



PERMESSO DI RICERCA DI FLUIDI
GEOTERMICI
«SAN GIOVANNI»



A.GEN.2
Relazione Tecnica Pozzi «ATES»
Stoccaggio Termico

Relazione Tecnica

A.GEN.2

Indice del documento

1	PREMESSA	1
2	CONFIGURAZIONE POZZO ED UBICAZIONE DELL'OPERA	2
2.1	L'area oggetto di intervento	2
3	PIANO DI ESTRAZIONE E UTILIZZO	6
3.1	Portata di esercizio del pozzo e stima delle volumetrie annue	6
4	PROGETTAZIONE DEI POZZI, SVILUPPO E GESTIONE/SMALTIMENTO DETRITI DI PERFORAZIONE	8
4.1	Drilling Prognosis	8
4.2	Scheda Tecnica Pozzi ATES e Profili di Pozzo	10
4.2.1	Dimensionamento delle tubazioni e del sistema di sollevamento	10
4.2.1.1	<i>Dimensionamento preliminare pompa sommersa</i>	10
4.2.2	Diametro di perforazione	12
4.2.3	Scelta della tecnica di perforazione	12
4.2.4	Materiale delle tubazioni	12
4.2.5	Lunghezza e dimensionamento dei filtri	13
4.2.6	Dimensionamento del drenaggio artificiale ed altezza delle impermeabilizzazioni	13
4.2.7	Testa pozzo – Pozzi ATES1 e ATES2	14
4.3	Tecniche di sviluppo dell'opera e prove di valutazione efficienza	17
4.3.1	Prove Idrauliche	17
4.4	Gestione e Smaltimento dei Detriti di Perforazione	18
4.4.1	Terre da Scavo	19
4.4.2	Oneri per la Gestione e lo Smaltimento dei Detriti di Perforazione/Terre e Rocce da scavo	19
4.5	Rilievo Geofisico in pozzo	20
5	SISTEMI DI MONITORAGGIO	21
5.1	Piezometri di monitoraggio PS3 e PS4	21
5.1.1	Misurazione parametri chimico-fisici e livello idraulico	22
5.2	Monitoraggio Pozzi ATES	23
5.2.1	Misurazione della portata	23
5.2.2	Monitoraggio della temperatura tramite sensori a fibra ottica DTS	24
5.2.3	Ulteriori Devices a testa pozzo per il monitoraggio	25
6	APPENDICE 1 - Caratteristiche Impianto di perforazione – postazione di sonda	25
6.1	Caratteristiche dell'Impianto di Perforazione	25
6.1.1	Generatori	30
6.1.2	Attrezzature a corredo	31
6.1.3	Consumo di Gasolio	31
6.2	Postazione di Sonda	31
6.2.1	Preparazione della Postazione	34

1 PREMESSA

Oggetto della presente relazione è la progettazione definitiva di 2 pozzi denominati: ATES1 e ATES2 ai fini dello stoccaggio termico di calore nel sottosuolo e del suo utilizzo.

In figura 1 si riporta lo schema esemplificativo di un doppietto pozzi ai fini dell'Aquifer Thermal Energy Storage (ATES). Il doppietto pozzi ha un utilizzo reversibile stagionale con la funzione di stoccare calore/energia termica in un sistema acquifero profondo in un certo periodo dell'anno, normalmente il periodo estivo, e di estrarlo/utilizzarlo nel periodo autunno/inverno.

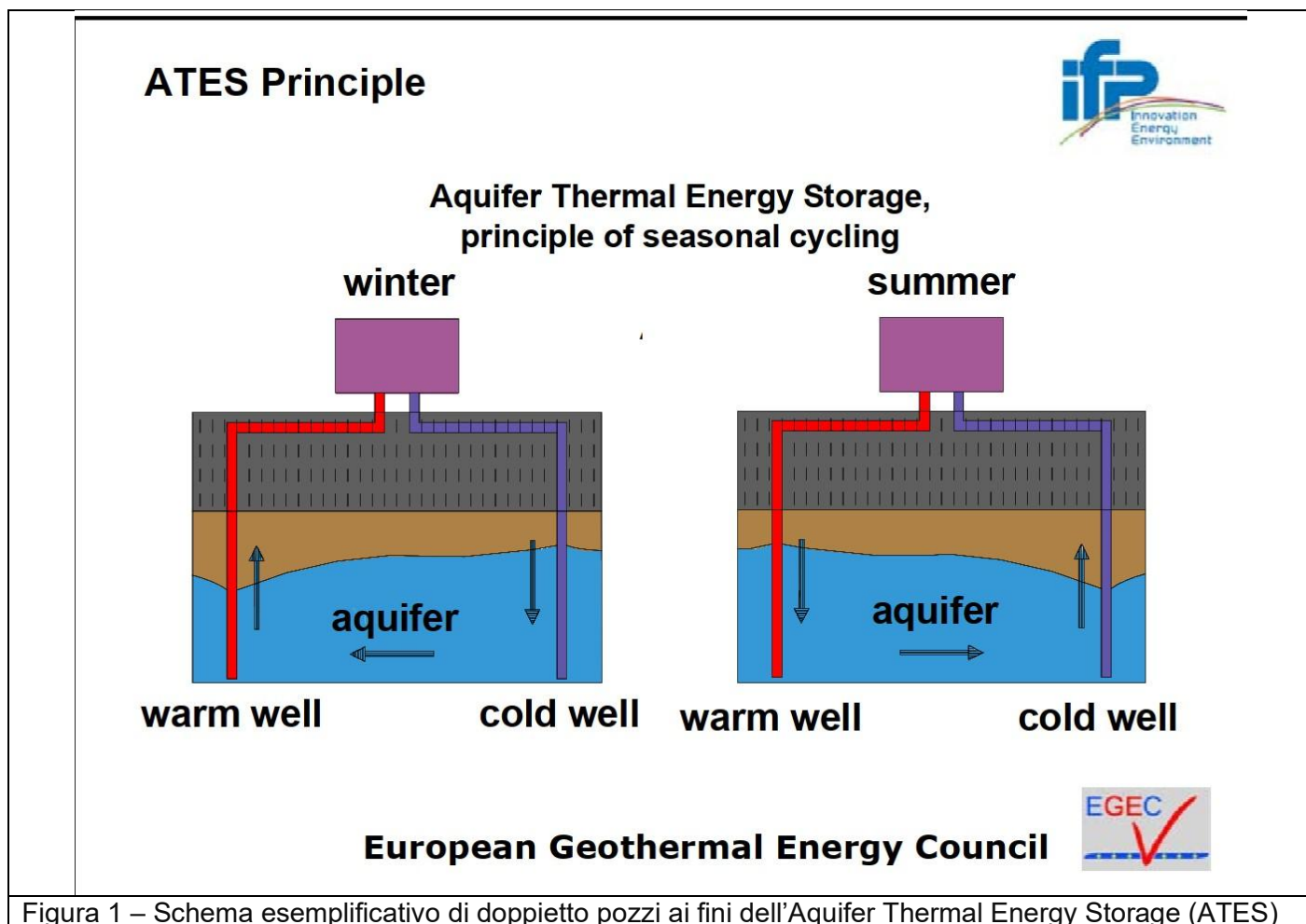


Figura 1 – Schema esemplificativo di doppietto pozzi ai fini dell'Aquifer Thermal Energy Storage (ATES)

Il tetto del sistema acquifero che è stato ritenuto idoneo a questo utilizzo è presente a circa 325 metri con uno spessore previsto di circa 50-55 metri.; a questo proposito di prenda a riferimento l'elaborato "A.GEO.2 – Relazione Idrogeologica Idrostratigrafica – ATES".

2 CONFIGURAZIONE POZZO ED UBICAZIONE DELL'OPERA

I pozzi, con dimensionamento e profondità motivate e specificate dettagliatamente nei paragrafi successivi, saranno ubicati e condizionati in modo da non prefigurare interferenze termiche reciproche.

I pozzi saranno anche attrezzati ai fini di operare un monitoraggio in continuo relativamente ai parametri di temperatura, conducibilità elettrica e livello idraulico.

Inoltre, nelle vicinanze degli stessi saranno ubicati due piezometri: PS3 e PS4, che avranno lo scopo di caratterizzare il chimismo dei sistemi acquiferi più superficiali nella fase ante-operam:

*sistema acquifero A1

*sistema acquifero A2

e successivamente di monitorare in continuo i parametri di temperatura, conducibilità elettrica e livello idraulico. I piezometri saranno predisposti, per il monitoraggio della fase in-operam, anche per l'eventuale alloggiamento di una pompa sommersa ai fini di poter prelevare dei campioni di fluido e farli analizzare con frequenza periodica su eventuale richiesta degli enti competenti.

2.1 L'area oggetto di intervento

L'area in cui saranno ubicati i pozzi ATES ed i piezometri di monitoraggio è posta all'interno dei terreni di Fri-El siti nel Comune di Ostellato (FE) ed in particolare nel settore settentrionale rispetto alle serre idroponiche (fig.2a; fig. 2b).

Inoltre in figura 2c viene riportato il quadro di unione con l'ubicazione dei:

Piezometri di monitoraggio: PS1, PS2, PS3 e PS4

Pozzi ATES: ATES1 e ATES 2

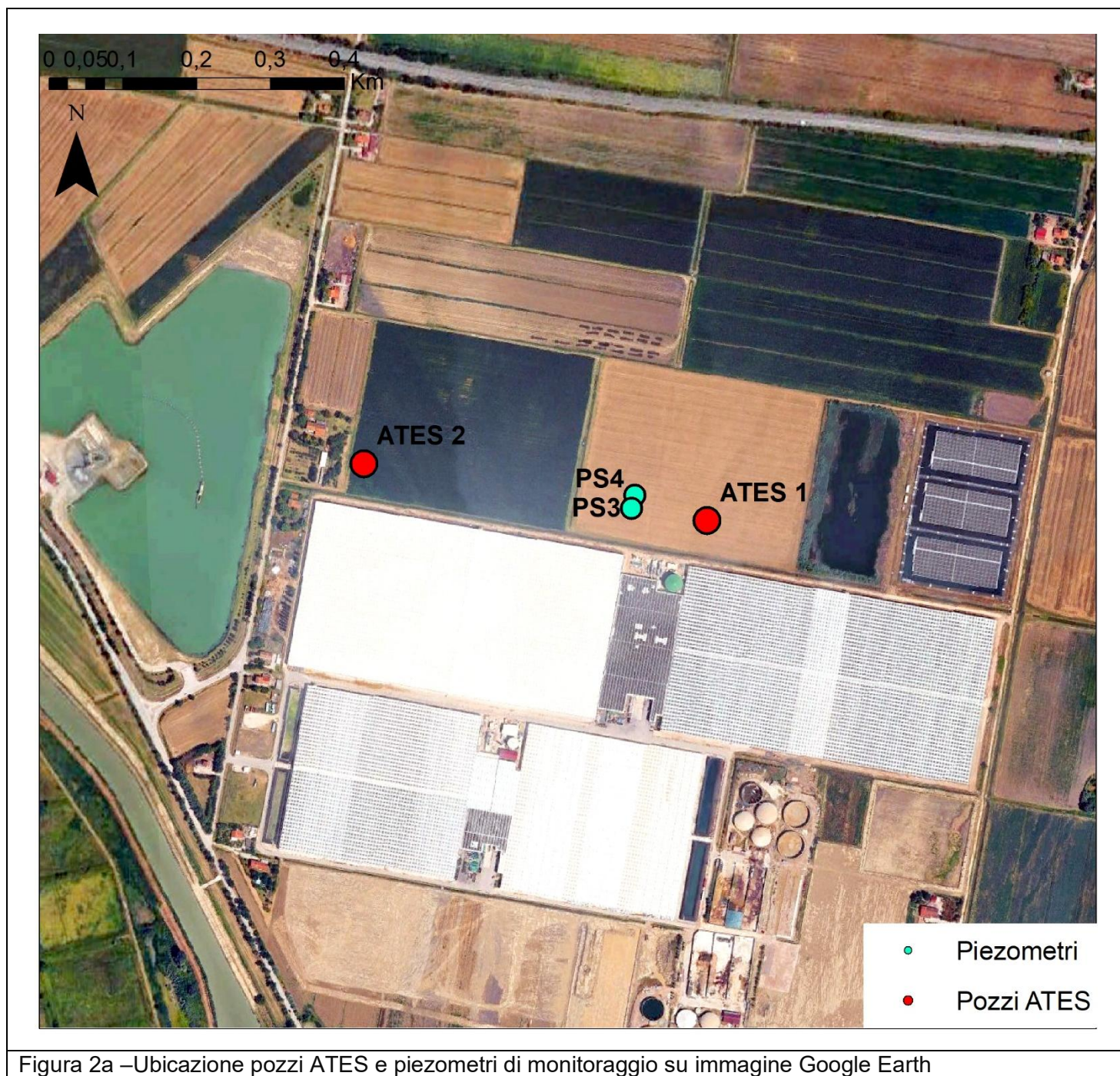
Pozzi Geotermici: SG1/ST2, SG2, GH1 e GH2.

Nota: •Al fine di dettagliare il quadro idrostratigrafico e monitorare il quadro idrochimico dei sistemi acquiferi superficiali, presenti nei primi 150-170 metri di profondità, nel 2022 in concomitanza con la perforazione del primo pozzo esplorativo geotermico "San Giovanni 1" (SG1) furono realizzati, in prossimità del sito di perforazione "SG1", due sondaggi denominati PS1 e PS2 in cui sono stati rilevati anche dei profili log: gamma ray, conducibilità idraulica e temperatura.

Inoltre gli stessi sondaggi sono stati completati a piezometro al fine di essere attrezzati per il monitoraggio in continuo tramite sonda multiparametrica dei sistemi acquiferi A1 e A2 relativamente a temperatura, conducibilità elettrica e pressione/livello idraulico; per la documentazione relativa ai piezometri PS1 e PS2 si faccia riferimento all'elaborato "REL-MON 02 Monitoraggio Piezometri Platea SG".

Al fine di completare la rete di monitoraggio, come descritto in precedenza, nel settore dei pozzi geotermici G.H.1 e G.H.2, saranno realizzati altri 2 piezometri:PS3 e PS4, che fungeranno, come PS1 e PS2, da sistema di monitoraggio per i sistemi acquiferi superficiali A1 e A2 sia per la fase ante-operam che in-opera. I piezometri PS3 e PS4 avranno lo scopo di dettagliare l'assetto idrostratigrafico e idrochimico nei primi 150-170 metri di profondità e, anche in questo caso come i piezometri PS1 e PS2, saranno attrezzati per il monitoraggio in continuo dei sistemi acquiferi A1 e A2 e per l'eventuale prelievo di campioni di fluido.

A.GEN.2 - Relazione tecnica pozzi ATES	
PERMESSO DI RICERCA "SAN GIOVANNI" – FRI-EL GEOPOWER	Pag.2



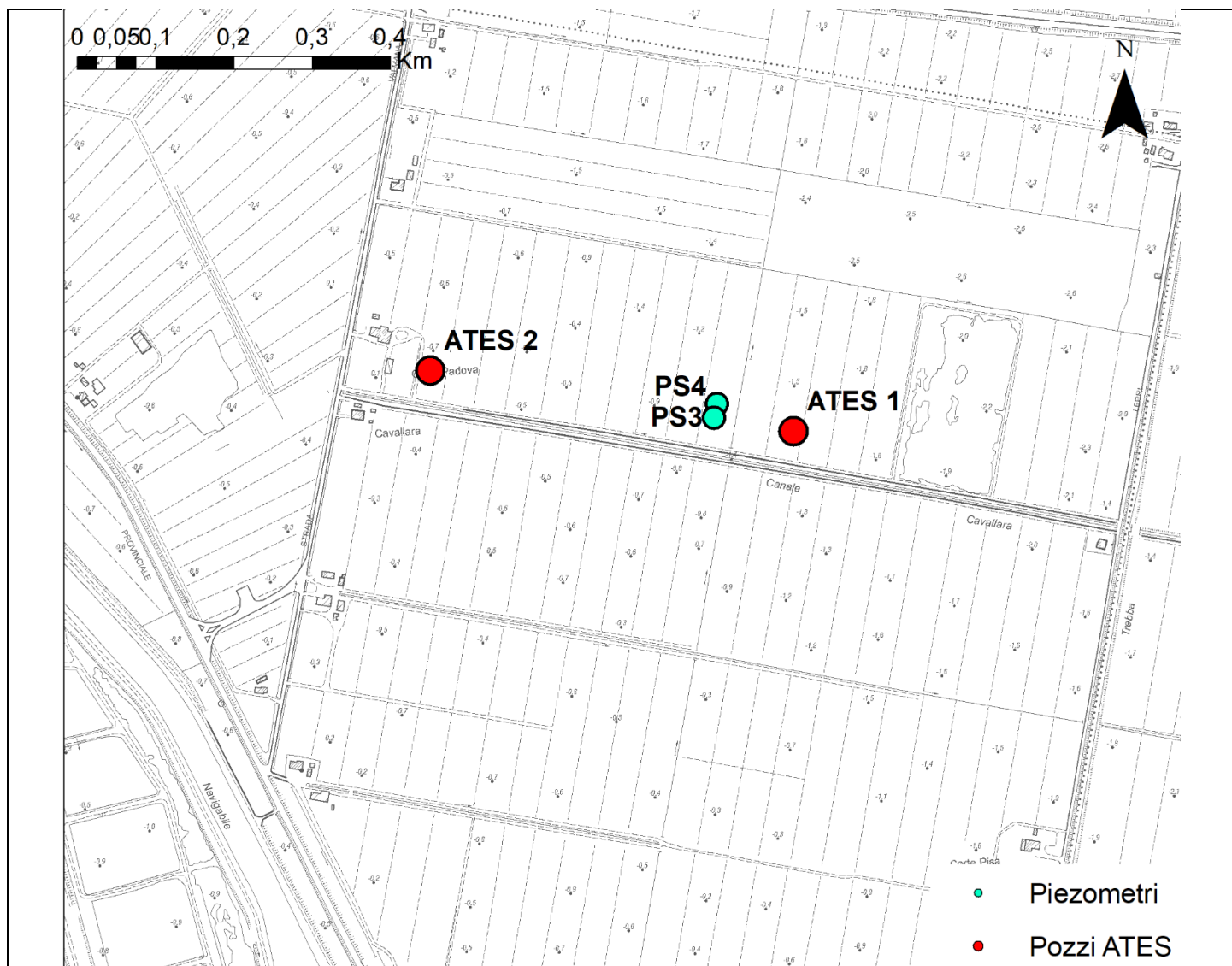
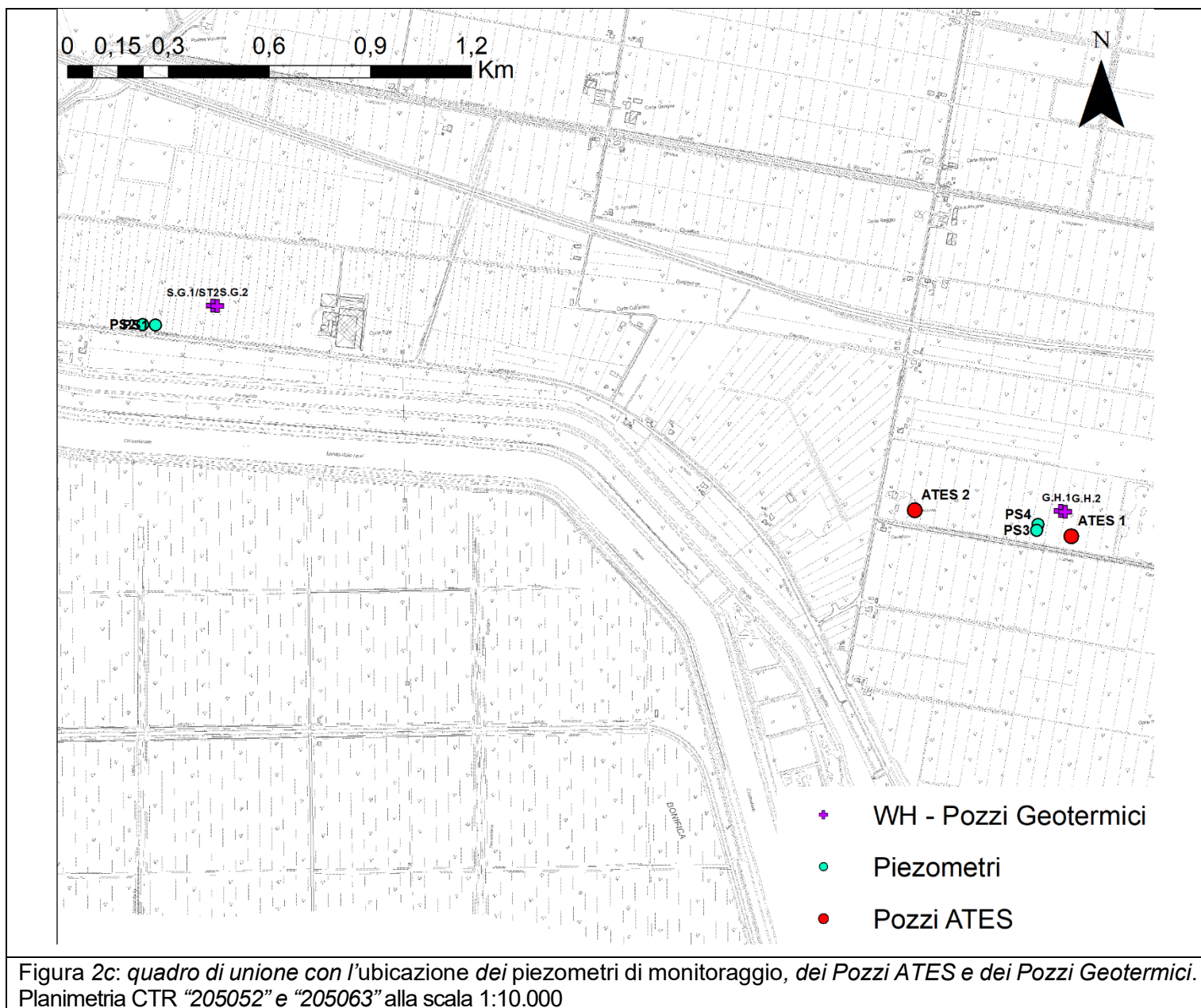


Figura 2b – Ubicazione pozzi ATES – CTR “205063” 1:10.000



3 PIANO DI ESTRAZIONE E UTILIZZO

Il fluido estratto dal sistema di stoccaggio riveste un ruolo strategico per la copertura dei picchi di fabbisogno termico dell'impianto serricolo ad alta tecnologia situato nelle immediate vicinanze. Il principio di funzionamento si basa su un sistema di accumulo e recupero stagionale dell'energia termica in acquifero, che consente di ottimizzare l'efficienza complessiva dell'impianto e valorizzare l'integrazione con fonti rinnovabili.

Nella fase di carica termica (tipicamente durante i periodi a minore richiesta energetica, in estate), il fluido viene prelevato dal cosiddetto "pozzo freddo" (ATES1). Successivamente, esso viene riscaldato attraverso uno scambio termico con un fluido geotermico proveniente da un impianto correlato, consentendo un primo incremento della temperatura. Tale fluido viene poi ulteriormente riscaldato mediante l'impiego di una pompa di calore, alimentata prevalentemente da energia elettrica da fonti rinnovabili, al fine di raggiungere i livelli termici desiderati. Una volta completato il processo di riscaldamento, il fluido viene re-iniettato nel sottosuolo attraverso il "pozzo caldo" (ATES2), contribuendo alla creazione di un volume di accumulo termico all'interno dell'acquifero.

Durante la fase invernale, ovvero nel periodo di maggiore richiesta di energia termica, il sistema opera in modalità inversa. Il fluido caldo viene estratto dal pozzo ATES2 e convogliato in superficie, dove il calore immagazzinato viene trasferito, mediante scambiatori di calore a piastre, al fluido del circuito di teleriscaldamento destinato al riscaldamento dell'impianto serricolo. Questo processo consente di sfruttare in modo efficiente l'energia precedentemente accumulata, riducendo significativamente il fabbisogno energetico da fonti convenzionali.

A seguito della cessione del calore, il fluido, ormai raffreddato, viene re-iniettato nello stesso acquifero attraverso il pozzo ATES1, chiudendo così il ciclo. Tale configurazione garantisce un funzionamento ciclico e sostenibile del sistema, minimizzando gli sprechi energetici e favorendo un utilizzo ottimale delle risorse geotermiche disponibili.

3.1 Portata di esercizio del pozzo e stima delle volumetrie annue

La portata rappresenta un parametro chiave per la gestione dei cicli di carico e scarico dell'impianto. Considerata la funzione di stoccaggio, il sistema sarà infatti utilizzato come riserva di energia termica, accumulata nei periodi di minore fabbisogno e successivamente sfruttata durante i picchi di richiesta. Tali variazioni sono legate a diversi fattori, tra cui le fasi di crescita delle colture, l'irraggiamento solare, le condizioni meteorologiche e il clima stagionale.

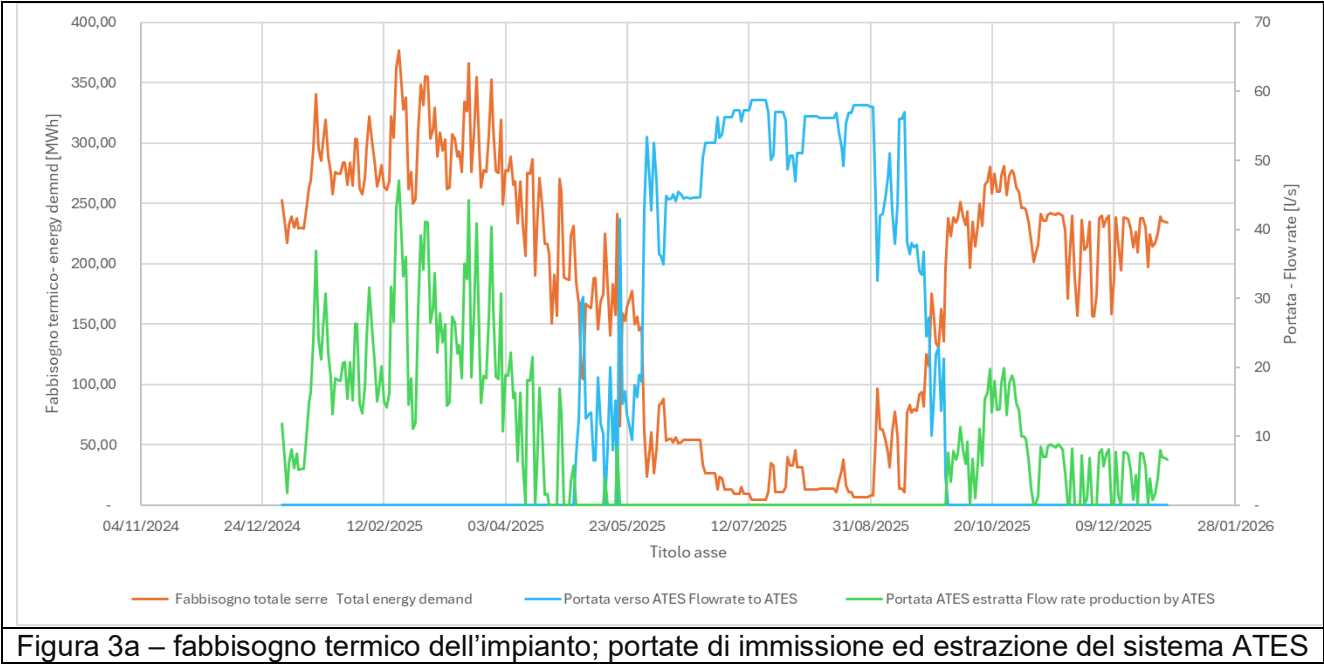
A titolo esemplificativo, e al fine di supportare il dimensionamento delle principali componenti di progetto (quali diametri dei pozzi e delle pompe sommerse), si descrive un anno tipo del fabbisogno delle serre, con le relative portate ipotizzate.

Dalla figura 3a si evince come la portata sia direttamente correlata al fabbisogno dell'impianto tecnologico. In particolare, fino alla mezza stagione, l'intera portata dell'impianto geotermico viene destinata alle serre. Successivamente, una frazione della portata continua ad alimentare il fabbisogno diretto, mentre la restante viene progressivamente deviata verso il sistema di stoccaggio.

Nel periodo estivo si osserva un incremento della portata destinata allo stoccaggio, con valori che possono raggiungere picchi prossimi ai 60 l/s. Tale valore tende poi a ridursi con l'avvicinarsi del periodo autunnale. Durante la stagione invernale, il sistema opera in modalità inversa, sfruttando l'energia termica precedentemente accumulata: l'estrazione avviene in modo graduale, con portate analoghe o inferiori rispetto ai valori estivi, in funzione del fabbisogno termico delle serre.

Le volumetrie complessive ipotizzate nella fase di immissione, seppur stimate a livello preliminare, risultano dell'ordine di 500.000–600.000 m³/anno nel periodo estivo, quando il sistema opera prevalentemente in modalità di carico dello stoccaggio. In fase invernale, in considerazione di un fabbisogno energetico inferiore rispetto alla capacità di accumulo, è plausibile che i volumi estratti risultino sensibilmente ridotti, anche fino a valori inferiori alla metà rispetto a quelli immessi.

Tale comportamento evidenzia come il sistema sia progettato per operare in modo flessibile, adattando portate e volumetrie alle effettive esigenze energetiche delle serre, garantendo al contempo un utilizzo ottimale della risorsa geotermica e della capacità di stoccaggio disponibile.



4 PROGETTAZIONE DEI POZZI, SVILUPPO E GESTIONE/SMALTIMENTO DETRITI DI PERFORAZIONE

4.1 Drilling Prognosis

Per l'analisi approfondita della stratigrafia-litologia e dei sistemi acquiferi che saranno interessati dalla perforazione dei pozzi ATES si faccia riferimento all'elaborato "A.GEO.2 – Relazione Idrogeologica Idrostratigrafica – ATES".

Di seguito si riporta la Drilling Prognosis (Stratigrafia Prevista):

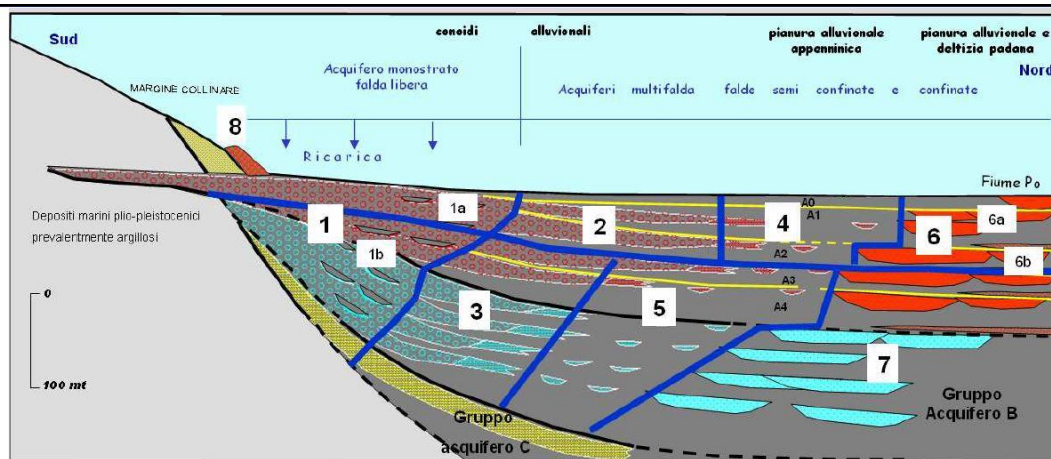
Intervallo di Profondità	Litologia Prevista
44-72 metri	Lobo sabbiosi di fronte deltizio: Sabbie medio- fini prevalenti con possibile presenza di sabbie grossolane
72-128 metri	Depositi fini prevalenti: limi e argille con possibile presenza di intervalli sabbiosi metrici e/o plurimetrici
128-154 metri	Lobo sabbioso di fronte deltizio: Sabbie medio- fini prevalenti con possibile presenza di sabbie grossolane
154-164 metri	Depositi fini prevalenti: limi e argille
164-175 metri	Depositi con sabbie medio-fini prevalenti
175-220 metri (Barriera di permeabilità – acquitardo/acquicludo)	Depositi fini prevalenti: limi e argille con possibile presenza di intervalli sabbiosi metrici e/o plurimetrici
220-258 metri	Lobo sabbioso di fronte deltizio: Sabbie medio- fini prevalenti con possibile presenza di sabbie grossolane
258-294 metri	Depositi fini prevalenti: limi e argille con presenza di intervalli sabbiosi
294-320 metri	Lobo sabbioso costiero/fronte deltizio: Sabbie medio- fini prevalenti (Gruppo acquifero B)
320-328 metri	Depositi fini prevalenti: limi e argille con presenza di intervalli sabbiosi
328-380 metri	Lobo sabbioso di fronte deltizio: Sabbie medio- fini prevalenti con possibile presenza di sabbie grossolane– target primario per stoccaggio calore (ATES) – Gruppo Acquifero B

Basandosi sulla D.P. sopradescritta si ritiene che, per caratteristiche di spessore e profondità previste, il target primario ai fini dello stoccaggio di calore sia il sistema acquifero profondo di cui si prevede il tetto a circa 325 metri di profondità e la base a circa 380 metri di profondità con uno spessore complessivo di circa 55 metri.

Questo sistema acquifero profondo risulta idraulicamente confinato ed isolato rispetto ai sistemi acquiferi più superficiali da una barriera di permeabilità con spessore di circa 45 metri presente tra i 175 metri fino ai 220 metri di profondità.

Nella fase di progettazione definitiva del pozzo/i verrà presa a riferimento la Drilling Prognosis sopradescritta e nel programma di perforazione dei pozzi sarà prevista, al fine di affinare la D.P. stessa, oltre all'analisi dei cuttings di perforazione anche l'acquisizione di log elettrici in pozzo ai fini di una valutazione dettagliata della stratigrafia/litologia della successione. Inoltre, verranno prelevati dai cuttings dei campioni ad hoc per effettuare analisi granulometriche di laboratorio.

Il sistema acquifero profondo appartiene al Gruppo Acquifero B e come sopradescritto risulta idraulicamente isolato dai sistemi acquiferi più superficiali da una importante barriera di permeabilità. (vedi Figura 3)



Note:

- 1: Conoidi alluvionali "amalgamate" – acquifero libero;
- 2: Conoidi alluvionali "multistrato" - acquiferi confinati superiori (acquiferi A1 ed A2);
- 3: Conoidi alluvionali "multistrato" - acquiferi confinati inferiori (acquiferi A3 - C)
- 4: Pianura alluvionale appenninica - acquiferi confinati superiori (acquiferi A1 ed A2)
- 5: Pianura alluvionale appenninica - acquiferi confinati inferiori (acquiferi A3 - C)
- 6: Pianura alluvionale e deltizia padana - acquiferi confinati superiori (acquiferi A1 ed A2, rispettivamente 6a e 6b)
- 7: Pianura alluvionale e deltizia padana - acquiferi confinati inferiori (acquiferi A3 - C)
- 8: Conoidi alluvionali pedemontane

Figura 3 – Schema concettuale di classificazione dei corpi idrici emiliano-romagnoli

4.2 Scheda Tecnica Pozzi ATES e Profili di Pozzo

SCHEDA TECNICA POZZI ATES1 e ATES2 - ATES

COMUNE	Ostellato (FE)
UTM ETRS89 FUSO 33T - RER ATES1	Lat. X: 270308 – Long. y: 4955515
UTM ETRS89 FUSO 33T - RER ATES2	Lat. X: 269851 – Long. y: 4955625
QUOTA P.C.	- 1,5 m.s.l.m.
PROFONDITA'	390,00 mt da p.c.
METODO DI PERFORAZIONE	Rotazione a circolazione inversa
I FASE - DIAMETRO PERFORAZIONE	≥ Ø 900 mm
DIAMETRO TUBAZIONE CIECA	Ø 609 mm
II FASE - DIAMETRO PERFORAZIONE	≥ Ø 600 mm
DIAMETRO TUBAZIONE	Ø 323 mm
LUNGHEZZA TUBAZIONE CIECA	158,00 mt
LUNGHEZZA TOT. TRATTO FILTRANTE	52,00 mt
PROFONDITA' TRATTO FILTRANTE	Da -328,00 mt a -380,00 mt da p.c.
LUNGHEZZA TRATTO CIECO	Da -180,00 mt a -328,00 mt da p.c.
LUNGHEZZA TRATTI CEMENTATI	I FASE - Da -0,00 mt a -180,00 mt da p.c. II FASE - Da -180,00 mt a -260,00 mt da p.c.
LUNGHEZZA TRATTI IMPERMEABILIZZATI	Da -320,00 mt a -328,00 mt da p.c.
LUNGHEZZA TRATTO DRENANTE	Da -328,00 mt a -390,00 mt da p.c.
PROGNOSIS PORTATA DI ESERCIZIO	35,0 lt/s
PROGNOSIS PORTATA MASSIMA NOMINALE DI ESERCIZIO	50,0 lt/s
TIPO DI UTILIZZO DELLA RISORSA EMUNTA	Aquifer Thermal Energy Storage (ATES)
VOLUMETRIA ANNUA	300-600.000 m³

La scelta di metodo e diametro di perforazione nonché diametro della tubazione (casing) sono motivate dettagliatamente nei paragrafi successivi, ripresi dalla progettazione definitiva.

Figura 4 – Stralcio elaborato “ALL-ATES-03 Profili di Pozzo” – Profilo Tecnico Pozzi ATES

Riassumendo si prevede un pozzo profondo circa 390 m con la posa di 52 metri totali di filtro nell'intervallo 328÷380 e m da p.c.

4.2.1 Dimensionamento delle tubazioni e del sistema di sollevamento

Per la tipologia di pozzi in progetto, per le portate in gioco e l'importanza strategica dell'opera i pozzi in progetto avranno un profilo telescopico. In particolare, è stato definito un diametro esterno della tubazione, relativamente alla parte superiore dei pozzi, pari a 609 mm tale da consentire l'alloggio dell'impianto di sollevamento primario costituito da pompa, tubazioni di mandata, tubazione di iniezione e sonda multiparametrica per il monitoraggio in pozzo.

In primis la scelta del diametro delle tubazioni del pozzo nella sua parte superiore è stata determinata partendo dalle dimensioni di ingombro dell'impianto di sollevamento e dei suoi accessori,

Mentre per quanto riguarda la parte inferiore dei pozzi il casing di rivestimento sarà pari a 323 mm tale da consentire, rispetto alla diametria di perforazione del 600 mm, un adeguato interspazio per il posizionamento del manto drenante.

In merito alla tipologia di tubazione (casing), è stato scelto uno spessore della stessa pari a 6 mm tale da fornire una adeguata resistenza allo schiacciamento alle diverse profondità.

Relativamente alla scelta dei materiali, visto che si prevede la presenza di acqua salmastra/salata, si prevedono tubazioni in acciaio inox Aisi 316.

4.2.1.1 Dimensionamento preliminare pompa sommersa

Sulla base del livello di falda atteso (compreso indicativamente fra 0,0 e -2,0 m da p.c.) e del livello dinamico stimato in fase di emungimento per una portata prevista di 35,0 l/s (tra i 20,0 e massimo 30,0-35,0 m da p.c.), è stata definita una pompa di diametro 8" con motore sovradimensionato da 37 kW di potenza e tubo di mandata con diametro DN 125.

Di seguito si riporta a titolo esemplificativo lo stralcio con le specifiche tecniche di una pompa sommersa tipo. Per la stima totale della prevalenza sono stati cautelativamente presi circa 8 bar valutando anche le perdite idrauliche all'interno del circuito primario/scambiatore di calore e la sovrappressione per l'iniezione del fluido nel sistema acquifero di origine che allo stato di fatto si stima in 2-3 bar.

Dati motore

Nome	P 650	
Tensione	400	Volt
Potenza	37	kW
Corrente	75.8	A
Frequenza	50	Hz
Velocità	2900	RPM
Rendimento Motore	84	%
Grado di protezione	IP68	
Tipo di avviamento	DOL	
Classe di isolamento	F	
Avvolgimento motore	PE	
T.max	30	°C
Max. avvimento/ora	15	

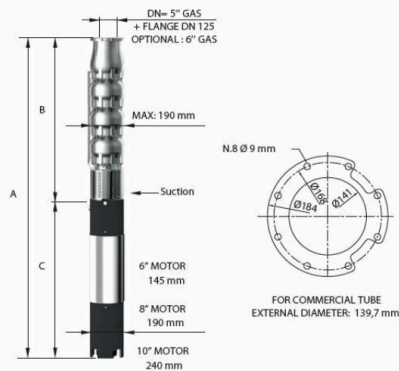
Materiale

Girante pompa	Standard	AISI 304
Diffusore pompa	Standard	AISI 304
Motore	Standard	Ghisa G25

Per materiali non standard / richieste particolari, contattare il nostro servizio clienti.

Dimensioni

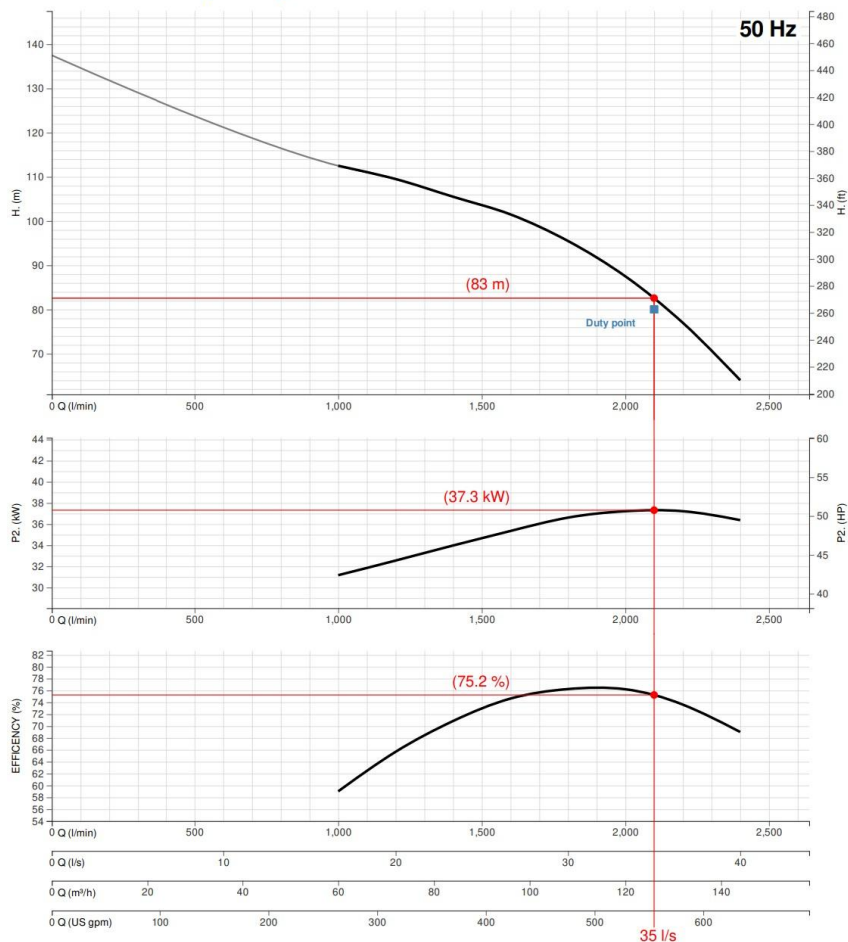
A	2366	mm
B	1025	mm
C	1341	mm
Peso motore	118	kg
Peso pompa	47	kg
Diametro motore	6	inch
Diametro pompa	8	inch



Dati operativi

Portata	35	l/s
Prevalenza	83	m
Potenza all'albero	37.3	kW
Efficienza pompa	75.2	%

Prestazioni pompa



Tolleranze secondo UNI ISO 9906 livello 3B

Figura5– Stralcio Specifiche tecniche pompa sommersa tipo

4.2.2 Diametro di perforazione

Per garantire una corretta esecuzione della cementazione, si considera uno spessore anulare (A) compreso tra 10 e 15 cm tra la formazione e il casing, come raccomandato per cementazioni selettive. Applicando quindi la relazione *Diametro di perforazione* = Ø esterno tubazione + (A*2), si ottiene un diametro di perforazione di almeno 900 mm per la porzione superiore del pozzo e di almeno 600 mm per la porzione inferiore.

4.2.3 Scelta della tecnica di perforazione

La scelta e le caratteristiche generali della tecnica di perforazione è stata condotta in base alla tipologia di completamento del pozzo ed in base alla tecnica di perforazione al fine si garantire una migliore performante finale del pozzo e una ricostruzione della stratigrafia il più accurata possibile.

La realizzazione del pozzo avverrà con tecnica di perforazione a circolazione inversa, con risalita del fluido di perforazione insieme al materiale perforato all'interno della batteria di perforazione. Tale tecnica risulta particolarmente adatta per pozzi di grande diametro in terreni alluvionali sciolti, con velocità di avanzamento, per questo tipo di terreni, che mantengano un regime di flusso laminare e non turbolento

Tale tecnica consente di ottenere dati precisi circa la natura dei terreni attraversati, e come permetta di eseguire con precisione le cementazioni, i riempimenti, i drenaggi e le impermeabilizzazioni del vano anulare fra casing e perforo.

Il primo tratto dello scavo sarà attrezzato con tubo guida per contenere la tendenza allo smottamento dovuto allo scaricarsi delle pressioni generate dai carichi elevati durante le fasi di perforazione. La stabilità del foro è garantita dal carico idrostatico del fluido di perforazione, ed eventualmente con utilizzo di fango bentonitico.

I diametri ottimali per la perforazione a circolazione inversa vanno dai 600 a 1000 mm. Ne deriva la scelta progettuale, in linea con quanto descritto nei paragrafi precedenti, di adottare uno scalpello con diametro da 900 mm nella parte superiore del pozzo e di 600 mm nella parte inferiore. Tale configurazione consente l'alloggiamento del casing per la pompa sommersa con un diametro di 609 mm e del casing di produzione con diametro da 323 mm.

4.2.4 Materiale delle tubazioni

Considerata la possibile natura salmastra e/o salina del fluido, si prevede l'utilizzo di tubazioni in acciaio inox AISI 316 o inox AISI 316L.

L'acciaio inossidabile, noto anche come inox stainless steel, è un materiale fondamentale in numerosi settori industriali grazie alle sue eccezionali proprietà di resistenza alla corrosione e durabilità. In particolare, gli acciai inossidabili AISI 316 e AISI 316L sono tra le leghe più apprezzate per applicazioni che richiedono elevati standard rispetto alla resistenza chimica e quindi al fine di limitare al massimo i fenomeni di corrosione, incrostazione ed erosione, primi responsabili della riduzione di efficienza dell'opera nel tempo, con conseguenti incrementi dei costi energetici per il sollevamento dell'acqua fino ad arrivare alla compromissione irreversibile dell'opera.

Questo tipo di materiale limita fortemente i fenomeni corrosivi legati alla presenza di acque salmastre/salate e quindi l'aggressività chimica del sistema acquifero filtrato, ed i fenomeni incrostativi (in eventuale presenza di acque con elevate concentrazioni di carbonati, Fe e Mn, in determinate condizioni di pH).

4.2.5 Lunghezza e dimensionamento dei filtri

La lunghezza dei filtri è stata fissata allo stato di fatto in 52 m; la stessa potrà essere rivista alla fine della perforazione del pozzo/i in base all'analisi litologico-stratigrafica e all'analisi dei logging geofisici in pozzo (vedi par. 4.5).

A completamento della parte progettuale relativa al tratto filtrante, si specifica che sarà costituito come detto da tubazione in acciaio AISI 316 e AISI 316L, spessore 6 mm, con filtri a ponte ottenuti mediante la punzonatura dei fogli lamiera ipotizzati di luce 1,2 mm sulla base della prognosi litologia/granulometria dei corpi idrici sfruttabili (trattasi di sabbie fini-medie).

L'ipotesi di dimensionamento del tratto filtrante in termini di luce è stata verificata ai sensi della Norma UNI 11590-2015 mediante il calcolo della velocità di flusso sul filtro risultata $\leq 3 \cdot 10^{-2}$ m/s, ovvero tale da evitare perdite di carico legate al regime turbolento che si determina oltre tale valore.

4.2.6 Dimensionamento del drenaggio artificiale ed altezza delle impermeabilizzazioni

Lo spessore dell'intercapedine tra perforo e casing nella parte superiore è stato definito pari a circa 15 cm, al fine di compensare le tolleranze tra il diametro di perforazione, l'ingombro dei centralizzatori e le eventuali deviazioni dalla verticalità tipiche della perforazione a rotazione.

Lo spessore dell'intercapedine fra perforo e casing nella parte inferiore, e quindi del drenaggio, anch'essa risulta di circa 15 cm (vd. Fig. 3).

Con il termine di drenaggio si indica l'operazione di messa in opera del ghiaietto dell'intercapedine fra perforazione e tubo. La definizione delle dimensioni del sistema di filtro-drenaggio è compito di primaria importanza per conferire al pozzo la massima efficienza e soprattutto impedire il trascinamento della sabbia.

In via teorica il filtro meccanico deve trattenere il 90% del materiale costituente il dreno per impedire pericolosi assestamenti; pertanto, la luce del filtro viene assunta pari a d_{90} del dreno.

In queste condizioni il drenaggio artificiale consente il passaggio e quindi l'estrazione dal pozzo della frazione più sottile del terreno acquifero. Con le successive operazioni di sviluppo si provoca la formazione di un drenaggio naturale nel corpo acquifero migliorando l'efficienza con l'aumento della permeabilità locale.

Si prevede l'impiego di un ghiaietto arrotondato di fiume con componente silicea al 93%, caratterizzato da permeabilità elevata e con caratteristiche di resistenza alle acque di falda tali da limitare i fenomeni di incrostazione che insorgerebbero con ghiaietti calcarei.

Il drenaggio siliceo sarà di tipo 106 Sataf (2-3 mm), vagliato e lavato, di diametro pari a 2-3 mm, da valutarsi comunque in relazione alle litologie effettive riscontrate in fase di perforazione e in relazione alla dimensione degli slot filtranti, in questa fase definita 1,2 mm.

Le ipotesi di dimensionamento del filtro verranno poi valutate e validate mediante analisi granulometrica dei livelli litologici da sfruttare, il tutto a discrezione della Direzione Lavori in quanto il metodo di perforazione a distruzione di nucleo non garantisce un campionamento ottimale dei livelli litostratigrafici attraversati per l'esecuzione di analisi granulometriche, pur fornendo indicazioni di tipo qualitativo.

Al di sopra del manto drenante, previsto lungo tutto il tratto filtrante e per circa altri 4 m al di sopra del tetto del tratto fra 328,0 e 380,0 m da p.c. al fine di compensare i fenomeni di assestamento attesi con le operazioni di sviluppo, saranno previsti:

- impermeabilizzazione dell'intercapedine compresa fra perforazione e tubazione eseguita mediante la fornitura di argilla disidratata in cilindretti con permeabilità inferiore a 1.10⁻¹⁰ m/s, aumento volumetrico minimo 40%, messa in opera progressiva per gravità con sistemi di regolazione del flusso e di misura del livello; questo livello ha la funzione di isolare il sistema acquifero profondo rispetto agli acquiferi più superficiali, con particolare attenzione al livello previsto fra circa 220,0 e 258,0 m.
- i sistemi acquiferi sovrastanti verranno già isolati e protetti dalla cementazione che sarà messa in opera da p.c. fino a circa 200 metri di profondità.

A questo proposito la cementazione dell'intercapedine da m 200,0 a p.c., eseguita mediante la fornitura di calcestruzzo a malta cementizia o miscela di boiaccia di cemento e bentonite (massimo 8%), sarà messa in opera per gravità o con tubo getto posto nell'intercapedine e recuperato al progredire del getto al fine di garantire maggiormente l'intervento di cementazione.

4.2.7 Testa pozzo – Pozzi ATES1 e ATES2

La tubazione di testa pozzo sarà alloggiata in avampozzo in cls (vedi elaborato "ALL-ATES-04") raccordato con la cementazione di testata al fine azzerare il rischio di infiltrazioni dalla superficie.

I pozzi ATES1 e ATES2 saranno predisposti per ospitare l'alloggiamento di 2 tubazioni di mandata/ritorno: una dedicata alla pompa sommersa e l'altra alla tubazione di iniezione.

Quindi anche la relativa testa pozzo dovrà essere divisa in due parti. Una parte, per la pompa sommersa, sarà completa di curva, tronchetto e tubazione di mandata, mentre l'altra sarà provvista solo di tronchetto. Quando il pozzo/i funzioneranno nella fase di prelievo le due curve, provviste di valvole di non ritorno e saracinesca, verranno congiunte in sommità in modo da far confluire la portata d'acqua in un'unica tubazione, fino al misuratore di portata elettromagnetico. Quest'ultima tubazione sarà quella che giungerà nel locale della Centrale Termica. Stesso diametro avrà la tubazione che porterà l'acqua per essere immessa nel pozzo che in quel momento funzionerà da pozzo di resa.

Nel caso di funzionamento come pozzo di resa, a valle del convogliatore in acciaio, verrà lasciata aperta la sola saracinesca relativa alla tubazione di iniezione mentre quella della tubazione di mandata della pompa sarà completamente sigillata/chiusa.

La testa pozzo sarà costituita in acciaio inox AISI304 con flangia cieca ridotta DN 600 PN10 divisa in due parti con n° 2 manicotti saldati Ø= 1"1/4 per cavi e sonde e n° 1 manicotto saldato Ø= 2" per sonda multiparametrica. Alla flangia dovranno essere saldate in opera n.2 Curve a saldare DN100 Ø= mm 114 in acciaio in acciaio inox AISI 304 con tronchetto flangiato L= mm 150 per attacco piping e tronchetto L= mm 400 con attacco filettato ZSM per tubazioni di mandata.

Le curve dovranno essere dotate di manometri DN63 e di rubinetto di prelievo Ø 1/2".

Il piping proseguirà con l'installazione di una valvola di non ritorno DN100 e di una saracinesca a cuneo gommatto a corpo piatto DN100 PN16.

Le due tubazioni di mandata confluiranno quindi in un convogliatore realizzato in acciaio inox AISI 316L DN100 (Ø 114 mm), completo di cartella e tronchetto in PE DN100 (Ø 114 mm), con lunghezza minima pari a L = 1200 mm. Tale configurazione è finalizzata a garantire il rispetto della distanza convenzionale pari a 10 volte il diametro a monte del misuratore di portata elettromagnetico DN100.

A valle del misuratore elettromagnetico DN100 sarà infine installato un giunto flangiato PE–acciaio DN100. La condotta proseguirà con la tubazione di come da progetto termotecnico del circuito primario.

Le tubazioni di mandata dovranno essere in acciaio inox AISI 316L del diametro DN 100 Ø= mm 114 con giunzioni filettate ZSM tip Haugsta.

La cameretta avampozzo ove sarà alloggiata la testa pozzo ed il primo tratto di piping attrezzato con valvola di non ritorno e saracinesche, sarà costituita da:

PERMESSO DI RICERCA "SAN GIOVANNI" – FRI-EL GEOPOWER	A.GEN.2 - Relazione tecnica pozzi ATES	
	03/04/2026	Pag.14

Pozzetto Prolunga in cemento Di=mm 1250x800 h=mm 1000 con impronte previa realizzazione di Magrone in cls dimensioni mm 3200x1300 H= mm 150.

A protezione della stessa verrà inserito un chiusino in ghisa sferoidale GJS500/7 secondo EN1563 D400 tipo telecom con apertura a spicchi Dim est. 1500x980 Dim int= mm 1300x1800.

Il convogliatore dovrà essere interrato e a distanza minima pari a mm 1250 dovrà essere installato un pozzetto con fondo cieco di dimensioni interne minime di mm 600x600 h=mm1000 con chiusino in ghisa sferoidale D400 quadrato Luce interna 600mm.

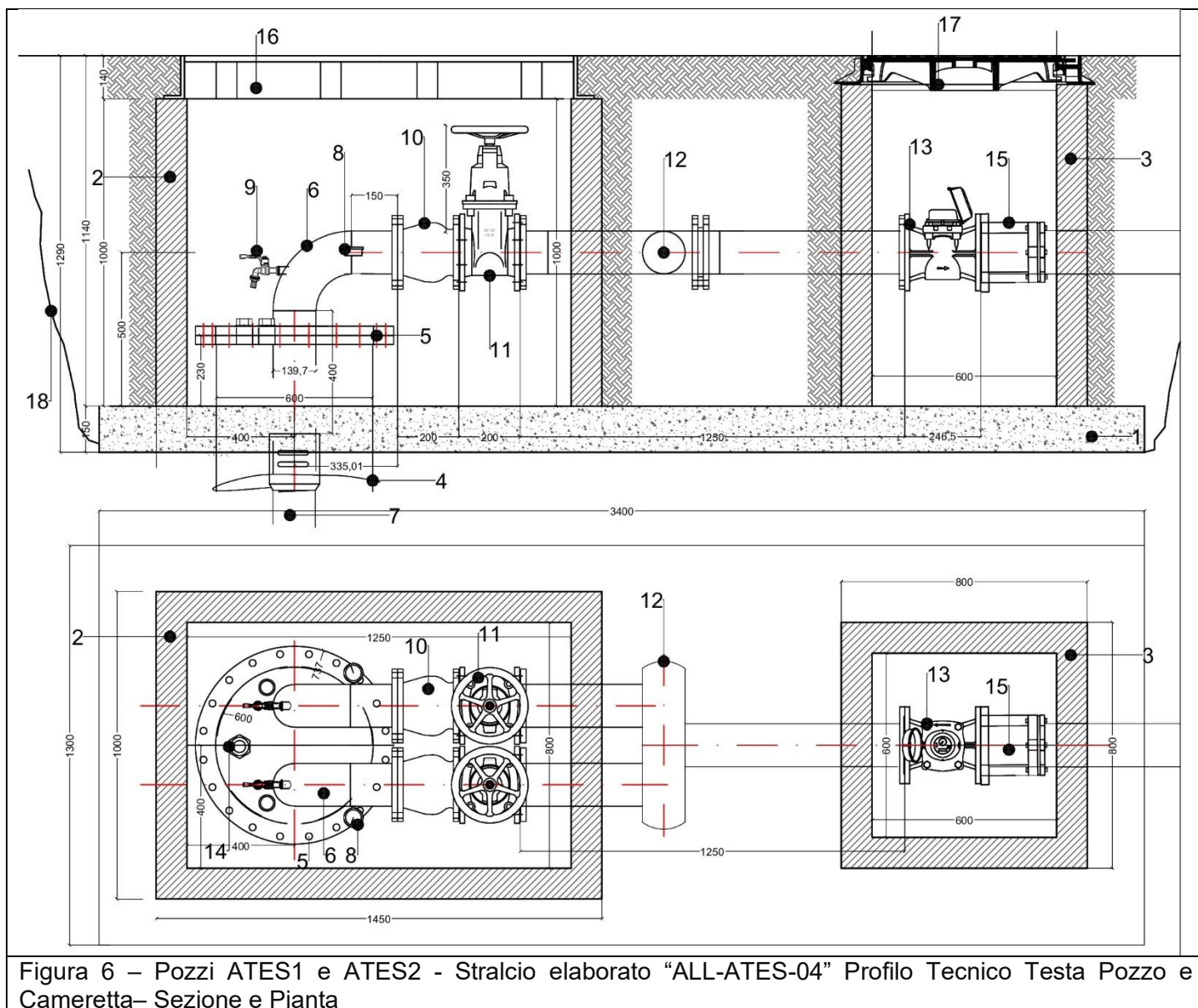


Figura 6 – Pozzi ATES1 e ATES2 - Stralcio elaborato “ALL-ATES-04” Profilo Tecnico Testa Pozzo e Cameretta– Sezione e Pianta

LEGENDA:

1. Magrone in cls H= mm 150
2. Pozzetto Prolunga in cemento Di=mm 1250x800 h=mm 1000
3. Pozzetto cemento Di= mm 600x600 h= mm 1000
4. Tubo pozzo in acciaio AISI316L Ø= mm 609 spessore mm 7,00
5. Testa pozzo in acciaio inox AISI304 con flangia cieca ridotta DN 600 PN10 divisa in due parti con n° 2 manicotti saldati Ø= 1"½
6. Curva a saldare DN125 Ø= mm 139,7 in acciaio in acciaio inox AISI 304 con tronchetto flangiato L= mm 150 per attacco piping e tronchetto L= mm 400 con attacco filettato ZSM per tubazioni di mandata
7. Tubazione di mandata DN125 Ø= mm 139,7 in acciaio inox AISI 304 con attacco ZSM tipo Hagusta
8. Manometro DN63
9. Rubinetto di prelievo Ø= ½"
10. Valvola di non ritorno D125
11. Saracinesca a cuneo gommato a corpo piatto DN125 PN16
12. Convogliatore in acciaio...DN 125 Ø= mm 139,7 con Tonchetto flangiato DN 125 Ø= mm 139,7 Lmin = 1250 mm
13. Misuratore di portata elettromagnetico DN 125
14. Manicotto Ø= 2" per sonda multiparametrica
15. Giunto flangiato PE Acciaio- DN 125
16. Chiusino in ghisa sferoidale GJS500/7 secondo EN1563 D400 tipo telecom con apertura a spicchi Dim est. 1500x980 Dim int= mm 1300x1800
17. Chiusino in ghisa sferoidale D400 quadrato Luce interna 600mm
18. Scavo a larga sezione eseguito con mezzi meccanici di dimensioni 3400x1300 H=mm 1290 eseguito con opportuna pendenza delle sponde per la sicurezza

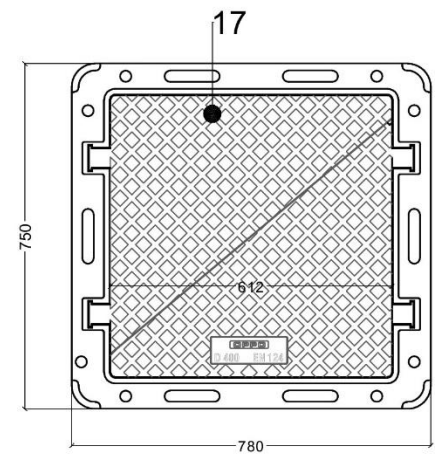
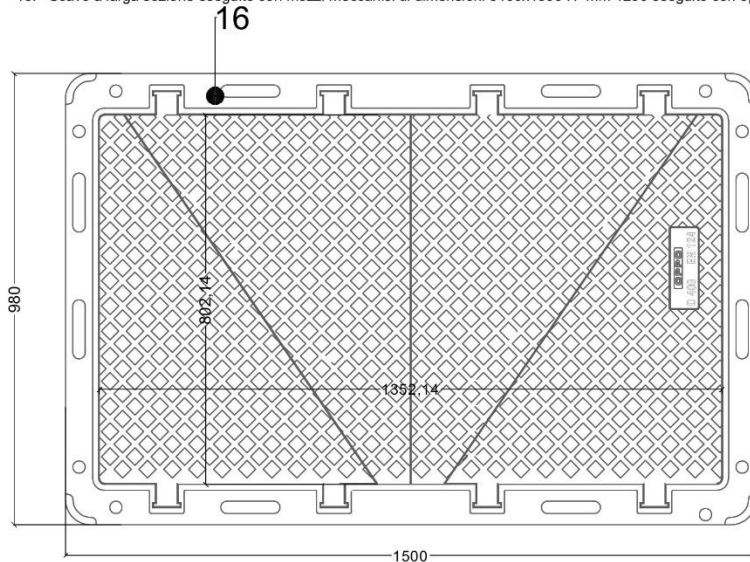


Figura 7 – Stralcio elaborato “ALL-ATES-04” - Pianta: Chiusino in ghisa sferoidale GJS500/7 - Chiusino in ghisa sferoidale GJS500/7

Si veda anche il documento allegato “ALL-ATES-04 – Layout Cameretta-Teste Pozzo”.

4.3 Tecniche di sviluppo dell'opera e prove di valutazione efficienza

Le tecniche di sviluppo del pozzo sono state scelte in abbinamento fra loro col fine di asportare eventuali residui solidi dovuti alla perforazione stessa, risolvere le alterazioni al naturale regime idraulico della formazione acquifera provocati dalla perforazione e migliorare la permeabilità nell'intorno del sistema filtrante per ottimizzare l'efficienza dell'opera.

A tal fine si prevede:

- una prolungata attività di air-lift (finalizzato alla massima asportazione di fango e detriti con il minimo sollevamento di fluido)
- operazioni di pompaggio diretto tramite pompa elettrosommersa, da protrarsi nel tempo fino ad ottenimento di acqua chiara e scevra da materiale in sospensione, verificata in sito dalla DL.

Le tecniche di sviluppo sono di fondamentale importanza per la futura produttività del pozzo stesso, perché consente lo sviluppo di un prefiltro naturale che ne aumenta l'azione drenante.

Nella fase iniziale di spurgo del pozzo/i verrà prelevato un primo campione di fluido che sarà fatto analizzare in base ai parametri della Tabella 3 e Tabella 4 Allegato 5 alla parte III del D.Lgs. 152/06; i risultati ottenuti consentiranno di definire se il fluido potrà essere temporaneamente scaricato in fognatura e/o corpo idrico superficiale oppure, in caso di superamento dei limiti, le acque reflue potranno essere smaltite come rifiuto liquido acquoso in un apposito centro di trattamento dedicato tramite autospurgo e dopo opportuna analisi per attribuzione codice CER e test di cessione. Ogni viaggio dovrà essere accompagnato da FIR (formulario rifiuti).

4.3.1 Prove Idrauliche

La verifica di capacità del pozzo, condotta ad operazioni di sviluppo terminate, risulta fissata dall'art. 16 "Autorizzazione alla perforazione di pozzi", comma 5. del Regolamento Regionale RER 41/01 che *"per i pozzi di portata massima superiore a 5,0 l/s la relazione di cui al comma 4 (relazione finale integrativa relativa ai lavori eseguiti) indica altresì la modalità di effettuazione ed i risultati di una prova di pompaggio finalizzata sia alla determinazione della tipologia idraulica dell'acquifero interessato e dei parametri caratterizzanti il comportamento idrodinamico del sistema messo in pompaggio, sia all'individuazione di eventuali limiti, impermeabili o alimentanti, presenti nell'area di influenza della prova"* e verrà svolta mediante prova a gradini di portata, garantendo il raggiungimento della massima portata di esercizio prevista fissata a 50 l/s.

Una volta completata la perforazione dei pozzi verranno predisposte delle prove di portata sia a gradini con portata crescente che di lunga durata; in particolare le prove serviranno sia a caratterizzare la portata specifica del pozzo che a calcolare, in base all'interpretazione delle stesse, i principali parametri idrogeologici quali la conducibilità idraulica (K).

Verrà quindi predisposta in pozzo una pompa delle caratteristiche (portata e prevalenza) pari o superiori a quelle indicate in progetto ed eventualmente confermate dopo lo sviluppo/spurgo.

L'impianto di sollevamento sarà completo della pompa, della tubazione di mandata, dell'avviatore elettrico e della tubazione per l'allontanamento dell'acqua dal pozzo al più vicino ricettore di acque superficiali.

Verrà altresì predisposto un adeguato e preciso sistema di misurazione della portata, di regolazione della portata, di misurazione del livello in pozzo agevolato da un tubo piezometrico fino alla pompa.

Le prove di portata saranno composte per quanto riguarda quelle a gradini, da portate crescenti fino ad una durata massima prevista di 7 ore mentre la prova di pompaggio di lunga durata avrà un tempo complessivo massimo di 12-14 h.

A.GEN.2 - Relazione tecnica pozzi ATES	
PERMESSO DI RICERCA "SAN GIOVANNI" – FRI-EL GEOPOWER	Pag.17

Di seguito si riporta il programma delle prove idrauliche di base che serviranno per il completamento della fase di caratterizzazione della risorsa idrica.

NP1	Prova a gradini di portata					
	M I S U R A Z I O N I:	ore				ore
	Gradino di portata 1-pompaggio: portata 15 litri/secondo	1				1
	Gradino di portata 2-pompaggio: portata 20 litri/secondo	1				1
	Gradino di portata 3-pompaggio: portata 25 litri/secondo	1				1
	Gradino di portata 4-pompaggio: portata 30 litri/secondo	1				1
	Gradino di portata 5-pompaggio: portata 35 litri/secondo	1				1
	Gradino di portata 6-pompaggio: portata 40 litri/secondo	1				1
	Gradino di portata 7-pompaggio: portata 45 litri/secondo	1				1
	SOMMANO ogni ora					7
NP2	Misure di Risalita - Interruzione del pompaggio con la sonda multiparametrica che rimane in posizione - in parallelo misura anche con freatimetro					
	M I S U R A Z I O N I:					
	Prova di risalita – interruzione pompaggio	2				2
	SOMMANO ogni ora					2
NP3	Prova di pompaggio di lunga durata					
	M I S U R A Z I O N I:					
	pompaggio - portata 50 litri/secondo	14				14
	SOMMANO ogni ora					14

Nella fase finale delle prove di portata verrà prelevato un campione di fluido al fine di effettuare un'analisi completa di laboratorio per la caratterizzazione chimica delle acque. Questa analisi sarà presa a riferimento come "bianco" ante-operam.

4.4 Gestione e Smaltimento dei Detriti di Perforazione

Nel caso dei pozzi in progetto la perforazione avverrà a rotazione con distruzione di nucleo e circolazione inversa di fanghi bentonitici.

In questo caso, essendo i residui di perforazione composti anche da una parte liquida contenente bentonite, bisognerà prevedere la separazione per decantazione fra le due fasi con analisi differenziata e successiva gestione separata.

I fanghi, così come l'acqua delle prime fasi di spurgo delle opere, verranno invece gestiti come rifiuto speciale, con attribuzione codice C.E.R. (es. CER 010504, Fanghi e rifiuti di perforazione di pozzi per acque dolci) mentre i detriti di perforazione rappresentanti la parte solida (o palabile) potranno essere considerati come terre da scavo ai sensi del DPR n. 120/17 ed essere smaltiti con la medesima procedura descritta in precedenza o come rifiuti.

4.4.1 Terre da Scavo

Le uniche lavorazioni di cantiere tali da produrre terre da scavo saranno quelle relative agli scavi a larga sezione eseguiti con mezzi meccanici per l'alloggiamento delle teste pozzo e relative camerette.

I materiali derivanti da tali attività, in funzione della tipologia, potranno essere gestiti come terre e rocce da scavo ai sensi del DPR 120/17.

4.4.2 Oneri per la Gestione e lo Smaltimento dei Detriti di Perforazione/Terre e Rocce da scavo

L'impresa avrà l'onere della gestione dei residui solidi della perforazione all'interno dell'area di cantiere, per l'intera durata dei lavori.

Essa avrà la responsabilità di condurre tale attività nel rispetto delle normative vigenti, avendo particolare cura nell'evitare iniziative che possano provocare l'inquinamento del fluido e del detrito.

- L'impresa ha l'onere di rimodellare la superficie dell'area secondo le indicazioni della D.L. utilizzando le rocce da scavo ove questa opzione sia autorizzata.

- L'impresa ha l'onere di smaltire i rifiuti della perforazione ove questi risultino inquinati per sua responsabilità.

- L'impresa ha l'onere economico dello smaltimento dei detriti della perforazione (comprese le eventuali analisi).

- L'impresa ha l'onere economico del trasporto e conferimento delle terre e rocce da scavo.

Allo stato di fatto della progettazione si è ipotizzato che il detrito di perforazione non abbia particolari situazioni critiche in termini di inquinamento, e quindi potrà essere considerato, previa analisi, come TERRE e ROCCE da SCAVO con codice CER 170504.

Nella condizione più sfavorevole e solo a valle delle analisi, se classificato come rifiuto, si procederà al relativo smaltimento con codice CER 010504.

4.5 Rilievo Geofisico in pozzo

Per il tratto di perforazione che va da 180 metri fino a 390 metri di profondità è prevista l'esecuzione di Logs geofisici di pozzo (Gamma Ray, Ps, Single Point, 16", 64", Laterale, T°) al fine di verificare le risultanze della drilling prognosis e tarare/analizzare il dato logging rispetto all'analisi dei cuttings di perforazione. Il fine ultimo è quello di valutare nel modo migliore il completamento finale del pozzo/i e soprattutto il posizionamento del tratto filtrante nel sistema acquifero potenzialmente sfruttabile per gli scopi di progetto: ATES.

Di seguito si riporta a titolo esemplificativo le risultanze di un rilievo logs in pozzo.

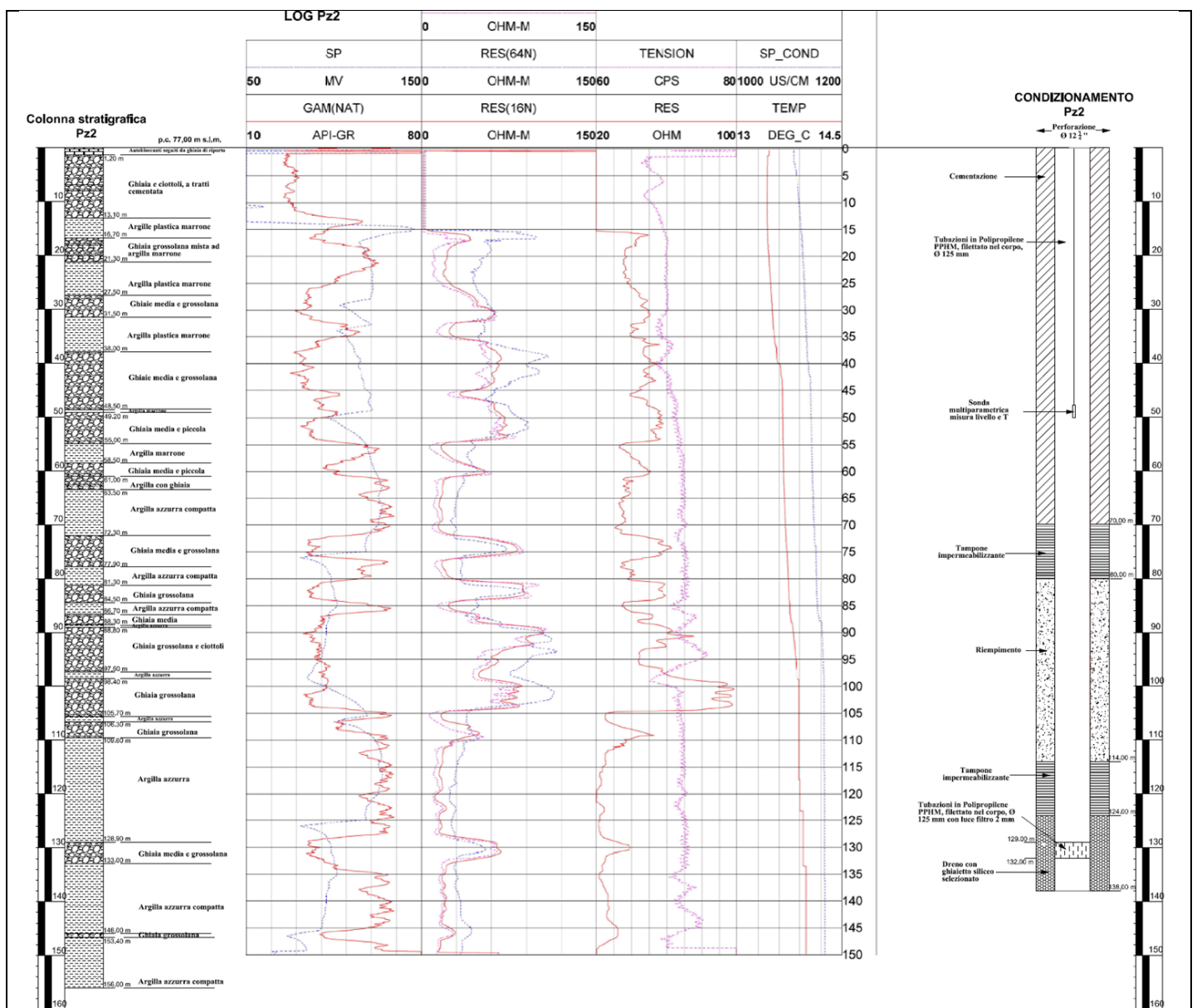


Figura 8 – Esempio di rilievo logs in pozzo con analisi integrata logs/cuttings di perforazione per definire la stratigrafia ed il condizionamento finale del pozzo.

5 SISTEMI DI MONITORAGGIO

Il sistema di monitoraggio sarà predisposto mediante l'implementazione di un assetto di controllo della temperatura tramite strumentazione DTS, un misuratore di portata collocato in testa pozzo e, nell'ambito della configurazione complessiva dei pozzi ATES, la realizzazione di n. 2 piezometri di monitoraggio.

Di seguito si riporta lo stralcio della Drilling Prognosis (Stratigrafia Prevista) riguardante i 2 sistemi acquiferi più superficiali: Sistema acquifero A1 e Sistema acquifero A2.

Intervallo di Profondità	Litologia Prevista
44-72 metri (Sistema Acquifero A1)	Lobo sabbiosi di fronte deltizio: Sabbie medio- fini prevalenti con possibile presenza di sabbie grossolane
72-128 metri	Depositi fini prevalenti: limi e argille con possibile presenza di intervalli sabbiosi metrici e/o plurimetrici
128-154 metri (Sistema Acquifero A2)	Lobo sabbioso di fronte deltizio: Sabbie medio- fini prevalenti con possibile presenza di sabbie grossolane

5.1 Piezometri di monitoraggio PS3 e PS4

Piezometro PS3	
COMUNE	Ostellato (FE)
UTM ETRS89 FUSO 33T	Lat. X: 270208 – Long. y: 4955539
QUOTA P.C.	- 1,5 m.s.l.m.
PROFONDITA'	75,00 mt da p.c.

Piezometro PS4	
COMUNE	Ostellato (FE)
UTM ETRS89 FUSO 33T	Lat. X: 270213 – Long. y: 4955556
QUOTA P.C.	- 1,5 m.s.l.m.
PROFONDITA'	160,00 mt da p.c.

Il piezometro n. 1 sarà realizzato mediante tecnica di perforazione a circolazione diretta a distruzione di nucleo del Ø= mm 311 fino a circa m 75 di profondità.

La tubazione sarà in PVC o PPHM del Ø= 6" o al massimo Ø= 7" con filtri microfresati da m 44 a m 72, compresa la formazione del manto drenante, del tappo bentonitico e la cementazione del tratto sommitale e tappo di fondo.

Il piezometro n. 1 avrà lo scopo di caratterizzare il chimismo del sistema acquifero A1, oggetto del monitoraggio, e di acquisire in continuo mediante sonda multi-parametrica di conducibilità elettrica e livello idraulico.

Il piezometro n. 2 sarà realizzato mediante tecnica di perforazione a circolazione diretta a distruzione di nucleo del Ø= mm 311 fino a circa m 160 di profondità.

La tubazione sarà in PVC o PPHM del Ø= 6" o al massimo Ø= 7" con filtri microfresati da m 128 a m 154, compresa la formazione del manto drenante, del tappo bentonitico e la cementazione del tratto sommitale e tappo di fondo.

Il piezometro n. 2 avrà lo scopo di caratterizzare il chimismo del sistema acquifero A2, oggetto del monitoraggio, e di acquisire in continuo mediante sonda multi-parametrica conducibilità elettrica e livello idraulico.

Teste Piezometri e tubi di contenimento

Ogni piezometro sarà munito di testata in PVC Ø 180 a tenuta stagna posto a +40 cm sul p.c. e identificato con propria sigla.

La testa dei piezometri sarà invece corredata di foro di passaggio da 3" con tappo predisposto per installazione pompa di campionamento e foro con pressacavo per transito cavo di alimentazione; inoltre sarà corredata di un foro Ø 1 1/2 e/o Ø 2" filettato e munito di relativo tappo svitabile: il foro sarà dedicato per il transito della sonda multiparametrica di monitoraggio.

Entrambe le due testate dei piezometri saranno contenute nei tubi Ø 660 mm x 12 mm sp. annegati e cementati per un metro sotto il p.c. e fuoriuscenti a quota 0,50 mt sopra il p.c. e munite di coperchio amovibile e lucchettato.

Entrambi saranno idonei ad alloggiare il Q.E. di controllo/comando, reggere saldamente il palo porta pannello solare di alimentazione strumentazione, e l'antenna trasmissione dati da remoto della sonda multiparametrica. Detto palo sarà in acciaio Ø 3 " alto 6 mt e saldato/staffato al citato pozzetto di contenimento e protezione in acciaio Ø 660.

La testa pozzo ed il tubo di contenimento saranno idonee ad evitare l'infiltrazione di acque meteoriche, per l'ancoraggio dei datalogger e per la sospensione del cavo strumentale.

5.1.1 Misurazione parametri chimico-fisici e livello idraulico

I piezometri saranno provvisti di sonda multiparametrica con lo scopo di caratterizzare il chimismo dei sistemi acquiferi A1 e A2 (stato ante operam) acquisendo in continuo, i dati di conducibilità elettrica, temperatura e livello idraulico, e saranno dotati di datalogger a batterie e modem GPRS 2G/4G, per la trasmissione diretta in centrale ad un server FTP dei dati rilevati.

La strumentazione di monitoraggio ha come scopo principale, attraverso la mole di dati acquisita durante sia la fase ante-operm che di esercizio dei pozzi ATES, di valutare e analizzare l'andamento nel tempo del livello idraulico/pressione che soprattutto di eventuali variazioni di temperatura e

A.GEN.2 - Relazione tecnica pozzi ATES	
PERMESSO DI RICERCA "SAN GIOVANNI" – FRI-EL GEOPOWER	Pag.22

conducibilità elettrica del fluido che, se ritenuti significativi, consentano di pianificare controlli più specifici quali campionamenti ad hoc per analisi di laboratorio.

5.2 Monitoraggio Pozzi ATES

5.2.1 Misurazione della portata

Sulla testa pozzo dei pozzi ATES è prevista l'installazione di un misuratore di portata elettromagnetico per le misure dei volumi totali emunti e delle portate istantanee in uscita dal pozzo verso lo scambiatore di calore del circuito primario.

Misuratore di portata elettromagnetico

Misura di portata per liquidi conduttivi e chimicamente aggressivi Dn da 10 a 2000 mm

Accuratezza della misura: $\pm 0.2\%$; $\pm 0.5\%$

Rivestimenti neoprene / PTFE

Alimentazione 85÷265 Vac; 12Vdc; 24 Vdc/Vac

Datalogger su pendrive USB

Modulo display O-LED estraibile

Controllo remoto via Smartphone

Range di portata	Elaborazione di segnali provenienti da fluidi con velocità fino a 10m/s in entrambi i sensi (misuratore bidirezionale)
Dimensione/Rivestimento	gomma DN65 ÷ DN2000, PTFE DN10 ÷ DN500
Materiale sensore	SS321
Materiale custodia	Alluminio verniciato epoxy
Campo di misura	min. 0,1 m3/h ÷ magg. 110000 m3/h
Accuratezza	$\pm 0,2\%$ opzionale, $\pm 0,5\%$ standard
Ripetibilità	$\pm 0,1\%$
Conducibilità fluido	Il fluido deve avere una conducibilità di almeno 5 microsiemens/cm
Alimentazione	85 ÷ 265 Vac, 24 Vac/dc, 12 Vdc
Consumo	Tipico 6W, max 8W
Temperatura di processo	versione compatta: gomma -10 ÷ +80°C; PTFE -40 ÷ +100°C, versione remota: gomma -10 ÷ +80°C; PTFE -40 ÷ +150°C
Temperatura di stoccaggio	-40°C ÷ 85°C
Comunicazione digitale	Bluetooth con app (opzionale), Modbus RTU
Data Logger	Interno su pen drive USB per la memorizzazione delle misure di portata e degli ingressi analogici; intervallo di memorizzazione misure impostabile da 15 a 3600 sec.

5.2.2 Monitoraggio della temperatura tramite sensori a fibra ottica DTS

L'obiettivo è quello di monitorare in continuo lo stato termico del sistema, sia prima che durante la fase produttiva permettendo una diagnostica predittiva e un controllo in tempo reale del comportamento termico e dell'integrità del reservoir, oltre che degli acquiferi superficiali. Tramite l'utilizzo del sistema Distributed Temperature Sensing (DTS) sarà possibile avere il controllo delle variazioni di temperatura stagionali del reservoir di stoccaggio dovute ai cicli di carico e scarico, monitorare la migrazione di calore verso gli acquiferi più superficiali, e confermare il completo isolamento termico del reservoir, possibile grazie ad un layer impermeabile al di sopra di esso, rispetto agli acquiferi superficiali.

Il Distributed Temperature Sensing (DTS) prevede l'installazione di una fibra ottica lungo l'intera profondità del pozzo, permettendo la misura continua della temperatura e la ricostruzione del relativo profilo termico distribuito. I sistemi DTS presentano un'elevata accuratezza nella misura della temperatura, raggiungendo spesso una precisione nell'ordine di ± 1 °C con una risoluzione fino a 0,01 °C, una risoluzione spaziale di 0,5–3 m e coprendo distanze di misura di diversi chilometri.

Il sistema DTS comprende una fibra ottica, una sorgente laser, uno splitter ottico, un'unità optoelettronica di elaborazione del segnale e un'unità di visualizzazione. Il nucleo della fibra presenta dimensioni estremamente ridotte, con un diametro compreso tra 5 e 50 μm , ed è rivestito da uno strato protettivo in silice, denominato cladding, caratterizzato da un indice di rifrazione differente rispetto al nucleo.

Il funzionamento del sistema DTS si basa sull'analisi della luce retro-diffusa all'interno della fibra ottica, generata in seguito all'invio di impulsi laser. In particolare, la misura della temperatura sfrutta la diffusione Raman, che produce componenti spettrali Stokes e Anti-Stokes. Mentre la componente Stokes risulta indipendente dalla temperatura, l'intensità della componente Anti-Stokes varia in funzione di essa.

La temperatura lungo la fibra viene quindi determinata a partire dal rapporto tra le intensità delle due componenti.

Nelle applicazioni in pozzo, la fibra ottica si estende dalla sala di controllo attraverso la testa pozzo, scendendo lungo la tubazione, all'interno o all'esterno del casing, attraversando il tratto di reservoir e risalendo infine fino alla sala di controllo.

Allo stato attuale, in fase di progettazione, si prevede l'installazione di un cavo in fibra ottica per il monitoraggio continuo della temperatura all'interno di entrambi i pozzi ATES e in uno dei due pozzi piezometrici.

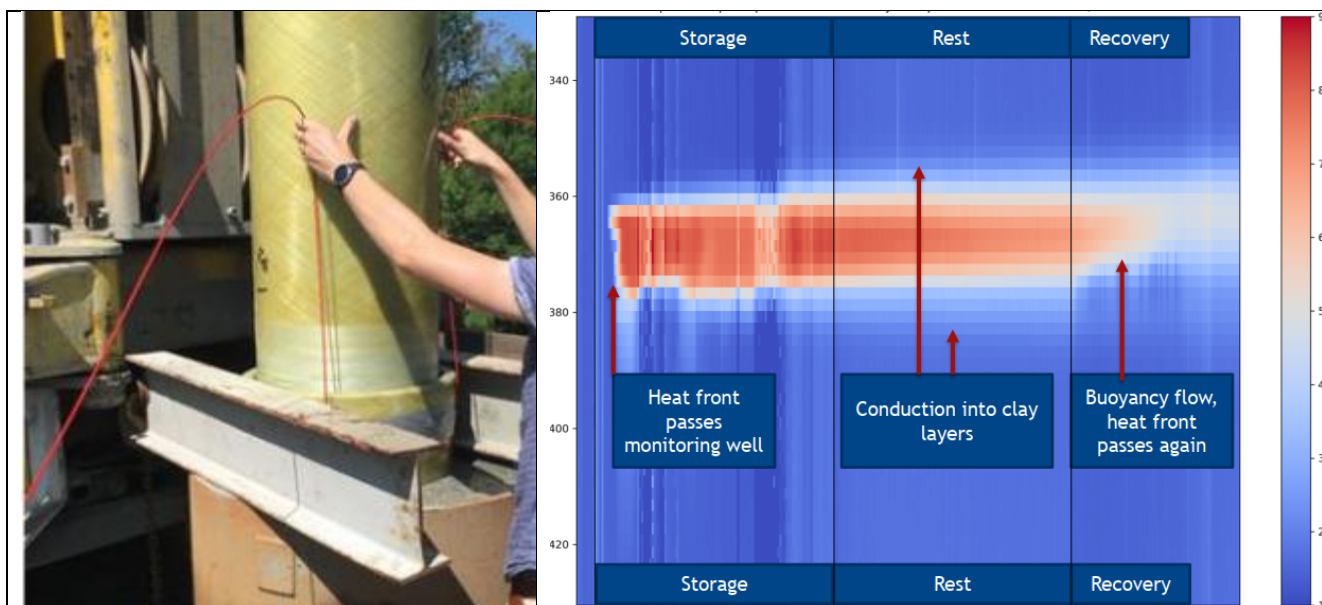


Figura 9a – Immagine rappresentativa di installazione della fibra ottica;
Figura 9b – Presenza di calore nel sottosuolo durante un ciclo annuale

5.2.3 Ulteriori Devices a testa pozzo per il monitoraggio

Per completare la parte di monitoraggio dei pozzi ATES le teste pozzo saranno completate con con n° 2 manicotti saldati Ø= 1"1/4 per cavi e sonde e n° 1 manicotto saldato Ø= 2" per sonda multiparametrica.

Questi manicotti consentiranno, in caso di necessità, di effettuare delle misurazioni puntuali di livello/temperatura all'interno del pozzo e/o di installare una sonda multiparametrica nei pozzi per il monitoraggio in continuo della pressione/livello idraulico ma anche della temperatura e conducibilità elettrica.

Inoltre a testa pozzo sarà presente un rubinetto per il prelievo di campioni per analisi chimiche di laboratorio.

6 APPENDICE 1 - CARATTERISTICHE IMPIANTO DI PERFORAZIONE – POSTAZIONE DI SONDA

6.1 Caratteristiche dell'Impianto di Perforazione

Sulla base del programma di perforazione del pozzo in questa appendice sono prese in esame le caratteristiche di un impianto di perforazione tipo, inteso adatto allo scopo per: potenzialità di sollevamento, potenza idraulica, assetto planimetrico, di rumorosità ecc...

Nei paragrafi seguenti quindi si farà riferimento alle caratteristiche di un impianto "tipo".

Questa scelta è sufficiente per poter descrivere le caratteristiche dell'area di lavoro per la realizzazione delle opere, in particolare per quanto attiene il progetto della postazione, le sue opere civili, le modalità di gestione delle principali attività operative in cantiere e gli aspetti progettuali di salvaguardia ambientale che la scelta implica.

Restano ovviamente non definiti alcuni aspetti di dettaglio, tipici di una progettazione esecutiva. Nella successiva fase di progetto esecutivo i criteri progettuali che sono alla base delle scelte descritte in questo documento dovranno mantenere la loro validità, a meno di miglioramenti qualitativi in relazione al loro potenziale impatto ambientale.

In base soprattutto alle caratteristiche geologiche, alla profondità prevista, ai diametri di rivestimento (casing) del pozzo di seguito vengono riportate le caratteristiche principali di un impianto tipo individuato ad hoc in questo studio.



<p>In ordine di marcia:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Peso t. 27, •Altezza m. 4,00 •Larghezza m. 2,50, •Lunghezza m. 11,50 	<p>In fase di lavoro:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Tiro della testa t 56 •Coppia Kg/m. 2.400•Portata del gancio t 50 •Altezza massima m. 17,50 •Altezza utile in. 14,00 •Pompa fango Worthington Triplex 7" x 8", l/min 2.600 - bar 35
---	---

Figura 10a – Esempio di Impianto di Perforazione MI 60 (Massenza)



Equipaggiamento base

- Aste di perforazione Ø 5"(circ. diretta), m 1.000
- Aste di perforazione Ø 3" ½ m 1.500
- Aste pesanti t 22 + stabilizzatori.
- Escavatore di servizio (cingolato t. 7,5).
- Motocompressore Atlas Copco XRH 350 (l/min 21.000 - bar 20).

<ul style="list-style-type: none"> • Motopompa ausiliaria a pistoncini Wirth 6" ¼ x 8" Duplex <p style="text-align: center;">Kw 100, l/m 1.200, bar 25</p>
<p style="text-align: center;">Sicurezza e Gestione Well Control</p> <ul style="list-style-type: none"> • B.O.P. Cameron tipo F, chiusura idraulica Ø 17"3/4, classe 960 PSI. • B.O.P. Ell. tipo G, chiusura idraulica Ø 9", classe 1500 PSI. • B.O.P. Regan tipo K Anular Ø 9"5/8, classe 2000 PSI. • Spool e manifold per circolazione dirette e inversa
<p>Figura 10b – Esempio di caratteristiche dell'equipaggiamento di base e del sistema di sicurezza e gestione "Well Control"</p>

L'impianto denominato "MI-60" della ditta Massenza si compone di alcune parti principali: il mast, con il macchinario di sonda, il sistema di trattamento e preparazione fango, il sistema di preparazione e pompaggio del cemento, quello per la generazione di energia. L'impianto di perforazione è su autocarro 6x6 con motore diesel HP 420 silenziato. Le caratteristiche principali dell'impianto di perforazione sono rappresentate nelle figure seguenti (fig. 10a e 10b):
In particolare si può notare come l'altezza totale in assetto di perforazione sia di circa 17 metri e la lunghezza sia di circa 11 metri.

Di seguito sono elencate le altre caratteristiche principali dell'impianto di perforazione:

Sistemi di cementazione

- Cementazione con turbomiscelatore da mc/h 10,
- Teste di cementazione per tappi (7"- 9"5/8- 13"3/8- 18"5/8).
- Scarpe di cementazione con valvole Baker.
- Pompe alta pressione (5"x10" - 2" 1/2x6") Liner-adapter (sting).

Stimolazione e produzione

- Packers per 9"5/8 - 7".
- Tubing 3"1/2-2"7/8-2"3/8.
- Tubing per gas-lift m 600.
- Tests per analisi dei fluidi: peso specifico, viscosità, pannello, acqua libera, temperatura, pH, chimismo essenziale.
- Prelievo di campioni (e conservazione in sacchetti impermeabili) ad ogni variazione significativa di strato o secondo le indicazioni della D.L.
- Compilazione del rapporto di perforazione articolato in: batteria in pozzo, sezione stratigrafica,
- avanzamenti in funzione del carico sullo scalpello, assorbimenti e perdite di circolazione, tubato e filtri, dreno, cementazioni ed isolamenti, procedure e tempi di sviluppo.



SISTEMA FANGO

- Vasca di circolazione: metallica, fuori suolo mc 17.
- Vasca di preparazione fango: metallica, fuori suolo mc 18.
- Vasca accumulo acqua: metallica, fuori suolo mc 15.
- Vibrovaglio 5'x4' alimentato con elettropompa da l/s 80, HP15.
- Dissabbiatore da 2 coni Ø8" con elettropompa da l/s 25, HP20.
 - N°2 fucili da Ø 1/2"
 - Generatore kva 100 silenziato

Figura 11 – Esempio del sistema fango a corredo dell’Impianto di Perforazione MI 60 (Massenza).

Le dimensioni ottimali della piazzola e dell’area standard di cantiere per consentire l’operatività dell’impianto saranno di circa 35/40m x 22/25m.

L’impianto MASSENZA MI 60 è autonomo per la produzione di energia che avviene unicamente attraverso motori diesel.

L’energia è prodotta mediante gruppi diesel elettrici per alimentare l’impianto di illuminazione e le utenze minori come pompe elettriche o dispositivi di controllo e servizi agli alloggi.

In questo tipo di impianto qualora fosse necessario procedere a insonorizzazioni, lo si può fare mediante pannelli aggiunti. Tuttavia i componenti acusticamente più critici (pompe fango, gruppi elettrogeni) sono dotati di una efficace insonorizzazione.

Naturalmente, in funzione della disponibilità di impianti da parte dei contrattisti sul mercato dei servizi di perforazione, alcune caratteristiche tecniche potranno subire variazioni (altezza del mast, numero di vasche per il fango, caratteristiche delle pompe, ecc.).

Comunque nella successiva fase di progetto esecutivo i criteri progettuali che sono alla base delle scelte descritte in questo documento dovranno mantenere la loro validità, a meno di miglioramenti qualitativi in relazione al loro potenziale impatto ambientale.

Tuttavia lo schema generale rimane quello descritto sopra, con carattere modulare; la tipologia di impianto considerato non ha vincoli di trasporto eccezionale per il trasferimento su strade pubbliche.

La permanenza dell'impianto di perforazione è strettamente limitata alle operazioni di perforazione/completamento del pozzo, la cui durata è variabile con la profondità e può essere indicativamente stimata in:

- 2/3 giorni: Allestimento cantiere
- 12/16 giorni, per la perforazione/completamento del pozzo P1
- 2/3 giorni, per lo spurgo del pozzo P1
- 2 giorni per la fase di well testing del pozzo P1
- 12/16 giorni, per la perforazione/completamento del pozzo P2
- 2/3 giorni, per lo spurgo del pozzo P2
- 2 giorni per la fase di well testing del pozzo P2
- 2/3 giorni: demob cantiere

6.1.1 Generatori

A corredo dell'impianto ci sarà un generatore silenziato con certificazione CE, con potenza adattabile a seconda della configurazione.

La configurazione proposta prevede un generatore da 100 kWA.



Figura 12 - Generatore

6.1.2 Attrezzature a corredo

N° 1 Container ad uso ufficio – spogliatoio

N° 1 Container ad uso magazzino spare parts e officina

N° 1 escavatore idraulico da 18 tons.

6.1.3 Consumo di Gasolio

L'energia necessaria all'esercizio dell'impianto e di tutti i servizi di cantiere viene prodotta in loco mediante i gruppi di generazione dell'impianto stesso. Il carburante per l'alimentazione dei motori dei gruppi elettrogeni viene approvvigionato tramite autocisterne che attingono presso fornitori autorizzati. Il consumo medio di gasolio stimato di un cantiere durante la perforazione è di circa **300 litri/giorno** per il pozzo. Siccome la durata attesa delle attività per la perforazione dei pozzi è di circa 30-35 giorni, comprese le fasi di sviluppo/spurgo dei pozzi, il fabbisogno complessivo atteso di gasolio è di circa **9000-10500 litri**.

Il consumo di gasolio per l'allestimento del cantiere è molto ridotto rispetto alla fase di perforazione, per cui si considera incluso nei litri di cui sopra.

6.2 Postazione di Sonda

I pozzi verranno effettuati con una idonea macchina perforatrice e attraverserà la successione sedimentaria completando i pozzi secondo il programma tecnico redatto in questo studio.

Una volta installato, l'impianto avrà una propria autonomia sia per l'approvvigionamento di risorse idriche che per i rifornimenti di carburante. L'intero fabbisogno di energia elettrica per le operazioni sarà coperto da generatori diesel- elettrici.

La realizzazione della postazione è stata preceduta da sopralluoghi sul sito scelto per la perforazione, al fine di acquisire informazioni relative a:

- panorama ambientale generale con interventi di mitigazione;
- caratteri territoriali circostanti la postazione;
- geologia e stabilità;
- idrologia ed idraulica;
- approvvigionamento idrico e smaltimento dei rifiuti di perforazione.

Il cantiere si sviluppa attorno a un nucleo centrale costituito dalla testa pozzo e dall'impianto di perforazione, nelle cui immediate vicinanze sono situate (fig. 13 ed elaborato ALL-ATES 05):

- una zona con generatore per la produzione di energia elettrica, a seconda del tipo di impianto;
- una zona destinata alle attrezzature per la preparazione, lo stoccaggio, il trattamento e il pompaggio del fango;

■ una zona con le infrastrutture necessarie alla conduzione delle operazioni e alla manutenzione dei macchinari.

L'area di cantierizzazione il cui perimetro sarà recintato ad hoc per i lavori e la cui disposizione è stata vincolata dalla logistica di superficie si estende di circa 1000 m² (fig. 13 ed elaborato ALL-ATES 05).

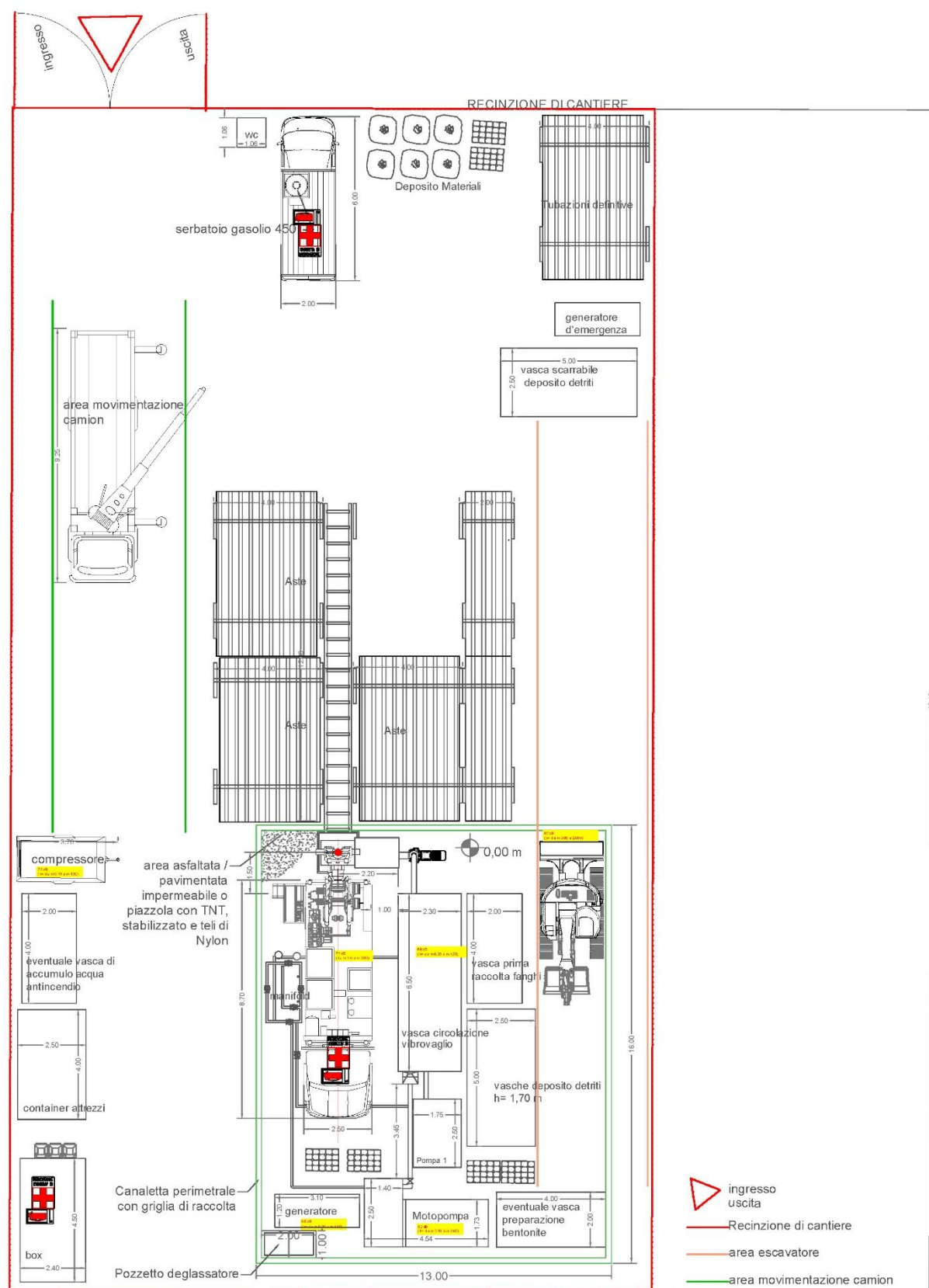


Figura 13 – Stralcio del Layout della planimetria tipo della postazione di sonda con evidenziati i macchinari principali: la macchina di perforazione, i container/serbatoio/vasche di stoccaggio, depositi aste di perforazione ecc...

6.2.1 Preparazione della Postazione

La scelta del sito per il piazzale di perforazione tiene conto di esigenze diverse: quali vincoli ambientali, paesistici, territoriali; particolari esigenze logistico-operative; sicurezza; riduzione al minimo dell'impatto ambientale; prevenzione dei rischi ambientali, idraulici, geologici ed idrogeologici.

Nell'area della postazione vi sono due settori principali: zona dell'impianto di perforazione; zona destinata ad accogliere i bacini di stoccaggio dei rifiuti.

In prossimità del pozzo, sarà realizzata una piazzola che potrà essere realizzata anche in conglomerato bituminoso, con tappeto di usura molto fine o in alternativa potrà essere rialzata in stabilizzato di cava o misto riciclato su teli di tessuto non tessuto ma in questo caso dovrà essere ricoperta da teli di Nylon; i teli di Nylon saranno posizionati sotto la macchina perforatrice e le principali attrezzature con l'apporto anche di eventuali cuscini assorbenti e sepiolite.

Tale piazzola dovrà ospitare la macchina da perforazione, le vasche di circolazione, di prima raccolta dei fanghi e le vasche di deposito dei detriti, il generatore e la motopompa.

Tale area potrà essere circondata da opportuna canale grigliata di raccolta acque meteoriche o eventuali agenti inquinanti quali idrocarburi; oppure la canale potrà essere contornata da salsicciotti assorbenti e dovrà confluire comunque su apposito pozzetto deglassatore.

Dovrà essere realizzato apposito pozzetto deglassatore collegato a fognatura o a successiva vasca di raccolta anche.

Eventuali acque meteoriche e i sedimenti reflui verranno smaltiti previa analisi anche nell'eventualità di essere smaltiti tramite autospurgo in centro di trattamento dedicato previa attribuzione codice CER.

L'allestimento di questa zona prevede i seguenti lavori:

- non si prevedono sbancamenti in quanto la superficie è pianeggiante, di facile accesso e asfaltata.
- per lo stoccaggio dei fluidi di perforazione si prevede l'utilizzo di vasche sospese completamente impermeabilizzate e non in contatto con il terreno (o soluzioni similari impermeabili).
- per l'accesso all'area di cantiere si faccia riferimento alla figura seguente e all'elaborato ALL-ATES 05.

In figura 14 e nell'elaborato ALL-ATES 05 sono riportati gli inserimenti delle postazioni di sonda per i pozzi ATES1 e ATES 2 con evidenziata anche la strada di accesso.



Figura 14 – Stralcio dell'inserimento delle postazioni di sonda su immagine google earth con evidenziata la strada di accesso ed il buffer limite relativo ai 60 dB(A): raggio 70 metri prendendo come centro il punto di perforazione dei pozzi.

Felino 3/04/2026

Dott. Geol. Giulio Torri

