

# DISMISSIONE DELLA DIGA DI BUNNARI BASSO E PROGETTAZIONE DELLE OPERE DI SISTEMAZIONE IDRAULICA CONNESSE

## STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

MANDATARIA:

 **Lombardi**

Lombardi Ingegneria S.r.l.  
Ing. Carlo SILVESTRI

MANDANTI:

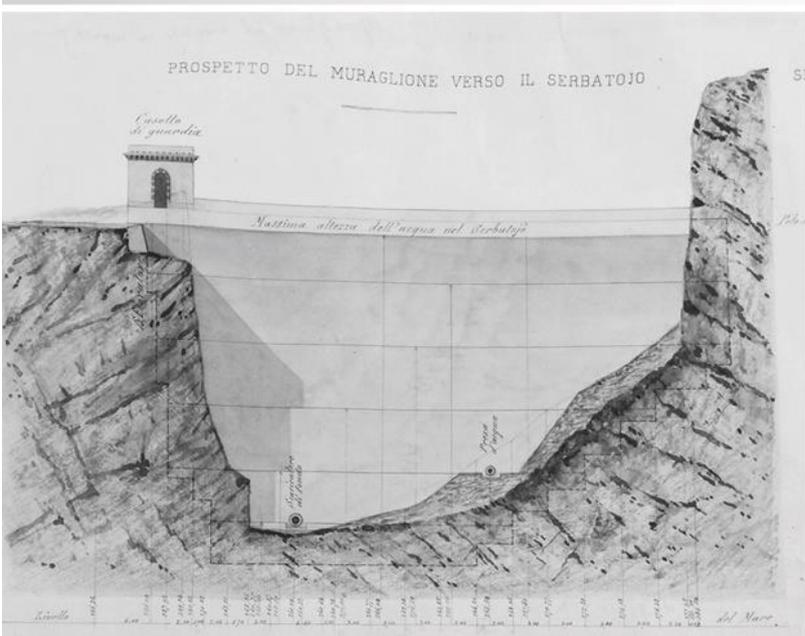
 **TECENTAL**

 **Metassociati**  
architettura ingegneria urbanistica

 **Lombardi**

Lombardi SA Ingegneri Consulenti

Archeologo N. FADDA



## INDAGINI GEOGNOSTICHE

Piano delle Indagini geognostiche, geotecniche ed ambientali



COMUNE DI SASSARI

SETTORE LAVORI PUBBLICI E MANUTENZIONE  
DEL PATRIMONIO COMUNALE

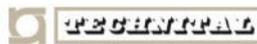
DISMISSIONE DELLA DIGA DI BUNNARI BASSO E PROGETTAZIONE DELLE OPERE  
DI SISTEMAZIONE IDRAULICA CONNESSE  
STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

0	13.08.2021	Versione iniziale	A. Gradizzi	C. Crémer/E. Fresia	C. Silvestri
Versione	Data	Modifica	Redatto	Verificato	Approvato

MANDATARIA:

 **Lombardi**  
Lombardi Ingegneria S.r.l.

MANDANTI:



 **Lombardi**  
Lombardi SA Ingegneri Consulenti

ARCHEOLOGO  
N. FADDA



# Indice

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>INDAGINI PREGRESSE</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>INDAGINI GEOFISICHE</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>SONDAGGI E PROVE IN FORO</b>	<b>5</b>
5.1	Argine di tenuta a monte diga	6
5.2	opera di presa	6
5.3	Galleria idraulica	7
5.4	Vasca di dissipazione	8
5.5	Zona di frana	8
5.6	Edificio filtri	9
<b>6</b>	<b>POZZETTI E TRINCEE ESPLORATIVE</b>	<b>10</b>
6.1	Pozzetti per Indagini conoscitive del materiale coesivo del nucleo impermeabile dell'argine	10
6.2	Edificio filtri	10
6.3	Pozzetti per prelievo ambientale	11
<b>7</b>	<b>PROVE DI LABORATORIO DI TIPO GEOTECNICO</b>	<b>11</b>
7.1	Prove chimiche di laboratorio di tipo ambientale	14

## ALLEGATO 1: COMPUTO METRICO ESTIMATIVO

MANDATARIA:

 **Lombardi**  
Lombardi Ingegneria S.r.l.

MANDANTI:

 **FESINFAP**

 **Metassociati**  
architettura ingegneria urbanistica

 **Lombardi**  
Lombardi SA Ingegneri Consulenti

ARCHEOLOGO  
N. FADDA



# 1 PREMESSA

Il Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica per la dismissione della diga di Bunnari Basso e per la progettazione delle opere di sistemazione idraulica connesse prevede la realizzazione di una galleria di by-pass idraulica nella sponda sinistra della diga e di un argine di tenuta idraulica a valle dell'imbocco della galleria.

Inoltre, il progetto prevede la stabilizzazione dell'area oggetto di dissesto in spalla sinistra a valle del secondo sfioratore.

Tra il 2004 e il 2006, a seguito del progetto preliminare di adeguamento delle Dighe Bunnari Alto e Basso redatto dall'ing. Porcheddu, un'importante campagna di indagini è stata realizzata dalla ditta ICEIA srl di Cagliari per conto del Comune di Sassari.

Queste indagini, per quanto riguarda la diga Bunnari Basso, hanno interessato principalmente il corpo di muratura della diga stessa e l'ammasso di fondazione direttamente a valle ed a monte della diga. Inoltre, è stato indagato il terreno della zona di dissesto a valle del secondo sfioratore. Queste indagini hanno permesso di definire le principali caratteristiche meccaniche ed idrauliche dei terreni e delle rocce in corrispondenza di queste opere.

Poiché la galleria di by-pass e le sue opere connesse si sviluppano in zone non interessate dalle precedenti indagini, si rende necessaria la realizzazione di una nuova campagna.

La campagna comprenderà quindi geofisica, sondaggi, prove in foro e prove su campioni in laboratorio principalmente nelle aree seguenti:

- Zona galleria, in particolare, lungo il suo tracciato ed in corrispondenza degli imbocchi di monte e di valle ed in corrispondenza della vasca di dissipazione a valle;
- Zona argine di ritenuta idraulica, in corrispondenza della sua impronta;
- Zona edificio filtri, in adiacenza alle sue fondazioni perimetrali.

Infine, nuove indagini geognostiche e geofisiche saranno realizzate in corrispondenza del presunto versante in frana. Esse dovranno consentire di individuare la presenza o no di un corpo di frana in movimento, la cui presenza, se fosse riscontrata, necessiterà di opere di stabilizzazione di versante relativamente significative.

Quindi, oltre alle indagini classiche di caratterizzazione, andranno installati piezometri ed inclinometri, la cui lettura dovrà essere realizzata con frequenza regolare per una durata minima di un anno solare.

Il computo metrico delle indagini prescritte in questo documento è presentato in Allegato.

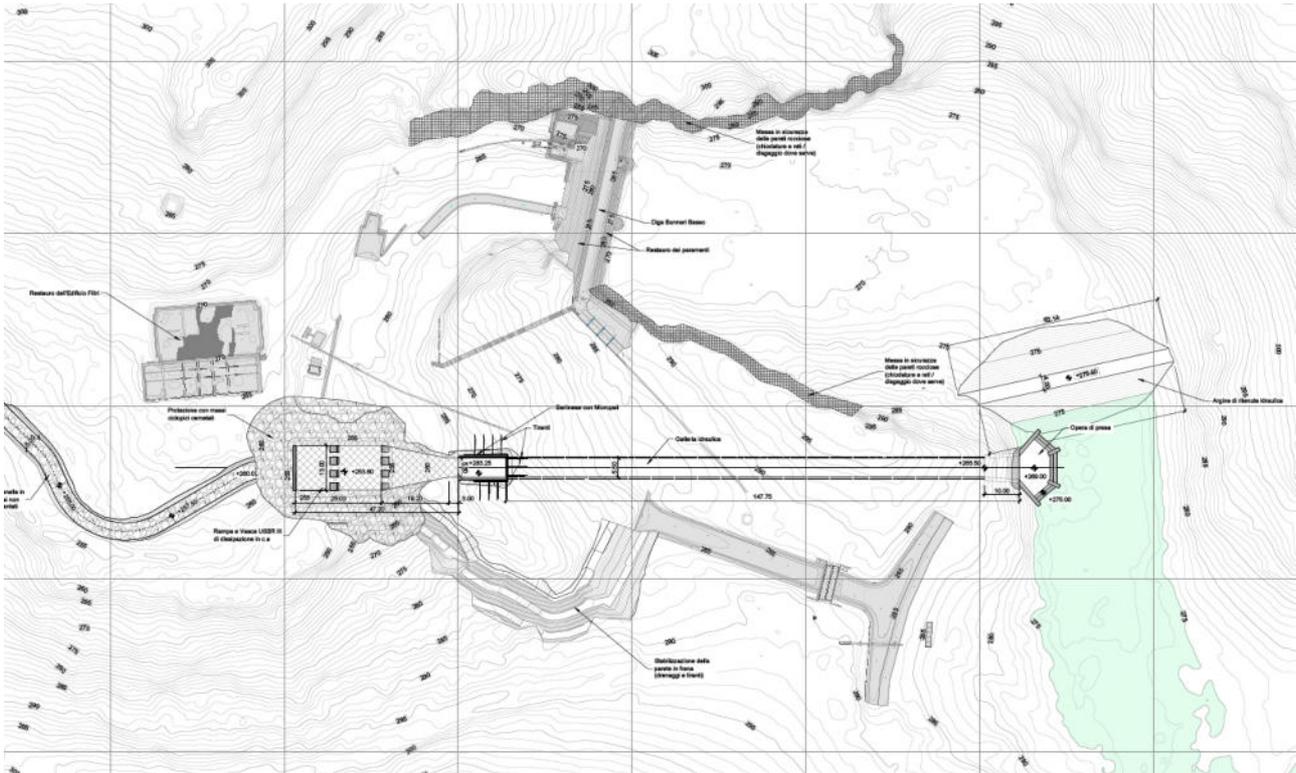


Figura 1 : Illustrazione della soluzione B

## 2 INDAGINI PREGRESSE

A partire dal 1997, l'Ing. A. Porcheddu di Sassari ha condotto e/o coordinato una serie pressoché continua di studi conoscitivi, e progettato e diretto gli interventi richiesti ed approvati dal Servizio Nazionale Dighe per gli adeguamenti imposti dalle normative sulle dighe.

In particolare, nel 1998 è stato redatto dall'ing. Porcheddu il progetto preliminare dell'adeguamento delle Dighe Bunnari Alto e Basso alle normative allora vigenti, incluse le verifiche statiche delle due dighe.

In seguito è stata realizzata per la Diga Bassa una campagna di indagini geognostiche con rilievo geologico di dettaglio sulla sezione d'imposta, ed indagini sul corpo, spalle e fondazioni dell'opera di sbarramento. Inoltre, sono state eseguite indagini geofisiche per la valutazione delle condizioni generali statiche e di stabilità dell'opera di sbarramento, ai fini dell'individuazione di eventuali cavità e zone di indebolimento della struttura e per la determinazione delle caratteristiche geomeccaniche delle rocce in posto. Infine, sono state condotte indagini geognostiche lungo il versante in sponda sinistra a valle del secondo sfioratore a seguito di una frana. La posizione dei sondaggi realizzati è riportata nella **Figura 2**.

Il quadro geologico attualmente noto è illustrato nella Relazione Geologica 2020\_0275\_002\_GEO\_R001 e nei suoi elaborati grafici, mentre l'interpretazione delle indagini è dettagliata nella Relazione Geotecnica 2020\_0275\_002\_GET\_R001.

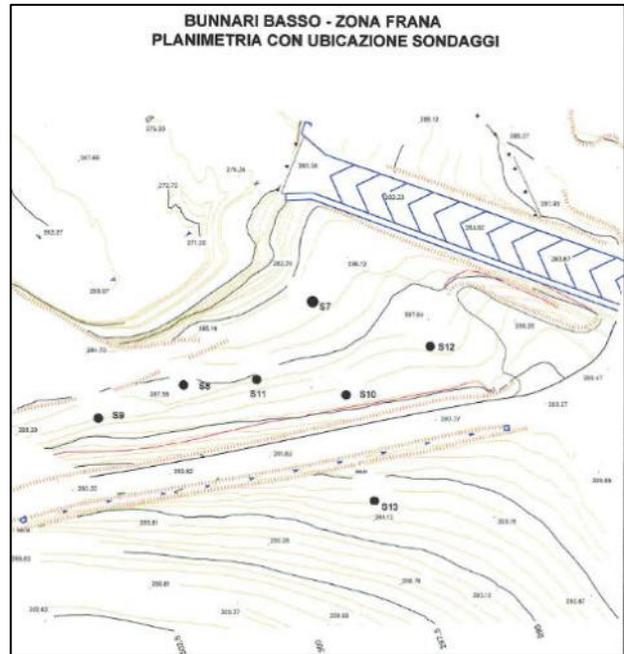
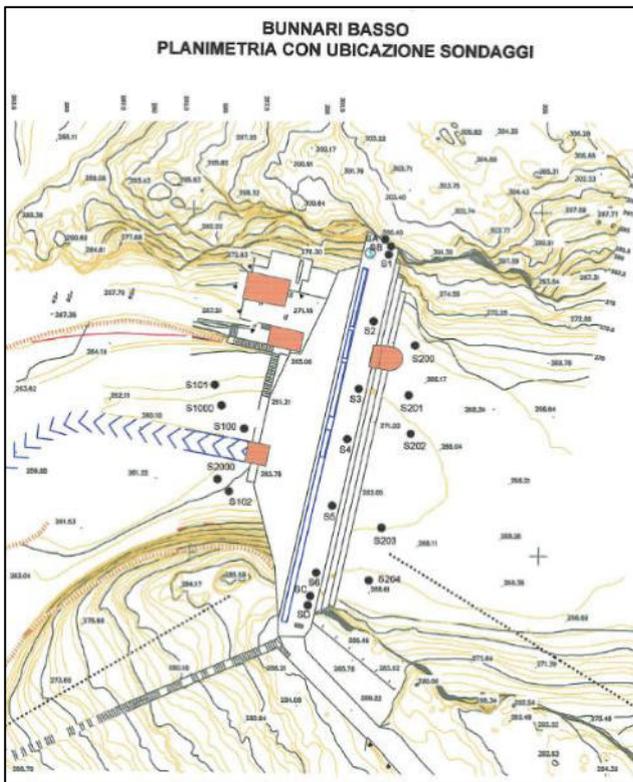


Figura 2 : Ubicazione dei sondaggi eseguiti nel 2004 in zona diga (a sx) ed in zona frana in sponda sx (a dx)



## 4 INDAGINI GEOFISICHE

Il nuovo Piano di Indagini prevede, per quanto riguarda le attività di geofisica, la realizzazione di due tipologie di indagini, entrambe di carattere sismico, Profili Sismici a Rifrazione e Profili Sismici MASW.

In particolare è prevista, in corrispondenza degli assi di sviluppo dell'argine e della galleria idraulica, la realizzazione di due profili di rifrazione sismica che permetteranno di valutare la successione stratigrafica.

Il profilo lungo la galleria sarà molto esteso e comprenderà a monte l'opera di presa, alveo compreso, e si estenderà a valle lungo tutta la vasca di dissipazione fino alla sponda destra. Questo profilo consentirà di avere una stratigrafia completa da monte a valle in asse galleria, di individuare il contatto dell'ammasso roccioso in valle e sulle sponde e di segnalare l'eventuale presenza di zone ad elevata fratturazione nell'ammasso roccioso incassante la galleria.

Per l'argine, invece, il profilo permetterà di definire in modo continuo il contatto tra materiale alluvionale ed ammasso roccioso.

In corrispondenza della zona di frana sono previsti N° 3 profili a rifrazione, al fine di determinare in maniera estesa l'eventuale superficie di distacco, la sua distribuzione all'interno del versante in esame e l'eventuale correlazione con lo spessore della roccia interessata dal processo di argillificazione.

Relativamente ai profili MASW, sono previsti N° 4 profili ubicati in corrispondenza dell'argine di tenuta, dell'opera di presa della galleria, della vasca di dissipazione e nei pressi dell'edificio filtri.

Saranno atti alla determinazione del profilo verticale delle onde Vs e quindi alla definizione della categoria sismica del sottosuolo sulla base delle NTC 2018.

Sia i profili di rifrazione che le MASW saranno calibrati utilizzando i profili stratigrafici ottenuti dai sondaggi a carotaggio ubicati lungo il loro tracciato.

GEOFISICA SISMICA			
Codice	Ubicazione	Lungh.	
	[-]	[m]	
SR1	Argine	80	
SR2	Galleria	270	
SR3	Frana	100	
SR4	Frana	160	
SR5	Frana	100	630
MASW1	Argine	48	
MASW2	Opera di Presa	48	
MASW3	Vasca	48	
MASW4	Edificio filtri	48	192
9			

Tabella 1: Sintesi delle indagini di geofisica sismica



## 5 SONDAGGI E PROVE IN FORO

Un totale di N. 16 sondaggi, tutti a carotaggio continuo, sono previsti in corrispondenza delle diverse opere in progetto. La loro inclinazione, direzione e profondità sono tarate in modo da intersecare le formazioni di interesse per le opere.

Sono previsti diversi tipi di prove in foro, che si contraddistinguono se l'ammasso attraversato è di tipo suolo o roccia. Nei suoli, si privilegia la realizzazione di prove penetrometriche dinamiche di tipo SPT per la definizione della densità relativa dei terreni e delle loro caratteristiche di resistenza, di prove pressiometriche per le caratteristiche principalmente deformative e di prove Lefranc per la permeabilità. Nelle rocce, si realizzeranno log ottici o acustici (l'uno o l'altro in funzione della presenza di acqua in foro) per la messa in evidenza delle caratteristiche geo-strutturali dell'ammasso (famiglie di discontinuità), prove dilatometriche per le caratteristiche di deformabilità e prove Lugeon per le permeabilità.

Inoltre, alcuni sondaggi verranno attrezzati con piezometri ed inclinometri, la cui lettura dovrà essere programmata per un minimo di 1 anno solare dal momento della loro installazione.

I sondaggi, le prove in foro e la strumentazione previsti sono sintetizzati nella tabella sotto riportata. Sono dettagliati, per ciascuna opera, nei paragrafi successivi.

Le lunghezze dei sondaggi ed il numero di prove riportate sono indicativi. Varieranno in funzione delle litologie riscontrate. Variazioni ed adeguamenti verranno decisi congiuntamente alla Direzione dei Lavori durante lo sviluppo delle indagini.

SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO					PROVE IN FORO						STRUMENTAZIONE	
Codice	Ubicazione	Inclinazione rispetto a vert.	Azimut	Lungh.	Log ottico o acustico	SPT	Prove Pressiometriche	Prove Dilatometriche	Prove Lefranc	Prove Lugeon roccia	Piezometro TA	Inclinometro
	[-]	[°]	[°]	[m]	[m]	[n]	[n]	[n]	[n]	[n]	[m]	[m]
S1	Argine	0° (vert)	-	20	0	2	0	0	2	2	0	0
S2-pz	Argine	0° (vert)	-	25	0	5	3	2	3	2	15	0
S3	Argine	0° (vert)	-	20	0	2	0	0	2	2	0	0
S4-pz	Opera di Presa	0° (vert)	-	20	16	2	0	2	2	2	15	0
S5	Galleria	80° (suborizz)	N 270°	30	30	0	0	2	0	2	0	0
S6	Galleria	0° (vert)	-	35	33	0	0	3	0	5	0	0
S7	Galleria	90° (orizz)	N 90°	30	28	0	0	2	0	0	0	0
S8	Galleria	0° (vert)	-	30	27	0	0	2	0	4	0	0
S9-pz	Vasca	0° (vert)	-	25	0	5	4	0	4	0	15	0
S10	Frana	90° (orizz)	N 206°	25	0	0	0	0	0	0	0	0
S11	Frana	90° (orizz)	N 155°	30	0	0	0	0	0	0	0	0
S12-pz	Frana	0° (vert)	-	25	25	5	3	0	4	0	20	0
S13-inc	Frana	0° (vert)	-	25	25	5	3	0	0	0	0	25
S14-inc	Frana	0° (vert)	-	25	25	5	3	0	0	0	0	25
S15-pz	Frana	0° (vert)	-	25	25	5	3	0	3	0	20	0
S16	Edificio filtri	0° (vert)	-	20	0	5	2	0	0	0	0	0
16			<b>TOTALE</b>	<b>410</b>	<b>234</b>	<b>41</b>	<b>21</b>	<b>13</b>	<b>20</b>	<b>19</b>	<b>85</b>	<b>50</b>

Tabella 2: Sintesi dei sondaggi, prove in foro e strumentazione



## 5.1 ARGINE DI TENUTA A MONTE DIGA

In corrispondenza dell'argine di tenuta sono previsti N 3 sondaggi verticali lungo l'asse dello sbarramento, uno in centro alveo lungo 25m (S2) e due sulle sponde sinistra e destra lunghi 20m (S1 e S3).

Nelle tratte in terreni sciolti, sia quelli costituiti da depositi fangosi sedimentati durante il precedente invaso, sia quelli alluvionali sottostanti, saranno realizzate prove SPT ad intervalli regolari di 1,5m. Il numero di prove verrà adeguato in funzione della profondità dei depositi sciolti. N.3 prove pressiometriche sono previste negli stessi terreni nel sondaggio centrale. Prove di permeabilità Lefranc (a carico costante o variabile in funzione della granulometria fine o granulare dei depositi) saranno realizzate in tutti i 3 sondaggi. I dati di permeabilità sia dei terreni sciolti che dell'ammasso roccioso sottostante (vedi sotto prove Lugeon) sono grandezze fondamentali per il dimensionamento dello schermo di tenuta dell'argine. Le prove Lefranc verranno realizzate ad intervalli regolari di 2ml.

Nelle tratte di ammasso roccioso verranno realizzate N.2 prove dilatometriche nel sondaggio centrale. Prove di permeabilità di tipo Lugeon in quantità di N.2 per sondaggio saranno realizzate in tutte e 3 le perforazioni.

Un piezometro a tubo aperto di lunghezza ca. 15m finestrato sui 10m più profondi sarà installato nel sondaggio centrale. La lunghezza del tubo verrà confermata se, durante la perforazione, la presenza della falda viene riscontrata. Nel caso contrario il tubo sarà prolungato di quanto serve per intercettare la falda e poter seguire le variazioni stagionali di essa.

In corrispondenza del piezometro andrà effettuata una lettura mensile per almeno un anno solare oppure fino a realizzazione delle opere. Le misure piezometriche permetteranno di valutare la necessità di dispositivi di aggettamento durante gli scavi per la realizzazione del nucleo impermeabile centrale.

Durante le perforazioni verranno prelevati campioni sia rimaneggiati che indisturbati nei terreni sciolti. Gli indisturbati verranno prelevati soltanto se il materiale attraversato è sufficientemente coesivo per poter essere prelevato senza essere rimaneggiato. Dalle carote estratte invece sarà prelevato qualche campione litoide in roccia. Il programma di prove di laboratorio è dettagliato nel cap. 7.

## 5.2 OPERA DI PRESA

In corrispondenza dell'opera di presa è previsto il sondaggio verticale S4 della lunghezza di 20 m, con relative prove in foro di tipo SPT e Lefranc nelle tratte sciolte e di tipo dilatometriche e Lugeon in roccia. Un log ottico/acustico con log geomeccanico di dettaglio è previsto nella tratta in roccia.

E' inoltre prevista l'installazione di un piezometro a tubo aperto per la misurazione della falda, considerando che l'opera di presa necessiterà uno scavo di ca. 4m di profondità per la realizzazione del manufatto e dell'imbocco della galleria.



Si prevede l'installazione di tubo aperto di lunghezza ca. 15m finestrato sui 10m più profondi. Le stesse considerazioni fatte al par. precedente valgono anche in questo caso. Si prevede una lettura mensile per almeno un anno solare oppure fino a realizzazione delle opere.

Dalle carote estratte, verranno prelevati ca. N.2 campioni di terreno rimaneggiato e ca. N.2 litoidi da sottoporre a prove di laboratorio (cap. 7).

### 5.3 GALLERIA IDRAULICA

In corrispondenza dello sviluppo della galleria idraulica sono previsti un totale di N° 4 sondaggi a carotaggio continuo di lunghezza 30-35m.

In particolare, sono previsti:

- un sondaggio inclinato di 60° rispetto alla verticale (S5; L=30m) in corrispondenza della parete di imbocco monte ed allineato sull'asse della galleria, per indagare la qualità dell'ammasso roccioso all'imbocco e nei primi metri di scavo.
- un sondaggio verticale (S6; L=35m) posto nel tratto centrale della galleria realizzato sullo sperone roccioso, in corrispondenza del sentiero di collegamento tra la diga e il secondo sfioratore, per indagare la qualità dell'ammasso roccioso nella zona centrale di massima copertura.
- un sondaggio orizzontale (S7; L=30m) in corrispondenza della parete di imbocco valle ed allineato sull'asse della galleria, per determinare lo spessore di accumulo di detriti di versante all'imbocco e indagare la qualità dell'ammasso roccioso all'imbocco.
- un sondaggio verticale (S8; L=30m) nella tratta di raccordo idraulico tra la galleria e la vasca di dissipazione, per definire la profondità del contatto roccioso.

A parte per i sondaggi S7 e S8 ubicati nella zona dell'imbocco di valle, che verosimilmente attraverseranno i depositi detritici di versante per qualche metro, tutte le perforazioni avverranno in roccia.

Dunque, le prove in foro previste sono tutte per ammassi rocciosi. In questo caso è fondamentale acquisire i dati sufficienti per poter caratterizzare l'ammasso roccioso in termini geomeccanici (RMR o GSI) consueti per lo scavo in galleria. Quindi i log ottici/acustici saranno eseguiti sistematicamente per il rilievo delle fratture e discontinuità, essi saranno accompagnati di log geomeccanici di dettaglio. Le prove dilatometriche saranno realizzate a diverse profondità, scegliendo tratte caratteristiche delle diverse classi di qualità dell'ammasso. Gli stessi criteri saranno adottati per le prove di permeabilità di tipo Lugeon. A titolo indicativo le prove dilatometriche e le prove Lugeon saranno eseguite ad intervalli di ca. 5ml.

Per quanto riguarda il prelievo di campioni, si preleveranno principalmente spezzoni litoidi dalle carote estratte. Si farà attenzione a prelevare spezzoni che siano rappresentativi dei diversi tipi di roccia presenti e della loro qualità, in modo ad avere una visione completa delle facies presenti in sito.



## 5.4 VASCA DI DISSIPAZIONE

In corrispondenza della vasca di dissipazione è previsto il sondaggio verticale S9 della lunghezza di 25 m, con installazione di piezometro e con relative prove in foro. In questo caso, lo scopo è quello, oltre a definire la profondità del contatto roccia, di caratterizzare i depositi antropici ed alluvionali presenti in questa zona.

La vasca di dissipazione essendo soggetta ad un'importante azione erosiva da parte del flusso uscente dalla galleria dovrà essere rivestita con una spessa platea di calcestruzzo se viene confermato il suo fondo in terreni sciolti. Invece potrà essere non rivestita in presenza di roccia affiorante alla quota di fondo.

Inoltre, la creazione di questa vasca necessiterà di scavi importanti nei depositi sciolti il cui dimensionamento delle pareti necessita la conoscenza delle caratteristiche di resistenza e di deformazione dei terreni.

Infine, si dovrà conoscere il livello piezometrico della falda acquifera.

Per questi diversi obiettivi sono previste nello spessore di terreno sciolto prove dinamiche SPT, prove pressiometriche e prove Lefranc.

Si prevede anche l'installazione di un tubo aperto di lunghezza ca. 15m finestrato sui 10m più profondi. Le stesse considerazioni fatte ai par. precedenti restano valide. Si prevede una lettura mensile per almeno un anno solare oppure fino a realizzazione delle opere.

I campioni che saranno prelevati saranno sia di terreno sciolto (rimaneggiati ed ev. se coesivo indisturbato), che di roccia.

## 5.5 ZONA DI FRANA

La parete ubicata direttamente a valle del secondo sfioratore e la sua estensione verso la sinistra subiscono fenomeni erosivi evidenti che, secondo la documentazione disponibile, potrebbero essere riconducibili ad una frana più estesa che interessa il versante posto a monte.

Per questo motivo, N.7 sondaggi, ubicati sul versante a monte, tra il sentiero che conduce al ponte dello sfioratore e l'incisione a valle dello sfioratore, sono stati realizzati durante la campagna del 2006. Essi hanno messo in evidenza, sotto una coltre eluvio-colluviale di un paio di metri, la presenza di aree interessate da un processo di argillificazione molto spinto delle rocce vulcaniche in loco, che si traduce in un indebolimento generale del materiale lapideo fino ad una vera e propria disgregazione. I RQD misurati in corrispondenza di questo tratto argillificato sono pari a 0; gli spessori interessati variano dai 7 ai 16 metri.

Le indagini non hanno permesso invece di chiarire se questo processo di argillificazione ha generato un movimento franoso lungo un piano di scivolamento che interessa il versante a monte oppure se esso rende semplicemente più sensibile all'erosione la parete a valle dello sfioratore, il cui fronte è sottoposto a fenomeno di erosione regressiva.

I sondaggi avranno quindi lo scopo di chiarire i cinematismi in atto, di circondare i volumi interessati da questo cinematismo e di permettere un corretto dimensionamento delle opere di stabilizzazione della parete ed eventualmente del versante.



Sono quindi previsti N. 2 sondaggi orizzontali, S10 e S11, rispettivamente di 25 e 30m, posizionati lungo il piede di valle della parete, all'interno dell'incisione morfologica. I sondaggi orizzontali andranno ad indagare lo spessore di questo strato argillificato che in ogni caso andrà stabilizzato. Essendo orizzontali, non sono previste prove in foro.

Sul versante posto a monte invece, sono previsti N. 4 sondaggi verticali (da S12 a S15) di lunghezza 25m, il cui scopo principale, oltre alla verifica e caratterizzazione dello spessore argillificato, sarà di ricercare la presenza di un piano di scivolamento e/o di indizi geo-strutturali che possono ricondurre ad un movimento più profondo.

Per cui, verranno realizzati sistematicamente i log ottici/acustici con rilievo geomeccanico di dettaglio, prove SPT ad intervallo regolare di 1,5ml che verranno sospese al raggiungimento di valori di rifiuto, prove pressiometriche ad intervallo di 3ml che verranno anch'esse sospese appena lo strumento non sarà più in grado di comprimere l'ammasso.

Inoltre, verranno realizzate prove di permeabilità Lefranc in 2 dei 4 sondaggi (S12 e S15) ad intervallo ca. di 2ml. In questi sondaggi saranno installati 2 piezometri a tubo aperto lunghi 15m con tratta finestrata 10m, come gli altri.

I sondaggi S13 e S14 saranno invece attrezzati con inclinometri a tutta altezza (L=25m). La scelta dei sondaggi attrezzati con inclinometro potrà variare (con inversione tra piezometri ed inclinometri) in funzione delle osservazioni ottenute sui log stratigrafici e ottici/acustici.

Per i piezometri e gli inclinometri si prevede una lettura mensile per almeno un anno solare, con frequenza di lettura che dovrà essere ravvicinata durante gli eventi di forte piovosità.

Nell'eventualità in cui le indagini geognostiche in questa zona confermassero spessori significativi di riocati argillificati e rilevassero indicatori di movimento e/o superfici critiche di rottura, si dovrà procedere allo studio del versante in frana tramite una valutazione del tipo interferometria satellitare.

Per quanto riguarda il prelievo di campioni, verranno prelevati un numero relativamente importante di campioni. Il tipo di campione dipenderà dalla facies della roccia argillificata. Se essa si presenta completamente alterata, però coesiva, si privilegerà ovviamente il prelievo di campioni indisturbati in fustelle, su cui realizzare prove in laboratorio di tipo meccanico. Se invece è disgregata e completamente incoerente, si preleveranno dei campioni rimaneggiati. Se invece la struttura di roccia è ancora presente, si preleveranno dalle carote degli spezzoni litoidi.

## 5.6 EDIFICIO FILTRI

In corrispondenza dell'edificio filtri che sarà oggetto di restauro strutturale, verrà eseguito un sondaggio a carotaggio continuo per definire la stratigrafia e le caratteristiche dei terreni di fondazione. Il sondaggio (S16 verticale, L=20m) sarà ubicato sulla terrazza sulla quale è fondato l'edificio, lungo la sua parte Est. Saranno eseguite prove SPT (ogni 1,5ml) e prove pressiometriche (ogni 3ml).



I campioni prelevati saranno verosimilmente rimaneggiati.

## 6 POZZETTI E TRINCEE ESPLORATIVE

In complemento ai sondaggi, laddove si vuole indagare maggiormente le coltri superficiali, è prevista la realizzazione di N. 9 pozzetti oppure trincee esplorative.

Esse saranno da realizzare a mezzo di escavatore, dovranno raggiungere una profondità compresa fra i 2 m e 4 m dal p.c.. in funzione del singolo obiettivo. Un rilievo litologico/stratigrafico di dettaglio dovrà essere fornito (negli stessi termini dei log stratigrafici dei sondaggi), con illustrazione a mezzo di fotografie.

Campioni di terreni rimaneggiati verranno prelevati per esser sottoposti a prove di laboratorio.

POZZETTI / TRINCEE ESPLORATIVE			
Codice	Ubicazione	Prof.	Prove di carico su piastre
	[-]	[m]	[n]
P1	Invaso diga	3	
P2	Invaso diga	3	
P3	Invaso diga	3	
P4	Invaso diga	3	
P5	Invaso diga	3	
P6	Scarico fondo	2	
P7	Scarico condotta	2	
P8	Edificio filtri	3*	1
P9	Edificio filtri	3*	1
9		25	2

\*Fino a 50cm sotto le fondazioni

\*Fino a 50cm sotto le fondazioni

Tabella 3: Sintesi dei pozzetti esplorativi

### 6.1 POZZETTI PER INDAGINI CONOSCITIVE DEL MATERIALE COESIVO DEL NUCLEO IMPERMEABILE DELL'ARGINE

In corrispondenza del vecchio invaso sono presenti dei depositi fini, denominati nella cartografia geologica "fanghi di fondo invaso", per i quali è prevista un'indagine conoscitiva e preliminare di tipo geotecnico al fine di valutare se gli stessi possano essere riutilizzati per la costruzione del nucleo impermeabile dell'argine.

Sono previsti, a tal fine, N. 5 pozzetti distribuiti nella zona di invaso della diga (da P1 a P5). I pozzetti avranno una profondità di 3m. Verranno prelevati N. 2 campioni in ogni pozzetto per prove di tipo geotecnico negli orizzonti più argillosi e N.1 campione in 3 pozzetti (P2, P4 e P5) per analisi chimiche di tipo ambientale.

### 6.2 EDIFICIO FILTRI

In complemento alla MASW4 e al sondaggio S13 ubicati accanto all'edificio filtri, ed al fine di intercettare e valutare le geometrie delle fondazioni esistenti e di valutare le caratteristiche geotecniche dei materiali del



sottosuolo, sono previsti N° 2 pozzetti (P8 e P9). Saranno ubicati in adiacenza al fabbricato lungo le fondazioni perimetrali. La profondità dei pozzetti dovrà essere tale da raggiungere la base delle fondazioni dell'edificio, un ulteriore mezzo metro sarà scavato sotto l'estradosso per poter caratterizzare il terreno su cui appoggiano le fondamenta.

Il log stratigrafico della trincea, oltre a descrivere la sequenza stratigrafica, dovrà anche descrivere la tipologia e lo stato di consistenza della fondazione messa a nudo. Sarà anche fornita documentazione fotografica.

Verranno prelevati in ogni pozzetto N. 2 campioni di tipo geotecnico a due profondità diverse, in due orizzonti stratigrafici diversi e N.1 campione nel pozzetto P8 per analisi chimiche di tipo ambientale.

In corrispondenza di queste N° 2 trincee andranno realizzate altrettante prove di carico su piastra.

### **6.3 POZZETTI PER PRELIEVO AMBIENTALE**

In corrispondenza di due scarichi ubicati a valle della diga, verranno eseguiti due pozzetti di profondità 2,0m per il prelievo di campioni da sottoporre ad indagini ambientali.

Il 1° pozzetto (P6) è ubicato direttamente a valle dello scarico di fondo della diga Bunnari Alto che si trova collocato in centro alveo a valle della diga Bunnari Basso.

Il 2° pozzetto invece (P7) è ubicato nella vallecchia/incisione morfologica a valle del secondo sfioratore.

Verrà prelevato, in ogni pozzetto, N. 1 campione da sottoporre ad analisi chimiche.

## **7 PROVE DI LABORATORIO DI TIPO GEOTECNICO**

In **Tabella 4** sono riportate le diverse tipologie di prove di laboratorio che sono previste sui campioni che saranno raccolti dalla campagna in sito. Il numero di campioni e di prove deve essere considerato come indicazione di massima per calibrare il programma di laboratorio. I campioni verranno scelti durante la campagna di perforazione in funzione delle litologie attraversate. La scelta dei campioni verrà fatta in presenza della Direzione Lavori.

Allo stesso modo, il tipo di prove da realizzare su ciascun campione sarà definito al momento dell'apertura dei campioni in laboratorio in presenza della Direzione Lavori.

Le tipologie di prove previste per raggiungere gli obiettivi della progettazione sono elencate di seguito:

#### **CAMPIONI DI TERRENO SCIOLTO:**

- Prove di classificazione generale dei campioni in terreno sciolto, di cui misura della densità apparente, porosità, contenuto d'acqua, granulometria sia con setacci che con sedimentazione (per via umida in sospensione), Limiti di Atterberg. Queste prove verranno diffusamente eseguite per permettere di caratterizzare geotecnicamente i terreni;
- Prove meccaniche di tipo taglio diretto (in condizioni drenate) e triassiale non consolidata non drenata (TX UU) su campioni indisturbati. Queste prove saranno realizzate prioritariamente sui terreni prelevati in corrispondenza dell'argine e nella zona di frana.



- Prove di compattazione di tipo Proctor. Prove di questo tipo verranno eseguite sui campioni prelevati dai pozzetti ubicati nell'invaso della diga, nel caso in cui il materiale prelevato mostri caratteristiche geotecniche in termini di granulometria e di plasticità (Limiti di Atterberg) che lo rendano possibilmente adatto come materiale da costruzione per il nucleo impermeabile della diga. In questo caso, verrà anche determinata la percentuale di materiale organico contenuto.

#### CAMPIONI LITOIDI IN ROCCIA:

- Misura della densità;
- Prove meccaniche di tipo compressione monoassiale e Point Load Test, per la determinazione delle resistenze a compressione monoassiale. Queste prove verranno realizzate diffusamente su tutti i campioni litoidi;
- Prove meccaniche di tipo Triassiale e Trazione indiretta (brasiliana). Queste prove verranno realizzate in aggiunta alle prove di compressione per la determinazione completa dell'involuppo di resistenza della roccia intatta (criterio di Hoek-Brown). Queste saranno realizzate principalmente sui campioni prelevati in corrispondenza della galleria idraulica che necessita una caratterizzazione completa dell'ammasso roccioso. Sui campioni della galleria si realizzeranno anche prove di taglio diretto sui giunti naturali per la caratterizzazione delle resistenze lungo i piani di discontinuità dell'ammasso roccioso.



SONDAGGI A CAROTAGGIO	CAMPIONI										PROVE DI LABORATORIO										
	Suolo					Roccia					Suolo					Roccia					
	Ubicazione	Rimanegg.	Indisturb.	Litoidi	Roccia	$\gamma$ e porosità	Contenuto d'acqua w	Granulom. setacci	Granulom. sediment.	Limiti Aterberg	% materiale organico	Taglio diretto	Triassiale UU	Edometric a	Proctor	$\gamma$	Compress. monoass.	PLT	Triassiale	Trazione indiretta	Taglio diretto giunto
Codice	[n]	[n]	[n]	[n]	[n]	[n]	[n]	[n]	[n]	[n]	[n]	[n]	[n]	[n]	[n]	[n]	[n]	[n]	[n]	[n]	[n]
S1	Argine	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S2-pz	Argine	2	3	1	1	1	3	3	3	3	1	1	2			1	1	1			
S3	Argine	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1									
S4-pz	Opera di Presa	2		2			2	2	2	2											
S5	Galleria			4												2	1	2	1	1	1
S6	Galleria			5												2	1	2	1	2	2
S7	Galleria			4												1	1	2	1	1	1
S8	Galleria	1		4												1	1	2	1	1	1
S9-pz	Vasca	2	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1				1	1	1	1	1	1
S10	Frana	2	2	1	1	1	2	2	2	2	1	1				1	1	1	1	1	1
S11	Frana	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1				1	1	1	1	1	1
S12-pz	Frana	2	2	1	1	1	2	2	2	2	1	1				1	1	1	1	1	1
S13-inc	Frana	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1				1	1	1	1	1	1
S14-inc	Frana	2	2	1	1	1	2	2	2	2	1	1				1	1	1	1	1	1
S15-pz	Frana	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1				1	1	1	1	1	1
S16	Edificio filtri	2					1	1	1	1											
16		23	15	29	10	10	11	24	24	24	0	10	7	2	0	12	12	19	4	9	6

POZZETTI / TRINCEE	CAMPIONI										PROVE DI LABORATORIO										
	Suolo					Roccia					Suolo					Roccia					
	Ubicazione	Rimanegg.	Indisturb.	Litoidi	Roccia	$\gamma$ e porosità	Contenuto d'acqua w	Granulom. setacci	Granulom. sediment.	Limiti Aterberg	% materiale organico	Taglio diretto	Triassiale UU	Edometric a	Proctor	$\gamma$	Compress. monoass.	PLT	Triassiale	Trazione indiretta	Taglio diretto giunto
Codice	[n]	[n]	[n]	[n]	[n]	[n]	[n]	[n]	[n]	[n]	[n]	[n]	[n]	[n]	[n]	[n]	[n]	[n]	[n]	[n]	[n]
P1	Invaso diga	2				2	2	2	2	2	1										
P2	Invaso diga	2				2	2	2	2	2	1										
P3	Invaso diga	2				2	2	2	2	2	1										
P4	Invaso diga	2				2	2	2	2	2	1										
P5	Invaso diga	2				2	2	2	2	2	1										
P6	Scarico fondo	1					1	1	1	1											
P7	Scarico condotta	1					1	1	1	1											
P8	Edificio filtri	2				1	2	1	1	1											
P9	Edificio filtri	2				1	2	1	1	1											
9		16	0	0	0	12	10	16	14	14	5	0	0	0	5						

Tabella 4: Sintesi delle prove di laboratorio previste

MANDATARIA:

MANDANTI:



## 7.1 PROVE CHIMICHE DI LABORATORIO DI TIPO AMBIENTALE

Al fine di parametrare dal punto di vista esclusivamente chimico e ai sensi del D.Lgs. 152/2006 i materiali di scavo afferenti al progetto, andranno prelevati N° 6 campioni di materiali sciolti secondo le modalità di seguito esposte. N. 3 campioni verranno prelevati in 3 dei 5 pozzetti previsti nell'invaso a monte della diga, N.2 campioni in corrispondenza degli scarichi e N.1 campione accanto all'edificio filtri.

I campioni dalle trincee esplorative andranno prelevati ad una profondità compresa fra 0,5 m e 1,5 m dal p.c. e posti in appositi vasetti vitrei, il peso indicativo di ogni campione dovrà essere di circa 0.5-1.0 Kg.

Di seguito è riportato l'elenco delle analisi chimiche alle quali si dovrà far riferimento per i sopraesposti campioni.

- Arsenico
- Cadmio
- Cobalto
- Nichel
- Piombo
- Rame
- Zinco
- Mercurio
- Idrocarburi C>12
- Cromo totale
- Cromo VI
- Amianto
- BTEX (\*)
- IPA (\*)

(\*) *Da eseguire nel caso in cui l'area da scavo si collochi a 20 m di distanza da infrastrutture viarie di grande comunicazione e ad insediamenti che possono aver influenzato le caratteristiche del sito mediante ricaduta delle emissioni in atmosfera. Gli analiti da ricercare sono quelli elencati alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, Parte Quarta, Titolo V, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.*

Set analitico minimale (DPR 120/2017)



POZZETTI / TRINCEE		ANALISI CHIMICHE	
Codice	Ubicazione	Suolo	
		Rimanegg.	Analisi chimiche
	[-]	[n]	[n]
<b>P1</b>	Invaso diga		
<b>P2</b>	Invaso diga	1	1
<b>P3</b>	Invaso diga		
<b>P4</b>	Invaso diga	1	1
<b>P5</b>	Invaso diga	1	1
<b>P6</b>	Scarico fondo	1	1
<b>P7</b>	Scarico condotta	1	1
<b>P8</b>	Edificio filtri	1	1
<b>P9</b>	Edificio filtri		
<b>9</b>		<b>6</b>	<b>6</b>

Tabella 5: Sintesi delle analisi chimiche di tipo ambientale



COMUNE DI SASSARI

SETTORE LAVORI PUBBLICI E MANUTENZIONE  
DEL PATRIMONIO COMUNALE

DISMISSIONE DELLA DIGA DI BUNNARI BASSO E PROGETTAZIONE DELLE OPERE  
DI SISTEMAZIONE IDRAULICA CONNESSE

STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

2020\_0275\_002\_IGE\_R001\_0 PIANO D'INDAGINI

## ALLEGATO 1:

## COMPUTO METRICO

SONDAGGI E PROVE IN FORO						
Prezziario	Articolo	Descrizione	U.M.	Q.tà totali	C.U.	Importo
SAR	SAR18_PF.0002.000 1.0001	IMPIANTO DI CANTIERE PER INDAGINI GEOGNOSTICHE, compreso l'approntamento in deposito delle attrezzature, degli accessori, dei ricambi e dei consumi; compreso il carico su automezzo, lo scarico in cantiere, il montaggio, lo smontaggio a lavori ultimati, il carico su automezzo e lo scarico in deposito; compreso il trasporto dal deposito al cantiere di lavoro, compreso il ritorno a vuoto; o trasporto delle stesse da cantiere a deposito, compresa l'andata a vuoto; compreso il trasferimento del personale.	a corpo	1,0	€ 1.603,03	€ 1.603,03
SAR	SAR18_PF.0002.000 1.0002	INSTALLAZIONE DI ATTREZZATURA PER SONDAGGIO in ciascuna posizione di perforazione su aree pianeggianti accessibili ai normali mezzi di trasporto, compreso trasporto da una postazione alla successiva, carico, scarico, tracciamento e picchettazione	cad	4,0	€ 304,94	€ 1.219,76
SAR	SAR18_PF.0002.000 1.0003	INSTALLAZIONE DI ATTREZZATURA PER SONDAGGIO in ciascuna postazione di perforazione, su aree collinari comunque accessibili ai normali mezzi di trasporto, compreso l'onere del trasporto da una postazione alla successiva, il carico e lo scarico, il tracciamento e la picchettazione	cad	12,0	€ 335,38	€ 4.024,56
SAR	SAR18_PF.0002.000 1.0011	PERFORAZIONE ad andamento verticale o con inclinazione massima 15° dalla verticale eseguita a carotaggio continuo con carotiere diametro da 85 a 101 mm in terreni a granulometria media con qualche ciottolo e rocce di durezza media escluso l'onere della corona diamantata, compreso l'onere per l'estrazione delle carote e loro conservazione in apposite cassette catalogatrici queste escluse e compensate a parte; compresa la tubazione di rivestimento del foro; compresa la redazione di una planimetria generale con l'ubicazione delle perforazioni e della stratigrafia di ogni singolo sondaggio; per le seguenti profondità, misurate a partire dal piano campagna, comprese tra Da 0-20 m.	m	0,0	€ 81,29	€ -
SAR	SAR18_PF.0002.000 1.0014	Da 20 a 40 m.	m	410,0	€ 91,76	€ 37.621,60
SAR	SAR18_PF.0002.000 1.0017	Da 40 a 60 m.	m		€ 114,58	€ -
SAR	SAR18_PF.0002.000 1.0019	Sovrapprezzo per sondaggio con inclinazione oltre 45° dalla verticale in terreni di qualsiasi consistenza e natura. Per profondità da 0 a 60 m da p.c.	m	115,0	€ 24,39	€ 2.804,51
SAR	SAR18_PF.0002.000 1.0028	Sovrapprezzo alle perforazioni per rocce dure che richiedono l'uso della corona diamantata per profondità fino a 60 m e con diametro della corona fino a 145 mm	m	138,5	€ 62,26	€ 8.623,01
SAR	SAR18_PF.0002.000 1.0030	FORNITURA DI CASSETTA CATALOGATRICE a 5 scomparti compreso l'onere della custodia e consegna nel luogo indicato dalla committenza, inclusa documentazione fotografica.	cad	82,0	€ 38,24	€ 3.135,68
ANAS	IG.05.015.7	RILIEVO GEOMECCANICO per tratte in roccia. Sulle carote estratte nel corso della perforazione, a firma di un ingegnere/geologo iscritto all'albo, compresa la compilazione di schede analitiche e/o riassuntive dei caratteri e/o dei parametri del tema analizzato.	m	277,0	€ 17,76	€ 4.919,52
ANAS	IG.05.190.1	Prelievo, nel corso dell'esecuzione dei sondaggi o pozzetti, di campioni rimaneggiati di terre o di spezzoni di carote litoidi, e loro conservazione entro appositi contenitori trasparenti, chiusi ermeticamente, realizzato con le prescrizioni di cui alle Norme Tecniche.	cad	68,0	€ 6,50	€ 442,00
SAR	SAR18_PF.0002.000 1.0033	PRELIEVO DI CAMPIONE INDISTURBATO, compatibilmente con la natura dei terreni, nel corso di sondaggi, con l'impiego di campionatore a parete sottile spinto a pressione; compreso l'onere della fornitura di fustella zincata, della paraffinatura per eseguire la sigillatura e del trasporto al laboratorio di analisi indicato dal committente; per le profondità seguenti dal piano di campagna: da m 0,00 a m 20,00	cad	15,0	€ 72,39	€ 1.085,85
SAR	SAR18_PF.0002.000 1.0034	PRELIEVO DI CAMPIONE INDISTURBATO, compatibilmente con la natura dei terreni, nel corso di sondaggi, con l'impiego di campionatore a parete sottile spinto a pressione; compreso l'onere della fornitura di fustella zincata, della paraffinatura per eseguire la sigillatura e del trasporto al laboratorio di analisi indicato dal committente; per le profondità seguenti dal piano di campagna: da m 20,01 a m 40,00	cad	0,0	€ 82,73	€ -
SAR	SAR18_PF.0002.000 1.0043	IMPIANTO DI CANTIERE PER PROVA PENETROMETRICA DINAMICA, compreso l'approntamento in deposito delle attrezzature, degli accessori, dei ricambi e dei consumi, compreso il carico su automezzo, lo scarico in cantiere, il montaggio, lo smontaggio a lavori ultimati, il carico su automezzo e lo scarico in deposito; compreso il trasporto dal deposito al cantiere di lavoro, compreso il ritorno a vuoto; o trasporto delle stesse da cantiere a deposito, compresa l'andata a vuoto; compreso il trasferimento del personale; da valutarsi per ciascun trasporto in AR.	a corpo	1,0	€ 743,17	€ 743,17
SAR	SAR18_PF.0002.000 1.0044	INSTALLAZIONE DI ATTREZZATURA PER PROVA PEETROMETRICA in ciascuna postazione di prova, su aree pianeggianti accessibili ai normali mezzi di trasporto, compreso l'onere del trasporto da una postazione alla successiva, il carico e lo scarico, il tracciamento e la picchettazione	cad	4,0	€ 182,97	€ 731,88
SAR	SAR18_PF.0002.000 1.0045	INSTALLAZIONE DI ATTREZZATURA PER PROVA PEETROMETRICA in ciascuna postazione di prova, su aree collinari comunque accessibili ai normali mezzi di trasporto, compreso l'onere del trasporto da una postazione alla successiva, il carico e lo scarico, il tracciamento e la picchettazione	cad	6,0	€ 201,22	€ 1.207,32
SAR	SAR18_PF.0002.000 1.0031	ESECUZIONE DI PROVE SPT (STANDARD PENETRATION TEST) all'interno dei fori di sondaggio; eseguite con campionatore tipo RAYMOND del diametro di 2" ; per le seguenti profondità misurate da piano di campagna: da m 0,00 a m 20,00	cad	41,0	€ 69,81	€ 2.862,21
SAR	SAR18_PF.0002.000 1.0032	ESECUZIONE DI PROVE SPT (STANDARD PENETRATION TEST) all'interno dei fori di sondaggio; eseguite con campionatore tipo RAYMOND del diametro di 2" ; per le seguenti profondità misurate da piano di campagna: da m 20,01 a m 40,00	cad	0,0	€ 80,28	€ -
SAR	SAR18_PF.0002.000 1.0056	Esecuzione di prova pressiométrica in foro (pressiometro Menard), consistente nell'installare nel terreno, alla profondità stabilita, una sonda cilindrica dilatabile e successivamente, farla espandere gradualmente registrando i valori delle pressioni applicate e delle corrispondenti deformazioni radiali. La prova è definita prendendo a riferimento, tra i tipi di pressiometro utilizzati, il Pressiometro Menard (MPM), la cui sonda espandibile viene installata in un foro precostituito il quale ha quindi in genere un diametro leggermente superiore a quello della sonda. Prima di ciascuna prova verrà verificata la taratura del sistema. La prova verrà eseguita preferibilmente con controllo del carico che viene incrementato per gradi, misurando per ogni gradino le deformazioni corrispondenti. Di norma dai valori corretti pressione-volume si tratterà la curva indicando i valori seguenti: - volume iniziale - pressione iniziale - volume limite - volume di scorrimento - pressione di scorrimento Dovranno inoltre essere calcolati i vari moduli pressiometrici e di elasticità, nonché gli opportuni parametri geomeccanici.	cad	21,0	€ 286,36	€ 6.013,56
ANAS	IG.05.070.a	ESECUZIONE PROVA DILATOMETRICA IN ROCCIA All'interno di foro di sondaggio (diam. 70-110 mm) eseguita con sonda dilatometrica fino a 10 MPa dotata di 3 trasduttori di spostamento indipendenti disposti a 120°, su 3 cicli completi di carico-scarico, inclusa la calibrazione del sistema, l'elaborazione dei dati in forma grafica e tabellare, la determinazione dei moduli di deformabilità e di elasticità nelle diverse fasi di carico-scarico, il fermo della sonda, esclusa l'esecuzione della perforazione. Compreso approntamento e installazione attrezzature.  - PER PROFONDITÀ FINO A 25 M	cad	10,0	€ 1.011,00	€ 10.110,00
ANAS	IG.05.070.b	- PER PROFONDITÀ COMPRESSE TRA 25 E 50 M	cad	3,0	€ 1.088,00	€ 3.264,00
SAR	SAR18_PF.0002.000 1.0037	ESECUZIONE DI PROVA DI PERMEABILITÀ, tipo "LEFRANC", nel corso di sondaggi geognostici, a carico idraulico sia costante che variabile secondo le modalità definite dall'Associazione Geotecnica Italiana; compresa la registrazione dei dati e la fornitura dei grafici, per profondità fino a m 30 dal piano di campagna e per le seguenti operazioni: per ciascuna installazione	cad	20,0	€ 211,06	€ 4.221,20
SAR	SAR18_PF.0002.000 1.0038	ESECUZIONE DI PROVA DI PERMEABILITÀ, tipo "LEFRANC", nel corso di sondaggi geognostici, a carico idraulico sia costante che variabile secondo le modalità definite dall'Associazione Geotecnica Italiana; compresa la registrazione dei dati e la fornitura dei grafici, per profondità fino a m 30 dal piano di campagna e per le seguenti operazioni: per ogni ora di prova o frazione di ora	ora	10,0	€ 110,80	€ 1.108,00

Prezziario	Articolo	Descrizione	U.M.	Q.tà totali	C.U.	Importo
SAR	SAR18_PF.0002.000 1.0039	ESECUZIONE DI PROVA DI PERMEABILITA', tipo "LUGEON", nel corso di sondaggi geognostici; compresi gli otturatori pneumatici ad espansione, le tubazioni, l'allacciamento, i manometri, i contatori, la centralina di pressione e quant'altro occorra per eseguire la prova secondo le modalità definite dall'Associazione Geotecnica Italiana; compresa la registrazione dei dati e la fornitura dei grafici, per profondità fino a m 30 dal piano di campagna e per le seguenti operazioni: per ciascuna installazione	cad	19,0	€ 211,06	€ 4.010,14
SAR	SAR18_PF.0002.000 1.0040	ESECUZIONE DI PROVA DI PERMEABILITA', tipo "LUGEON", nel corso di sondaggi geognostici; compresi gli otturatori pneumatici ad espansione, le tubazioni, l'allacciamento, i manometri, i contatori, la centralina di pressione e quant'altro occorra per eseguire la prova secondo le modalità definite dall'Associazione Geotecnica Italiana; compresa la registrazione dei dati e la fornitura dei grafici, per profondità fino a m 30 dal piano di campagna e per le seguenti operazioni: per ogni ora di prova o frazione di ora	ora	28,5	€ 110,80	€ 3.157,80
ANAS	IG.10.001.001.a	PIEZOMETRO A TUBO APERTO IN PVC  Il diametro minimo del tubo dovrà essere maggiore o uguale a 1,5" e dovrà avere una filettatura di tipo GAS. Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo, l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo, la calza in TNT, il riempimento del foro (tratto filtrante, tamponi impermeabili e cementazione), lo spurgo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte. Nel prezzo è inoltre inclusa la prima misura in esercizio dello strumento, da effettuarsi in seguito al riequilibrio del livello statico medio della falda. Compreso fornitura e posa in opera. Il prezzo non comprende la fornitura e posa in opera del pozzetto protettivo, né il rilievo della quota assoluta della testa dello strumento.  - PER OGNI INSTALLAZIONE/APPRONTAMENTO	cad	5,0	€ 212,83	€ 1.064,15
ANAS	IG.10.001.001.b	- PER OGNI ML DI TUBO INSTALLATO (SIA CIECO CHE FENESTRATO)	m	85,0	€ 13,36	€ 1.135,60
SAR	SAR18_PF.0002.000 1.0058	Installazione di tubi inclinometrici compreso la cementazione con miscela cemento- bentonite, nonché la fornitura di tubi, della valvola a perdere, manicotti, ecc., eseguita con le prescrizioni e gli oneri da specificare nel contratto. Per profondità misurate a partire dal piano di campagna fino a m 60.00 - Per ciascuna installazione	cad	2,0	€ 213,62	€ 427,24
SAR	SAR18_PF.0002.000 1.0059	Installazione di tubi inclinometrici compreso la cementazione con miscela cemento- bentonite, nonché la fornitura di tubi, della valvola a perdere, manicotti, ecc., eseguita con le prescrizioni e gli oneri da specificare nel contratto. Per profondità misurate a partire dal piano di campagna fino a m 60.00 - Per ogni metro lineare di tubo installato	m	50,0	€ 39,70	€ 1.985,00
SAR	SAR18_PF.0002.000 1.0047	FORNITURA E POSA IN OPERA DI POZZETTO di protezione delle strumentazioni installate, completo di coperchio in acciaio zincato e munito di lucchetto	cad	7,0	€ 187,31	€ 1.311,17
ANAS	IG.05.145	APPRONTAMENTO E INSTALLAZIONE ESCAVATORE PER SCAVO DI POZZETTO ESPLORATIVO O PER APERTURA DI PISTE DI ACCESSO Alle postazioni di sondaggio o prova, compreso il carico e scarico, la manodopera necessaria per il regolare funzionamento, il carburante, il lubrificante e quanto altro occorra.	a corpo	1,0	€ 300,00	€ 300,00
ANAS	IG.05.147	INSTALLAZIONE ESCAVATORE Installazione e spostamento dell'escavatore in corrispondenza di ciascun punto di scavo, compreso il primo, per l'esecuzione di pozzetti esplorativi o per l'apertura di piste di accesso alle postazioni di sondaggio o prova, compreso l'onere dello spostamento da un punto al successivo. Per ogni installazione, compresa la prima, relativa al singolo pozzetto ed alla singola postazione di sondaggio o prova.	cad	9,0	€ 95,00	€ 855,00
ANAS	IG.05.150	SCAVO DI POZZETTI ESPLORATIVI Scavo di pozzetto geognostico esplorativo a sezione obbligatoria di dimensioni standard di ml 2,00 x ml 1,50 in materiale di qualsiasi natura e consistenza, asciutto o bagnato, esclusa la roccia da mina ed i trovanti aventi ciascuno volume superiore a 1/2 mc, comprese le armature occorrenti di qualsiasi tipo, anche a cassa chiusa, nonché scale e quanto altro occorra per consentire l'ispezione ed il prelievo di campioni di terreno a personale specializzato in condizioni di sicurezza per tutto il tempo della esecuzione della campagna di indagine. Per ogni ml di profondità.	m	25,0	€ 24,81	€ 620,25
	NP_01	Log stratigrafico dei terreni riscontrati nei pozzetti esplorativi, inclusa la documentazione fotografica	m	25,0	€ 15,00	€ 375,00
ANAS	IG.05.155	DETERMINAZIONE DELLA PORTANZA IN SITO MEDIANTE PROVA DI CARICO SU PIASTRA (DIAMETRO 60 CM) CNR-BU 146.	cad	2,0	€ 80,00	€ 160,00
SAR	SAR18_PF.0002.000 1.0066	Riempimento foro di sondaggio con materiale da scavi additivato con malta idraulica e cementizia	m	240,0	€ 7,11	€ 1.706,40
ANAS	IG.05.0A	Georeferenziazione planialtimetrica assoluta dei punti d'indagine da ottenersi mediante rilievo topografico con tolleranza planimetrica 5 mm e altimetrica 10mm	cad	34,0	€ 70,00	€ 2.380,00
						€ 115.228,61

#### LETTURE PIEZOMETRICHE E INCLINOMETRICHE

Prezziario	Articolo	Descrizione	U.M.	Q.tà totali	C.U.	Importo
SAR	SAR18_PF.0002.000 1.0066	Letture di tubi inclinometrici effettuata con sonda inclinometrica biassiale digitale, avente sensibilità di 20.000 sin(alfa) [alfa = angolo rispetto alla verticale] ed escursione +/- 30 gradi. Le letture saranno effettuate su 4 guide (8 valori per livello di misura, con passo non superiore a m 1). La lettura si intende comprensiva della restituzione delle letture di campagna e di n. 3 copie di diagrammi di spostamenti, in n. 3 elaborazioni grafiche (differenziale risultante, differenziale per punti, azimutale), oltre ad 1 copia di entrambi su file in formato concordato contrattualmente. Nel prezzo si intende compreso e compensato ogni onere relativo a tarature periodiche delle sensibilità e dell'assetto azimutale della sonda inclinometrica (con frequenza non superiore a 4 mesi), al trasporto in cantiere dell'attrezzatura occorrente, ai successivi spostamenti ordinati dalla D.L. a materiali, energie, personale tecnico ed a quanto altro occorra per la perfetta lettura dei tubi inclinometrici. Per ogni metro di tubo	cad	15,0	€ 9,39	€ 140,85
ANAS	IG.10.001.025	MISURA DEL LIVELLO DI FALDA SU PIEZOMETRO Successiva alla prima, sia mediante freattometro (per tubi piezometrici) che tramite centralina portatile (per trasduttori e piezometri elettrici). Il prezzo è relativo alla misura di ogni singolo piezometro. Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica. La misura di zero dovrà essere eseguita quando sia accertato il riequilibrio del sistema a seguito dell'installazione del piezometro.	cad	15,0	€ 13,32	€ 199,80
						€ 340,65

#### LOGS GEOFISICI IN FORO

Prezziario	Articolo	Descrizione	U.M.	Q.tà totali	C.U.	Importo
ANAS	IG.05.022.7.1	Approntamento e trasporto attrezzatura per rilievo dei logs geofisici all'interno del foro di sondaggio. Compreso e scarico eseguito con le prescrizioni e gli oneri di cui alle norme tecniche.	a corpo	1,0	€ 607,73	€ 607,73
ANAS	IG.05.022.7.2.a	LOG OTTICO. Acquisizione di immagine a colori reali e a 360° del foro di sondaggio, continua ed orientata, mediante telecamera OPTV opportunamente centrata nel foro. L'immagine è restituita sviluppata sul piano ed orientata secondo il nord magnetico.	m	117,0	€ 21,27	€ 2.488,59
ANAS	IG.05.022.7.2.b	LOG ACUSTICO. Rilievo scanner acustico a 360° delle pareti del foro di sondaggio attraverso un sensore ad ultrasuoni roteante, opportunamente centrato nel foro.	m	117,0	€ 21,27	€ 2.488,59

€ 5.584,91

Prezziario	Articolo	Descrizione	U.M.	Q.tà totali	C.U.	Importo
<b>GEOFISICA SISMICA</b>						
Prezziario	Articolo	Descrizione	U.M.	Q.tà totali	C.U.	Importo
ANAS	IG.05.205	IMPIANTO CANTIERE E TRASPORTO ATTREZZATURA PER PROSPEZIONI SISMICHE E POSIZIONAMENTO APPARECCHIATURA	a corpo	1,0	€ 572,00	€ 572,00
ANAS	IG.05.208	POSIZIONAMENTO APPARECCHIATURE SU CIASCUNA BASE SISMICA (Geofoni e energizzatore). Per ogni posizionamento.	cad	9,0	€ 58,50	€ 526,50
ANAS	IG.05.215.a	ESECUZIONE DI PROSPEZIONE SISMICHE A RIFRAZIONE In onde di compressione ed in onde di taglio, secondo le prescrizioni e gli oneri di cui alle Norme Tecniche . Compresa e compensata l'elaborazione a mezzo di software dedicato con interpretazione e restituzione dei risultati ottenuti. Per ogni metro di prospezione. - PER DISTANZA INTERGEOFONICA ≤ DI M 5,00	m	630,0	€ 10,50	€ 6.615,00
ANAS	IG.05.240.g	MASW Per ogni prospezione MASW completa.	cad	4,0	€ 609,00	€ 2.436,00
						<b>€ 10.149,50</b>

<b>PROVE DI LABORATORIO</b>						
Prezziario	Articolo	Descrizione	U.M.	Q.tà totali	C.U.	Importo
SAR	SAR18_PF.0002.000 1.0070	Apertura di campione cilindrico in fustella (diametro minore di 100 mm lunghezza inferiore a 80 cm) da estrarre con estrattore idraulico compresa la descrizione geotecnica preliminare del materiale.	cad	15,0	€ 34,34	€ 515,10
ANAS	IG.01.005	DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA UMIDA Norme di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-2.	cad	22,0	€ 10,20	€ 224,40
SAR	SAR18_PF.0002.000 1.0076	Determinazione della porosità ed indice dei vuoti	cad	22,0	€ 6,94	€ 152,68
SAR	SAR18_PF.0002.000 1.0077	Determinazione del contenuto d'acqua normale	cad	21,0	€ 8,78	€ 184,38
ANAS	IG.01.001.a	ANALISI GRANULOMETRICA - MEDIANTE SETACCI  Analisi granulometrica di una terra e/o di aggregati (mediante setacci e/o crivelli) Norme di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-4 CNR-BU n. 23 UNI EN 933-1.	cad	40,0	€ 44,00	€ 1.760,00
ANAS	IG.01.001.b	- PER SEDIMENTAZIONE DI UNA TERRA  Norme di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-4 ASTM D 422-63.	cad	38,0	€ 41,00	€ 1.558,00
ANAS	IG.01.025	DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI ATTERBERG (WL, WP, WS) Per ciascun parametro determinato norme di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-12 CNR-UNI 10014.	cad	38,0	€ 28,00	€ 1.064,00
SAR	SAR18_PF.0002.000 1.0085	Prova di taglio diretto con scatola di Casagrande per 3 provini (di tipo lento C.D.)	cad	10,0	€ 92,66	€ 926,60
ANAS	IG.01.085.a	PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE Su 3 provini indisturbati o ricostruiti del diametro di 3,81 cm.  - TIPO UU Non consolidata non drenata. Norme di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-8.	cad	7,0	€ 93,00	€ 651,00
SAR	SAR18_PF.0002.000 1.0090	Prova di consolidamento edometrica con cicli di carico e scarico fino ad un massimo di 16 kg/cmq, con determinazione dei coefficienti CV. e K.	cad	2,0	€ 202,60	€ 405,20
LOMB	1C.00.060.0130	Determinazione colorimetrica del contenuto di sostanze organiche. La prova deve essere eseguita secondo la norma UNI EN 1744-1. E' compreso quanto occorre per dare la determinazione completa.	cad	5,0	€ 60,27	€ 301,35
ANAS	IG.01.040	PROVA DI COSTIPAMENTO DI UNA TERRA  Norme di riferimento: UNI EN 13286-2 CNR-BU n. 69.	cad	5,0	€ 100,00	€ 500,00
ALIG	RC-01	Apertura e descrizione di campioni di roccia, compresa la ripresa fotografica del campione. Raccomandazioni ISRM.	cad	29,0	€ 30,00	€ 870,00
ANAS	IG.01.180	DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA REALE E APPARENTE E DELLA POROSITÀ TOTALE APERTA PER PIETRE NATURALI. UNI EN 1936.	cad	12,0	€ 61,50	€ 738,00
ANAS	IG.01.265	Rettifica di cubetti e carote	cad	16,0	€ 13,00	€ 208,00
ANAS	IG.01.200a	PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE senza rilievo della curva di deformazione. UNI EN 1926.	cad	12,0	€ 9,50	€ 114,00
ANAS	IG.01.205	PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE SU ROCCIA. ASTM C39. I.S.R.M. (1983).	cad	4,0	€ 250,00	€ 1.000,00
ANAS	IG.01.087.a	PROVA DI TAGLIO SU GIUNTO. Prova di taglio diretto su giunto, compresa la cementazione dei provini in opportune casseforme e la maturazione degli stessi, esclusa la determinazione del jrc e delle deformazioni orizzontali e verticali. Raccomandazioni ISRM.	cad	6,0	€ 129,50	€ 777,00
ANAS	IG.01.087.c	PROVA DI TAGLIO SU GIUNTO. Esecuzione dei diagrammi sforzi/deformazioni orizzontali durante la prova	cad	6,0	€ 26,00	€ 156,00
ANAS	IG.01.087.d	PROVA DI TAGLIO SU GIUNTO. Esecuzione dei diagrammi sforzi/deformazioni verticali durante la prova	cad	6,0	€ 26,00	€ 156,00
ANAS	IG.01.195	PROVA DI COMPRESSIONE A CARICO CONCENTRATO (POINT LOAD TEST)  Su spezzoni di carota provenienti dalle perforazioni. Norme di riferimento: ISRM (1972, 1985). Per ogni prova su singolo provino.	cad	19,0	€ 20,00	€ 380,00
ANAS	IG.01.050	PROVA DI COMPRESSIONE E/O TRAZIONE (BRASILIANA)  Su campioni di terra (Ø cm 15,24) legata con leganti idraulici e/o bituminosi. Norme di riferimento: CNR BU 97 UNI EN 13286-41/42.	cad	9,0	€ 23,00	€ 207,00
						<b>€ 12.848,71</b>

Prezziario	Articolo	Descrizione	U.M.	Q.tà totali	C.U.	Importo
<b>ANALISI CHIMICHE DEI PARAMETRI DA RICERCARE NEL SUOLO E SOTTOSUOLO</b>						
Prezziario	Articolo	Descrizione	U.M.	Q.tà totali	C.U.	Importo
ANAS	IG.07.1.001.a	CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE SUOLO, SOTTOSUOLO E ACQUE SOTTERRANEE Analisi chimiche per caratterizzazione ambientale del suolo, sottosuolo e acque sotterranee ai sensi dell'Allegato 5 alla parte IV del D.Lgs 152/06 e s.m.i.  PRELIEVO DI CAMPIONI DI TERRENO Da topsoil, carotaggio o da pozzetto esplorativo, da computarsi con le voci specifiche, comprensivo di fornitura del contenitore, sigillatura, imballaggio, conservazione in cella frigorifera e trasporto a laboratorio in contenitori isotermitici e refrigerati.  - PER 1 ALIQUOTA	cad	6,0	€ 40,00	€ 240,00
ANAS	IG.07.2.010.02	ANALISI CHIMICHE DEI PARAMETRI DA RICERCARE NEL SUOLO E SOTTOSUOLO Adattando metodi di prova più aggiornati.  - ARSENICO	cad	6,0	€ 11,19	€ 67,14
ANAS	IG.07.2.010.04	- CADMIO	cad	6,0	€ 11,19	€ 67,14
ANAS	IG.07.2.010.05	- COBALTO	cad	6,0	€ 11,19	€ 67,14
ANAS	IG.07.2.010.09	- NICHEL	cad	6,0	€ 11,19	€ 67,14
ANAS	IG.07.2.010.10	- PIOMBO	cad	6,0	€ 11,19	€ 67,14
ANAS	IG.07.2.010.11	- RAME	cad	6,0	€ 11,19	€ 67,14
ANAS	IG.07.2.010.16	- ZINCO	cad	6,0	€ 11,19	€ 67,14
ANAS	IG.07.2.010.08	- MERCURIO	cad	6,0	€ 11,19	€ 67,14
ANAS	IG.07.2.080.a	IDROCARBURI Il prezzo è riferito all'analisi del singolo composto di cui alla Tabella 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV del D.Lgs 152/06 e s.m.i.  - PESANTI C > 12	cad	6,0	€ 52,83	€ 316,98
ANAS	IG.07.2.010.06	- CROMO TOTALE	cad	6,0	€ 11,19	€ 67,14
ANAS	IG.07.2.010.07	- CROMO VI	cad	6,0	€ 14,92	€ 89,52
ANAS	IG.07.2.085	AMIANTO (Diffrazione a raggi x oppure I.R. - Trasformata di Fourier). Il prezzo è riferito all'analisi del singolo composto di cui alla Tabella 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV del D.Lgs 152/06 e s.m.i.	cad	6,0	€ 124,30	€ 745,80
						€ 1.996,56

SAR 1. PREZZARIO OPERE PUBBLICHE REGIONE SARDEGNA 2018  
ANAS 2. PREZZARIO ANAS 2020 INDAGINI  
ALIG 3. PREZZARIO ALIG 2015  
LOMB 4. PREZZARIO OPERE PUBBLICHE REGIONE LOMBARDIA 2021

**TOTALE 146.148,94 €**