a intervalli regolari non inferiori ai 15 minuti.

Per il rilevamento potranno essere utilizzati strumenti torbiometrici removibili; da immergere nelle acque di deflusso in un punto ben definito da individuare e prefissare circa 1 Km a valle della diga.

Tale postazione dovrà essere convenientemente predisposta, eventualmente anche con una passerella, per facilitare il posizionamento dello strumento misuratore.

Lo strumento potrà essere sia di tipo ottico, con sensore a sonda da immergere nell'acqua di deflusso, sia di tipo meccanico con campionatore integratore isoermetico.

Si ritiene comunque indispensabile, indipendentemente dal tipo di torbiometro adottato, che in prima fase siano eseguite anche prove manuali, con prelievo di campioni mediante apposito recipiente e misura diretta del materiale dopo sedimentazione, per una corretta taratura della strumentazione automatica.

Al riguardo si fa presente che potrebbe essere conveniente, per il proseguo delle operazioni di monitoraggio, attrezzare una stazione fissa con possibilità di misura contemporanea dei deflussi liquidi e solidi.

In questo caso infatti, con modesta implementazione della strumentazione, sarebbe possibile effettuare anche ulteriori misure atte a fornire con immediatezza parametri molto utili per definire la qualità dell'acqua defluente, quali soprattutto: l'ossigeno disciolto, il PH e l'ammoniaca.

Tutte le misure di torbidità, o eventualmente anche di altri parametri, dovranno essere esattamente documentate e diagrammate al fine di evidenziare i valori più caratteristici, ma anche l'andamento nel tempo e in funzione della portata liquida.

#### 4.6.3. Fase di esercizio

Questa fase è finalizzata al controllo periodico, ma permanente, sia del

trattamento di spurgo qui proposto, mediante verifica dei volumi utili d'invaso, sia dello stato di qualità chimico-fisica e biologica delle acque del corpo idrico recettore, mediante valutazione dei principali indicatori prescelti allo scopo.

E' chiaro che tale monitoraggio dovrà proseguire per tutto il periodo di attuazione delle operazioni di spurgo, ma quando si fossero raggiunti dei soddisfacenti standard sia per le stesse operazioni di spurgo, sia per il controllo di qualità delle acque, gli accertamenti potranno essere ridotti sia di frequenza sia di numero, lasciando solo quelli risultati più significativi.

Va anche precisato che di norma tutti gli accertamenti sulle acque vanno eseguiti sia prima che dopo le operazioni di spurgo, in quanto la loro finalità primaria non è quella della classificazione delle acque, bensì quella di individuare eventuali modificazioni indotte dal trattamento di spurgo.

Il piano di monitoraggio qui proposto, con riferimento alle finalità generali precedentemente evidenziate e a quelle indicate nel presente paragrafo, prende in considerazione le seguenti tipologie di indagini e di analisi:

1. Caratterizzazione del materiale di sedimentazione presente nel serbatoio sia chimica, che ecotossicologica;
2. Rilevamento morfobatimetrico dell'invaso;
3. Rilevamento della torbidità dell'acqua rilasciata a valle e dell'ossigeno disciolto;
4. Ispezione visiva del tratto di alveo che si estende per 10 Km a valle della diga;
5. Controllo dello stato ecologico dell'acqua di deflusso mediante indagine sugli invertebrati macrobentonitici, da eseguirsi sul corpo d'acqua recettore, per un tratto di circa 10 Km a valle della diga, ante e post operazioni di spurgo;
6. Indagine quantitativa della popolazione ittica presente nell'alveo a valle, da eseguire come sopra ante e post operazioni di spurgo per il tratto già indicato dal corpo d'acqua.

Le specifiche caratteristiche dei singoli accertamenti verranno precisate al successivo paragrafo.

Si precisa in particolare che per gli accertamenti di cui ai punti 3, 5 e 6 è necessario determinare n°3 postazioni fisse, disposte rispettivamente:

- a. a 1 Km a valle diga;
- b. a circa 4÷5 Km a valle diga;
- c. a circa 8÷10 Km a valle diga.

#### 4.6.3.1. Caratteristiche degli accertamenti previsti

##### 4.6.3.1.1. Caratterizzazione del materiale sedimentato

Come esposto nei paragrafi precedenti, la caratterizzazione fisico-chimica ed ecotossicologica del materiale d'interrimento è già stata esaminata.

Tuttavia si ritiene necessario che tale caratterizzazione venga ripetuta, con lo stesso procedimento qui adottato, subito prima dell'inizio delle operazioni di spurgo e anche successivamente, con frequenza da fissare nel programma operativo.

##### 4.6.3.1.2. Rilevamento morfobatimetrico dell'invaso

Anche questo accertamento è già stato eseguito nella presente fase progettuale, esso tuttavia va necessariamente ripetuto con analoghe modalità, al fine di controllare per confronto le variazioni indotte dalle operazioni di spurgo sullo stato del fondale dell'invaso.

In tal modo si avrà la possibilità di verificare l'efficacia dell'intervento e l'effettiva disponibilità della capacità utile dell'invaso.

##### 4.6.3.1.3. Rilevamento della torbidità delle acque di spurgo

Questo accertamento è qui stato programmato per la fase sperimentale, di cui si è detto precedentemente.

Esso va comunque ripetuto, con le stesse modalità, durante tutte le operazioni di spurgo per i seguenti due scopi ben distinti:

1. verificare che non si siano superati i livelli approvati per le operazioni di spurgo;
2. accertare le caratteristiche quantitative e di distribuzione temporale dell'elemento fondamentale (materiale solido di spurgo) per i temuti effetti indotti nelle acque del corso d'acqua recettore, così da poter valutare l'effettiva correlazione con tali effetti e poterne dedurre le più adeguate modifiche ai livelli di torbidità ammessi.

Si ritiene inoltre opportuno che in contemporanea venga rilevato anche il tenore dell'ossigeno disciolto, che risulta strettamente correlabile con il grado di torbidità.

Ciò potrà consentire di correlare i dati relativi all'ossigeno disciolto a quelli relativi al grado di torbidità, su serie di dati significativi, al fine di individuare una legge di correlazione utile ad evidenziare le variazioni della torbidità mediante il semplice rilevamento del grado di ossigeno disciolto.

#### 4.6.3.1.4. Ispezione visiva

L'ispezione visiva va effettuata su tutto il tratto del corso d'acqua recettore, dalla diga fino alla 3<sup>a</sup> postazione di misura, al fine di verificare se il deflusso rilasciato ha determinato modifiche apprezzabili della sagoma geometrica del cavo naturale.

In particolare l'ispezione deve individuare l'eventuale presenza di:

- accumuli anomali di materiale sedimentato;
- erosioni di sponda che compromettano la stabilità delle stesse o la normale capacità di contenimento fluviale;
- esondazioni non previste, indicandone le eventuali cause.

#### 4.6.3.1.5. Stato ecologico dell'acqua

Per accertare le variazioni indotte dalle operazioni di spurgo sullo stato ecologico delle acque dell'alveo recettore, si prevede di utilizzare la classifica prevista dal Decreto Legislativo n°152 [1], che è basata sui seguenti parametri:

- Indice Biotico Esteso (IBE);
- Macrodesrittori, come di seguito elencati:
  - Ossigeno disciolto, in termini assoluti (mg/l) e in % sulla saturazione;
  - BOD<sub>5</sub> (O<sub>2</sub> mg/l);
  - COD (O<sub>2</sub> mg/l);
  - Azoto ammoniacale NH<sub>4</sub> (N mg/l);
  - Azoto nitrico NO<sub>3</sub> (N mg/l);
  - Fosforo totale (P mg/l);
  - Escherichina coli (UFC m/l).

La classifica prevista dalla normativa citata si basa sulle griglie di riferimento, che vengono riportate qui di seguito.

**Tab. 7 - Livello di inquinamento espresso dai macrodesrittori**

Parametro	Livello 1	Livello 2	Livello 3	Livello 4	Livello 5
100-OD (% sat.)	≤ 10	≤ 20	≤ 30	≤ 50	> 50
BOD <sub>5</sub> (O <sub>2</sub> mg/l)	< 2,5	≤ 4	≤ 8	≤ 15	> 15
COD (O <sub>2</sub> mg/l)	< 5	≤ 10	≤ 15	≤ 25	> 25
NH <sub>4</sub> (N mg/l)	< 0,03	≤ 0,1	≤ 0,5	≤ 1,5	> 1,5
NO <sub>3</sub> (N mg/l)	< 0,30	≤ 1,5	≤ 5	≤ 10	> 10
Fosforo totale (P mg/l)	< 0,07	≤ 0,15	≤ 0,30	≤ 0,6	> 0,6
Escherichina coli (UFC/100 m/l)	< 100	≤ 1.000	≤ 5.000	≤ 20.000	> 20.000
Punteggio da attribuire per ogni parametro analizzato	80	40	20	10	5
LIVELLO DI INQUINAMENTO MACRODESRIITTORI	480-560	240-475	120-235	60-115	< 60

**Tab. 8 – Stato ecologico dei corsi d’acqua** (si consideri il risultato peggiore tra I.B.E. e macrodesrittori)

	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
I.B.E.	≥ 10	8 - 9	6 - 7	4 - 5	1 – 2 - 3
LIVELLO DI INQUINAMENTO MACRODESRIITTORI	480-560	240-475	120-235	60-115	< 60
COLORE ATTRIBUITO	Blu	Verde	Giallo	Arancio	Rosso

Si prevede pertanto di eseguire il prelievo, ante e post operazioni di spurgo, di campioni d’acqua adeguati per tutte le analisi di cui sopra.

Tali prelievi dovranno essere fatti in tutte le tre postazioni prefissate, come indicato precedentemente, secondo i tempi e le frequenze specificate nel Piano Operativo, appresso descritto.

Si specifica comunque che in linea generale la classificazione completa, con determinazione sia dell’I.B.E. che dei macrodesrittori, sarà prescritta solo per i cicli complessivi di spurgo, mentre la determinazione dell’I.B.E., sarà prevista con maggior frequenza, in modo da avere almeno n°4 campioni in un anno e per ogni postazione.

#### 4.6.3.1.6. Indagine della popolazione ittica

L’indagine quantitativa della popolazione ittica presente nel corpo idrico recettore dovrà essere eseguita mediante cattura dei pesci con elettrostorditore su tratti predefiniti dell’asta fluviale e rilasci degli stessi, dopo esecuzione delle misurazioni di cui appresso, nel corso d’acqua a valle del tratto campionato.

Saranno prefissati n°2 tratti da campionare in zone omogenee del corso d’acqua, disposti rispettivamente: il primo tra le postazioni 1 e 2, già prefissate, e il secondo tra quelle 2 e 3.

Le tratte dovranno avere lunghezza compresa tra i 40 e i 100 m, a seconda della velocità della corrente idrica, riservando la lunghezza più breve a zone ove la corrente fosse a velocità molto bassa e quasi stagnante.

Tali tratte al momento della campionatura dovranno essere confinate a monte

e valle con reti in modo da evitare la fuga dei pesci prima della cattura.

Esse dovranno inoltre essere misurate in lunghezza e larghezza, per valutarne l'area della superficie bagnata.

Su tutti i pesci catturati verranno eseguite le seguenti misurazioni e caratterizzazioni:

- n° del pesci e relativa specie;
- misura della lunghezza di ciascun soggetto;
- misura del peso complessivo per i pesci della stessa specie.

Tutte le misure dovranno essere fatte in sito al momento della cattura e subito dopo i pesci dovranno essere rilasciati in alveo.

Successivamente i dati raccolti verranno elaborati e il peso dei pesci catturati verrà rapportato al m<sup>2</sup> di area campionata, sia in totale, sia per ogni singola specie.

L'influenza delle operazioni di spurgo sulla fauna ittica verrà infine valutata sulla base dei confronti fra le densità rilevate nelle rispettive indagini eseguite nelle varie postazioni ante e post le operazioni di spurgo, secondo i tempi e le frequenze definite nel successivo Programma Operativo.

#### 4.6.3.2. Piano operativo

Precedentemente è stata distinta una prima fase "*sperimentale*" e la fase successiva di "*esercizio*".

La differenza sostanziale fra le due fasi è data dal fatto che la prima è intesa alla definizione sperimentale della concentrazione di torbidità raggiungibile con le operazioni di spurgo, come programmate, mentre nella fase successiva i livelli di torbidità dovrebbero già risultare ben precisati e prefissati prima dell'inizio delle operazioni di spurgo.

Pertanto nella fase sperimentale il livello di torbidità prefissato è solo indicativo e il monitoraggio è inteso a indagare i reali effetti del rilascio, mentre nella fase di esercizio il livello di torbidità prefissato ha carattere prescrittivo e il monitoraggio è

inteso a controllare che non venga superato durante tutto il rilascio.

Tuttavia, per quanto riguarda tutti gli altri controlli previsti nel monitoraggio, non vi è differenza sostanziale fra le due fasi e il monitoraggio completo (comprendente anche i controlli ecologici oltre quello della sola torbidità) può essere iniziato sia dalla fase sperimentale, sia da quella di esercizio, a seconda dell'opportunità pratica.

Pertanto nel presente Piano Operativo non viene tenuto conto della suddetta distinzione in due fasi successive.

Tutto ciò premesso, il Piano Operativo può essere definito come segue.

#### 4.6.3.2.1. Caratterizzazione del materiale sedimentato

La caratterizzazione fisico-chimica ed ecotossicologica del materiale d'interrimento dell'invaso, va eseguita prima dell'inizio delle operazioni di spurgo, per definire con precisione la situazione preesistente.

Data la frequenza annuale degli spurghi programmati, tale caratterizzazione può essere ripetuta annualmente, ma si ritiene opportuno adottare tale frequenza per i primi 2÷3 anni e successivamente ripetere le indagini solo per controllo a frequenza di n°5 anni.

#### 4.6.3.2.2. Rilevamento morfobatimetrico dell'invaso

Questo accertamento di controllo delle variazioni del volume invasato, come proposto precedentemente, va ripetuto di norma ante e post l'insieme di operazioni di spurgo di ogni anno.

Tuttavia, se i controlli dei primi anni dessero risultati positivi nel senso della finalità prefissata di evitare il progressivo aumento dell'interrimento esistente, si ritiene sufficiente ripetere il controllo a frequenza quinquennale.

#### 4.6.3.2.3. Rilevamento della torbidità e dell'ossigeno disciolto

Questo accertamento ha carattere fondamentale per tutte le operazioni di

spurgo.

Pertanto si prevede che venga eseguita di norma:

- ante e post ogni serie di operazioni di spurgo, raggruppante n°2 singole operazioni, come precedentemente stabilito;
- inoltre, almeno per le prime annate di esercizio, si ritiene utile avere una misura continua durante una singola operazione di spurgo e ante e post la stessa operazione.

#### 4.6.3.2.4. Ispezione visiva

Questo controllo, come prima proposto, va eseguito ante e post ogni serie stagionale di operazioni di spurgo.

#### 4.6.3.2.5. Controllo stato ecologico dell'acqua

Anche questo controllo, come precedentemente detto, va considerato fondamentale per evidenziare l'effetto degli spurghi sull'acqua del corpo recettore.

Tuttavia si ritiene sufficiente adottare la seguente modalità:

- esecuzione della classifica integrale, sulla base sia dell'I.B.E., che dei macrodescrittori, ante e post l'intero complesso annuo delle operazioni di spurgo;
- esecuzione della classifica in base al solo parametro I.B.E., che può dare un'indicazione sufficiente sull'eventuale variazione dello stato ecologico dell'acqua, nelle fasi intermedie, e precisamente:
  - o fra la 1<sup>a</sup> e la 2<sup>a</sup> operazione di spurgo;
  - o alla fine della 1<sup>a</sup> serie stagionale di operazioni;
  - o all'inizio della 2<sup>a</sup> serie;
  - o fra la 3<sup>a</sup> e la 4<sup>a</sup> operazione di spurgo.

#### 4.6.3.2.6. Indagine della popolazione ittica

Questo controllo, come proposto prima, va eseguito solo se, dal precedente controllo, lo stato ecologico dell'acqua risulta superiore alla 2<sup>a</sup> classe.

In tal caso l'indagine va eseguita ante e post ogni serie stagionale delle operazioni di spurgo.

#### 4.6.3.2.7. Calendario delle operazioni di monitoraggio

Considerato tutto quanto sopra, contrassegnando con un numero progressivo da 1 a 4 le singole operazioni di spurgo e indicando i periodi *Intermedi* fra dette con la sigla PI mentre con PA e PP i periodi *Ante* e *Post* ciascuna serie di queste attività, il calendario delle operazioni di monitoraggio può essere definito, per il 1° anno di esercizio, come schematizzato nel sottostante prospetto.

PIANO OPERATIVO 1° ANNO DI ESERCIZIO										
Accertamenti di controllo	Operazioni di spurgo									
	1 <sup>a</sup> serie					2 <sup>a</sup> serie				
	PA	1	PI	2	PP	PA	3	PI	4	PP
1 – Caratterizzazione materiale di sedimentazione nell'invaso	X									
2 – Rilievi batrimetrici	X									X
3 – Filamento torbidità e ossigeno disciolto	X		X		X	X		X		X
4 – Ispezione visiva	X				X					X
5 – Controllo stato ecologico acqua										
5/1 – con I.B.E. e Macrodescrittori	X									X
5/2 – solo con I.B.E.			X		X	X				
6 – Indagine popolazione ittica	X				X	X				X

Per le annate successive, tale calendario, potrà anche essere riconfermato.

Tuttavia si ritiene opportuno che esso venga gradualmente semplificato, tenendo conto dei criteri già enunciati precedentemente, nella misura in cui risulta maggiormente definita la conoscenza della situazione e delle variazioni indotte

dalle operazioni di spurgo sullo stato ecologico generale e sulla popolazione ittica esistente.

#### 4.6.4. Operazioni di controllo per lo sfangamento mediante asportazione

Per quanto riguarda lo sfangamento per asportazione, di cui si è già trattato precedentemente, si ritiene necessario prospettare l'opportunità delle seguenti operazioni di controllo:

- Rilievi batimetrici dell'invaso, analoghi a quello per il presente studio, da effettuare:
  - prima dell'inizio delle operazioni di drenaggio, per riconfermare la situazione attuale dell'interrimento;
  - dopo le singole fasi di drenaggio, per accertare la situazione finale.

Questi rilievi complessivi prescindono ovviamente dagli eventuali rilievi intermedi che si potranno rendere necessari per contabilizzare il materiale asportato.

- Accertamento caratteristiche acqua e sedimento comprendente:
  - analisi chimiche sul sedimento da effettuare prima dell'intervento di drenaggio per confermare le caratteristiche, anche in relazione agli inquinanti, accertate nella presente fase;
  - analisi chimiche dell'acqua d'invaso da effettuare sia prima che al termine di ogni fase annuale di sfangamento, al fine di confermare le caratteristiche, anche in relazione agli inquinanti, accertate nella presente fase, ma anche per evidenziare quelle che si stabilizzeranno dopo le operazioni di asportazione.

### **4.7. Esame della possibilità di laminazione**

#### 4.7.1. Generalità

Secondo la normativa di riferimento [2], il Progetto di Gestione deve

comprendere lo studio per individuare i possibili scenari di utilizzo degli scarichi profondi in corrispondenza degli eventi di piena.

Le finalità dell'eventuale utilizzo di tali scarichi sono precisati nella stessa normativa come segue:

- a. garantire comunque la funzionalità degli scarichi di fondo a fronte dei fenomeni d'interrimento;*
- b. ricostruire il trasporto solido a valle dello sbarramento;*
- c. modulare le condizioni di deflusso a valle dello sbarramento, ricorrendo alla possibilità di laminazione dell'invaso.*

Al riguardo si fa presente che le finalità di cui ai punti (a) e (b) sono già state considerate precedentemente, ove è stato proposto anche un piano operativo di apertura dello scarico di fondo proprio per assicurare lo smaltimento del trasporto solido annuo afferente al serbatoio, con riattivazione dello stesso trasporto solido a valle sbarramento, e la periodica pulizia dell'opera d'imbocco, così da mantenere la piena efficienza dello stesso scarico.

Pertanto nel presente capitolo viene considerata specificatamente la terza finalità (c), che è quella della possibile laminazione delle onde di piena ottenibile mediante l'impiego degli scarichi profondi.

E' chiaro che il senso di tale finalità, secondo la stessa normativa di riferimento, è quello di prospettare, nel modo più ampio e generale, le possibilità di riduzione delle piene naturali, mediante apertura di tali opere di scarico, e non tanto quello di fissare, al momento, delle regole operative da rendere prescrittive.

In tal senso le prospettive più interessanti sono quelle connesse con un "programma dinamico", con apertura degli scarichi profondi in anticipo, fino a 24 ore, sull'arrivo dell'onda di piena naturale.

Un programma di questo tipo potrebbe diventare operativo solo in presenza di un appropriato e affidabile sistema di preavviso meteorico, che attualmente non esiste.

Tale circostanza tuttavia non sminuisce l'interesse per gli scenari di utilizzo degli scarichi di fondo, connessi con tali modalità operative, in quanto

costituiscono la base conoscitiva su cui mettere poi appunto le strategie più adeguate.

Peraltro è ovvio che una operazione di presvaso, tarata su una piena di elevata entità, può determinare un rilascio idrico eccessivo per piene di entità inferiore, con conseguente perdita di volume idrico.

Pertanto, dal punto strettamente operativo, un corretto programma dinamico di laminazione dovrebbe essere rigorosamente rapportato all'entità prevista dall'onda di piena affluente, prefissando il relativo tempo di ritorno ( $Tr$ ), che s'intende considerare.

Per tutto quanto sopra osservato, si ritiene quindi opportuno affrontare lo studio di laminazione nel modo più generale possibile, al fine di evidenziarne le possibilità più significative.

In tal senso l'obiettivo dichiarato del presente studio è quello di accertare il massimo contenimento possibile delle onde di piena, fino a quella massima prevedibile con tempo di ritorno  $Tr = 1.000$  anni, prescindendo dagli affinamenti che sarebbero richiesti per piena a tempo di ritorno inferiore per evitare presvasi di entità superiore a quella strettamente necessaria.

#### 4.7.2. Idrogrammi delle piene massime annue

Lo studio relativo alla determinazione degli idrogrammi di piena, massimi annui, in funzione del relativo tempo di ritorno ( $Tr$ ) è già stato eseguito nell'ambito del progetto relativo agli *"Interventi di ripristino della funzionalità del serbatoio, dello sbarramento e della derivazione irrigua"* eseguito a cura del S.I.A. nel marzo 2004, al quale si rimanda per le metodologie di calcolo eseguite e per i risultati.

Al riguardo si fa presente che nello studio di riferimento sono stati determinati gli idrogrammi relativi ai tempi di ritorno:  $Tr = 5, 10, 20, 50, 100, 500$  e  $1.000$  anni.

**Redatto da:**

(Ing. Gaetano Chiapparo)

**Coordinamento:**

(Ing. Carlo Pezzini)

## Riferimenti bibliografici

1. G. La Loggia, M. Minacapilli “*Tecniche GIS per la stima dell’interrimento in tre serbatoi artificiali siciliani*” – L’Acqua Mag-Giu 1998.
2. P. Berti “*L’apporto solido nel serbatoio di Gela*” – VIII Convegno di Idraulica – Pisa – Aprile 1963.
3. M. Lucignani “*La gestione delle ritenute d’acqua artificiali*” – L’Acqua 3/2002.
4. “*Il monitoraggio idrotorbidimetrico dei corsi d’acqua per la stima dei processi erosivi e il bilancio dei solidi sospesi*” – a cura della Autorità di Bacino del Reno – 2<sup>a</sup> giornata di studio Bologna 08.10.2004 – pubblicato su ARPA della regione Emilia Romagna.
5. M. Buffo, L. Dutto “*La gestione dei sedimenti negli invasi artificiali: Indagini e regole operative*” Hydrodata 3/06 – febbraio 2006;
6. Ardisio – Desio “*Geologia applicata all’ingegneria*” – Hoepli.

Allegati:

Tav. 1 - Planimetria del bacino imbrifero

Tav. 2 - Planimetria dello sbarramento

Tav. 3 – Particolari opere di scarico

Tav. 4 – Sezione tipo della diga

Tav. 5 – Diagramma delle aree e dei volumi d'invaso del serbatoio

Tab. 1 – Rapporti di prova analisi acque, 1<sup>a</sup> campagna

Tav. 6 – Planimetria ubicazione sondaggi 1<sup>a</sup> campagna

Tab. 2 – Rapporti di prova analisi terreno 1<sup>a</sup> campagna

Tav. 7 – Planimetria ubicazione sondaggi 2<sup>a</sup> campagna

Tab. 3 – Rapporti di prova analisi terreno, 2<sup>a</sup> campagna

Tab. 4 – Stazione torbiometrica

Tav. 8 – Particolare dell'imbocco a pipa

## ALLEGATI

# L.A.G.A.M. ESA - PA

via Partanna Mondello 50/a, 90100 Palermo  
tel 091/6200805 - fax 091/6200814  
e-mail: labesapa@tin.it

Rapporto di prova analisi acqua n. 162/39/AC del 31/03/04

## DATI IDENTIFICATIVI

COMMITTENTE:	Sede Provinciale Enna	DITTA:	—
PROT.:	619	CONTRADA:	—
DATA ING.:	22/03/04	COMUNE:	Enna
SUB-CAMP.:	CA1	COLTURA:	—
DATA PREL.:	16/03/04	VARIETA':	ore 11.00
TIPOLOGIA:	acqua superficiale		

## RISULTATI

pH	8,0	MP02/00/AC (*)		
CONDUCIBILITA' a 25 °C	778 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$	MP01/00/AC (*)	CLASSE SALINITA'	C3
SAR	1		CLASSE SODICITA'	S1
LIMITE DI TODD	—		RSC	-2,55 meq $\text{L}^{-1}$
CATIONI			ANIONI	
Ca <sup>++</sup>	79 ppm	MP03/00/AC	Cl <sup>-</sup>	68 ppm MP07/00/AC (*)
Mg <sup>++</sup>	22 ppm	MP03/00/AC	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	175 ppm MP06/00/AC (*)
Na <sup>+</sup>	58 ppm	MP03/00/AC	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	— ppm MP05/00/AC (*)
K <sup>+</sup>	7 ppm	MP03/00/AC	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	198 ppm MP05/00/AC (*)

(\*) = Supplemento Ordinario G.U.R.L. n°87 del 13/04/00 DM 23/03/00

Direttore  
Dott. Leonardo Gambino

Il Responsabile Tecnico  
Dott. Marcello Merulla

## L.AG.AM. ESA - PA

via Partanna Mondello 50/a, 90100 Palermo  
tel 091/6200805 - fax 091/6200814  
e-mail: labesapa@tin.it

Rapporto di prova analisi acqua n. 163/39/AC del 31/03/04

### DATI IDENTIFICATIVI

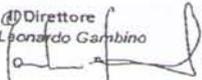
COMMITTENTE:	<u>Sede Provinciale Enna</u>	DITTA:	—
PROT. :	<u>619</u>	CONTRADA:	—
DATA ING. :	<u>22/03/04</u>	COMUNE:	<u>Enna</u>
SUB-CAMP. :	<u>CA2</u>	COLTURA:	—
DATA PREL.:	<u>18/03/04</u>	VARIETA':	<u>ore 11.00</u>
TIPOLOGIA:	<u>acqua superficiale</u>		

### RISULTATI

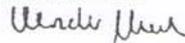
pH	8,2	MP02/00/AC $\square$		
CONDUCIBILITA' a 25 °C	783 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$	MP01/00/AC $\square$	CLASSE SALINITA'	C3
SAR	1		CLASSE SODICITA'	S1
LIMITE DI TODD	—		RSC	-2,00 meq $\text{L}^{-1}$
CATIONI			ANIONI	
Ca <sup>++</sup>	81 ppm	MP03/00/AC	Cl <sup>-</sup>	68 ppm MP07/00/AC $\square$
Mg <sup>++</sup>	22 ppm	MP03/00/AC	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	193 ppm MP06/00/AC $\square$
Na <sup>+</sup>	59 ppm	MP03/00/AC	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	— ppm MP05/00/AC $\square$
K <sup>+</sup>	7 ppm	MP03/00/AC	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	195 ppm MP05/00/AC $\square$

(\*) = Supplemento Ordinario G.U.R.I. n°87 del 13/04/00 DM 23/03/00

Il Direttore  
Dott. Leonardo Gambino



Il Responsabile Tecnico  
Dott. Marcello Merulla



## L.A.G.A.M. ESA - PA

via Partanna Mondello 50/a, 90100 Palermo  
tel 091/6200805 - fax 091/6200814  
e-mail: labesapa@tin.it

Rapporto di prova analisi acqua n. 164/39/AC del 31/03/04

### DATI IDENTIFICATIVI

COMMITTENTE:	<u>Sede Provinciale Enna</u>	DITTA:	
PROT.:	<u>619</u>	CONTRADA:	
DATA ING.:	<u>22/03/04</u>	COMUNE:	<u>Enna</u>
SUB-CAMP.:	<u>CA2</u>	COLTURA:	
DATA PREL.:	<u>16/03/04</u>	VARIETA':	<u>ora 12,00</u>
TIPOLOGIA:	<u>acqua superficiale</u>		

### RISULTATI

pH	8,1	MP02/00/AC (*)		
CONDUCIBILITA' a 25 °C	854 $\mu\text{S/cm}^{-1}$	MP01/00/AC (*)	CLASSE SALINITA'	C3
SAR	2		CLASSE SODICITA'	S1
LIMITE DI TODD	—		RSC	-2,95 meq $\text{L}^{-1}$
CATIONI		ANIONI		
Ca <sup>++</sup>	84 ppm	MP03/00/AC	Cl <sup>-</sup>	75 ppm MP07/00/AC (*)
Mg <sup>++</sup>	25 ppm	MP03/00/AC	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	214 ppm MP06/00/AC (*)
Na <sup>+</sup>	72 ppm	MP03/00/AC	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	— ppm MP05/00/AC (*)
K <sup>+</sup>	8 ppm	MP03/00/AC	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	203 ppm MP05/00/AC (*)

(\*) = Supplemento Ordinario G.U.R.L. n°87 del 13/04/00 DM 23/03/00

Il Direttore  
Dott. Leonardo Gambino

Il Responsabile Tecnico  
Dott. Marco Merulla

*Marco Merulla*

**L.A.G.A.M. ESA - PA**  
 via Partanna Mondello S/O 41100 Enna  
 tel 091/6200303 - fax 091/6200304  
 e-mail: labesapa@tin.it

Rapporto di prova analisi **acqua n. 165/39/AC** del 31/03/04

DATI IDENTIFICATIVI

COMMITTENTE:	Sede Provinciale Enna	DITTA:	-
PROT. :	619	CONTRADA:	-
DATA ING. :	22/03/04	COMUNE:	Enna
SUB-CAMP. :	CA4	COLTURA:	-
DATA PREL.:	16/03/04	VARIETA':	ora 12.00
TIPOLOGIA:	acqua superficiale		

RISULTATI

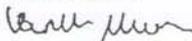
pH	8,0	MP02/00/AC <sup>(*)</sup>		
CONDUCIBILITA' a 25 °C	804 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$	MP01/00/AC <sup>(*)</sup>	CLASSE SALINITA'	C3
SAR	2		CLASSE SODICITA'	S1
LIMITE DI TODD	---		RSC	-3,57 meq $\text{L}^{-1}$
<b>CATIONI</b>			<b>ANIONI</b>	
Ca <sup>++</sup>	92 ppm	MP03/00/AC	Cl <sup>-</sup>	69 ppm MP07/00/AC <sup>(*)</sup>
Mg <sup>++</sup>	27 ppm	MP03/00/AC	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	185 ppm MP06/00/AC <sup>(*)</sup>
Na <sup>+</sup>	68 ppm	MP03/00/AC	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	--- ppm MP05/00/AC <sup>(*)</sup>
K <sup>+</sup>	8 ppm	MP03/00/AC	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	200 ppm MP05/00/AC <sup>(*)</sup>

(\*) = Supplemento Ordinario G.U.R.L. n°87 del 13/04/00 DM 23/03/00

Il Direttore  
 Dott. Leonardo Gambino



Il Responsabile Tecnico  
 Dott. Marcello Merulla



# L.AG.AM. ESA - PA

via Partanna Mondello 50/a, 90100 Palermo  
tel 091/6200805 - fax 091/6200814  
e-mail: labesapa@tin.it

Rapporto di prova analisi acqua n. 166/39/AC del 31/03/04

## DATI IDENTIFICATIVI

COMMITTENTE:	Sede Provinciale Enna	DITTA:	-
PROT.:	619	CONTRADA:	-
DATA ING.:	22/03/04	COMUNE:	Enna
SUB-CAMP.:	CA3	COLTURA:	-
DATA PREL.:	18/03/04	VARIETA':	ore 12.00
TIPOLOGIA:	acqua superficiale		

## RISULTATI

pH	8,2	MP02/00/AC <sup>(*)</sup>		
CONDUCIBILITA' a 25 °C	817 µS/cm <sup>-1</sup>	MP01/00/AC <sup>(*)</sup>	CLASSE SALINITA'	C3
SAR	2		CLASSE SODICITA'	S1
LIMITE DI TODD	—		RSC	-2,88 meq lt <sup>-1</sup>
<b>CATIONI</b>			<b>ANIONI</b>	
Ca <sup>++</sup>	82 ppm	MP03/00/AC	Cl <sup>-</sup>	68 ppm MP07/00/AC <sup>(*)</sup>
Mg <sup>++</sup>	26 ppm	MP03/00/AC	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	194 ppm MP08/00/AC <sup>(*)</sup>
Na <sup>+</sup>	72 ppm	MP03/00/AC	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	— ppm MP05/00/AC <sup>(*)</sup>
K <sup>+</sup>	8 ppm	MP03/00/AC	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	207 ppm MP05/00/AC <sup>(*)</sup>

(\*) = Supplemento Ordinario G.U.R.I. n°87 del 13/04/00 DM 23/03/00

Il Direttore  
Dott. Leonardo Gambino

Il Responsabile Tecnico  
Dott. Marcello Merulla



Rapporto di prova analisi terreno n.1589/57/T del 22/04/04

### DATI IDENTIFICATIVI

COMMITTENTE: Sede Provinciale Enna  
PROT.: 619  
DATA ING.: 22/03/04  
SUB-CAMP.: S19CR1  
DATA PREL.: 16/03/04  
PROF. (cm): 0-40

DITTA:  
CONTRADA:  
COMUNE: Enna  
COLTURA:  
VARIETA':

### RISULTATI

GRANULOMETRIA		MP01/00/SL <sup>(***)</sup>	SOSTANZA ORGANICA	
Sabbia	44,8 %		S.O.	19,1 g · kg <sup>-1</sup> VII.3 <sup>(*)</sup>
Limo	13,5 %		Carbonio	11,1 g · kg <sup>-1</sup> VII.3 <sup>(*)</sup>
Argilla	41,7 %		rapporto C/N	9
pH			MACROELEMENTI	
in H <sub>2</sub> O	8,2	III.1 <sup>(*)</sup>	N	1,2 g · kg <sup>-1</sup> XIV.2-3 <sup>(*)</sup>
in KCl	7,3	III.1 <sup>(*)</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assim.le	33 mg · kg <sup>-1</sup> XV.3 <sup>(*)</sup>
			K <sub>2</sub> O scamb.le	428 mg · kg <sup>-1</sup> XII.5 <sup>(*)</sup>
CALCARE			MICROELEMENTI	
Totale	67,6 g · kg <sup>-1</sup>	V.1 <sup>(*)</sup>	Cu <sup>++</sup>	0,5 mg · kg <sup>-1</sup> 37 <sup>(**)</sup>
Attivo	43,8 g · kg <sup>-1</sup>	V.2 <sup>(*)</sup>	Zn <sup>++</sup>	0,1 mg · kg <sup>-1</sup> 37 <sup>(**)</sup>
			Fe <sup>++</sup>	7,5 mg · kg <sup>-1</sup> 37 <sup>(**)</sup>
			Mn <sup>++</sup>	2,0 mg · kg <sup>-1</sup> 37 <sup>(**)</sup>
CATIONI SCAMBIABILI			ESTRATTO A PASTA SATURA	
Ca <sup>++</sup>	22,9 meq · 100 gr <sup>-1</sup>	XIII.5 <sup>(*)</sup>	Conducibilità a 25 °C	681 µS/cm <sup>-1</sup> IV.1 <sup>(*)</sup>
Mg <sup>++</sup>	3,2 meq · 100 gr <sup>-1</sup>	XIII.5 <sup>(*)</sup>	Ca <sup>++</sup>	1,36 mmol (±) · kg <sup>-1</sup> IV.2 <sup>(*)</sup>
K <sup>+</sup>	0,9 meq · 100 gr <sup>-1</sup>	XIII.5 <sup>(*)</sup>	Mg <sup>++</sup>	0,23 mmol (±) · kg <sup>-1</sup> IV.2 <sup>(*)</sup>
Na <sup>+</sup>	0,8 meq · 100 gr <sup>-1</sup>	XIII.5 <sup>(*)</sup>	Na <sup>+</sup>	0,66 mmol (±) · kg <sup>-1</sup> IV.2 <sup>(*)</sup>
C.S.C.	34,0 meq · 100 gr <sup>-1</sup>	XIII.2 <sup>(*)</sup>	K <sup>+</sup>	0,10 mmol (±) · kg <sup>-1</sup> IV.2 <sup>(*)</sup>
GSB	81,9 %	XIII.5 <sup>(*)</sup>	Cl <sup>-</sup>	0,53 mmol (±) · kg <sup>-1</sup> IV.2 <sup>(*)</sup>

<sup>(\*)</sup> = Supplemento Ordinario G.U.R.I. n° 248 del 21/10/99 DM 13/09/99

<sup>(\*\*)</sup> = Supplemento Ordinario G.U.R.I. n° 121 del 25/05/92 DM 11/05/92

<sup>(\*\*\*)</sup> = Società Italiana della Scienza del Suolo - Metodi normalizzati di analisi del suolo - 1985 - Edagricole

N.A. = Non Applicabile

Il Direttore  
Dott. Leonardo Gambino

Il Responsabile Tecnico  
Dott. Marcello Merulla

*Marcello Merulla*

Tab. 2.1 – Rapporti di prova analisi terreno 1° campagna

**L.A.G.A.M. ES**

via Portofino, 100

tel. 091/521050

e-mail: l.agsam@unina.it

Rapporto di prova analisi terreno n.1570/57/T del 22/04/04

**DATI IDENTIFICATIVI**

COMMITTENTE: Sede Provinciale Enna  
PROT. : 619  
DATA ING. : 22/03/04  
SUB-CAMP. : S21CR1  
DATA PREL.: 16/03/04  
PROF. (cm): 0-40

DITTA: -  
CONTRADA:  
COMUNE: Enna  
COLTURA:  
VARIETA':

**RISULTATI**

**GRANULOMETRIA**

Sabbia 52,4 %  
Limo 7,5 %  
Argilla 40,2 %

MP01/00/SL (\*)

**pH**

in H<sub>2</sub>O 8,5 III.1 (\*)  
in KCl 7,5 III.1 (\*)

**CALCARE**

Totale 115,5 g · kg<sup>-1</sup> V.1 (\*)  
Attivo 61,3 g · kg<sup>-1</sup> V.2 (\*)

**CATIONI SCAMBIABILI**

Ca<sup>++</sup> 21,7 meq · 100 gr<sup>-1</sup> XIII.5 (\*)  
Mg<sup>++</sup> 4,1 meq · 100 gr<sup>-1</sup> XIII.5 (\*)  
K<sup>+</sup> 0,8 meq · 100 gr<sup>-1</sup> XIII.5 (\*)  
Na<sup>+</sup> 1,0 meq · 100 gr<sup>-1</sup> XIII.5 (\*)  
C.S.C. 30,1 meq · 100 gr<sup>-1</sup> XIII.2 (\*)  
GSB 91,4 % XIII.5 (\*)

**SOSTANZA ORGANICA**

S.O. 17,8 g · kg<sup>-1</sup> VII.3 (\*)  
Carbonio 10,3 g · kg<sup>-1</sup> VII.3 (\*)  
rapporto C/N 9

**MACROELEMENTI**

N 1,1 g · kg<sup>-1</sup> XIV.2-3 (\*)  
P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> assim.le 17 mg · kg<sup>-1</sup> XV.3 (\*)  
K<sub>2</sub>O scamb.le 373 mg · kg<sup>-1</sup> XII.5 (\*)

**MICROELEMENTI**

Cu<sup>++</sup> 0,5 mg · kg<sup>-1</sup> 37 (\*)  
Zn<sup>++</sup> 0,2 mg · kg<sup>-1</sup> 37 (\*)  
Fe<sup>++</sup> 9,2 mg · kg<sup>-1</sup> 37 (\*)  
Mn<sup>++</sup> 1,8 mg · kg<sup>-1</sup> 37 (\*)

**ESTRATTO A PASTA SATURA**

Conducibilità a 25 °C 868 µS/cm<sup>-1</sup> IV.1 (\*)  
Ca<sup>++</sup> 1,46 mmol (±) · kg<sup>-1</sup> IV.2 (\*)  
Mg<sup>++</sup> 0,33 mmol (±) · kg<sup>-1</sup> IV.2 (\*)  
Na<sup>+</sup> 1,20 mmol (±) · kg<sup>-1</sup> IV.2 (\*)  
K<sup>+</sup> 0,08 mmol (±) · kg<sup>-1</sup> IV.2 (\*)  
Cl<sup>-</sup> 0,59 mmol (±) · kg<sup>-1</sup> IV.2 (\*)

(\*) = Supplemento Ordinario G.U.R.L. n° 248 del 21/10/99 DM 13/09/99

(\*\*) = Supplemento Ordinario G.U.R.L. n° 121 del 25/05/92 DM 11/05/92

(\*\*\*) = Società Italiana della Scienza del Suolo - Metodi normalizzati di analisi del suolo - 1985 - Edagricole

N.A. = Non Applicabile

Il Direttore  
Dott. Leonardo Gambino

Il Responsabile Tecnico  
Dott. Marcello Merulla

*Marcello Merulla*

Tab. 2.2 – Rapporti di prova analisi terreno 1° campagna



Rapporto di prova analisi terreno n.1571/57/T del 22/04/04

**DATI IDENTIFICATIVI**

COMMITTENTE: Sede Provinciale Enna  
 PROT.: 619  
 DATA ING.: 22/03/04  
 SUB-CAMP.: S23CR1  
 DATA PREL.: 16/06/04  
 PROF. (cm): 0-40

DITTA:  
 CONTRADA:  
 COMUNE: Enna  
 COLTURA:  
 VARIETA':

**RISULTATI**

<b>GRANULOMETRIA</b>		MP01/00/SL (***)	<b>SOSTANZA ORGANICA</b>	
Sabbia	29,3 %		S.O.	17,7 g · kg <sup>-1</sup> VII.3 (*)
Limo	20,8 %		Carbonio	10,3 g · kg <sup>-1</sup> VII.3 (*)
Argilla	49,9 %		rapporto C/N	8
pH			<b>MACROELEMENTI</b>	
in H <sub>2</sub> O	8,8	III.1 (*)	N	1,2 g · kg <sup>-1</sup> XIV.2-3 (*)
in KCl	7,4	III.1 (*)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assim.le	33 mg · kg <sup>-1</sup> XV.3 (*)
			K <sub>2</sub> O scamb.le	403 mg · kg <sup>-1</sup> XII.5 (*)
<b>CALCARE</b>			<b>MICROELEMENTI</b>	
Totale	145,1 g · kg <sup>-1</sup>	V.1 (*)	Cu <sup>++</sup>	0,8 mg · kg <sup>-1</sup> 37 (**)
Attivo	84,4 g · kg <sup>-1</sup>	V.2 (*)	Zn <sup>++</sup>	0,0 mg · kg <sup>-1</sup> 37 (**)
			Fe <sup>++</sup>	5,5 mg · kg <sup>-1</sup> 37 (**)
			Mn <sup>++</sup>	1,3 mg · kg <sup>-1</sup> 37 (**)
<b>CATIONI SCAMBIABILI</b>			<b>ESTRATTO A PASTA SATURA</b>	
Ca <sup>++</sup>	26,7 meq · 100 gr <sup>-1</sup>	XIII.5 (*)	Conducibilità a 25 °C	1033 µS/cm <sup>1</sup> IV.1 (*)
Mg <sup>++</sup>	4,9 meq · 100 gr <sup>-1</sup>	XIII.5 (*)	Ca <sup>++</sup>	1,01 mmol (*) · kg <sup>-1</sup> IV.2 (*)
K <sup>+</sup>	0,9 meq · 100 gr <sup>-1</sup>	XIII.5 (*)	Mg <sup>++</sup>	0,24 mmol (*) · kg <sup>-1</sup> IV.2 (*)
Na <sup>+</sup>	2,9 meq · 100 gr <sup>-1</sup>	XIII.5 (*)	Na <sup>+</sup>	2,87 mmol (*) · kg <sup>-1</sup> IV.2 (*)
C.S.C.	38,0 meq · 100 gr <sup>-1</sup>	XIII.2 (*)	K <sup>+</sup>	0,08 mmol (*) · kg <sup>-1</sup> IV.2 (*)
GSB	93,1 %	XIII.5 (*)	Cl <sup>-</sup>	1,17 mmol (*) · kg <sup>-1</sup> IV.2 (*)

(\*) = Supplemento Ordinario G.U.R.I. n° 248 del 21/10/99 DM 13/09/99

(\*\*) = Supplemento Ordinario G.U.R.I. n° 121 del 25/05/92 DM 11/05/92

(\*\*\*) = Società Italiana della Scienza del Suolo - Metodi normalizzati di analisi del suolo - 1985 - Edagricole

N.A. = Non Applicabile

Il Direttore  
 Dott. Leonardo Gambino

Il Responsabile Tecnico  
 Dott. Marcello Merula

Tab. 2.3 – Rapporti di prova analisi terreno 1° campagna

**L.A.G.A.M. EST. P.I.**  
 via Furtana-Medulla  
 tel 091/7109819 - fax 091/7109819  
 e-mail: l.aggam@comuni.it

Rapporto di prova analisi terreno n.1572/57/T del 22/04/04

**DATI IDENTIFICATIVI**

COMMITTENTE:	Sede Provinciale Enna	DITTA:	
PROT.:	619	CONTRADA:	
DATA ING.:	22/03/04	COMUNE:	Enna
SUB-CAMP.:	S24CR1	COLTURA:	
DATA PREL.:	16/03/04	VARIETA':	
PROF. (cm):	0-40		

**RISULTATI**

<b>GRANULOMETRIA</b>		<b>MP01/00/SL (***)</b>	<b>SOSTANZA ORGANICA</b>	
Sabbia	53,4 %		S.O.	15,3 g · kg <sup>-1</sup> VII.3 (**)
Limo	12,3 %		Carbonio	8,9 g · kg <sup>-1</sup> VII.3 (**)
Argilla	34,3 %		rapporto C/N	8
<b>pH</b>			<b>MACROELEMENTI</b>	
in H <sub>2</sub> O	8,5	III.1 (**)	N	1,1 g · kg <sup>-1</sup> XIV.2-3 (**)
in KCl	7,5	III.1 (**)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assimilabile	17 mg · kg <sup>-1</sup> XV.3 (**)
<b>CALCARE</b>			K <sub>2</sub> O scambiabile	602 mg · kg <sup>-1</sup> XIII.5 (**)
Totale	45,0 g · kg <sup>-1</sup>	V.1 (**)	<b>MICROELEMENTI</b>	
Attivo	22,5 g · kg <sup>-1</sup>	V.2 (**)	Cu <sup>++</sup>	0,3 mg · kg <sup>-1</sup> 37 (**)
<b>CATIONI SCAMBIABILI</b>			Zn <sup>++</sup>	0,1 mg · kg <sup>-1</sup> 37 (**)
Ca <sup>++</sup>	18,2 meq · 100 gr <sup>-1</sup>	XIII.5 (**)	Fe <sup>++</sup>	2,7 mg · kg <sup>-1</sup> 37 (**)
Mg <sup>++</sup>	1,7 meq · 100 gr <sup>-1</sup>	XIII.5 (**)	Mn <sup>++</sup>	1,0 mg · kg <sup>-1</sup> 37 (**)
K <sup>+</sup>	1,3 meq · 100 gr <sup>-1</sup>	XIII.5 (**)	<b>ESTRATTO A PASTA SATURA</b>	
Na <sup>+</sup>	0,4 meq · 100 gr <sup>-1</sup>	XIII.5 (**)	Conducibilità a 25 °C	310 µS/cm <sup>-1</sup> IV.1 (**)
C.S.C.	25,6 meq · 100 gr <sup>-1</sup>	XIII.2 (**)	Ca <sup>++</sup>	0,57 mmol (±) · kg <sup>-1</sup> IV.2 (**)
GSB	84,3 %	XIII.5 (**)	Mg <sup>++</sup>	0,11 mmol (±) · kg <sup>-1</sup> IV.2 (**)
			Na <sup>+</sup>	0,25 mmol (±) · kg <sup>-1</sup> IV.2 (**)
			K <sup>+</sup>	0,15 mmol (±) · kg <sup>-1</sup> IV.2 (**)
			Cl <sup>-</sup>	0,13 mmol (±) · kg <sup>-1</sup> IV.2 (**)

\*\*\* = Supplemento Ordinario G.U.R.I. n° 248 del 21/10/99 DM 13/09/99

\*\*\*\* = Supplemento Ordinario G.U.R.I. n° 121 del 25/05/92 DM 11/05/92

\*\*\*\*\* = Società Italiana della Scienza del Suolo - Metodi normalizzati di analisi del suolo - 1985 - Edagricole

N.A. = Non Applicabile

Il Direttore  
 Dott. Leonardo Gambino

Il Responsabile Tecnico  
 Dott. Marco Merusa

*Marco Merusa*

Tab. 2.4 – Rapporti di prova analisi terreno 1° campagna

# L.A.G.A.M. ESA - PA

via Partanna Mondello 50/a, 90151 Palermo  
tel 091/6200805 - fax 091/6200814  
e-mail: labesapa@tin.it

Rapporto di prova analisi terreno n.1573/57/T del 22/04/04

## DATI IDENTIFICATIVI

COMMITTENTE: Sede Provinciale Enna  
PROT.: 619  
DATA ING.: 22/03/04  
SUB-CAMP.: S2CR1  
DATA PREL.: 16/03/04  
PROF. (cm): 2-23

DITTA:  
CONTRADA:  
COMUNE: Enna  
COLTURA:  
VARIETA':

## RISULTATI

<b>GRANULOMETRIA</b>		<b>MP01/00/SL (***)</b>	<b>SOSTANZA ORGANICA</b>	
Sabbia	14,3 %		S.O.	24,1 g · kg <sup>-1</sup> VII.3 (3)
Limo	35,3 %		Carbonio	14,0 g · kg <sup>-1</sup> VII.3 (3)
Argilla	50,5 %		rapporto C/N	10
<b>pH</b>			<b>MACROELEMENTI</b>	
in H <sub>2</sub> O	8,2	III.1 (2)	N	1,5 g · kg <sup>-1</sup> XIV.2.3 (4)
in KCl	7,5	III.1 (2)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assim.le	14 mg · kg <sup>-1</sup> XV.3 (2)
			K <sub>2</sub> O scamb.le	453 mg · kg <sup>-1</sup> XIII.5 (2)
<b>CALCARE</b>			<b>MICROELEMENTI</b>	
Totale	190,4 g · kg <sup>-1</sup>	V.1 (2)	Cu <sup>++</sup>	1,3 mg · kg <sup>-1</sup> 37 (2+)
Attivo	97,5 g · kg <sup>-1</sup>	V.2 (2)	Zn <sup>++</sup>	0,3 mg · kg <sup>-1</sup> 37 (2+)
			Fe <sup>++</sup>	96,7 mg · kg <sup>-1</sup> 37 (2+)
			Mn <sup>++</sup>	7,8 mg · kg <sup>-1</sup> 37 (2+)
<b>CATIONI SCAMBIABILI</b>			<b>ESTRATTO A PASTA SATURA</b>	
Ca <sup>++</sup>	27,0 meq · 100 gr <sup>-1</sup>	XIII.5 (2)	Conducibilità a 25 °C	— μS/cm <sup>-1</sup> IV.1 (2)
Mg <sup>++</sup>	7,7 meq · 100 gr <sup>-1</sup>	XIII.5 (2)	Ca <sup>++</sup>	— mmol (2) · kg <sup>-1</sup> IV.2 (2)
K <sup>+</sup>	1,0 meq · 100 gr <sup>-1</sup>	XIII.5 (2)	Mg <sup>++</sup>	— mmol (2) · kg <sup>-1</sup> IV.2 (2)
Na <sup>+</sup>	1,0 meq · 100 gr <sup>-1</sup>	XIII.5 (2)	Na <sup>+</sup>	— mmol (2) · kg <sup>-1</sup> IV.2 (2)
C.S.C.	38,3 meq · 100 gr <sup>-1</sup>	XIII.2 (2)	K <sup>+</sup>	— mmol (2) · kg <sup>-1</sup> IV.2 (2)
G.S.B.	95,5 %	XIII.5 (2)	Cl <sup>-</sup>	— mmol (2) · kg <sup>-1</sup> IV.2 (2)

(\*) = Supplemento Ordinario G.U.R.I. n° 248 del 21/10/99 DM 13/09/99

(\*\*) = Supplemento Ordinario G.U.R.I. n° 121 del 25/05/92 DM 11/05/92

(\*\*\*) = Società Italiana della Scienza del Suolo - Metodi normalizzati di analisi del suolo - 1985 - Edagricole

N.A. = Non Applicabile

Il Direttore  
Dott. Leonardo Gambino

Il Responsabile Tecnico  
Dott. Marcello Merula

*Marcello Merula*

# L.AG.AM. ESA - PA

via Partanna Mondello 50/a, 90151 Palermo  
tel 091/6200805 - fax 091/6200814  
e-mail: labesapa@tin.it

Rapporto di prova analisi terreno n.1674/57/T del 22/04/04

## DATI IDENTIFICATIVI

COMMITTENTE: Sede Provinciale Enna  
PROT.: 619  
DATA ING.: 22/03/04  
SUB-CAMP.: S2CIS2  
DATA PREL.: 16/03/04  
PROF. (fm): 9-9.3

DITTA:  
CONTRADA:  
COMUNE: Enna  
COLTURA:  
VARIETA':

## RISULTATI

<b>GRANULOMETRIA</b>		<b>MP01.00/SL<sup>(****)</sup></b>	<b>SOSTANZA ORGANICA</b>	
Sabbia	54,8 %		S.O.	26,1 g · kg <sup>-1</sup> VII.3 <sup>(*)</sup>
Limo	2,3 %		Carbonio	15,1 g · kg <sup>-1</sup> VII.3 <sup>(*)</sup>
Argilla	42,9 %		rapporto C/N	12
<b>pH</b>			<b>MACROELEMENTI</b>	
in H <sub>2</sub> O	8,3	III.1 <sup>(*)</sup>	N	1,2 g · kg <sup>-1</sup> XIV.2-3 <sup>(*)</sup>
in KCl	7,9	III.1 <sup>(*)</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assim.le	22 mg · kg <sup>-1</sup> XV.3 <sup>(*)</sup>
<b>CALCARE</b>			K <sub>2</sub> O scamb.le	404 mg · kg <sup>-1</sup> XIII.5 <sup>(*)</sup>
Totale	280,5 g · kg <sup>-1</sup>	V.1 <sup>(*)</sup>	<b>MICROELEMENTI</b>	
Attivo	112,5 g · kg <sup>-1</sup>	V.2 <sup>(*)</sup>	Cu <sup>++</sup>	3,6 mg · kg <sup>-1</sup> 37 <sup>(**)</sup>
<b>CATIONI SCAMBIABILI</b>			Zn <sup>++</sup>	0,8 mg · kg <sup>-1</sup> 37 <sup>(**)</sup>
Ca <sup>++</sup>	26,4 meq · 100 gr <sup>-1</sup>	XIII.5 <sup>(*)</sup>	Fe <sup>++</sup>	126,2 mg · kg <sup>-1</sup> 37 <sup>(**)</sup>
Mg <sup>++</sup>	4,5 meq · 100 gr <sup>-1</sup>	XIII.5 <sup>(*)</sup>	Mn <sup>++</sup>	8,3 mg · kg <sup>-1</sup> 37 <sup>(**)</sup>
K <sup>+</sup>	0,9 meq · 100 gr <sup>-1</sup>	XIII.5 <sup>(*)</sup>	<b>ESTRATTO A PASTA SATURA</b>	
Na <sup>+</sup>	0,8 meq · 100 gr <sup>-1</sup>	XIII.5 <sup>(*)</sup>	Conducibilità a 25 °C	— μS/cm <sup>-1</sup> IV.1 <sup>(*)</sup>
C.S.C.	N.A. meq · 100 gr <sup>-1</sup>	XIII.2 <sup>(*)</sup>	Ca <sup>++</sup>	— mmol (t) · kg <sup>-1</sup> IV.2 <sup>(*)</sup>
GSB	N.A. %	XIII.5 <sup>(*)</sup>	Mg <sup>++</sup>	— mmol (t) · kg <sup>-1</sup> IV.2 <sup>(*)</sup>
			Na <sup>+</sup>	— mmol (t) · kg <sup>-1</sup> IV.2 <sup>(*)</sup>
			K <sup>+</sup>	— mmol (t) · kg <sup>-1</sup> IV.2 <sup>(*)</sup>
			Cl <sup>-</sup>	— mmol (t) · kg <sup>-1</sup> IV.2 <sup>(*)</sup>

<sup>(\*)</sup> = Supplemento Ordinario G.U.R.I. n° 248 del 21/10/99 DM 13/03/99

<sup>(\*\*)</sup> = Supplemento Ordinario G.U.R.I. n° 121 del 25/05/92 DM 11/05/92

<sup>(\*\*\*)</sup> = Società Italiana della Scienza del Suolo - Metodi normalizzati di analisi del suolo - 1985 - Edagricole

N.A. = Non Applicabile

Il Direttore  
Dott. Leonardo Gambino

Il Responsabile Tecnico  
Dott. Marcello Merulla

*Marcello Merulla*



**Dott. BRUNO CÀTARA**  
 NUCLEO CHIMICO MEDITERRANEO  
 LABORATORIO D'ANALISI CHIMICHE AGRARIE ED INDUSTRIALI  
 95128 CATANIA - Via Firenze, 160 - Tel. 095.446842 - Fax 095.446997  
 Cod. Fisc. CTR BRN 44H28 C351P - Partita I.V.A. 0041960 087 9



THE EUROPEAN CHEMIST  
 REGISTRATION BOARD

## Rapporto di Prova N. 1283/04

COPIA CONFORME

Catania 09/04/04

Committente: Centro Idrogeotecnico dr. Di Vita Roberto  
 Via Gen. Cascino, 86  
 97019 Vittoria (RG)

Numero campione: 1.283      Data ricevimento: 23/03/04      Data inizio prove: 23/03/04      Data termine prove: 25/03/04  
 Categoria Merceologica: TERRENO D.M. 471/99 TAB. 1A  
 Prodotto dichiarato: TERRENO D.M. 471/99 TAB. 1A  
 Descrizione Campione: S1 CR1 prof. da 2,00 a 2.20 m  
 Etichetta Campione:  
 Descrizione Sigillo:  
 Quantità Campione: 1 kg      Restituzione Campione: No  
 Imballaggio:  
 Procedura Campionamento: NCM SERVICE      Data di Campionamento: 23/03/04

Il presente rapporto riguarda esclusivamente il campione sottoposto a prova ed esso non può essere riprodotto parzialmente, se non previa approvazione scritta da parte di questo Laboratorio.

Prova	Metodo analitico	Valore determinato	Limite	Annotazione
Antimonio	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 10	<1 mg/Kg s.s.	Max 10 (1)	
Arsenico	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 10	<2 mg/Kg s.s.	Max 20 (1)	
Berillio	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 10	<0,2 mg/Kg s.s.	Max 2 (1)	
Cadmio	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 10	<0,2 mg/Kg s.s.	Max 2 (1)	
Cianuri liberi	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 17	<0,1 mg/Kg s.s.	Max 1 (1)	
Cobalto	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 10	<2 mg/Kg s.s.	Max 20 (1)	
Cromo esavalente	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 16	<0,2 mg/Kg s.s.	Max 2 (1)	
Cromo totale	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 10	68 mg/Kg s.s.	Max 150 (1)	
Fluoruri	IRSA-CNR - Quad.64, 1983 - 1985 Vol.3 met. 14	<10 mg/Kg s.s.	Max 100 (1)	
Mercurio	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 10	<0,1 mg/Kg s.s.	Max 1 (1)	
Nichel	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 10	37 mg/Kg s.s.	Max 120 (1)	
Piombo	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 10	<10 mg/Kg s.s.	Max 100 (1)	
Rame	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 10	17 mg/Kg s.s.	Max 120 (1)	
Selenio	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 10	<0,3 mg/Kg s.s.	Max 3 (1)	

Pagina 1 di 3

Laboratorio operante secondo norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025 - Autorizzazioni ministeriali per analisi su alimenti e mangimi, ricerca residui di fitofarmaci su prodotti alimentari  
 E-mail: infoncm@brunocatara.it • E-mail: bcatara@tin.it • Internet: <http://www.brunocatara.it>

Tab. 2.7 – Rapporti di prova analisi terreno 1° campagna

## Rapporto di Prova N. 1283/04

Committente: Centro Idrogeotecnico dr. Di Vita Roberto

Il presente rapporto riguarda esclusivamente il campione sottoposto a prova ed esso non può essere riprodotto parzialmente, se non previa approvazione scritta da parte di questo Laboratorio.

Prova	Metodo analitico	Valore determinato	Limite	Annotazione
Stagno	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 10	0,8 mg/Kg s.s.	Max 1	(1)
Tallio	EPA-2.2.28	0,2 mg/Kg s.s.	Max 1	(1)
Vanadio	EPA 7911	26 mg/Kg s.s.	Max 90	(1)
Zinco	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 10	102 mg/Kg s.s.	Max 150	(1)
a-esacloroesano	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 22. Pesticidi organoclorurati	< 0,001 mg/Kg s.s.	Max 0,01	(1)
Alaclor	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 22. Pesticidi organoclorurati	< 0,01 mg/Kg s.s.	Max 0,01	(1)
Aldrin	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 22. Pesticidi organoclorurati	< 0,001 mg/Kg s.s.	Max 0,01	(1)
Atrazina	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 22. Pesticidi organoclorurati	< 0,001 mg/Kg s.s.	Max 0,01	(1)
b-esacloroesano	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 22. Pesticidi organoclorurati	< 0,001 mg/Kg s.s.	Max 0,01	(1)
Clordano	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 22. Pesticidi organoclorurati	< 0,001 mg/Kg s.s.	Max 0,01	(1)
DDD, DDT, DDE	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 22. Pesticidi organoclorurati	< 0,001 mg/Kg s.s.	Max 0,01	(1)
Dieldrin	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 22. Pesticidi organoclorurati	< 0,001 mg/Kg s.s.	Max 0,01	(1)
Endrin	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 22. Pesticidi organoclorurati	< 0,001 mg/Kg s.s.	Max 0,01	(1)
g-esacloroesano (lindano)	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 22. Pesticidi organoclorurati	< 0,001 mg/Kg s.s.	Max 0,01	(1)
Idrocarburi Pesanti C>12	EPA 8015B	< 5 mg/Kg s.s.	Max 50	(1)
PCB	IRSA-CNR - Quad.64, 1983 - 1985 met. 24b	< 0,0001 mg/Kg s.s.	Max 0,001	(1)

(1) DECRETO MINISTERIALE 25 ottobre 1999, n.471 TAB. 1A

Tab. 2.8 – Rapporti di prova analisi terreno 1° campagna

**Rapporto di Prova N. 1283/04**



Certificato di analisi Chimiche valido a tutti  
gli effetti di Legge ai sensi dell'articolo 16  
R.D. 1-3-1928 n. 842 art.16 e 18 Legge  
19-7-1957 n. 679 - D.M. 21-6-1978 art. 8 c.  
3 D.M. 25-8-1986 «Per le prestazioni  
analitiche deve essere rilasciato un  
certificato conforme alla seguente:



**Dott. BRUNO CÀTARA**  
 NUCLEO CHIMICO MEDITERRANEO  
 LABORATORIO D'ANALISI CHIMICHE AGRARIE ED INDUSTRIALI  
 95128 CATANIA - Via Firenze, 160 - Tel. 095.446842 - Fax 095.446997  
 Cod. Fisc. CTR BRN 44H28 C351P - Partita I.V.A. 0041960 087 9



THE EUROPEAN CHEMIST  
 REGISTRATION BOARD

## Rapporto di Prova N. 1284/04

Catania 09/04/04

Committente: Centro Idrogeotecnico dr. Di Vita Roberto  
 Via Gen. Cascino, 86  
 97019 Vittoria (RG)

Numero campione: 1.284      Data ricevimento: 23/03/04      Data inizio prove: 23/03/04      Data termine prove: 25/03/04  
 Categoria Merceologica: TERRENO D.M. 471/99 TAB. 1A  
 Prodotto dichiarato: TERRENO D.M. 471/99 TAB. 1A  
 Descrizione Campione: Diga Olivo S4 CR1 prof. da 2,00 a 2.20 m  
 Etichetta Campione:  
 Descrizione Sigillo:  
 Quantità Campione: 1 kg      Restituzione Campione: No  
 Imballaggio:  
 Procedura Campionamento: NCM SERVICE      Data di Campionamento: 23/03/04

Il presente rapporto riguarda esclusivamente il campione sottoposto a prova ed esso non può essere riprodotto parzialmente, se non previa approvazione scritta da parte di questo Laboratorio.

Prova	Metodo analitico	Valore determinato	Limite	Annotazione
Antimonio	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 10	<1 mg/Kg s.s.	Max 10 (1)	
Arsenico	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 10	<2 mg/Kg s.s.	Max 20 (1)	
Berillio	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 10	<0,2 mg/Kg s.s.	Max 2 (1)	
Cadmio	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 10	<0,2 mg/Kg s.s.	Max 2 (1)	
Cianuri liberi	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 17	<0,1 mg/Kg s.s.	Max 1 (1)	
Cobalto	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 10	<2 mg/Kg s.s.	Max 20 (1)	
Cromo esavalente	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 16	<0,2 mg/Kg s.s.	Max 2 (1)	
Cromo totale	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 10	62 mg/Kg s.s.	Max 150 (1)	
Fluoruri	IRSA-CNR - Quad.64, 1983 - 1985 Vol.3 met. 14	<10 mg/Kg s.s.	Max 100 (1)	
Mercurio	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 10	<0,1 mg/Kg s.s.	Max 1 (1)	
Nichel	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 10	30 mg/Kg s.s.	Max 120 (1)	
Piombo	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 10	<10 mg/Kg s.s.	Max 100 (1)	
Rame	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 10	17 mg/Kg s.s.	Max 120 (1)	
Selenio	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 10	<0,3 mg/Kg s.s.	Max 3 (1)	

Pagina 1 di 3

Laboratorio operante secondo norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025 - Autorizzazioni ministeriali per analisi su alimenti e mangimi, ricarica residui di fitofarmaci su prodotti alimentari  
 E-mail: infocm@brunocatarata.it • E-mail: bccatara@tin.it • Internet: http://www.brunocatarata.it

## Rapporto di Prova N. 1284/04

Committente: Centro Idrogeotecnico dr. Di Vita Roberto

Il presente rapporto riguarda esclusivamente il campione sottoposto a prova ed esso non può essere riprodotto parzialmente, se non previa approvazione scritta da parte di questo Laboratorio.

Prova	Metodo analitico	Valore determinato	Limite	Annotazione
Stagno	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 10	0,8 mg/Kg s.s.	Max 1 (1)	
Tallio	EPA-2.2.28	< 0,1 mg/Kg s.s.	Max 1 (1)	
Vanadio	EPA 7911	31 mg/Kg s.s.	Max 90 (1)	
Zinco	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 10	92 mg/Kg s.s.	Max 150 (1)	
a-esacloroesano	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 22. Pesticidi organoclorurati	< 0,001 mg/Kg s.s.	Max 0,01 (1)	
Alaclor	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 22. Pesticidi organoclorurati	< 0,01 mg/Kg s.s.	Max 0,01 (1)	
Aldrin	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 22. Pesticidi organoclorurati	< 0,001 mg/Kg s.s.	Max 0,01 (1)	
Atrazina	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 22. Pesticidi organoclorurati	< 0,001 mg/Kg s.s.	Max 0,01 (1)	
b-esacloroesano	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 22. Pesticidi organoclorurati	< 0,001 mg/Kg s.s.	Max 0,01 (1)	
Clordano	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 22. Pesticidi organoclorurati	< 0,001 mg/Kg s.s.	Max 0,01 (1)	
DDD, DDT, DDE	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 22. Pesticidi organoclorurati	< 0,001 mg/Kg s.s.	Max 0,01 (1)	
Dieldrin	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 22. Pesticidi organoclorurati	< 0,001 mg/Kg s.s.	Max 0,01 (1)	
Endrin	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 22. Pesticidi organoclorurati	< 0,001 mg/Kg s.s.	Max 0,01 (1)	
g-esacloroesano (lindano)	IRSA-CNR - Quad.64 - Vol.3, met. 22. Pesticidi organoclorurati	< 0,001 mg/Kg s.s.	Max 0,01 (1)	
Idrocarburi Pesanti C>12	EPA 8015B	< 5 mg/Kg s.s.	Max 50 (1)	
PCB	IRSA-CNR - Quad.64, 1983 - 1985 met. 24b	< 0,0001 mg/Kg s.s.	Max 0,001 (1)	

(1) DECRETO MINISTERIALE 25 ottobre 1999, n.471 TAB. 1A

Tab. 2.11 – Rapporti di prova analisi terreno 1° campagna

**Rapporto di Prova N. 1284/04**

Il Responsabile Tecnico e di  
Laboratorio  
Dot. Chimico Bruno Catara



Certificato di analisi Chimiche valido a tutti gli effetti di Legge ai sensi dell'articolo 16 R.D. 1-3-1928 n. 842 art.li 16 e 18 Legge 19-7-1957 n. 679 - D.M. 21-6-1978 art. 8 c. 3 D.M. 25-8-1986 «Per le prestazioni analitiche deve essere rilasciato un certificato firmato dal Chimico».

ARPA SICILIA  
 Dipartimento Provinciale di Enna  
 Via Messina n. 106 – 94100 ENNA  
 Tel. 0935 520620 – Fax 0935 520653

Rapporto di Prova n. 2796 del 21/12/2009

Richiedente	Agenzia Regionale per i Rifiuti e le Acque – Settore Infrastrutture per le Acque, richiesta n. 8403 del 19/10/2009		
Descrizione del campione:	Campione n. 1 : sedimento di fondo dell'invaso artificiale Olivo, agro di Piazza Armerina (EN)		
Prelievo eseguito da:	Funzionari del Dipartimento ARPA Sicilia di Enna		
Data del prelievo:	25/11/2009	Campione pervenuto il:	25/11/2009
Data di inizio delle prove:	26/11/2009	Data di fine delle prove:	11/12/2009

Dati analitici determinati sul campione

Parametro	Unità di misura	Quantità <sup>1</sup> (1)	Metodo di prova
pH in sospensione al 10 %		8,26	DM 11/05/1192 – metodo n. 7
Azoto totale	mg/Kg N	54,9	DM 11/05/1192 – metodo n. 19
Carbonio Organico	g/Kg C	9,36	DM 11/05/1192 – metodo n. 15
Fosforo totale	mg/Kg P	181	DM 11/05/1192 – metodo n. 21



IL DIRIGENTE RESPONSABILE  
 Unità Operativa Suolo/Rifiuti/Bonifiche  
 Dr. Daniele Parlascino

*D. Parlascino*

<sup>1</sup> Tutti i risultati sono riferiti al peso secco del campione  
<sup>2</sup> Non determinato

ARPA SICILIA  
 Dipartimento Provinciale di Enna  
 Via Messina n. 106 – 94100 ENNA  
 Tel. 0935 520620 – Fax 0935 520653

Rapporto di Prova n. 2797 del 21/12/2009

Richiedente	Agenzia Regionale per i Rifiuti e le Acque – Settore Infrastrutture per le Acque, richiesta n. 8403 del 19/10/2009		
Descrizione del campione:	Campione n. 2 : sedimento di fondo dell'invaso artificiale Olivo, agro di Piazza Armerina (EN)		
Prelievo eseguito da:	Funzionari del Dipartimento ARPA Sicilia di Enna		
Data del prelievo:	25/11/2009	Campione pervenuto il:	25/11/2009
Data di inizio delle prove:	26/11/2009	Data di fine delle prove:	11/12/2009

Dati analitici determinati sul campione

Parametro	Unità di misura	Quantità <sup>1</sup> ( <sup>1</sup> )	Metodo di prova
pH in sospensione al 10 %		8,32	DM 11/05/1192 – metodo n. 7
Azoto totale	mg/Kg N	50,4	DM 11/05/1192 – metodo n. 19
Carbonio Organico	mg/Kg C	9,36	DM 11/05/1192 – metodo n. 15
Fosforo totale	mg/Kg P	166	DM 11/05/1192 – metodo n. 21



**IL DIRIGENTE RESPONSABILE**  
 Unità Operativa Suolo/Rifiuti/Bonifiche  
 Dr. Daniele Parlascino

*D. Parlascino*

<sup>1</sup> Tutti i risultati sono riferiti al peso secco del campione

<sup>2</sup> Non determinato



ARPA SICILIA  
 Dipartimento Provinciale di Enna  
 Via Messina n. 106 – 94100 ENNA  
 Tel. 0935 520620 – Fax 0935 520653

Rapporto di Prova n. 2798 del 21/12/2009

Richiedente	Agenzia Regionale per i Rifiuti e le Acque – Settore Infrastrutture per le Acque, richiesta n. 8403 del 19/10/2009		
Descrizione del campione:	Campione n. 3 : sedimento di fondo dell'invaso artificiale Olivo, agro di Piazza Armerina (EN)		
Prelievo eseguito da:	Funzionari del Dipartimento ARPA Sicilia di Enna		
Data del prelievo:	25/11/2009	Campione pervenuto il:	25/11/2009
Data di inizio delle prove:	26/11/2009	Data di fine delle prove:	11/12/2009

Dati analitici determinati sul campione

Parametro	Unità di misura	Quantità <sup>1</sup>	Metodo di prova
pH in sospensione al 10 %		8,17	DM 11/05/1192 – metodo n. 7
Azoto totale	mg/Kg N	71,7	DM 11/05/1192 – metodo n. 19
Carbonio Organico	mg/Kg C	9,76	DM 11/05/1192 – metodo n. 15
Fosforo totale	mg/Kg P	162	DM 11/05/1192 – metodo n. 21


 DIRIGENTE RESPONSABILE  
 Unità Operativa Suolo/Rifiuti/Bonifiche  
 Dr. Daniele Parlascino

<sup>1</sup> Tutti i risultati sono riferiti al peso secco del campione

<sup>2</sup> Non determinato

ARPA SICILIA  
 Dipartimento Provinciale di Enna  
 Via Messina n. 106 – 94100 ENNA  
 Tel. 0935 520620 – Fax 0935 520653

**Rapporto di Prova n. 2799 del 21/12/2009**

Richiedente	Agenzia Regionale per i Rifiuti e le Acque – Settore Infrastrutture per le Acque, richiesta n. 8403 del 19/10/2009		
Descrizione del campione:	Campione n. 4: terreno agricolo della vasca di colmata a valle dell'invaso artificiale Olivo, agro di Piazza Armerina (EN)		
Prelievo eseguito da:	Funzionari del Dipartimento ARPA Sicilia di Enna		
Data del prelievo:	25/11/2009	Campione pervenuto il:	25/11/2009
Data di inizio delle prove:	26/11/2009	Data di fine delle prove:	11/12/2009

**Dati analitici determinati sul campione**

Parametro	Unità di misura	Quantità <sup>1</sup> (1)	Metodo di prova
pH in sospensione al 10 %		8,76	DM 11/05/1192 – metodo n. 7
Azoto totale	mg/Kg N	268	DM 11/05/1192 – metodo n. 19
Carbonio Organico	mg/Kg C	8,24	DM 11/05/1192 – metodo n. 15
Fosforo totale	mg/Kg P	136	DM 11/05/1192 – metodo n. 21

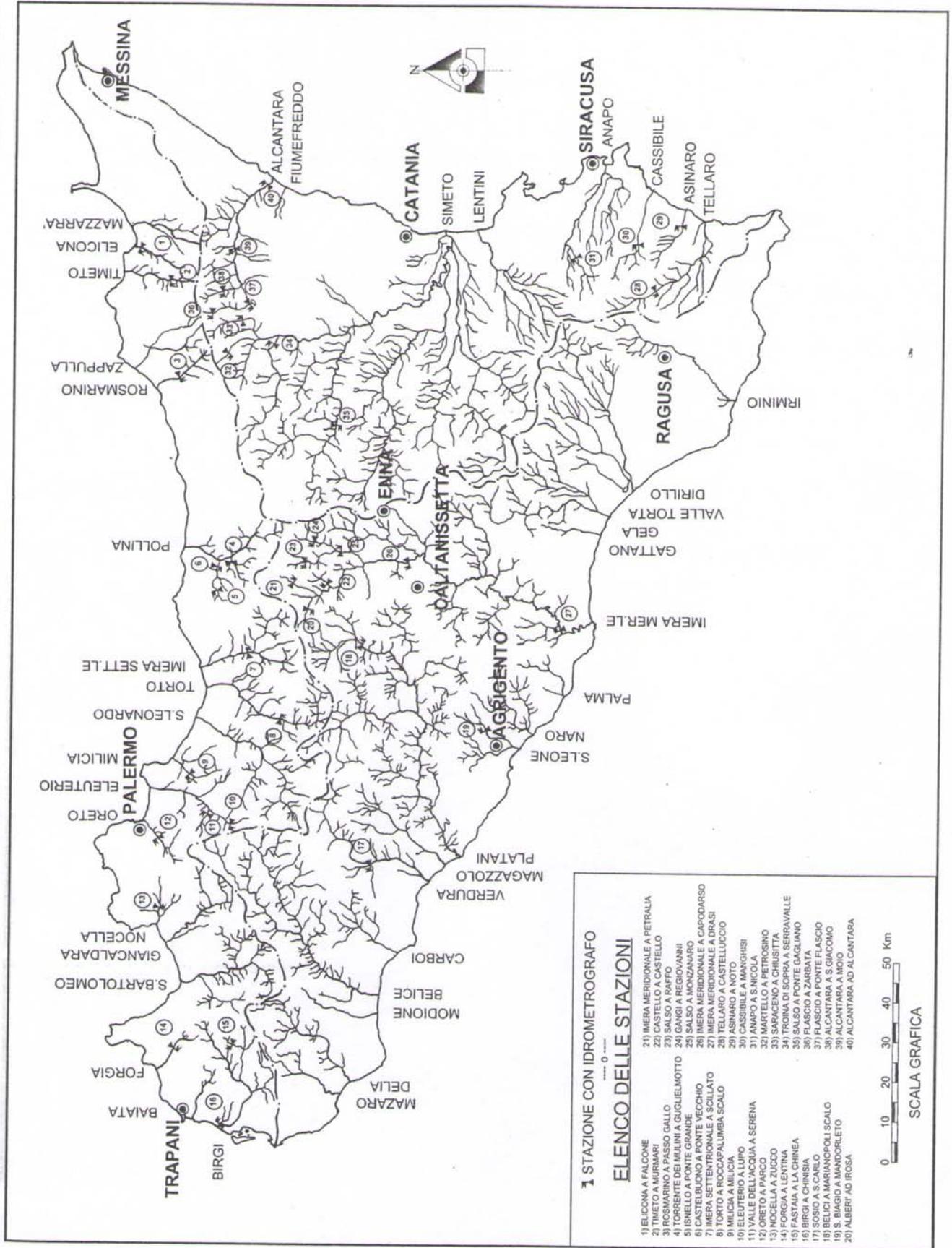


**DIRIGENTE RESPONSABILE**  
 Unità Operativa Suolo/Rifiuti/Bonifiche  
**Dr. Daniele Parlascino**

*D. Parlascino*

<sup>1</sup> Tutti i risultati sono riferiti al peso secco del campione

<sup>2</sup> Non determinato



Tab. 4.1 – Elenco stazioni torbiometriche

XI — IMERA MERIDIONALE a PETRALIA

CARATTERISTICHE DELLA STAZIONE: a) Bacino di dominio 27.90 km<sup>2</sup> (parte permeabile 63%); altitudine media del bacino 1231 m s.m.; distanza dalla foce 126 km circa; inizio delle osservazioni torbiometriche: dicembre 1970 — b) Idrometro di riferimento (registratore) sp. s.; quota dello zero 760.00 m s.m. — c) Portata torbida (1971 + 72 e 1974) annua media 0.130 kg/s; massima 10.500 kg/s; minima 0.000 kg/s; torbidità specifica annua media 0.487 kg/m<sup>2</sup>; deflusso torbido unitario annuo medio 147.000 Tonn/km<sup>2</sup>.

ELEMENTI CARATTERISTICI PER L'ANNO 1974														
	ANNO	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	
Q Max	kg/m <sup>2</sup>	3.210	0.917	2.300	0.144	3.210	0.250	0.212	0.069	0.045	0.019	0.044	0.879	0.081
	kg/s	8.620	1.800	8.620	0.218	4.180	0.142	0.048	0.008	0.003	0.002	0.007	2.140	0.032
Q Min.	kg/m <sup>2</sup>	0.000	0.001	0.011	0.005	0.002	0.030	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.001
	kg/s	0.000	0.000	0.001	0.005	0.001	0.013	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000
Q Media	kg/m <sup>2</sup>	0.367	0.288	0.816	0.056	0.397	0.082	0.056	0.031	0.014	0.000	0.007	0.309	0.044
	kg/s	0.169	0.074	1.510	0.065	0.331	0.036	0.011	0.003	0.001	0.000	0.001	0.104	0.006
Deflusso 10 <sup>3</sup> tonn.	5.310	0.198	3.660	0.174	0.858	0.095	0.029	0.007	0.003	0.001	0.002	0.269	0.017	
Deflusso tonn/km <sup>2</sup>	190.000	7.100	131.000	6.240	30.800	3.410	1.040	0.251	0.108	0.036	0.072	9.640	0.609	

ELEMENTI CARATTERISTICI PER IL PERIODO 1971 + 1972														
Q Max	kg/m <sup>2</sup>	2.930	2.060	1.000	1.630	2.930	0.415	0.093	0.077	0.073	1.070	0.444	0.436	2.050
	kg/s	10.500	2.660	10.500	3.470	8.850	1.330	0.017	0.008	0.006	0.131	0.103	0.960	7.950
Q Min.	kg/m <sup>2</sup>	0.002	0.002	0.003	0.008	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.005	0.005	0.005	0.007
	kg/s	0.000	0.001	0.001	0.004	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002
Q Media	kg/m <sup>2</sup>	0.222	0.170	0.370	0.190	0.307	0.099	0.036	0.035	0.034	0.086	0.063	0.126	0.227
	kg/s	0.111	0.143	0.489	0.177	0.165	0.037	0.005	0.003	0.002	0.008	0.010	0.031	0.281
Deflusso 10 <sup>3</sup> tonn.	3.500	0.382	1.220	0.473	0.427	0.097	0.013	0.006	0.004	0.020	0.027	0.080	0.752	
Deflusso tonn/km <sup>2</sup>	125.000	13.700	43.700	17.000	15.300	3.480	0.466	0.213	0.143	0.717	0.968	2.870	26.900	

XII — IMERA MERIDIONALE a DRASI

CARATTERISTICHE DELLA STAZIONE: a) Bacino di dominio 1782.15 km<sup>2</sup> (parte permeabile 28%); altitudine media del bacino 536 m s.m.; distanza dalla foce 34 km circa; inizio delle osservazioni torbiometriche: agosto 1963 — b) Idrometro di riferimento (registratore) sp. s.; quota dello zero 56.00 — c) Portata torbida (1964 + 1974) annua media 50.30 kg/s; massima 44000.00 kg/s; minima 0.00 kg/s; torbidità specifica annua media 8.870 kg/m<sup>2</sup>; deflusso torbido unitario annuo medio 891.00 Tonn/km<sup>2</sup>.

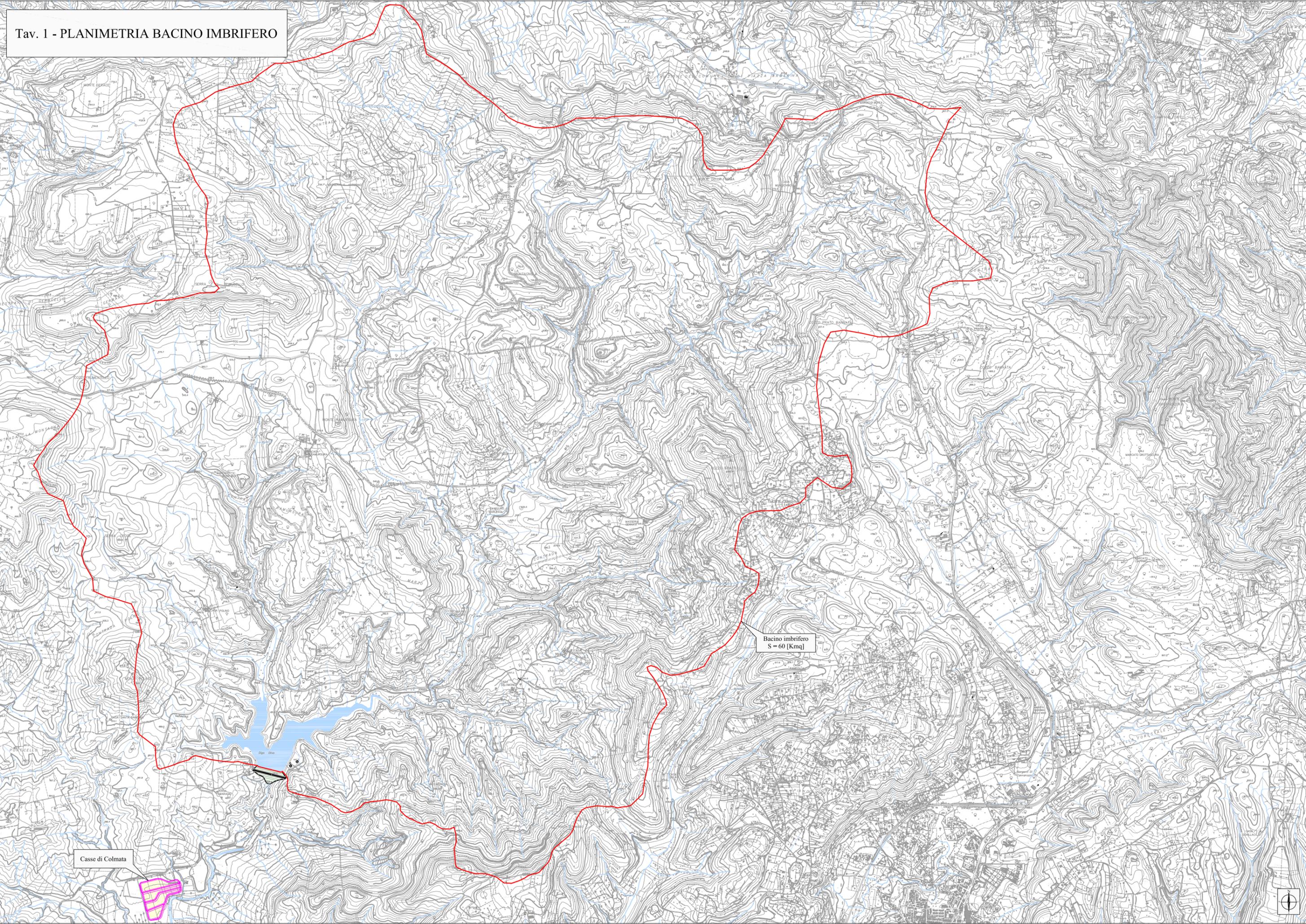
ELEMENTI CARATTERISTICI PER L'ANNO 1974														
	ANNO	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	
Q Max	kg/m <sup>2</sup>	31.600	0.237	31.600	0.582	1.150	0.728	0.754	0.949	0.867	0.986	0.434	7.570	0.519
	kg/s	1190.00	2.31	1190.00	20.20	28.00	2.43	0.34	0.20	0.18	0.56	2.55	406.00	0.50
Q Min.	kg/m <sup>2</sup>	0.037	0.041	0.102	0.086	0.037	0.065	0.076	0.161	0.213	0.256	0.90	0.103	0.139
	kg/s	0.02	0.19	0.60	0.25	0.16	0.14	0.05	0.04	0.02	0.08	0.03	0.05	0.12
Q Media	kg/m <sup>2</sup>	2.410	0.141	4.550	0.403	0.483	0.199	0.162	0.385	0.471	0.486	0.260	4.630	0.243
	kg/s	9.34	0.71	81.40	2.65	2.89	0.44	0.12	0.10	0.08	0.18	0.26	29.90	0.25
Deflusso 10 <sup>3</sup> tonn.	295.00	1.90	197.00	7.10	7.49	1.19	0.31	0.27	0.21	0.47	0.71	77.40	0.66	
Deflusso tonn/km <sup>2</sup>	166.00	1.07	111.00	3.98	4.20	0.67	0.17	0.15	0.12	0.26	0.40	43.40	0.37	

ELEMENTI CARATTERISTICI PER IL PERIODO 1964 + 1973														
Q Max	kg/m <sup>2</sup>	135.000	31.200	24.900	35.400	11.200	15.400	1.170	1.080	105.000	135.000	93.500	42.400	28.100
	kg/s	44000.00	31800.00	5360.00	1710.00	899.00	1670.00	0.77	1.18	1980.00	44000.00	3740.00	438.00	6860.00
Q Min.	kg/m <sup>2</sup>	0.006	0.091	0.022	0.052	0.011	0.041	0.047	0.024	0.013	0.006	0.011	0.012	0.016
	kg/s	0.00	0.22	0.08	0.11	0.03	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
Q Media	kg/m <sup>2</sup>	9.300	11.700	4.840	2.920	1.370	2.830	0.167	0.206	27.70	82.800	17.900	2.810	6.130
	kg/s	54.40	254.00	70.20	28.70	7.03	8.21	0.16	0.07	15.80	178.00	31.90	5.08	53.90
Deflusso 10 <sup>3</sup> tonn.	1720.00	681.00	171.00	76.80	18.20	22.00	0.43	0.16	42.50	462.00	85.30	13.20	145.00	
Deflusso tonn/km <sup>2</sup>	963.00	382.00	96.00	43.10	10.20	12.30	0.24	0.09	23.80	259.00	47.80	7.39	81.10	

Tab. 4.2 — Stazioni torbiometrica Imera Meridionale a Drasi

Tav. 1 - PLANIMETRIA BACINO IMBRIFERO

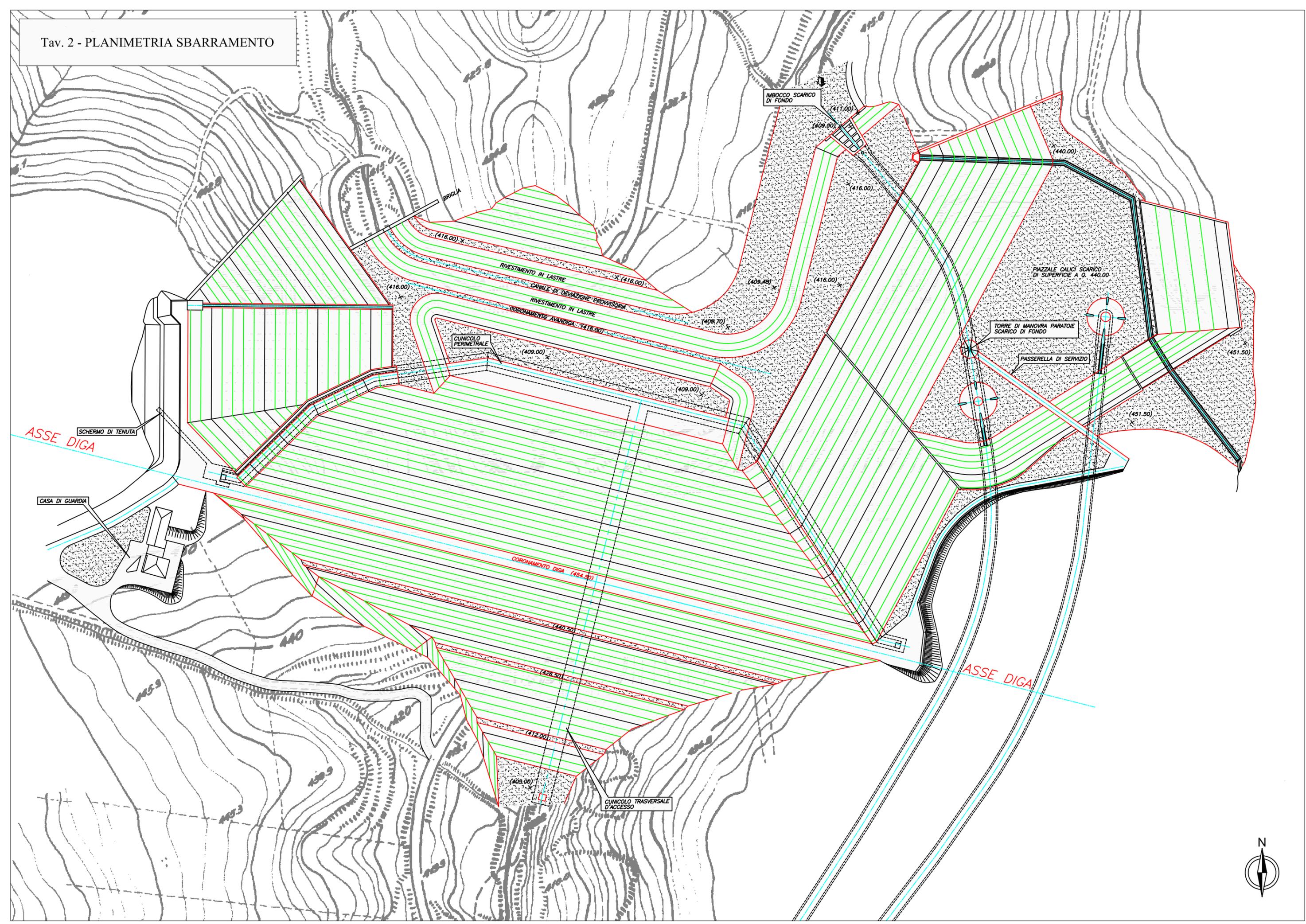


Casse di Colmata

Bacino imbrifero  
S = 60 [Km<sup>2</sup>]

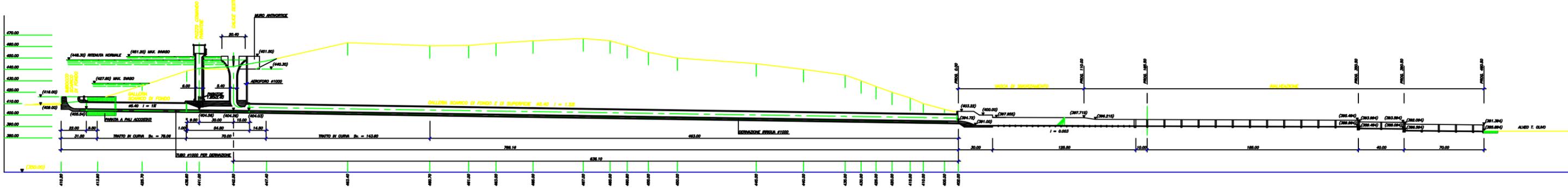


Tav. 2 - PLANIMETRIA SBARRAMENTO

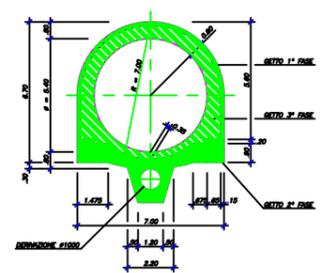


TAV. 3 - OPERE DI SCARICO

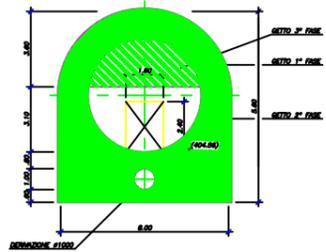
PROFILO LONGITUDINALE SCARICO DI FONDO E SUPERFICIE DESTRO



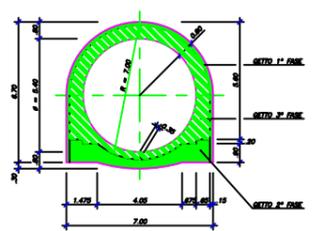
SEZIONE GALLERIA SCARICO DI FONDO E SUPERFICIE DESTRO



SEZIONE GALLERIA SCARICO TRATTA FRA POZZO E CALICE



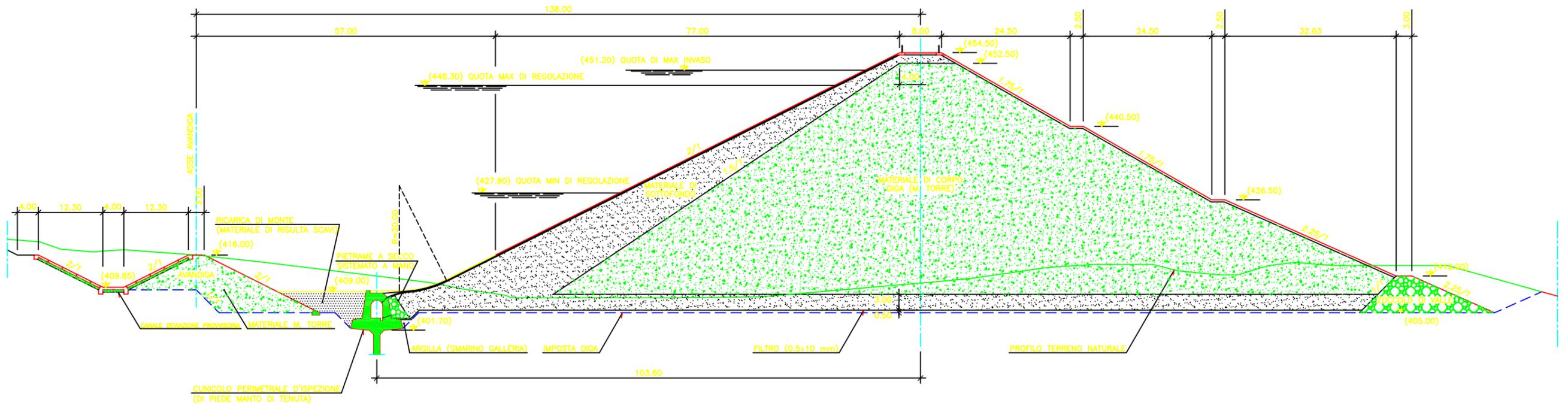
SEZIONE GALLERIA SCARICO DI SUPERFICIE SINISTRO



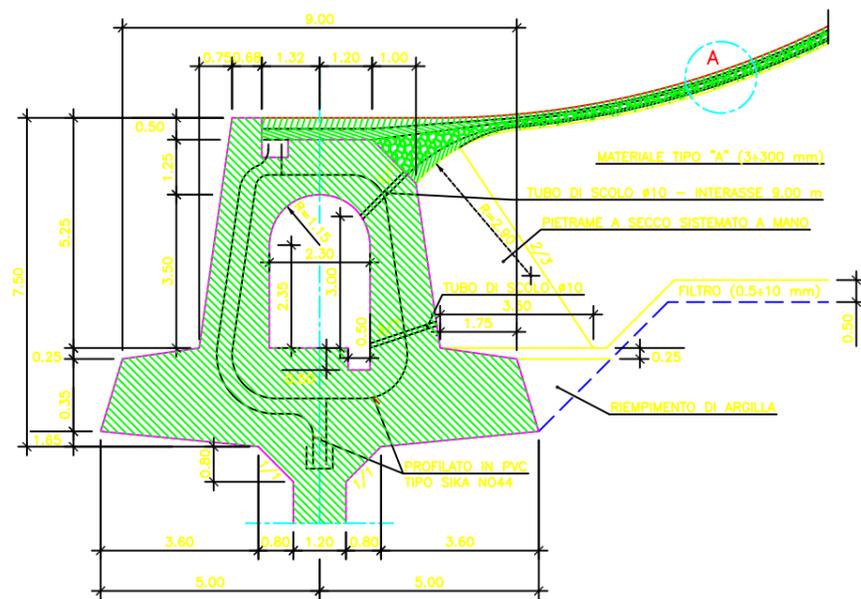
PROFILO LONGITUDINALE SCARICO DI SUPERFICIE SINISTRO



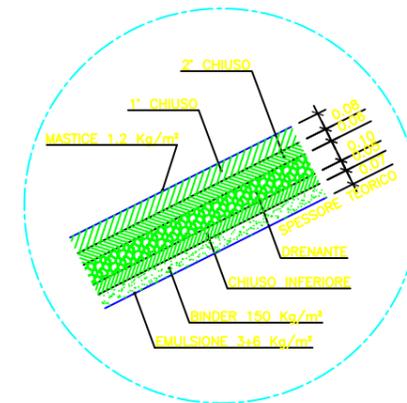
# TAV. 4 - SEZIONE TIPO DIGA



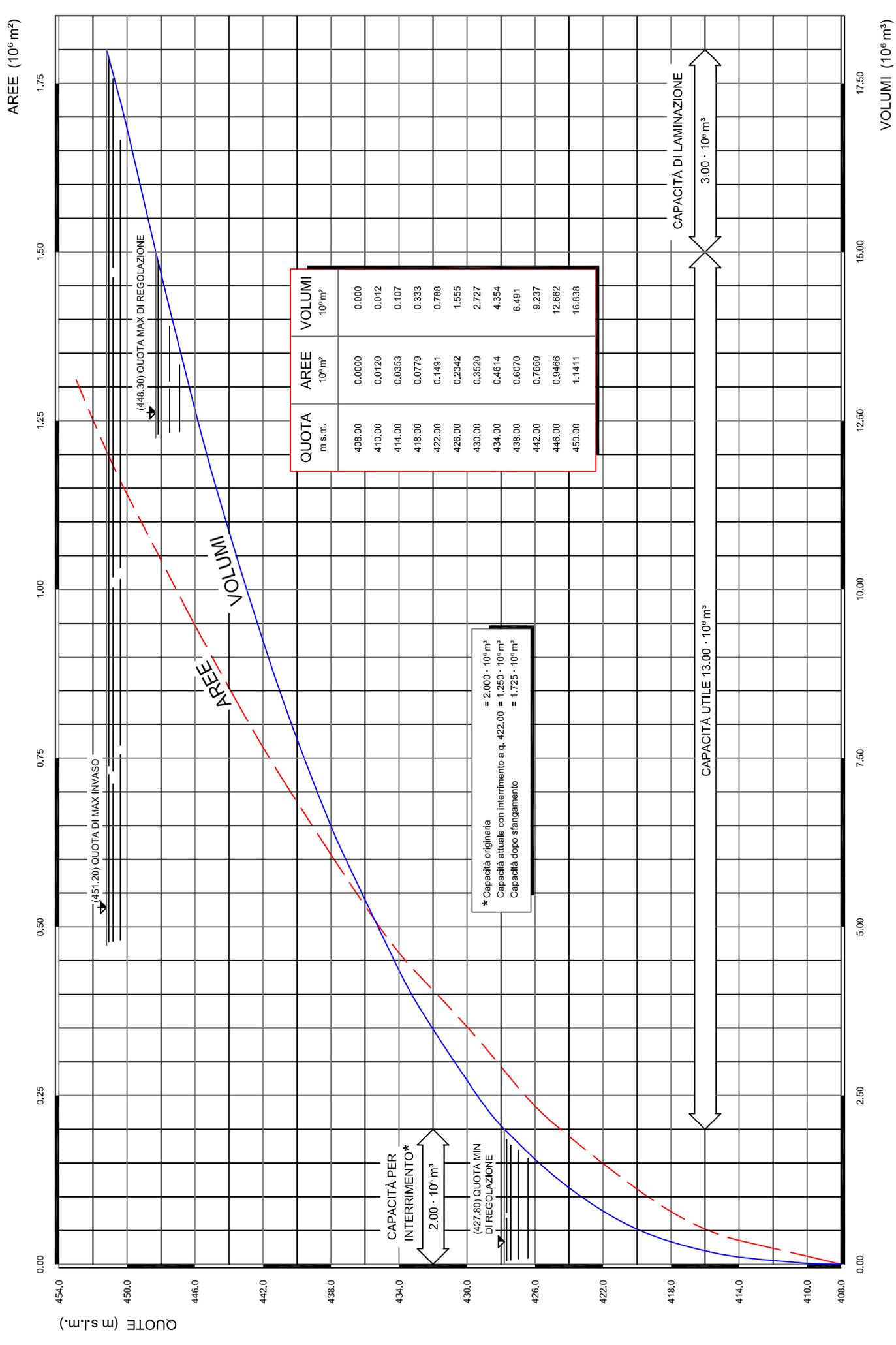
## SEZIONE A-A CUNICOLO D'ISPEZIONE IN CORRISPONDENZA DEL FORO DI RECAPITO



## PARTICOLARE "A"



# TAV. 5 - DIAGRAMMA DELLE AREE E DEI VOLUMI

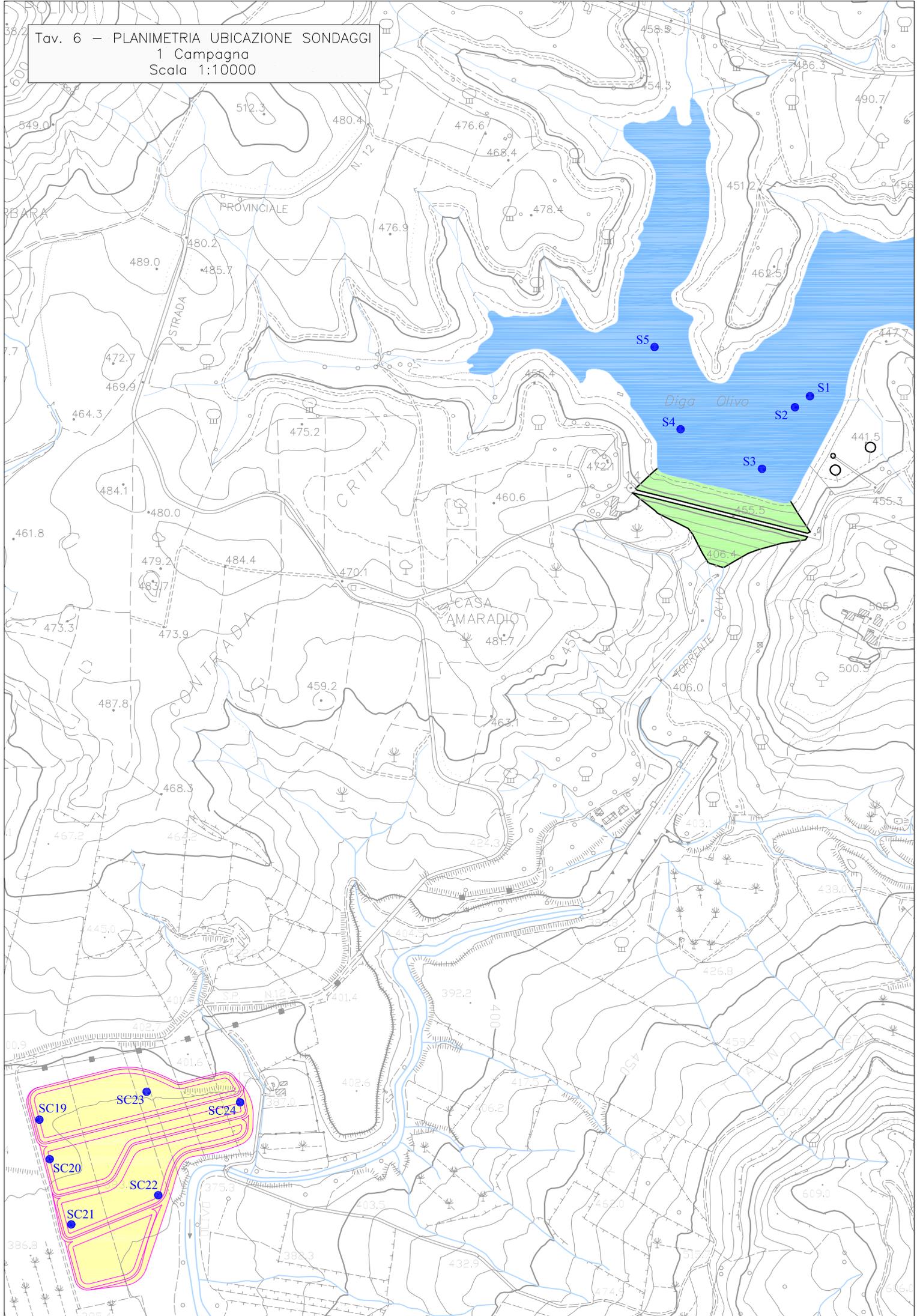


AREE (10<sup>6</sup> m<sup>2</sup>)

VOLUMI (10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>)

QUOTE (m s.l.m.)

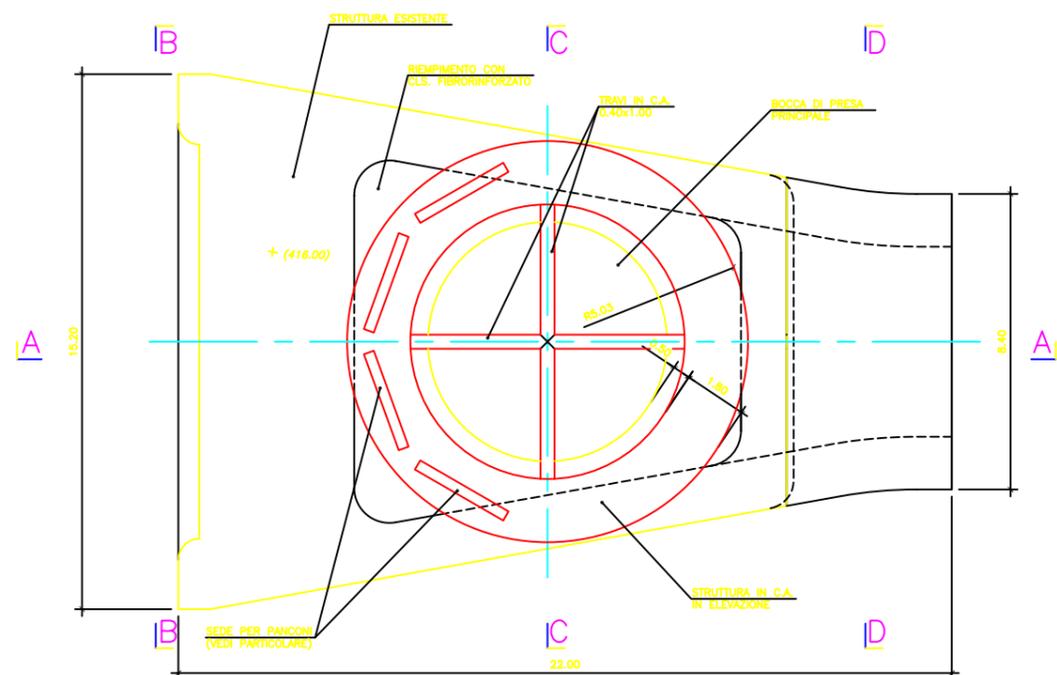
Tav. 6 - PLANIMETRIA UBICAZIONE SONDAGGI  
1 Campagna  
Scala 1:100000



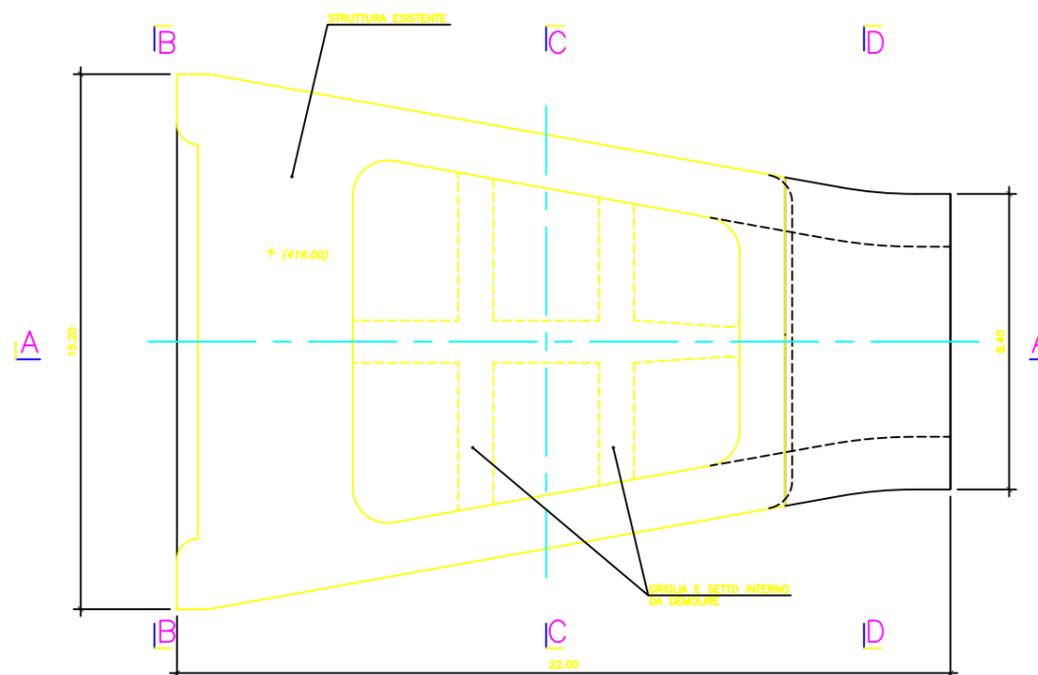


TAV. 8 – PARTICOLARI IMBOCCO A PIPA

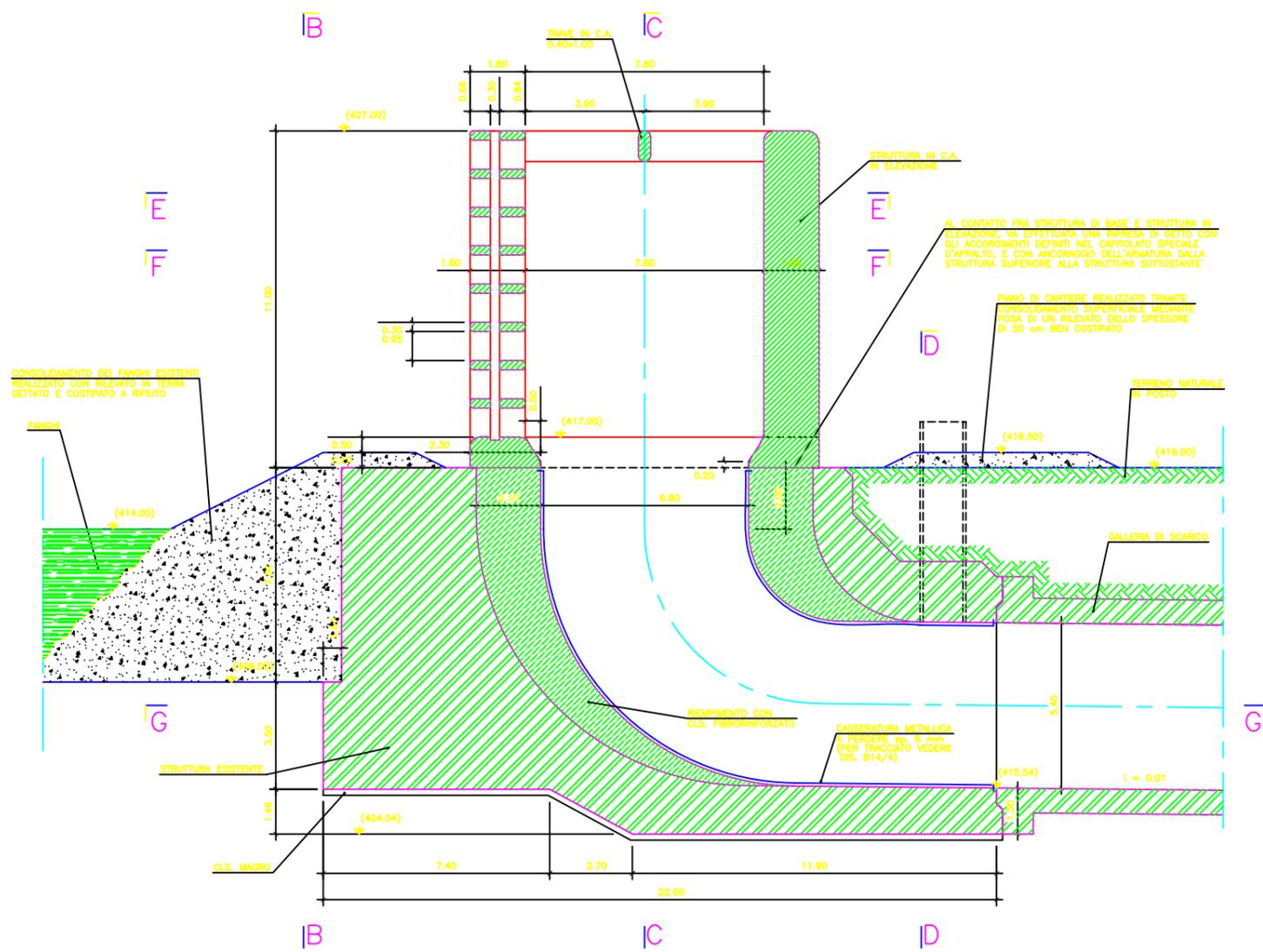
PIANTA



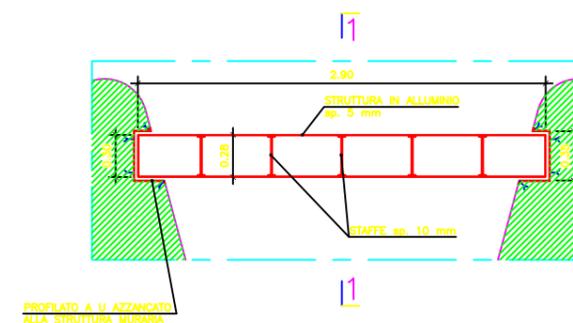
PIANTA STRUTTURA ESISTENTE



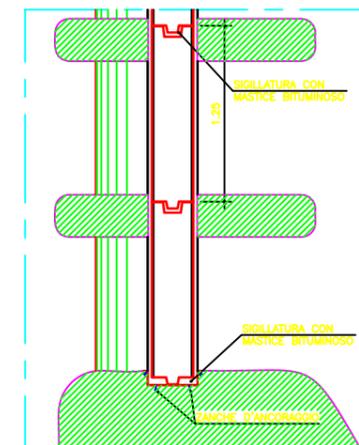
SEZIONE A-A



PARTICOLARE PANCONE PIANTE



SEZIONE 1-1



TUTTI I PANCONI PER L'INTERCETTAZIONE DELLE LUCI LATERALI DA QUOTA 417.00 A QUOTA 427.00 (N. TOTALE: 32 PANCONI) VANO FORNITI DURANTE IL PERIODO LAVORATIVO E MESSI A DEPOSITO IN LUOGO PROTETTO NELLE VICINANZE DELLA DIGA. LA LORO POSA IN OPERA INVECE AVVERRÀ GRADUALMENTE NEL TEMPO IN RELAZIONE ALL'INNALZAMENTO EFFETTIVO DEL LIVELLO D'INTERMENTO NEL SERBATOIO.