

Appendice A

Analisi delle Alternative di Progetto

Doc. No. P0037241-1-H2 Rev. 0 - Luglio 2023



“VILLAROSA”

Progetto di impianto di accumulo idroelettrico

Comuni di Calascibetta, Enna e Villarosa (EN)

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE

STRATEGIES FOR WATER



Progettista: Ing. Luigi Lorenzo Papetti

Analisi delle alternative di progetto



REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
0	PRIMA EMISSIONE	15/07/2022	E. Marchesi	C. Pasqua	L. Papetti
1	REVISIONE 1 - INTEGRAZIONI	26/05/2023	E. Marchesi	P. Macchi	L. Papetti
Codice commessa: 1388		Codifica documento: 1388-A-FN-P-01-1			

INDICE

PREMESSA	3
1 ALTERNATIVE DI LOCALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO DI ACCUMULO IDROELETTRICO	3
2 ALTERNATIVE SULLA LOCALIZZAZIONE DEL BACINO AGGIUNTIVO	4
3 ALTERNATIVE DIMENSIONALI	8
4 ALTERNATIVE SULLA POSIZIONE DELLA CENTRALE	9
5 ALTERNATIVE SULLA PROFONDITÀ DELLA CENTRALE	14
6 SCENARI ALTERNATIVI PER LA CONNESSIONE ALLA RTN	17

PREMESSA

Il presente documento analizza le alternative di progetto che sono state considerate per l'impianto di accumulo idroelettrico denominato "Villarosa" ubicato nel territorio comunale di Calascibetta, Villarosa ed Enna (EN), e per le relative opere connesse.

Le motivazioni che hanno portato alla scelta finale sono descritte nei seguenti capitoli:

1. Alternative alla localizzazione dell'impianto di accumulo idroelettrico
2. Alternative sulla localizzazione del bacino aggiuntivo
3. Alternative dimensionali
4. Alternative sulla posizione della centrale
5. Alternative sulla profondità della centrale
6. Scenari alternativi per la connessione alla RTN

1 ALTERNATIVE DI LOCALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO DI ACCUMULO IDROELETTRICO

La scelta di utilizzare l'invaso di Villarosa per la realizzazione dell'impianto di accumulo idroelettrico è stata effettuata a seguito di un'attenta analisi di alternative che ha interessato numerosi invasi siciliani (circa 30), privilegiando quelli che hanno un volume d'invaso maggiore di 10 Mm³. Ciò anche al fine di non impattare sugli usi irrigui degli stessi, considerando che costituiscono una risorsa fondamentale per la Regione Sicilia. Inoltre, è stata eseguita un'analisi multicriteria (e.g., aspetti vincolistici, morfologia nell'intorno del bacino esistente, etc.) che ha definito il sito di Villarosa come una delle migliori soluzioni possibili.

L'obiettivo era quello di realizzare un impianto di grande taglia, quindi con almeno 200 MW di potenza, ipotizzando un numero minimo di ore di funzionamento consecutivo a massima potenza di almeno 6 h.

Sono stati presi in considerazione i siti che presentano, nel raggio di 5 km dall'invaso esistente, dislivelli maggiori ai 200 m (si ricorda infatti che la potenza di un impianto idroelettrico è direttamente proporzionale al salto ed alla portata).

È possibile realizzare anche impianti di pompaggio con salti inferiori ai 200 m; tuttavia, a parità di potenza, è richiesta una maggiore portata, e dunque un maggiore volume "impegnato" nonché opere più grandi (i.e., vie d'acqua, macchine idrauliche, bacino aggiuntivo).

Oltre ad una valutazione mirata esclusivamente a valutare la topografia dei siti analizzati, sono stati condotti anche approfondimenti di carattere vincolistico e geologico. I siti ritenuti più idonei sono stati studiati con maggiore dettaglio, ipotizzando un *layout* preliminare degli elementi principali di progetto (i.e., bacino aggiuntivo, opere in sotterraneo).

Sono state eseguite anche analisi preliminari volte ad individuare le opzioni relative agli allacciamenti alla rete elettrica.

In seguito a questa analisi multiparametrica, la scelta di progettare un impianto di accumulo idroelettrico connesso all'invaso di Villarosa e delle relative opere di rete è stata ritenuta una delle migliori sotto molteplici punti di vista (i.e., disponibilità idrica, potenza dell'impianto, collegamento alla rete elettrica, contesto geologico, contesto vincolistico, tempi e costi di realizzazione dell'impianto).

2 ALTERNATIVE SULLA LOCALIZZAZIONE DEL BACINO AGGIUNTIVO

Fin dalla fase iniziale degli studi condotti per la progettazione dell'impianto di accumulo idroelettrico presso l'invaso di Villarosa, sono state considerate diverse alternative, al fine di valutare ogni singola problematica tecnica ed ambientale e quindi adottare le migliori opzioni progettuali.

In particolare, la scelta più rilevante è stata quella relativa all'individuazione del sito dove dovrà essere ubicato il nuovo bacino, a tal riguardo è utile sottolineare che la topografia del territorio consente solo la possibilità di realizzare un bacino di monte. È quindi stata condotta l'analisi dell'altimetria nel raggio di 5 km dalla diga esistente, al fine di individuare aree con dislivelli superiori ai 200 m, in cui poter realizzare il nuovo invaso (Figura 1).

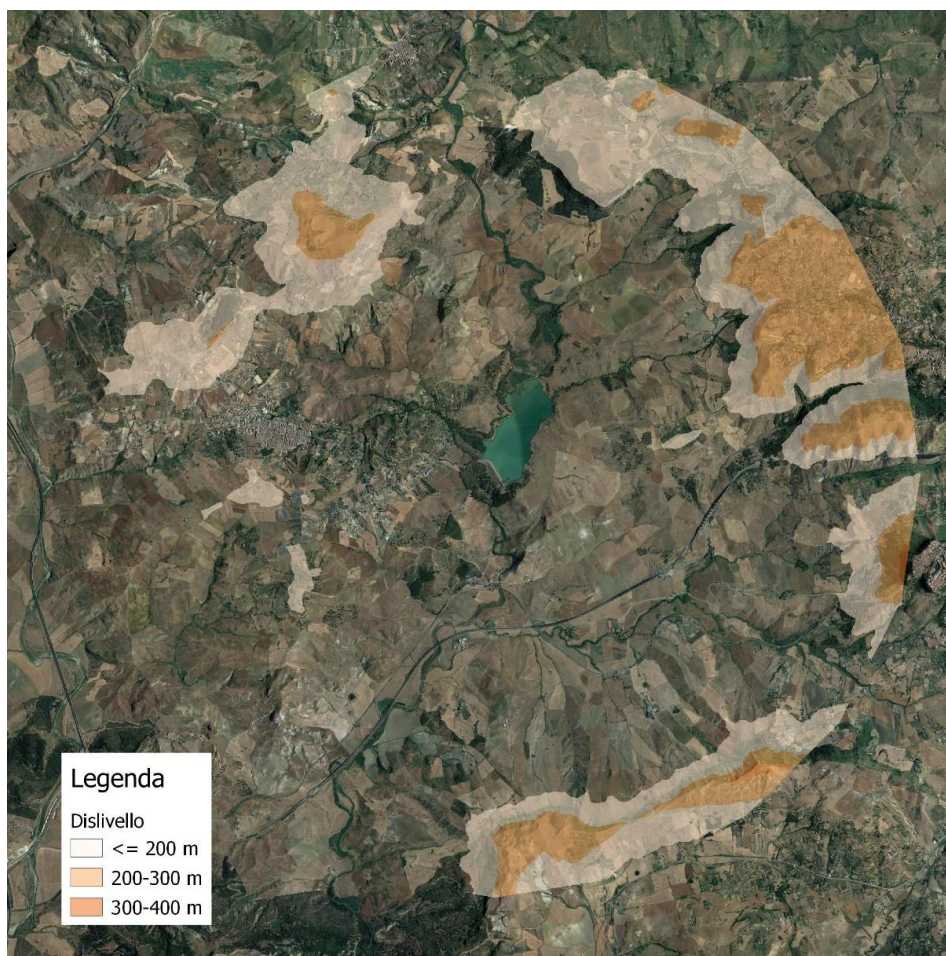


Figura 1 - Disponibilità di salti nel raggio di 5 km dalla diga di Villarosa (inquadramento su Google Satellite®)

Considerando il fatto che, a parità di “energia accumulabile” (in altri termini, a parità di potenza e di un significativo numero di ore consecutive di funzionamento a massima potenza), ad un maggior salto corrisponde un minore volume d’acqua da mobilizzare, sono state privilegiate le aree associate ad un salto maggiore.

In Figura 2 sono state evidenziate le quattro zone (A, B, C e D) più interessanti relative alla possibile ubicazione del bacino di monte.

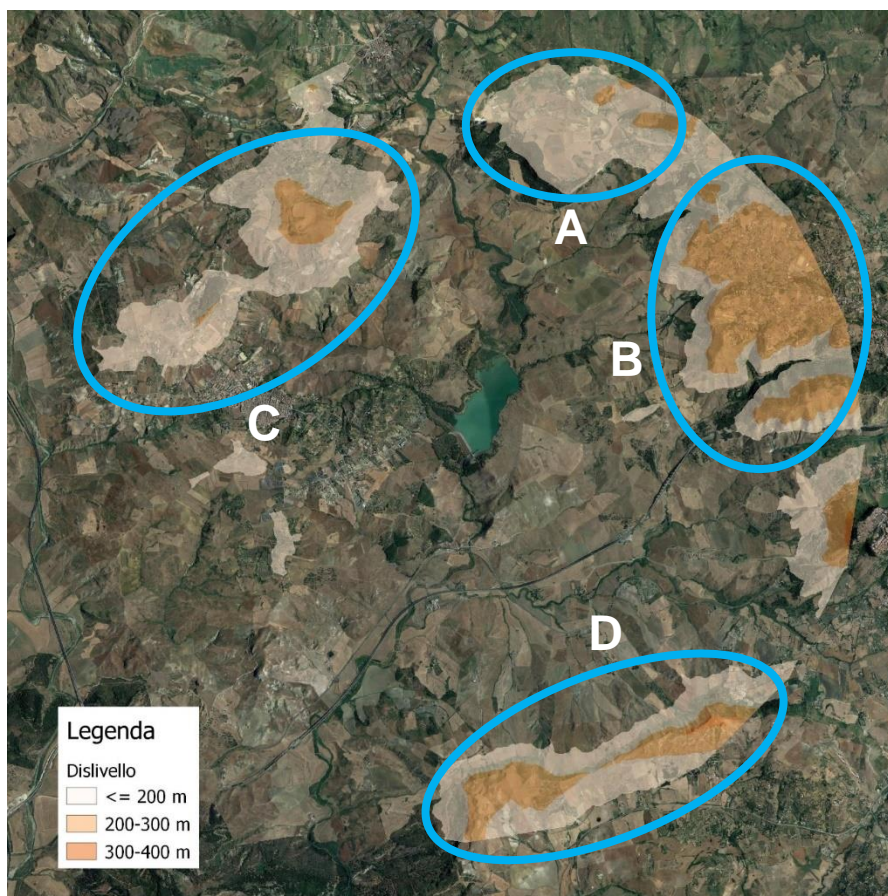


Figura 2 – Potenziali aree individuate per la realizzazione del bacino di monte

➤ Zona A

Quest’area (Figura 3) non è quella con il maggiore dislivello rispetto all’invaso di Villarosa, ma presenta una morfologia dolce, una conca naturale (ciò semplifica la realizzazione del bacino di monte) ideale per realizzare un bacino. Infatti, presso la contrada Lago Stelo fino ad inizio del ‘900 era presente l’omonimo lago. Questo altopiano si è formato a seguito del prosciugamento di suddetto lago, avvenuto negli anni ‘30, grazie ai lavori di bonifica della zona umida voluti dall’allora regime fascista.

Inoltre, è l’area che presenta minore antropizzazione (densità di edifici/abitazioni e viabilità) fra quelle prese in esame.



Figura 3 – Dettaglio zona A (su immagine Google Hybrid® e curve di livello con passo di 20 m)

➤ Zona B

Quest'area (Figura 4) presenta indubbiamente il dislivello maggiore rispetto all'invaso di Villarosa, ma la presenza di un centro abitato (frazione del Buonriposo - comune di Calascibetta) ne fa decadere ogni possibilità di utilizzo.

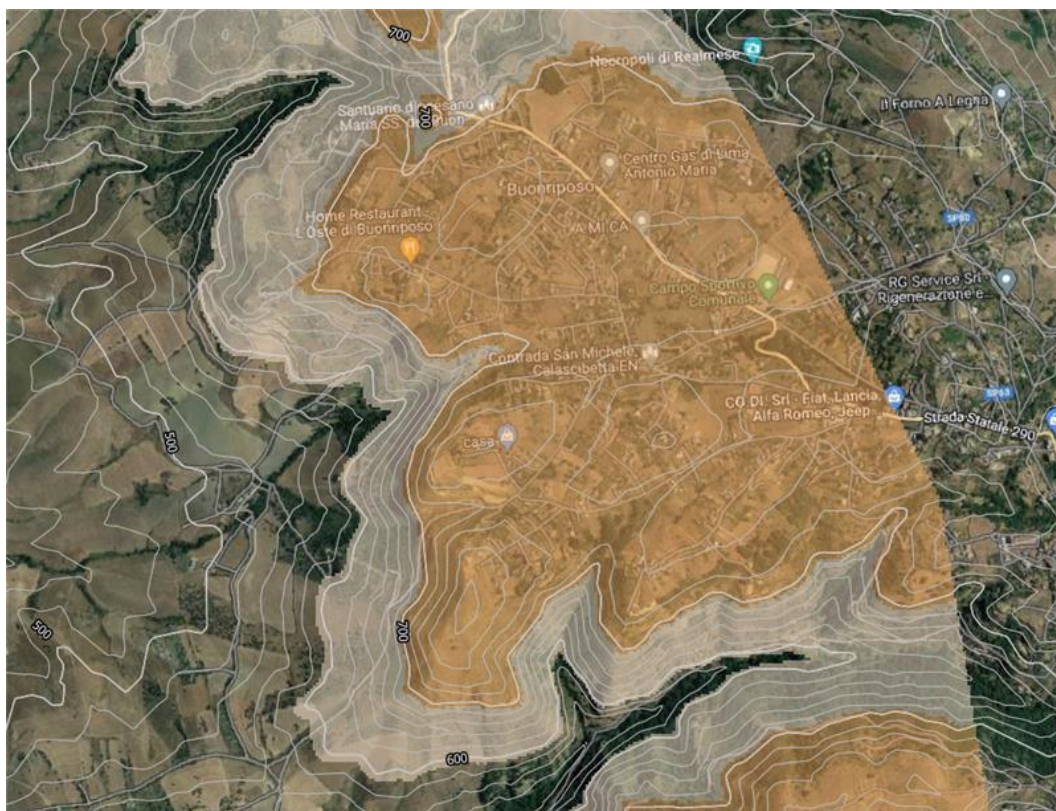


Figura 4 – Dettaglio zona B (su immagine Google Hybrid® e curve di livello con passo di 20 m)

➤ Zona C

Quest'area (Figura 5) presenta una morfologia a duomo, con assenza di ampie zone pianeggianti; pertanto, non si presta alla realizzazione di un bacino di accumulo idrico. Anche il livello di antropizzazione (presenza di edifici e strade) non ne agevolano l'utilizzo.



Figura 5 – Dettaglio zona C (su immagine Google Hybrid® e curve di livello con passo di 20 m)

➤ Zona D

Quest'area (Figura 6) si presenta come una cresta allungata con direzione est-ovest, senza zone pseudo-pianeggianti; pertanto, non si presta alla realizzazione di un bacino di accumulo idrico.



Figura 6 – Dettaglio zona D (su immagine Google Hybrid® e curve di livello con passo di 20 m)

Sulla base di quanto sopra descritto, l'unica area ritenuta compatibile con la realizzazione del bacino di monte è l'area A. In Figura 7 è rappresentata l'area selezionata e la posizione del bacino di monte.



Figura 7 – Dettaglio zona A, in rosso il bacino di monte in progetto (su immagine Google Hybrid® e curve di livello con passo di 20 m)

3 ALTERNATIVE DIMENSIONALI

I parametri principali di un impianto di accumulo idroelettrico sono:

- salto;
- portata;
- volume utile (volume che può essere trasferito dal bacino di monte a quello di valle e viceversa).

I primi due parametri determinano le potenze in fase di generazione-pompaggio, mentre il volume utile influisce sul numero di ore consecutive per le quali l'impianto può funzionare a massima potenza in generazione ed in pompaggio.

Considerando il fatto che per gli impianti di accumulo idroelettrico l'economia di scala ha un'influenza significativa, in fase di progettazione si è cercato di massimizzare il volume utile, al fine di poter fornire un servizio migliore alla rete elettrica (cercando di garantire un maggiore assorbimento di potenza istantanea per un periodo di almeno 6÷8 h) e, inoltre, diminuire il rapporto tra il costo dell'opera ed energia accumulabile.

Scelto il salto (dipendente dalla posizione scelta per il bacino di monte) ed il volume utile, l'ultimo parametro da definire è la durata di funzionamento a massima potenza dell'impianto, che a cascata determina tutti i rimanenti parametri (i.e., portate, potenze).

A valle delle suddette considerazioni, la soluzione ottimale ha previsto la progettazione di un bacino di accumulo avente un dislivello pari a circa 240 m rispetto all'invaso di valle e capace di accumulare un volume di circa 3 Mm³.

Quindi, avendo come obiettivo di massimizzare l'utilizzo del volume mobilizzato (che verrà interamente restituito in fase di generazione) e garantire sia un assorbimento dalla rete che una generazione giornaliera, fondamentali per poter agire come reale stabilizzatore della rete elettrica, si è optato per l'installazione di circa 280 MW con cicli di pompaggio/generazione di circa 8 h. La portata massima dell'impianto conseguente all'adozione dei suddetti parametri è pari a circa 120 m³/s.

4 ALTERNATIVE SULLA POSIZIONE DELLA CENTRALE

Una volta stabilita la posizione del bacino di monte, è stata condotta un'analisi volta a definire la posizione della centrale in cui alloggiare i gruppi binari.

In particolare, come emerso dagli esiti degli approfondimenti geologico-stratigrafici e delle prove geotecniche di laboratorio eseguito sui campioni prelevati in corrispondenza del sondaggio VLL-4 (indagini realizzate a valle della prima emissione dei documenti progettuali), è stato deciso di modificare l'ubicazione della centrale (originariamente prevista in caverna, planimetricamente vicina all'opera di presa di monte, a circa 300 m di profondità dal piano campagna).

In base ai dati emersi da suddetti approfondimenti, non è stato possibile definire in modo univoco l'assetto geologico della zona della centrale in caverna, come prevista nel *layout* proposto nella prima emissione del progetto (Figura 8). Quindi, al fine di non trovarsi di fronte, in fase di costruzione, a imprevisti geologici, si è deciso di rianalizzare le alternative progettuali per poter individuare la soluzione ottimale.

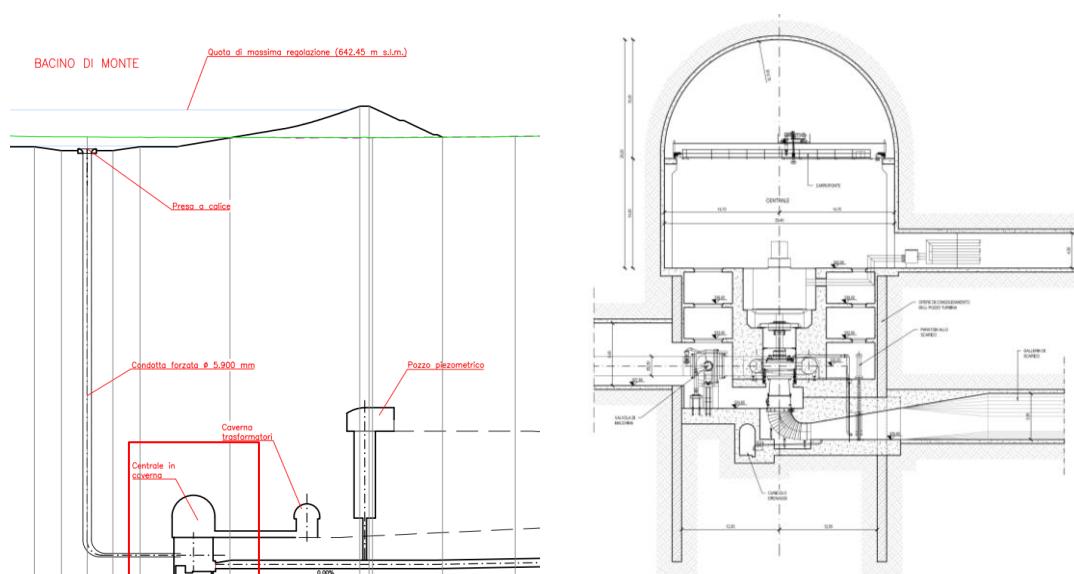


Figura 8 – Centrale in caverna prevista nella prima emissione del progetto: a sx, estratto del profilo longitudinale dell'impianto (doc. ref. 1388-A-FN-D-04-0), con centrale riquadrata in rosso; a dx, sezione della centrale (doc. ref. 1388-G-FN-D-01-0)

Nella valutazione della posizione della centrale, il vincolo principale che è necessario tenere in considerazione riguarda la quota delle pompe-turbine. Infatti, si deve tenere presente che le pompe-turbine necessitano di una determinata sommergenza rispetto alla quota del bacino di valle in modo da poter funzionare correttamente in pompaggio: in particolare, la quota delle giranti delle due pompe-turbine previste per questo progetto devono avere una quota uguale o inferiore a 330 m s.l.m.

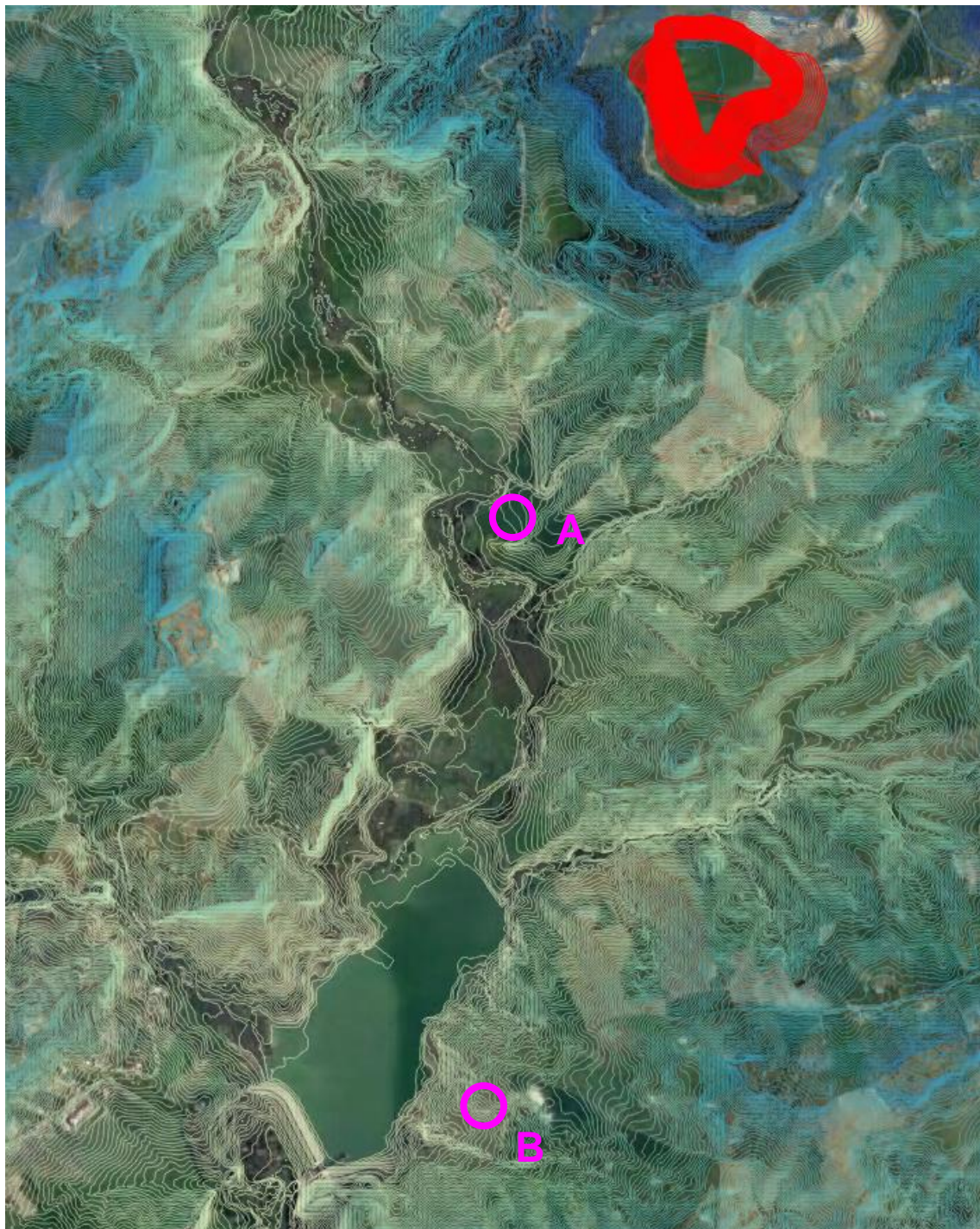


Figura 9 - Inquadramento su base Google Earth delle alternative di progetto relative alla posizione della centrale; in rosso è rappresentata la planimetria del bacino di monte

Tra le molteplici alternative di ubicazione della centrale sono state analizzate e confrontate due opzioni principali (Figura 9):

- Opzione A: centrale posta a circa 1,6 km dal bacino di monte.
- Opzione B: centrale posta a circa 200 m dal bacino di valle.

➤ *Opzione A: centrale posta a circa 1,6 km dal bacino di monte*

Pro:

- La conformazione del terreno è sostanzialmente pianeggiante, e ciò consente di contenere i volumi di scavo necessari per la realizzazione della centrale; in questo modo, vengono anche contenuti gli impatti sul territorio, nonché tempi e costi di realizzazione della centrale.
- Rispetto all'opzione B, risulta minore il tratto di condotta forzata, ossia il tratto di via d'acqua sottoposto a maggiore pressione, compreso tra il bacino di monte e le pompe-turbine in caverna; in particolare, la lunghezza risulterebbe pari a circa 1,6 km (contro i circa 4,3 km dell'opzione B). Ci si attendono pertanto minori costi di realizzazione poiché la condotta forzata (realizzata tramite virole metalliche inghisate nel calcestruzzo) presenta costi ben maggiori rispetto alla galleria a pressione minore posta a valle delle macchine, per la quale è sufficiente un rivestimento in calcestruzzo armato. Inoltre, ci si attendono minori problemi di sovrappressioni all'interno della condotta forzata (in quanto più corta) ed in generale minori problemi di stabilità della regolazione dell'impianto.
- Minori problematiche legate alla viabilità: infatti, l'opzione A prevede che la centrale ricada presso un'area accessibile tramite viabilità ordinaria (opportuna-mente da adeguare, come previsto nella *Relazione di Cantiere Generale*, doc. ref. 1388-A-FN-R-02-1).

Contro:

- Come mostrato in Figura 10, la via d'acqua ha una lunghezza complessiva maggiore rispetto a quella associata all'opzione B (4,8 km circa al posto dei 4,5 km circa associati all'opzione B). Ciò comporta maggiori volumi di scavo e maggiori -seppur lievi- perdite di carico.

➤ *Opzione B: centrale posta a circa 200 m dal bacino di valle*

Pro:

- Come mostrato in Figura 10, la via d'acqua potrebbe avere una lunghezza complessiva minore rispetto a quella associata all'opzione A (4,5 km circa al posto dei 4,8 km circa associati all'opzione A). Ciò avrebbe un beneficio in termini di volumi di scavo e di lieve diminuzione delle perdite di carico nelle vie d'acqua.

Contro:

- Rispetto all'opzione A, aumenterebbe il tratto di condotta forzata, ossia il tratto di via d'acqua sottoposto a maggiore pressione, compreso tra il bacino di monte

e le pompe-turbine in caverna; in particolare, la lunghezza risulterebbe pari a circa 4,3 km (contro i circa 1,6 km dell'opzione A). Pertanto, nonostante la lunghezza complessiva della via d'acqua potrebbe ridursi (come specificato pocanzi, da 4,8 km circa a 4,5 km circa), i costi sarebbero sicuramente maggiori di quelli dell'opzione A in quanto la condotta forzata (realizzata tramite virole metalliche inghisate nel calcestruzzo) presenta costi ben maggiori rispetto alla galleria a pressione minore posta a valle delle macchine, per la quale è sufficiente un rivestimento in calcestruzzo armato. Inoltre, ci si attendono maggiori problemi di sovrappressioni all'interno della condotta forzata (in quanto più lunga) ed in generale maggiori problemi di stabilità della regolazione dell'impianto.

- Rispetto all'opzione A, la conformazione del terreno è meno pianeggiante, e pertanto ci si aspettano maggiori volumi di scavo (e dunque maggiori impatti sul territorio, nonché maggiori tempi e costi di realizzazione).
- È prevedibile un maggiore impatto paesaggistico poiché l'ubicazione è all'interno della fascia di rispetto relativa allo specchio d'acqua dell'invaso di Villarosa in una zona particolarmente sensibile.
- In fase di cantiere i maggiori scavi, e dunque la necessità di movimentare maggiori quantità di smarino su camion, avrebbe un impatto più elevato sul contesto ambientale e antropico in una area di particolare sensibilità.
- L'accesso alla centrale necessiterebbe del transito su una Regia Trazzera, in particolare la Regia Trazzera Bivio Gessolungo-Calascibetta (Quadrivio Piano Longhitto), che necessiterebbe certamente di un importante intervento di adeguamento al fine di consentire il transito delle componenti elettromeccaniche da installare in centrale (e.g., pompe-turbine, motori-generatori, trasformatori).

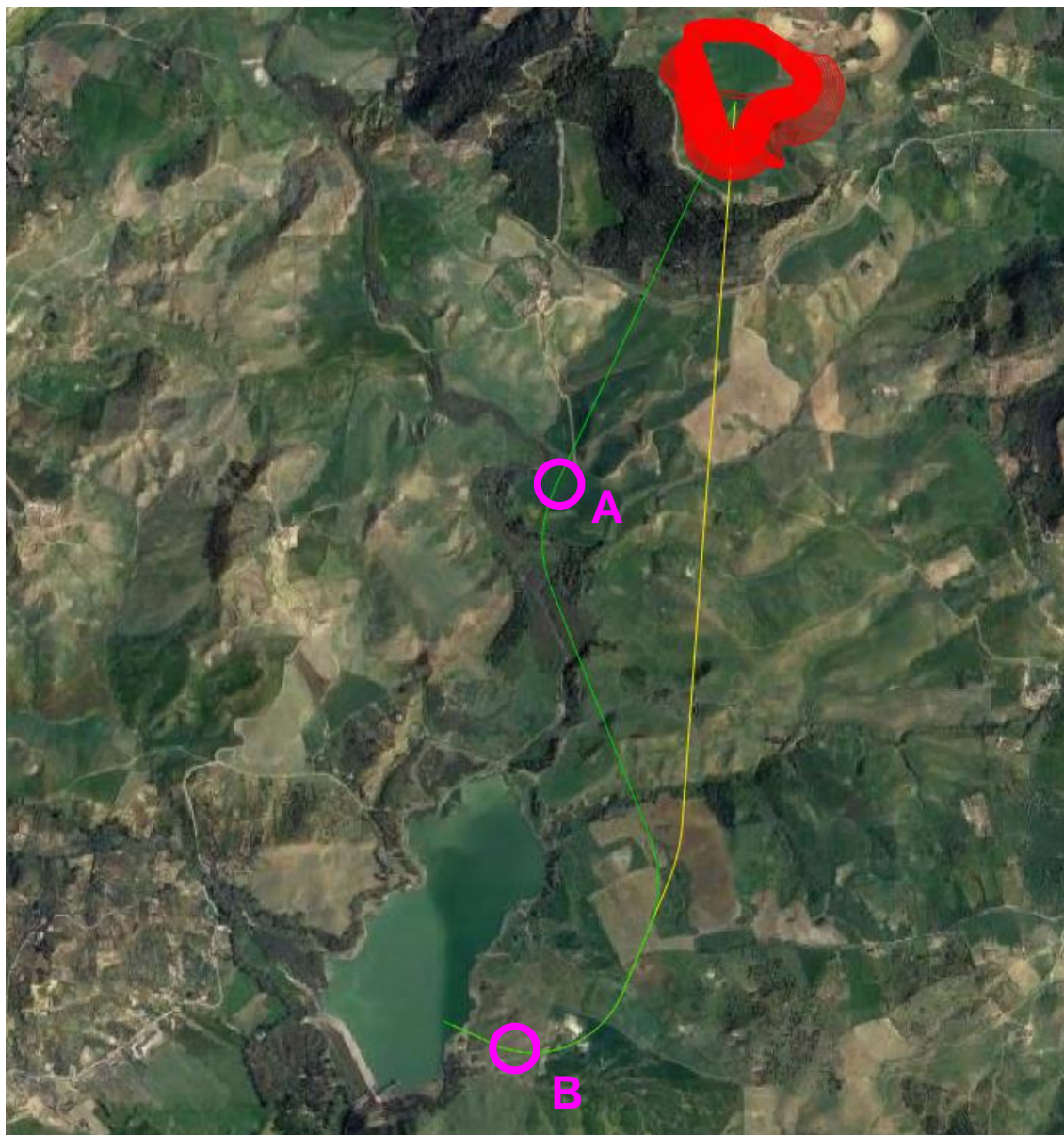


Figura 10 - Inquadramento su base Google Earth delle alternative di progetto relative alla posizione della centrale; in rosso è rappresentato il bacino di monte; in verde è riportata la via d'acqua compatibile con la centrale associata all'opzione A; in giallo è riportata la via d'acqua compatibile con la centrale associata all'opzione B

In seguito al confronto delle due alternative sopradescritte, l'Opzione A è stata considerata come la migliore, in quanto il bilancio tra vantaggi e svantaggi è il più favorevole.

5 ALTERNATIVE SULLA PROFONDITÀ DELLA CENTRALE

Una volta definita la posizione planimetrica della centrale, e definita la sommergenza delle pompe-turbina (come già riportato al § 4, la quota delle giranti delle due pompe-turbine previste per questo progetto devono avere una quota uguale o inferiore a 330 m s.l.m.), sono state valutate alcune alternative relativamente alla posizione altimetrica della centrale, che si possono riassumere in n.3 soluzioni:

- Opzione A: Centrale in caverna (esempio in Figura 11)
- Opzione B: Centrale ipogea: la sala macchine e la sottostazione elettrica sono ubicate immediatamente al di sotto del piano campagna (esempio in Figura 12)
- Opzione C: Centrale all'aperto: sala macchine e sottostazione elettrica sono situate al di sopra del piano campagna; tendenzialmente, la sala macchine è contenuto all'interno di un fabbricato, mentre la sottostazione elettrica può essere all'aperto (esempio in Figura 13)

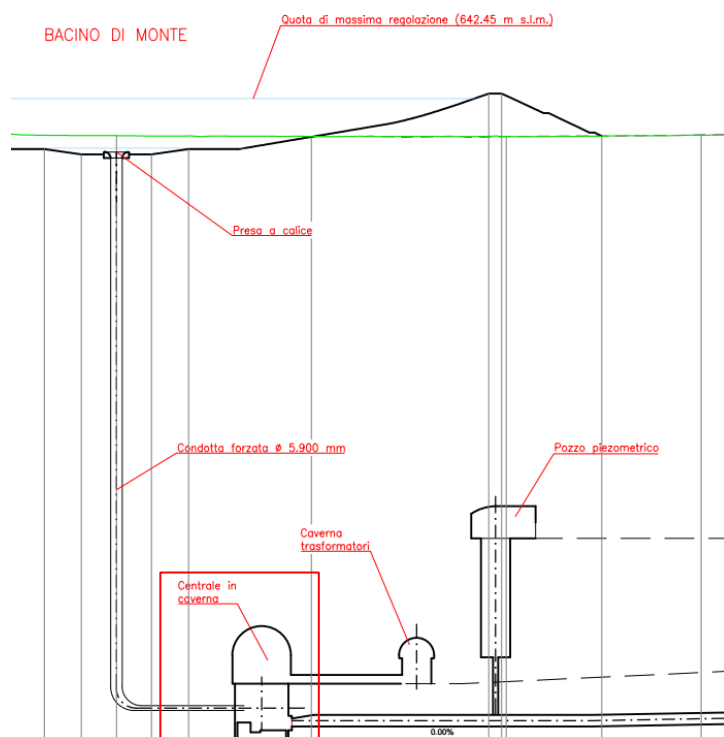


Figura 11 – Esempio di centrale in caverna (Opzione A); la centrale è riquadrata in rosso

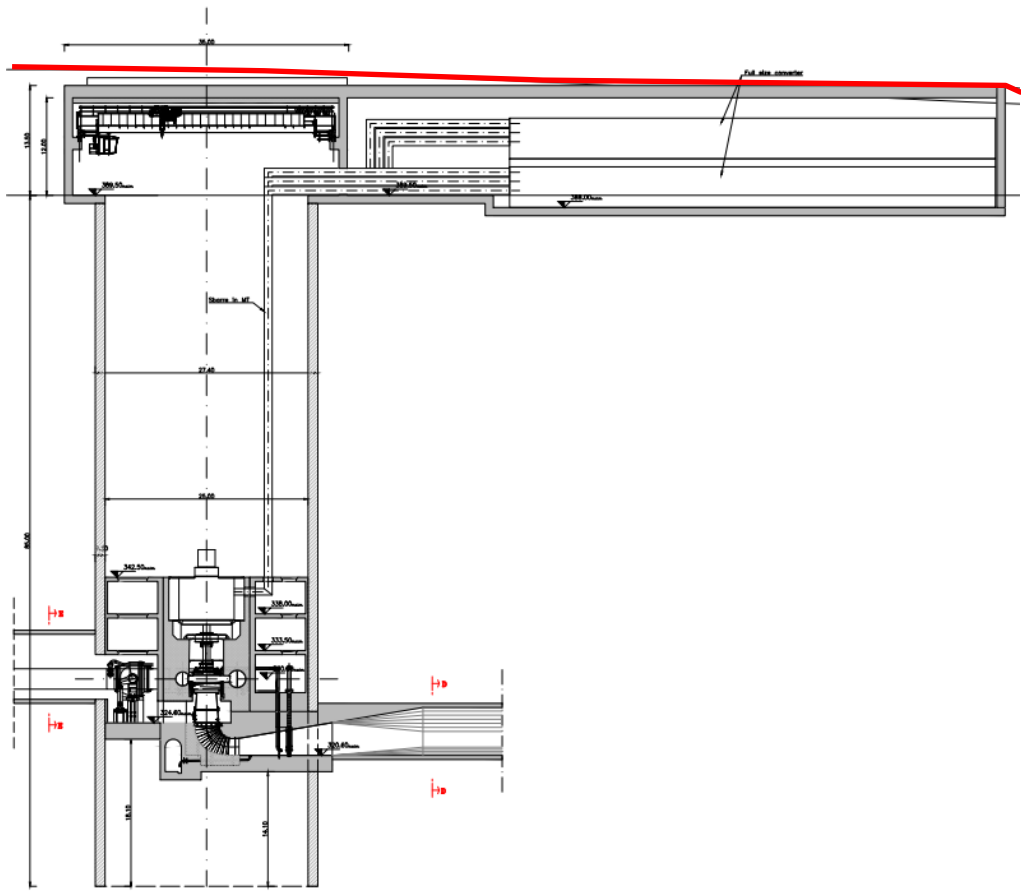


Figura 12 – Esempio di centrale ipogea (Opzione B); in rosso è evidenziato il piano campagna

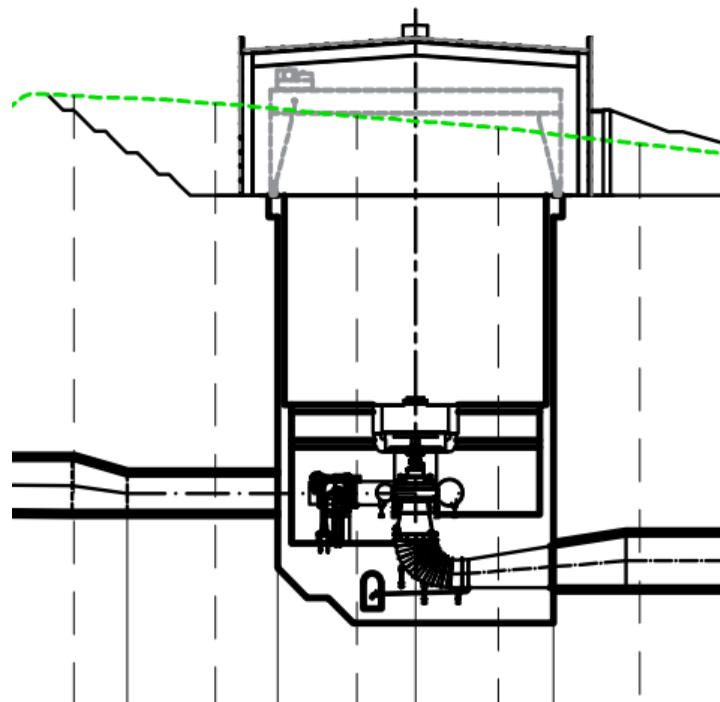


Figura 13 – Esempio di centrale all'aperto (Opzione C);

È stata esclusa la possibilità di realizzare la centrale in caverna (Opzione A) in quanto, in base agli esiti della campagna d'indagine, non è stato possibile considerare come accettabili eventuali imprevisti geologici.

Sono state pertanto valutati i pro e i contro delle opzioni B e C.

➤ *Opzione B: centrale ipogea*

Pro:

- Abbattimento quasi totale degli impatti paesaggistici legati alla centrale in quanto non si prevede di modificare sensibilmente la morfologia del territorio. Al di sopra del piano di campagna sarà necessaria la sola presenza di piccoli elementi puntuali di dimensioni e altezza modesta (intorno ai 2 m) per contenere i ventilatori di estrazione dell'aria calda.
- Minore profondità dei pozzi che ospitano le due pompe-turbine (circa 70 m rispetto al piano di lavoro della centrale), e dunque minori complicazioni costruttive.

Contro:

- Necessità di realizzare una galleria di accesso al piano di lavoro della sala macchine e della sottostazione elettrica, lunga circa 750 m, anch'essa realizzata in parte al di sotto del piano di campagna. La parte emergente verrà mascherata mediante un rimodellamento topografico/ambientale.
- Maggiori volumi di scavo.
- Maggiori complicazioni per i sistemi di ventilazione ed antincendio.

➤ *Opzione C: centrale all'aperto*

Pro:

- Minori volumi di scavo poiché la centrale sarebbe posta al di sopra del piano campagna (con lievi interventi di regolarizzazione della morfologia del terreno), e non risulterebbe più necessaria la galleria d'accesso.
- Minori complicazioni per i sistemi di ventilazione ed antincendio.

Contro:

- Impatto paesaggistico significativo, in quanto sarebbe necessario prevedere in un contesto rurale l'edificazione di importanti volumi e impianti industriali, tra i quali:
 - un edificio principale adibito ad ospitare la sala macchine ed i *full size converters*, avente dimensioni indicative in pianta di almeno 100 x 40 m per minimo 20 m di altezza;
 - edifici e impianti relativi alla sottostazione elettrica (e.g., GIS, comandi, servizi ausiliari, cabine di consegna);
 - trasformatori della sottostazione (all'aperto).

- Maggiore profondità dei pozzi che ospitano le due pompe-turbine (circa 90 m rispetto al piano di lavoro della centrale), e dunque maggiori complicazioni costruttive.

In seguito al confronto delle due alternative sopradescritte, ed assegnando un peso considerevole all’inserimento paesaggistico della centrale, l’opzione B (centrale ipogea) è stata considerata come la migliore, in quanto si ritiene che il bilancio tra vantaggi e svantaggi sia il più favorevole.

6 SCENARI ALTERNATIVI PER LA CONNESSIONE ALLA RTN

Per le analisi degli scenari relativi al collegamento dell’impianto alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) si rimanda al capitolo 4 della *Relazione tecnica generale del PTO* (codice elaborato G970_DEF_R_002_Rel_tec_gen_1-1_REV01) redatta dalla società GEOTECH S.r.l.



Tel: +39 030 3702371 – Mail: info@frosionext.com - Sito: www.frosionext.com
Via Corfù 71 - Brescia (BS), CAP 25124
P.Iva e Codice fiscale: 03228960179