

# Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra collegato alla RTN

## Comune di Uta (CA) – Loc. Macchiareddu

Oggetto:

### 404 – CIV – PIANO DI INDAGINI PRELIMINARE

Proponente:



**DELTA ACQUARIO S.r.l.**

Via mercato n.3, MILANO (MI), 20121  
P.I. 11467110968  
REA MI – 2604782  
PEC deltaacquario@legalmail.it

Progetto sviluppato da Regener8 Power per Canadian Solar



<https://regener8power.com/>

The Surrey Technology Centre,  
The Surrey Research Park, Guildford,  
Surrey, England, GU2 7YG

Relazione specialistica a cura:



**Studio Tecnico Geologico**  
Servizi & Consulenze - Dott. Mario STRINNA

Sede legale: Viale Diaz, 48 - 09125 CAGLIARI - Tel.Fax 070.303083  
Portatile +39 328 7906284 - E-mail mariostrinna@libero.it PEC mariostrinna@epap.sicurezza postale  
web www.mariostrinna.com

Dott. Mario STRINNA



Rev. N.	Data	Descrizione modifiche	Redatto da	Rivisto da	Approvato da
00	03/11/2021	Emissione	Strinna Mario	Adriano Satta	Strinna Mario
Fase progetto: <b>Definitivo</b>					Formato elaborato: <b>A4</b>
Nome File: <b>404_Piano di indagini preliminare</b>					



**COMUNE DI UTA**  
(Prov. di Cagliari Città Metropolitana )

**REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA DA 25 MW - TIPO AD  
INSEGUIMENTO MONOASSIALE AREA INDUSTRIALE DI MACCHIAREDDU  
COMUNE DI UTA (CA)**

**PIANO DI INDAGINE PRELIMINARE**



**Studio Tecnico Geologico**  
Servizi & Consulenze - Dott. Mario STRINNA

**Sede legale** : Viale Diaz, 48 - 09125 CAGLIARI - **Tel.Fax** 070.303083  
**Portatile** +39 328.7906284 - **E-mail** mariostrinna@libero.it **PEC** mariostrinna@epap.sicurezza postale.it  
**web** : www.mariostrinna.com

**Committente:**



DELTA ACQUARIO S.r.l.  
Via mercato n.3, MILANO (MI), 20121  
P.I. 11467110968  
REA MI - 2604782  
PEC deltaacquario@legalmail.it

Progetto sviluppato da Regener8 Power per Canadian Solar  
The Surrey Technology Centre,  
The Surrey Research Park, Guildford, Surrey,  
England, GU2 7YG



**Oggetto:**

RELAZIONE PIANO DI INDAGINE PRELIMINARE

**Data:**

11/2021

**Scala:**

**Geologo [O.R.C. n. 441 - Sez. A]**

Dott. Mario STRINNA

**Collaboratore:**



**Aggiornamenti:**

**Tavola:**

**File:** mario/geologia/2021/impianto fotovoltaico CACIP 25



**COMUNE DI UTA**

(Prov. di Cagliari – Città Metropolitana)

**PIANO DI INDAGINI PRELIMINARI**

**REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA DA 25 MW - TIPO AD  
INSEGUIMENTO MONOASSIALE AREA INDUSTRIALE DI MACCHIAREDDU  
COMUNE DI UTA (CA)**

**COMMITTENTE**



**DELTA ACQUARIO S.r.l.**

Via mercato n.3, MILANO (MI), 20121

P.I. 11467110968

REA MI – 2604782

PEC deltaacquario@legalmail.it

*Progetto sviluppato da Regener8 Power per Canadian Solar*



**TECNICO GEOLOGO** [SEZ. A]

**DOTT. MARIO STRINNA**

La presente relazione non può essere né copiata né riprodotta, anche parzialmente, se non con il consenso del professionista incaricato, previa autorizzazione scritta. Eventuali mancanze saranno punite ai sensi di legge (Art.2578 C.C. - L.22.4.1941 N.6331)

This report can be neither copied nor reproduced, even partially, except with the consent of the professional person in charge, prior written permission. Any deficiencies will be punished according to the law (Art.2578 CC - L.22.4.1941 N.6331)



## INDICE

<b>PIANO DI INDAGINI PRELIMINARI</b> .....	pag. 4
<b>A. PREMESSA</b> .....	pag. 4
<b>B. OBIETTIVI DEL PIANO DI INDAGINE PRELIMINARE</b> .....	pag. 4
<b>C. INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO E GEOGRAFICO</b> .....	pag. 5
<b>D. INQUADRAMENTO CATASTALE</b> .....	pag. 6
<b>E. BREVE DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO</b> .....	pag. 10
<b>F. INQUADRAMENTO URBANISTICO</b> .....	pag. 12
<b>G. INQUADRAMENTO SIN</b> .....	pag. 12
<b>H. VINCOLISTICA</b> .....	pag. 13
H.1 - PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (PGRA) .....	pag. 13
H.2 - PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI) .....	pag. 14
H.3 - PIANO STRALCIO DELLE FASCE FLUVIALI (PSFF) .....	pag. 15
<b>I. PERIMETRAZIONE E DESCRIZIONE DELLE SUB AREE OMOGENEE</b> .....	pag. 16
<b>1. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E SEDIMENTOLOGICHE GENERALI</b> .....	pag. 17
1.1 - Caratteristiche geologiche, geomorfologiche e tettoniche generali .....	pag. 17
1.2 - Contesto geologico dell'area di sedime .....	pag. 25
1.3 - Inquadramento idrologico e idrogeologico generale .....	pag. 27
1.4 - Caratteristiche idrologiche e idrogeologiche del sedime in esame.....	pag. 29
1.4.1 - Caratteristiche morfologiche della falda nell'areale .....	pag. 31
1.5 – Lineamenti climatici generali dell'areale .....	pag. 34
<b>2. PIANO DI INDAGINE AMBIENTALE</b> .....	pag. 36
<b>2.1 - DIMENSIONAMENTO E UBICAZIONE DEI PUNTI DI INDAGINE</b> .....	pag. 36
2.1.1 - SONDAGGI .....	pag. 37
2.1.2 - PIEZOMETRI .....	pag. 37
2.1.3 - TOP SOIL .....	pag. 37
<b>2.2 - MODALITÀ DI ESECUZIONE DEI SONDAGGI E DEI PIEZOMETRI</b> .....	pag. 38
<b>2.3 - PIANO DEI CAMPIONAMENTI</b> .....	pag. 39
2.3.1 - CAMPIONAMENTO DEI TERRENI .....	pag. 39
2.3.2 - TRATTAMENTO .....	pag. 40
2.3.3 - FORMAZIONE DEL CAMPIONE .....	pag. 40
2.3.4 - CONSERVAZIONE, IDENTIFICAZIONE E SPEDIZIONE DEI CAMPIONI .....	pag. 41
2.3.5 - ANALITI DA DETERMINARE .....	pag. 41
2.3.6 - CAMPIONAMENTO DELLE ACQUE .....	pag. 41
2.3.6.1 – SPURGO .....	pag. 42



2.3.6.1.1 - MODALITÀ DI CAMPIONAMENTO .....	pag. 42
<b>2.4 - IDENTIFICAZIONE E CONSERVAZIONE DEI CAMPIONI .....</b>	<b>pag. 43</b>
<b>2.5 - CAMPIONAMENTO TOP SOIL .....</b>	<b>pag. 44</b>
<b>2.6 - PIANO DELLE ANALISI CHIMICO-FISICHE .....</b>	<b>pag. 44</b>
2.6.1 - ANALISI CHIMICHE DELLE MATRICI SOLIDE .....	pag. 44
2.6.2 - ANALISI CHIMICHE DELLE ACQUE DI FALDA .....	pag. 44
2.6.3 - ANALISI CHIMICHE DEL TOP SOIL .....	pag. 45
<b>2.7 - ATTIVITÀ DI CONTROLLO .....</b>	<b>pag. 45</b>
<b>2.8 - ELABORAZIONE ED INTERPRETAZIONE DEI DATI .....</b>	<b>pag. 46</b>

#### **Appendice:**

- Inquadramento geologico (A3) .....	pag. 47
- Carta Permeabilità (A3) .....	pag. 48
- Carta CTR ubicazione indagini ambientali (A3) .....	pag. 49
- Inquadramento aereo ubicazione indagini ambientali (A3) .....	pag. 50
- Inquadramento IGM impianto con isopieze (A3) .....	pag. 51



## A. PREMESSA

In relazione allo studio ambientale e al fine di accertare lo stato di potenziale contaminazione dell'areale su cui dovrà essere realizzato l'impianto fotovoltaico da 25MW, viene redatto il presente Piano di indagini preliminari, stilato ai sensi degli artt. 52 e 53 del D.L. 16 luglio 2020 n. 76.

Il presente Piano di indagini preliminari, di cui al Titolo V parte Quarta del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii. è ubicato nella Zona Industriale di Macchiareddu di competenza del Consorzio Industriale Provinciale di Cagliari (CACIP) e ricadente all'interno del Sito di bonifica di Interesse Nazionale (SIN) del Sulcis-Iglesiente-Guspinese, come perimetrato provvisoriamente dal D.M. 12 Marzo 2003, definito in dettaglio dalla D.G.R. 27/13 del 01 Giugno 2001 e ridefinito con il Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 28 Ottobre 2016.

## B. OBIETTIVI DEL PIANO DI INDAGINE PRELIMINARE

Il presente documento si propone di definire il Piano di indagini finalizzate alla ricostruzione dello stato ambientale del sito (stato di potenziale contaminazione del suolo, del sottosuolo e delle acque sotterranee nel sito).

In seguito all'approvazione del Piano verranno eseguite le indagini previo accordo con gli Enti competenti (ARPAS). Verranno elaborati i risultati a seguito delle indagini eseguite e dei dati storici raccolti e verrà rappresentato lo stato dell'eventuale contaminazione del suolo, del sottosuolo e delle acque sotterranee.

Il D. Lgs. 152/06 prevede inoltre che la "Caratterizzazione Ambientale" sia avviata successivamente all'approvazione da parte delle Autorità Competenti del "Piano di Indagini preliminari" di cui al punto 2 e debba ritenersi conclusa con l'approvazione dell'intero processo sopra riportato nel caso di non superamento delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC), al termine delle attività di cui al punto 5, ed al termine dell'attività di cui al punto 6, qualora si riscontri un superamento delle suddette concentrazioni.

Il Piano di indagini contiene una descrizione dettagliata delle attività che saranno svolte e le specifiche tecniche generali per l'esecuzione delle stesse (procedure di campionamento, le misure di campo, modalità di identificazione, conservazione e trasporto dei campioni, metodiche analitiche, ecc.). Tali specifiche, una volta approvate dalle Autorità Competenti, prima dell'inizio dei lavori, costituiranno il protocollo applicabile per la caratterizzazione del sito.

Gli obiettivi che hanno orientato il Piano di Indagini sono di seguito indicati:



- Verifica dell'esistenza di uno stato di inquinamento di suolo, sottosuolo e acque superficiali e sotterranee; definizione del grado e dell'estensione volumetrica dell'inquinamento;
- Individuazione delle possibili vie di dispersione e migrazione degli inquinanti dalle fonti di contaminazione verso i potenziali recettori;
- Ricostruzione delle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche dell'area al fine di sviluppare il modello concettuale definitivo del sito;
- Individuazione dei parametri necessari a condurre nel dettaglio l'analisi di rischio sito specifica;
- Individuazione dei possibili recettori.

A tal fine verranno definiti:

- l'ubicazione e tipologia delle indagini da svolgere, di tipo diretto, quali sondaggi e piezometri;
- la profondità da raggiungere con le perforazioni, assicurando la protezione degli acquiferi profondi ed evitando il rischio di contaminazione indotta dal campionamento;
- il piano di campionamento di suolo, sottosuolo, acque sotterranee e il piano delle analisi chimico-fisiche;
- le metodologie di restituzione dei risultati.

L'impostazione operativa del piano di indagine segue i criteri dell'allegato 2 e 4, del D.lgs. 152/06, in materia di redazione del Piano di Caratterizzazione.

### **C. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO**

La zona oggetto del presente studio è situata nel territorio comunale di Uta, in località Coccordi, nella zona industriale di Macchiareddu. L'area oggetto del presente intervento è inserita ad Ovest del complesso del CACIP VI<sup>a</sup> strada Ovest. Morfologicamente trattasi di un'area pianeggiante alluvionale (depositi terrigeni continentali di conoide e piana alluvionale) sedimentaria terrazzata [bna → depositi alluvionali terrazzati ghiaiosi con subordinate sabbie (Olocene), a diretto contatto con depositi sempre alluvionali (bb ÷ ba) ma più francamente sabbiosi con subordinati limi e argille e/o ghiaie da medie a grossolane (Olocene). A contorno si rilevano, a partire dalla località Sa Mitza De S'Acqua Bella, depositi Pleistocenici dell'area continentale rappresentati dalla Litofacies nel Subsistema di Portoscuso. Trattasi di ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie. Le pendenze del territorio, variabili da circa 20m s.l.m.m. a circa 11.0m s.l.m.m., risultano minori del 10% degradanti verso il Rio Cixerri a nord.

Corograficamente è inquadrabile nei seguenti Fogli Regionali:

- Foglio **I.G.M.** N. 556 – sez Il quadrante denominato “Assemini” alla scala 1:25.000;



- Foglio **C.T.R.** N. 557-120/160 denominato rispettivamente “Assemini” e “Azienda Agricola Planemesu” alla scala 1:10.000.

Coordinate Km Gauss-Boaga areale sensibile (Fuso 32) progetto impianto CACIP 25

- **X = 1496794.6020 E**
- **Y = 4344335.5000 N**

#### **D. INQUADRAMENTO CATASTALE**

L'area per circa 40he nella disponibilità dei terreni di **Canadian Solar, progetto sviluppato da Regener8 Power per Canadian Solar**, è distinta ai seguenti Fogli e Mappali del Comune di Uta:

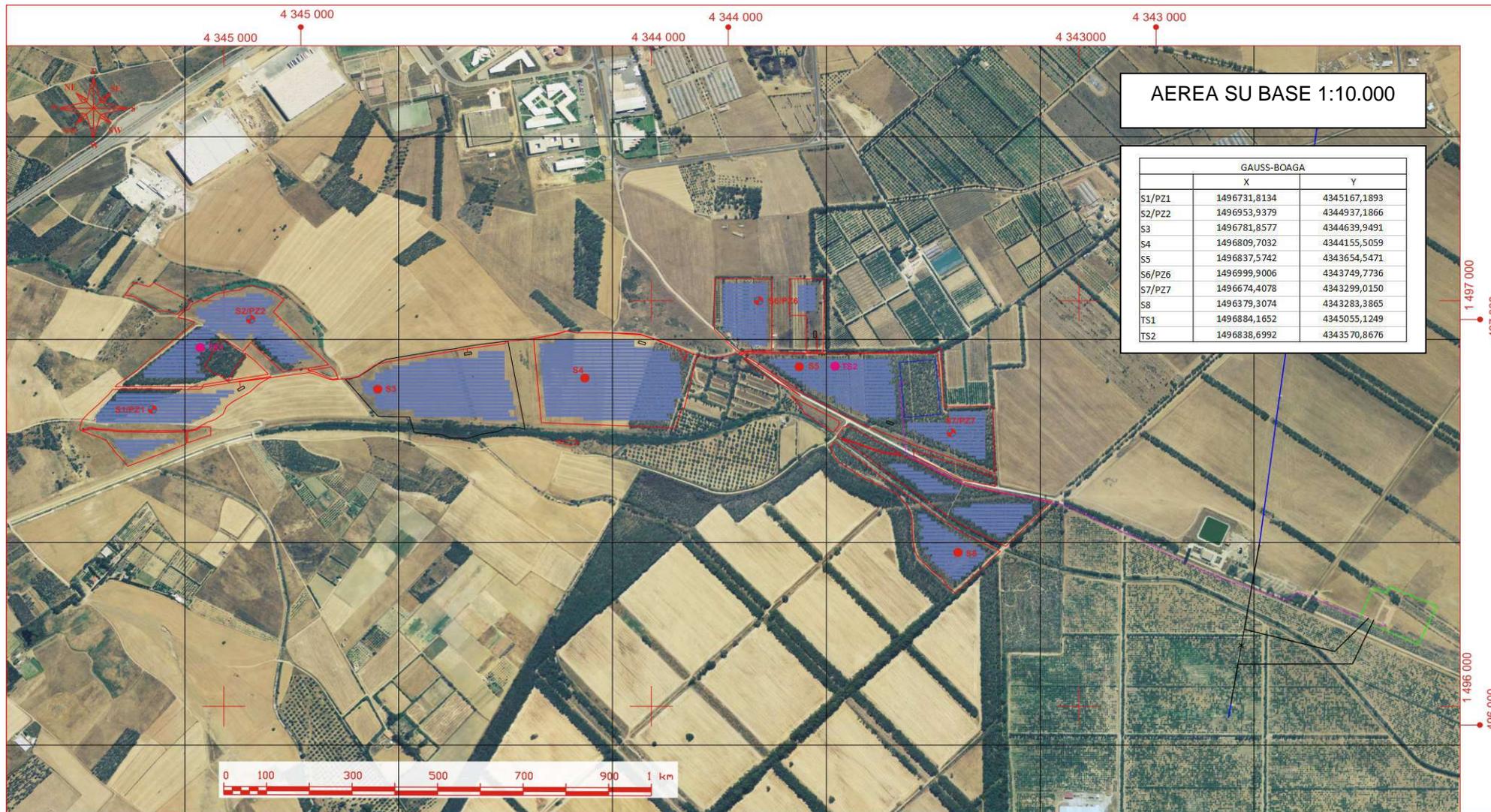
- F. 35 Mapp.li 309, 311, 303, 305, 230, 231, 65;
- F. 37 Mapp.li 590, 592, 1, 271, 36, 5, 595, 593, 276, 597, 599, 600, 602, 277, 6;
- F. 42 Mapp.li 198, 201, 312, 212, 205, 196 (ex 52a), 204 (ex 54b), 208 (ex 55a), 199 (ex 53a)
- F. 43 Mapp.li 382, 380, 270, 388, 115, 116, 272, 274, 276, 243, 267, 269, 384, 74, 244, 386, 204, 41A;
- F. 44 Mapp.li 258, 259, 543, 545, 549, 551, 559, 546, 548, 561, 556, 289, 401, 569, 403, 406, 552, 554, 288, 404



Figura 1 – Inquadramento generale areale mappali di progetto

**Committente:** Canadian Solar Progetto sviluppato da Regener8 Power per Canadian Solar  
**Progetto:** Richiesta di autorizzazione impianto fotovoltaico denominato CACIP 25 in area industriale di Macchiareddu  
**Il Geologo:** Dott. Mario Strinna ORG 441 sez. A

**Piano indagini preliminare**



AEREA SU BASE 1:10.000

GAUSS-BOAGA		
	X	Y
S1/PZ1	1496731,8134	4345167,1893
S2/PZ2	1496953,9379	4344937,1866
S3	1496781,8577	4344639,9491
S4	1496809,7032	4344155,5059
S5	1496837,5742	4343654,5471
S6/PZ6	1496999,9006	4343749,7736
S7/PZ7	1496674,4078	4343299,0150
S8	1496379,3074	4343283,3865
TS1	1496884,1652	4345055,1249
TS2	1496838,6992	4343570,8676

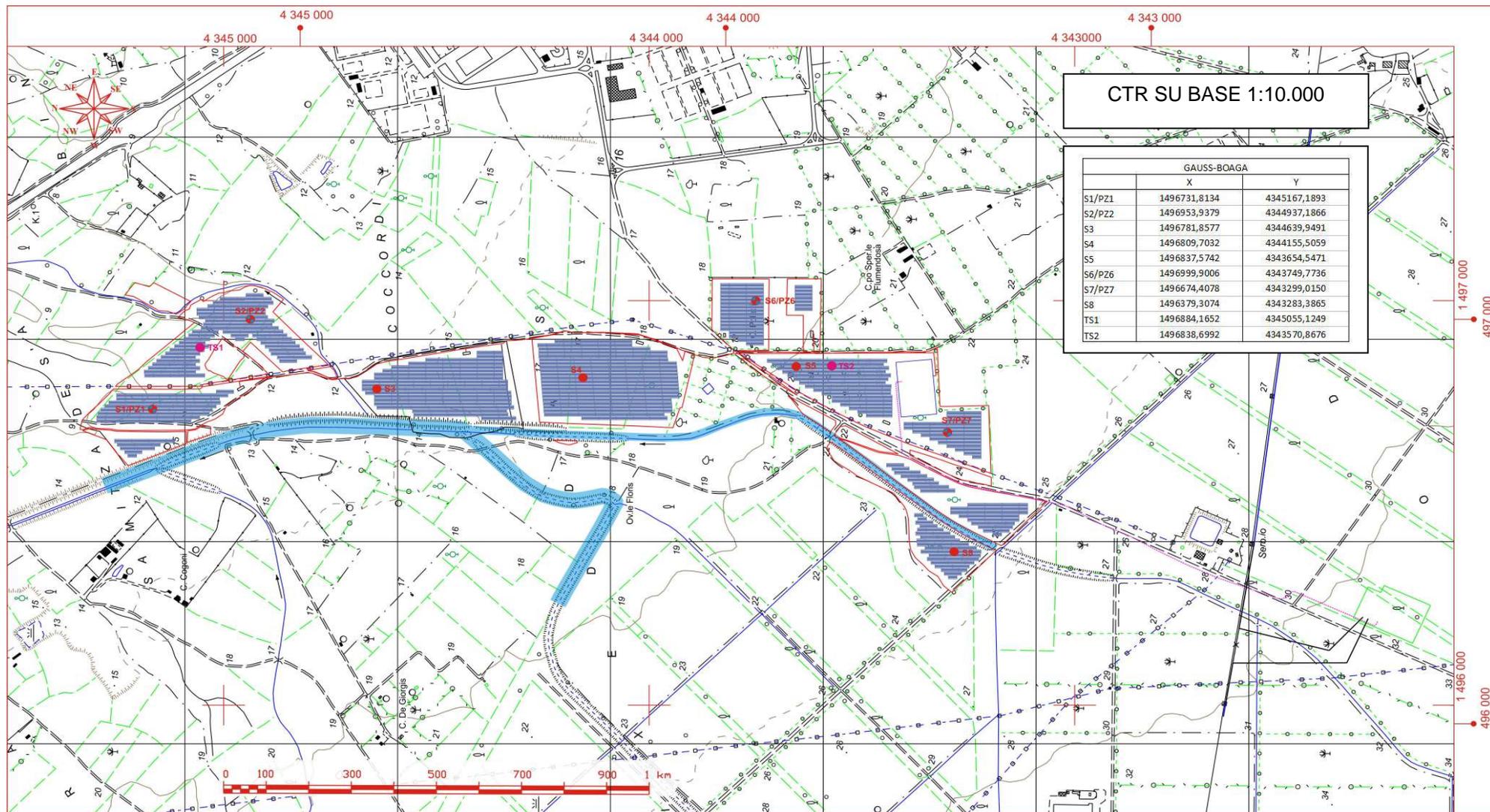
- S3 - S4 - S5 - S8  
Sondaggi geognostici a secco
- S1/PZ1, S2/PZ2, S6/PZ6, S7/PZ7  
Sondaggi geognostici da attrezzare a piezometro
- TS1 - TS2 \_Campionamento Top Soil  
Campionamento Top Soil



Viale Diaz n. 48 09125 Cagliari T/F 070.303083 Portatile +39 328.7906284  
 Assicurazione professionale (LLOYD'S) geologi certificato n. GK20B0201B3384A-LB

**Committente:** Canadian Solar Progetto sviluppato da Regener8 Power per Canadian Solar  
**Progetto:** Richiesta di autorizzazione impianto fotovoltaico denominato CACIP 25 in area industriale di Macchiareddu  
**Il Geologo:** Dott. Mario Strinna ORG 441 sez. A

**Piano indagini preliminare**



**CTR SU BASE 1:10.000**

GAUSS-BOAGA		
	X	Y
S1/PZ1	1496731,8134	4345167,1893
S2/PZ2	1496953,9379	4344937,1866
S3	1496781,8577	4344639,9491
S4	1496809,7032	4344155,5059
S5	1496837,5742	4343654,5471
S6/PZ6	1496999,9006	4343749,7736
S7/PZ7	1496674,4078	4343299,0150
S8	1496379,3074	4343283,3865
TS1	1496884,1652	4345055,1249
TS2	1496838,6992	4343570,8676

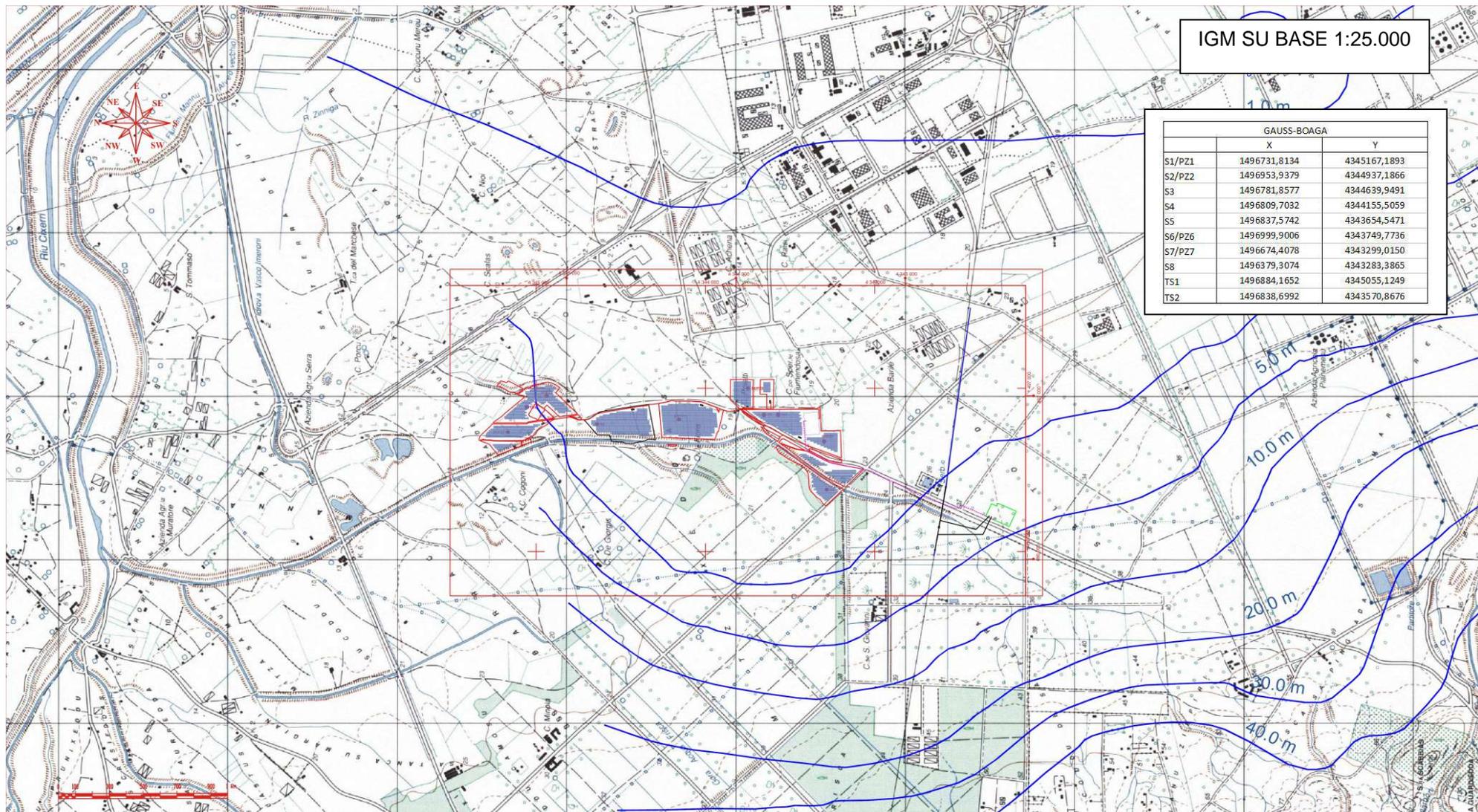
- S3 - S4 - S5 - S8  
 Sondaggi geognostici a secco
- S1/PZ1, S2/PZ2, S6/PZ6, S7/PZ7  
 Sondaggi geognostici da attrezzare a piezometro
- TS1 - TS2\_Campionamento Top Soil  
 Campionamento Top Soil



Viale Diaz n. 48 09125 Cagliari T/F 070.303083 Portatile +39 328.7906284  
 Assicurazione professionale (LLOYD'S) geologi certificato n. GK20B0201B3384A-LB

**Committente:** Canadian Solar Progetto sviluppato da Regener8 Power per Canadian Solar  
**Progetto:** Richiesta di autorizzazione impianto fotovoltaico denominato CACIP 25 in area industriale di Macchiareddu  
**Il Geologo:** Dott. Mario Strinna ORG 441 sez. A

**Piano indagini preliminare**



IGM SU BASE 1:25.000

	GAUSS-BOAGA	
	X	Y
S1/PZ1	1496731,8134	4345167,1893
S2/PZ2	1496953,9379	4344937,1866
S3	1496781,8577	4344639,9491
S4	1496809,7032	4344155,5059
S5	1496837,5742	4343654,5471
S6/PZ6	1496999,9006	4343749,7736
S7/PZ7	1496674,4078	4343299,0150
S8	1496379,3074	4343283,3865
TS1	1496884,1652	4345055,1249
TS2	1496838,6992	4343570,8676

● S3 - S4 - S5 - S8  
Sondaggi geognostici a secco

● S1/PZ1, S2/PZ2, S6/PZ6, S7/PZ7  
Sondaggi geognostici da attrezzare a piezometro

● TS1 - TS2\_Campionamento Top Soil  
Campionamento Top Soil



## E. BREVE DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'area interessata è ubicata in comune di Uta in Zona Industriale e dista circa 14 km dall'aeroporto di Cagliari-Elmas. È identificabile nello stralcio cartografico regionale CTR - IGM a scala 1:10.000 - 1:25 000. La morfologia del terreno si presenta prevalentemente pianeggiante. Attualmente l'area è adibita ad uso agricolo, con coltivazioni semplici e specializzate. L'area circostante è caratterizzata dalla presenza di terreni anch'essi coltivati e da capannoni industriali.

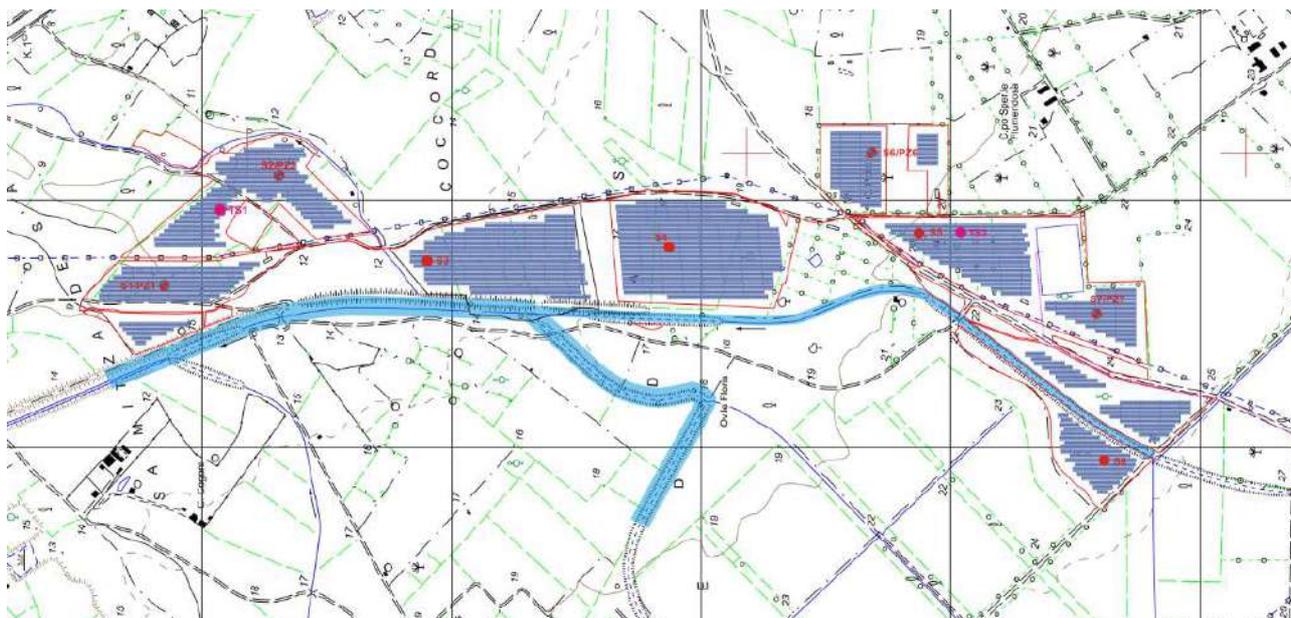


Figura 2 – Planimetrica generale impianto fotovoltaico CACIP 25

Con la realizzazione dell'impianto di potenza complessiva DC 25,29 MW (potenza totale AC in immissione 24,15 MWac), si intende ottenere una produzione energetica consistente nel polo industriale di Macchiareddu mediante l'utilizzo di una fonte energetica rinnovabile, il Sole. Il fine è quello di agire in linea con le direttive del Piano Energetico Ambientale Regione Sardegna (PEARS), che da alcuni anni detta le linee strategiche e gli obiettivi per ottimizzare il sistema energetico sardo, promuovendo sistemi che funzionino grazie ad una gestione intelligente e un uso efficiente dell'energia.

Il ricorso alla produzione energetica fotovoltaica nasce dall'esigenza di coniugare:

- tutela ambientale;
- inquinamento acustico inesistente;
- risparmio di combustibile fossile;
- produzione di energia elettrica senza emissioni di sostanze inquinanti.

A causa dei cambiamenti climatici dovuti alle emissioni di CO<sub>2</sub>, produrre energia da fonti rinnovabili è ormai una necessità; tema che è stato affrontato nella Conferenza sul clima di Parigi

nel dicembre 2015 (Accordo di Parigi), durante il quale 195 Paesi hanno adottato il primo accordo universale e giuridicamente vincolante sul clima mondiale. L'accordo definisce un piano d'azione, inteso a dettare dei principi generali per il mondo intero così da evitare cambiamenti climatici pericolosi e limitare il riscaldamento globale ben al di sotto dei 2°C.

L'intervento da parte delle imprese e dei privati è stato stimolato grazie anche ai numerosi incentivi assegnati ai progetti per gli impianti di produzione di energia elettrica mediante fonti rinnovabili. Tra questi, il recentissimo Decreto FER 1, pubblicato il 9 Agosto 2019 sulla Gazzetta Ufficiale il DM 4 Luglio 2019, che introduce nuovi meccanismi d'incentivazione per gli impianti fotovoltaici:

- di nuova costruzione, integralmente ricostruiti e riattivati, di potenza inferiore a 1 MW e superiore a 20 kW;
- oggetto di interventi di potenziamento qualora la differenza tra la potenza dopo l'intervento e la potenza prima dell'intervento sia inferiore a 1 MW;
- oggetto di rifacimento di potenza inferiore a 1 MW.

Sulla base delle indicazioni del Piano Paesaggistico Regionale della Sardegna e del Piano Energetico Ambientale (il PEARS, che persegue obiettivi di carattere energetico, socio-economico e ambientale) si sono individuate nelle aree industriali di Macchiareddu le superfici dove ubicare prioritariamente l'impianto fotovoltaico in base alla loro destinazione d'uso e alla natura delle stesse. Per la scelta del sito si sono perseguiti criteri in coerenza con le prescrizioni normative regionali e nazionali. Essenzialmente si è proceduto tramite:

- l'individuazione di zone del territorio non ricadenti in aree di particolare rilevanza paesaggistico-ambientale;
- l'individuazione di zone posizionate a debita distanza da siti di interesse, beni paesaggistici e centri abitati;
- la verifica delle condizioni orografiche del terreno, per l'installazione dell'impianto tramite le sue strutture a tracker, e del territorio circostante, per evitare ombreggiamenti e di conseguenza riduzioni di rendimento; assolutamente da evitare le ombre parziali, poiché provocano perdite di potenza proporzionalmente molto più alte della superficie all'ombra, occorre perciò verificare anche la presenza di vegetazione e misurarne le rispettive distanze.

I terreni risultano classificati in zona D e in parte in viabilità e fasce di rispetto stradale. Il polo industriale di Macchiareddu si estende su 8.242,03 ettari ed è occupato da grandi, piccole e medie industrie e attività di servizio alla produzione, posizionato su una piana posta di fronte alla città di Cagliari, servito dal suo porto industriale e dotato di una rete viaria interna di circa 35 km.



Appare evidente che allo stato attuale le risorse naturali del sito risultano in parte compromesse e comunque fortemente antropizzate.

In ogni caso, la realizzazione dell'opera non richiede al territorio particolari apporti significativi in termini di materiali, energia o altre risorse e neanche apporti idrici o qualunque utilizzo di risorsa non rinnovabile, in quanto l'impianto prevede il fissaggio delle strutture di sostegno dei pannelli direttamente nel suolo senza opere edilizie e senza getti in calcestruzzo per cui una volta smantellato, il terreno ritornerà allo stato primitivo senza subire alterazioni permanenti.

Il terreno non risente della presenza dell'impianto perché non vi è nessun contatto diretto del suolo con i moduli che si trovano staccati da terra.

Inoltre non vi è la necessità di modificare la morfologia attuale dell'area tramite livellamenti in quanto si ha già una predisposizione naturale per un buon posizionamento dell'impianto.

Il suolo verrà occupato solamente per la durata di vita dell'impianto stimata circa di 30 anni. Successivamente il terreno sarà ripristinato come in partenza, grazie all'uso di fondazioni facilmente sfilabili che permetteranno una totale reversibilità dell'intervento.

L'area occupata dall'impianto fotovoltaico sarà il 40% della superficie totale; la parte non occupata verrà mantenuta a terreno libero.

L'unica risorsa naturale effettivamente utilizzata è quella solare, fonte inesauribile di energia, che non comporta modifiche alle caratteristiche ambientali del sito.

## **F. INQUADRAMENTO URBANISTICO**

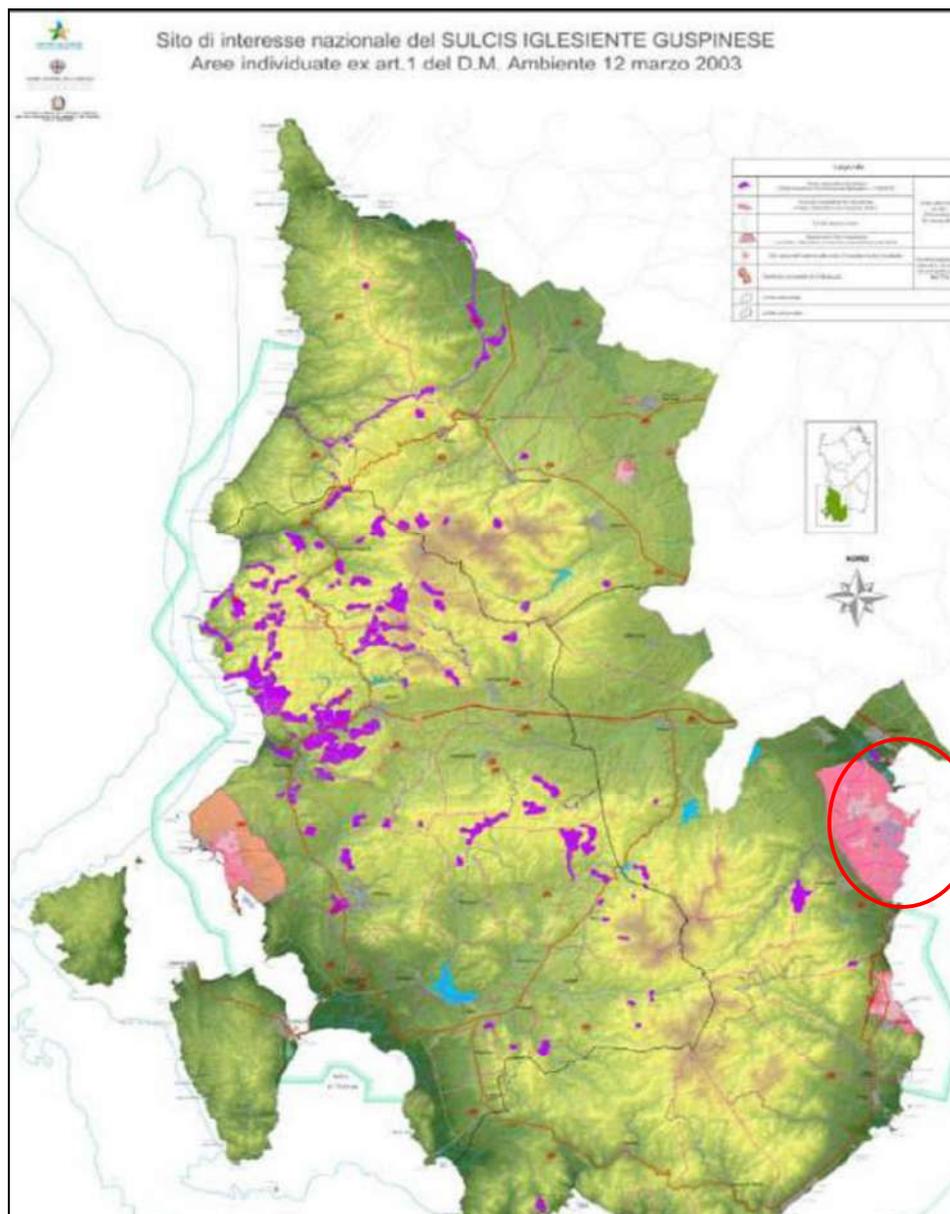
Dal punto di vista urbanistico l'area di interesse ricade in zona omogenea D1 – insediamenti produttivi.

L'area di Macchiareddu (D1) costituisce una zona di agglomerazione industriale che si estende su un'area di 8.242 ha, destinata a grandi, piccole e medie industrie e attività di servizio alla produzione. L'area produttiva e industriale è regolata dal Piano Regolatore Territoriale dell'area di sviluppo industriale di Cagliari (CACIP).

## **G. INQUADRAMENTO SIN**

Alla data di predisposizione del presente documento, è efficace la più recente delimitazione di cui alla D.G.R. 27/13 del 1 giugno 2011, che sancisce l'approvazione definitiva della sub perimetrazione di dettaglio operata dalla RAS





## H. VINCOLISTICA

Dall'analisi della cartografia allegata al Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) e del PSFF della Regione Autonoma della Sardegna risulta che l'area consortile ricade nel Sub-Bacino n.7 "Flumendosa Campidano Cixerri". Nello specifico l'area di interesse si colloca in sponda destra del Rio Cixerri.

### H.1 - PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (PGRA)

In ordine agli scenari di rischio introdotti dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 1 del 11/12/2018, l'area di interesse non interseca alcuno scenario, pertanto non risulta sottoposta al relativo regime di tutela.

Sulla base di quanto disposto dalla normativa P.A.I per il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Sardegna "Allegato E/F" (criteri per la predisposizione degli studi di compatibilità idraulica e geologica-geotecnica di cui agli articoli 24/25 delle norme di attuazione del PAI Titolo III cap. I), si è proceduto a verificare se nell'area è presente questo tipo di vincolo. Dall'osservazione diretta della perimetrazione Regionale delle aree a pericolosità idraulica e frana (Hi e Hg), il cui bacino di riferimento è il n. 07\_Flumendosa-Campidano-Cixerri, si evince che il nostro sito, interessato dagli interventi per la realizzazione di un parco Fotovoltaico, non è interessato da pericolosità idraulica e/o da frana secondo quanto disposto dagli artt. 23-24-25 delle norme di Attuazione del P.A.I. Come si può osservare nella figura 1 (Art. 8) e 2 (PSFF) la pericolosità idraulica ricade a N/ENE.

## H.2 - PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)

Il PAI, redatto ai sensi della Legge n. 183/1989 e del Decreto Legge n. 180/1998, con le relative fonti normative di conversione, modifica e integrazione, costituisce il documento di sintesi delle azioni promulgate dalla PA e dagli Enti competenti nell'ambito della prevenzione del rischio idrogeologico, finalizzate alla difesa, salvaguardia e corretto sfruttamento del territorio.

Tale strumento, ha la finalità di garantire adeguati livelli di sicurezza di fronte al verificarsi di eventi idrogeologici e tutelare quindi le attività umane, i beni economici ed il patrimonio ambientale e culturale esposti a potenziali danni. In ultima analisi è lo strumento attraverso il quale si deve evitare la creazione di nuove situazioni di rischio, rendendo compatibili gli usi attuali o programmati del territorio e delle risorse con le situazioni di pericolosità idraulica e da frana individuate. Il settore oggetto di studio non risulta ricompreso tra le aree perimetrate e caratterizzate da un livello di pericolosità idraulica Hi o pericolosità Geomorfologia Hg. Secondo la cartografia del PSFF le aree inondabili sono localizzate in corrispondenza del Riu Mannu.



Figura 3 - Perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità idraulica mappate a seguito di studi derivanti dall'applicazione dell'Art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del P.A.I. aggiornate alla data del 31/01/2018.

### H.3 - PIANO STRALCIO DELLE FASCE FLUVIALI (PSFF)

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF), redatto ai sensi dell'art. 17 comma 6 della legge 19 maggio 1989 n. 183, quale Piano Stralcio del Piano di Bacino Regionale relativo ai settori funzionali individuati dall'art. 17, comma 3 della L. 18 maggio 1989 n. 183, ha valore di Piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico.

Esso costituisce un approfondimento ed una integrazione necessaria al Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) in quanto è lo strumento per la delimitazione delle regioni fluviali funzionale a consentire il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali. Sull'area oggetto di studio non insistono le perimetrazioni delle aree di pericolosità idraulica del PSFF.



**Figura 4 - Perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità idraulica mappate in ambito P.S.F.F. aggiornate alla data del 17.12.2015.**



**Figura 5**

Nello specifico, la zona in cui dovrà realizzarsi l'intervento ricade all'interno della fascia di prima salvaguardia stabilita dall'art 30 ter delle NTA del PAI, come meglio specificato nell'immagine di fig. 3.

A seguito dello studio idrologico e idraulico redatto in applicazione dell'art.30 ter è risultato che l'area di intervento non risulta essere interessata da nessun fenomeno di allagamento relativo agli eventi di piena

considerati, che sono quelli stabiliti dal PAI (Tr 50, 100,200 e 500 anni).

## I. PERIMETRAZIONE E DESCRIZIONE DELLE SUB AREE OMOGENEE

Sulla base della perimetrazione dell'agglomerato industriale in zone omogenee, nello specifico diviso in 8 comparti, la nostra area ricade nel Comparto 1 "Aree a destinazione industriale contraddistinte da storico utilizzo agricolo". Tale comparto, con un'estensione pari a circa 2.043 ha e, sotto il profilo insediativo e delle condizioni d'uso, è caratterizzato da un uso del suolo prevalentemente agricolo, segnato dalla presenza di centrali energetiche da fonte rinnovabile, contraddistinto da processi che, ancorché meno problematici rispetto ad altre realtà produttive insediate in area CACIP, possono comunque incidere sulla qualità ambientale.

I dati disponibili per quest'area non evidenziano, per i terreni, eccedenze delle CSC per i seguenti parametri: As, Co, Pb, Cu, Idrocarburi C>12, Idrocarburi C<12. Per le acque, invece, sono evidenziati superamenti delle CSC per cinque elementi: Al, Fe, Mn, nitriti; benzo (a) antracene (quest'ultimo al limite della CSC)

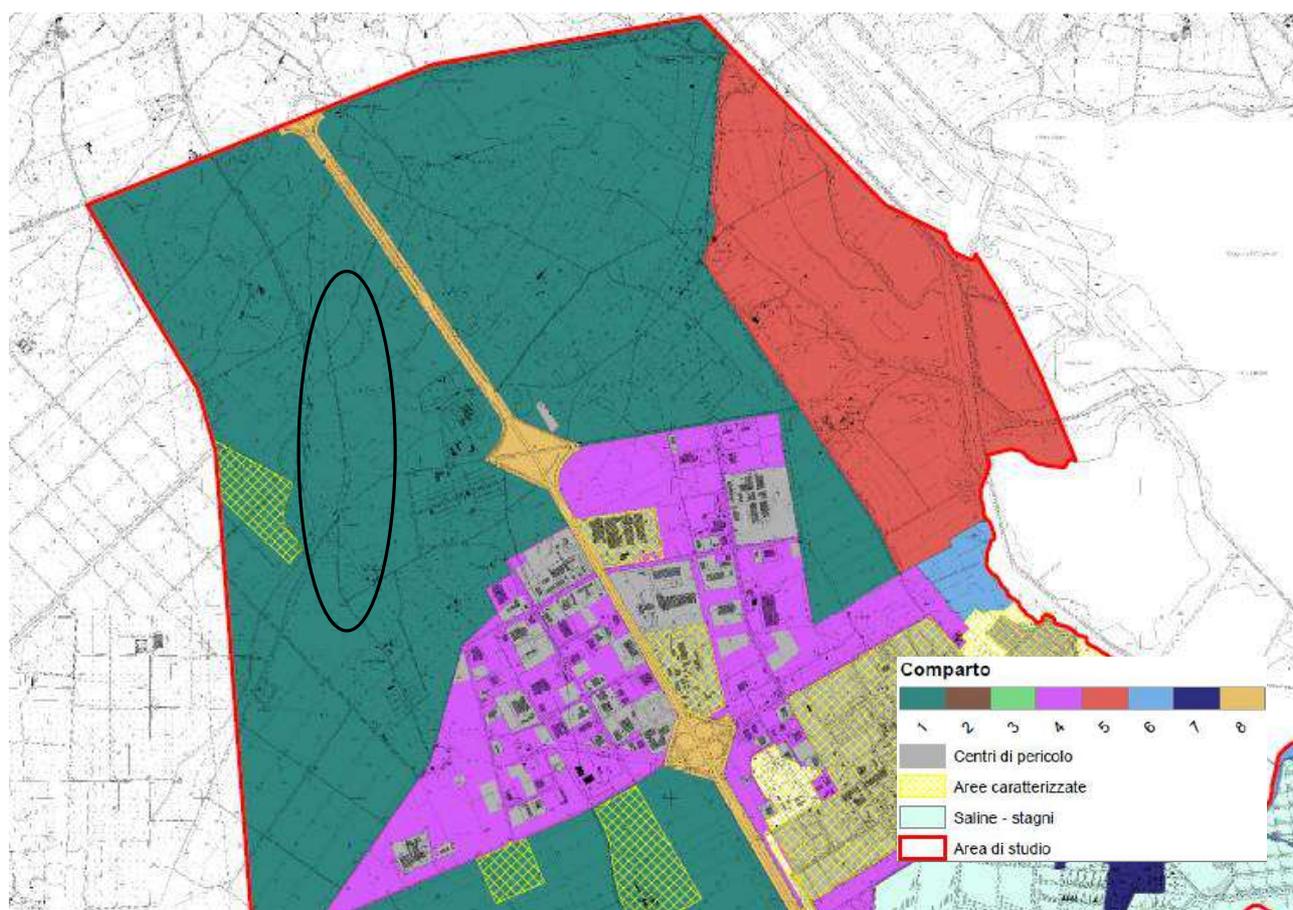


Figura 6 – Stralcio della Perimetrazione delle sub-aree omogenee (Comparti)

## 1. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E SEDIMENTOLOGICHE GENERALI

### 1.1 - Caratteristiche geologiche, geomorfologiche e tettoniche generali

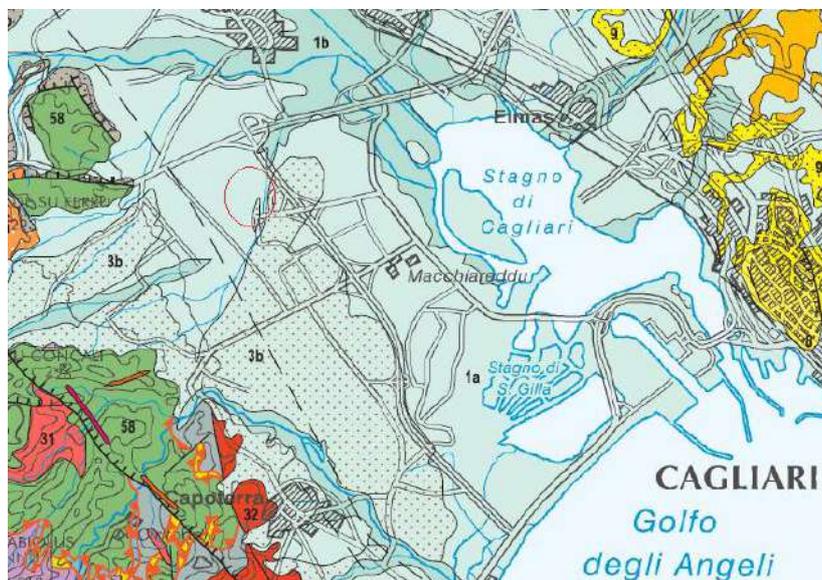
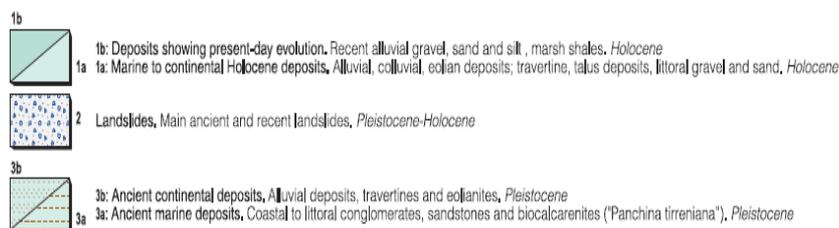


Figura 7 - Geological Map of Sardinia – Carmignani et alrii – 2015



L'area in esame ricade nel settore sud-occidentale della fossa tettonica del Campidano, una zona morfologicamente pianeggiante, che degrada dolcemente dalle pendici orientali dei rilievi paleozoici del Sulcis, verso lo Stagno di Cagliari a est, e verso il mare a sud.

La caratteristica peculiare dell'area, estendentesi tra il limite geomorfologico della fossa tettonica del Cixerri, a sviluppo EW, e la fossa Campidanese, a sviluppo NW-SE, è data dalla presenza, di una pianura alluvionale deltizia, solcata a nord dal Rio Cixerri e a sud dal Rio

Santa Lucia. L'attuale configurazione geomorfologica complessiva evidenzia un prevalere dei processi endogeni, sia tettonici sia vulcanici, sui fenomeni esogeni di erosione e accumulo, che hanno modificato solo parzialmente l'aspetto originario del territorio, come testimonia la presenza di conoidi alluvionali e depositi pedemontani che raccordano i rilievi alla pianura. Il differente rapporto tra le componenti geologico-litologiche e tettoniche e la loro influenza nei processi geomorfici, ha permesso di suddividere l'area d'insieme in settori, ognuno dei quali è caratterizzato da forme di rilievo distintive. Nel settore Nord occidentale, collinare, predominano i piccoli horst bordati, nelle zone di raccordo morfologico, da faglie dirette al contatto tra le formazioni terziarie e il complesso scistoso-metamorfico paleozoico, ritenuto di età ordoviciano e comunemente noto nella letteratura geologica come Post-gotlandiano. Si tratta di una serie di colline, allineate in direzione NW-SE, costituenti una sorta di sbarramento naturale tra la piana del Cixerri e la pianura del Campidano denominato "soglia di Siliqua", caratterizzato da faglie dirette appartenenti a diversi sistemi. Il contatto tra il basamento Paleozoico con i sedimenti

paleogenici e con le vulcaniti oligo-mioceniche, costituenti il domo andesitico di P.ta de su Ferru - P.ta de sa Domu è di tipo tettonico.

Il settore W-SW è caratterizzato da rilievi montuoso-collinari costituiti da rocce cristalline sia metamorfiche sia granitiche, rappresentanti la propaggine più orientale del M.te Arcosu, con

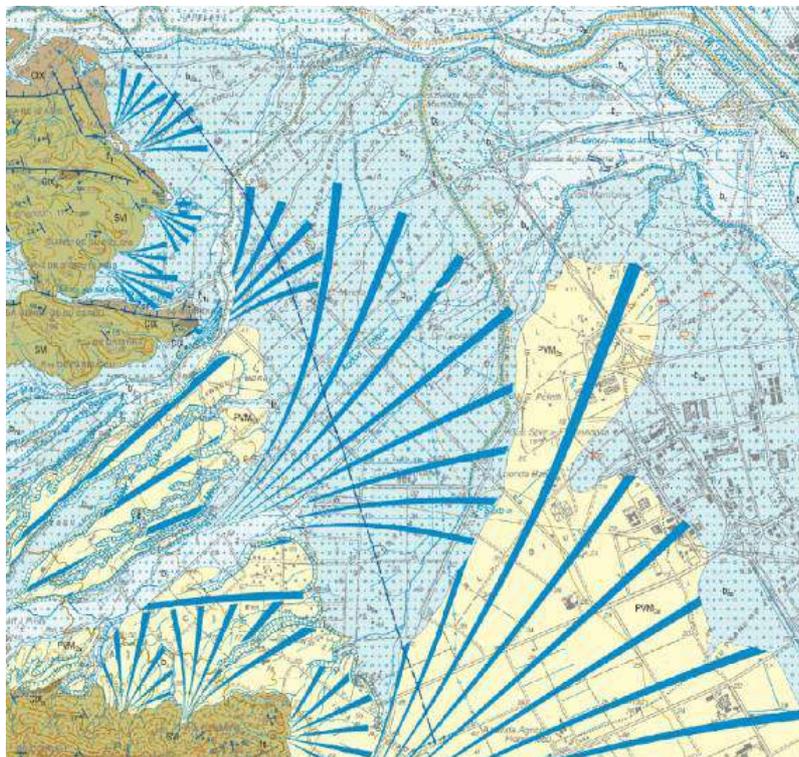


Figura 8 – Estratto da Inquadramento geologico [Fonte ISPRA 1:50.000]

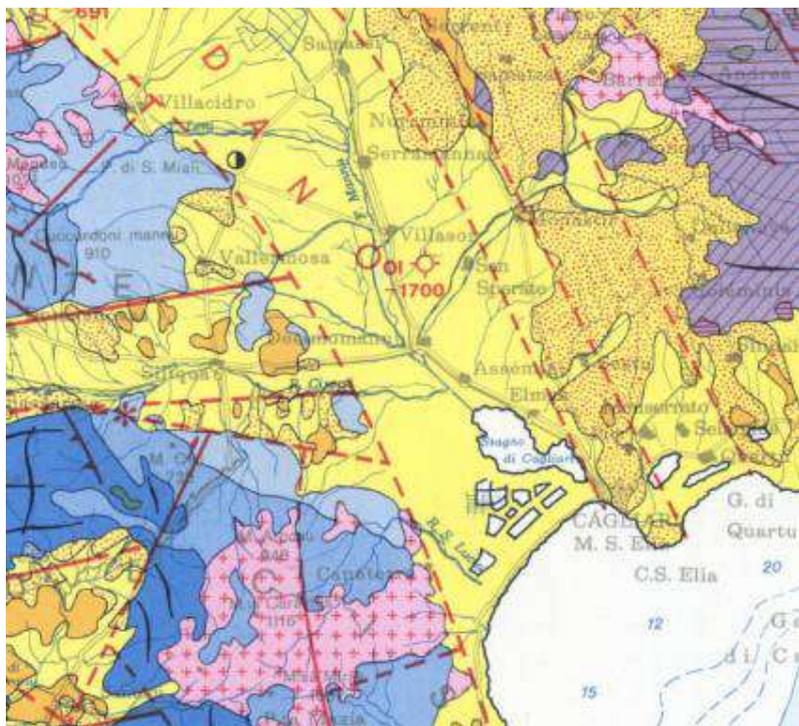


Figura 9 – Estratto da Carta strutturale della Sardegna 1:500.000

forme differenziate, da accidentate sino ad arrotondate, in base ai tipi litologici affioranti.

La piana di Capoterra-Uta, originata dalla colmata sedimentaria del Graben Campidanese formatosi nel Pliocene medio-superiore (Cherchi et al., 1978) e sovrapposto al più grande Rift Sardo, è caratterizzato da depositi di alluvioni antiche terrazzate, ben costipate e ferrettizzate, delle grandi conoidi del Rio Cixerri e del Rio S. Lucia e da alluvioni recenti; è il risultato della continua azione geomorfica dei corsi d'acqua e degli agenti esogeni che hanno eroso i rilievi ai bordi del graben e allontanato dai versanti i materiali dando origine alla pianura alluvionale che si estende sino al Rio Cixerri. Depositi alluvio-colluviali, che ricoprono generalmente la Formazione del Cixerri e il contatto di quest'ultima con il Paleozoico, piccoli con alluvionali alternati alle falde di detrito al piede dei versanti, occupano le aree pedemontane, in particolare fungono da raccordo tra

la propaggine montuoso-collinare di M.te Arcosu, le colline di P.ta De Su Ferru - P.ta De Sa Domu, P.ta de Parroccu, P.ta de Cristina, Sa Guardia, e la pianura.

L'antica impostazione stratigrafico-strutturale del territorio, essendo situato dove la fossa del Cixerri s'innesta mediante la soglia di Siliqua alla fossa del Campidano, è dovuta principalmente alla tettonica terziaria distensiva Oligo-Miocenica (formazione del Rift Sardo; Cherchi e Montadert, 1982) e Plio-Pleistocenica (Graben del campidano; Casula, A. Cherchi, 2001) ed ai relativi episodi vulcanici concomitanti l'orogenesi alpina. Sono comunque evidenti i segni della tettonica compressiva antecedente; infatti, l'intera area sarda è stata interessata da due grandi movimenti orogenetici: quello caledoniano (Cambrico-Silurico) e quello ercinico (Permo-Carbonifero), che hanno interessato potenti successioni terrigene preesistenti. All'orogenesi ercinica è dovuta inoltre la messa in un posto dei graniti. La formazione della serie Cambriana autoctona, la falda di ricoprimento scistoso-metamorfica ordoviciana, unitamente alla presenza di cornubianiti, nel settore sud occidentale testimonia gli effetti plicativi e il metamorfismo termico subito dai sedimenti arenaceo-argillosi ordoviciani, in seguito alla messa in posto dei graniti, durante l'orogenesi ercinica. In quest'area è evidente il contatto tra granito e/o sedimenti metamorfosati dell'ordoviciano e/o le metamorfite autoctone.

Il versante occidentale della pianura alluvionale, è caratterizzato oltre che da una faglia d'importanza regionale, con direzione NW-SE, che determina una brusca rottura di pendio, tra i rilievi cristallini paleozoici e la piana, da diversi sistemi di faglie, originatisi dai movimenti tettonici distensivi oligo-miocenici, concomitanti al distacco del blocco Sardo-Corso dal margine provenzale europeo. Le faglie subverticali che mettono a contatto il basamento Paleozoico con la formazione del Cixerri o con le vulcaniti, esempi tipici di tettonica sovrimposta, hanno direzioni prevalentemente NW- SE e NE-SW e subordinatamente Ovest-Est Nord-Sud. Attualmente, non è stata verificata l'antecedenza di un sistema o di un reticolato sull'altro.

La storia geologica di questa regione è testimoniata da affioramenti costituiti da litotipi metamorfici, vulcanici e sedimentari, ascrivibili al Paleozoico, al Terziario e al Quaternario.

Durante la "Fase Sarda" dell'orogenesi caledoniana (Ordoviciano medio), l'area del Sulcis fu sottoposta a una fase compressiva, in cui la potente serie sedimentaria Cambro-Ordoviciana è stata intensamente deformata, piegata, sollevata e parzialmente erosa dagli agenti esogeni. Con l'Orogenesi Ercinica (Cocozza et al., 1974) le coperture sedimentarie paleozoiche, per effetto di fasi compressive, assunsero una struttura a falde di ricoprimento e subirono deformazioni di alto e basso grado che originarono facies metamorfiche, assumendo tessitura scistosa. Oltre allo sconvolgimento dell'antico assetto fisiografico della Sardegna, le fasi della tettonica ercinica

determinarono l'intrusione dei plutoni calcoalcalini lungo le faglie (trascorrenti e dirette) e la conseguente genesi del batolite granitico (Bralia et al., 1981).

L'evoluzione post-collisionale della catena ercinica è caratterizzata da una lunga fase continentale, che si protrae fino al Trias inferiore, in cui i rilievi ercinici vengono fortemente erosi con conseguente formazione di vaste zone a penepiano (Cocozza et al., op. cit.). Nel Mesozoico la Sardegna è stata interessata parzialmente da una progressiva trasgressione marina, che però, non è riuscita a sommergerla completamente, se non durante qualche breve periodo, seguita da una lunga fase di continentalità, nel Cretaceo, destinata a esumare almeno in parte il vecchio penepiano permiano. Per tale motivo affioramenti attribuibili al Mesozoico sono assenti. Durante l'Oligocene, l'intensa fase tettonica, conseguente alla collisione tra la placca africana ed europea e quindi al ciclo orogenetico alpino (Tapponier, 1977), risulta responsabile del distacco del blocco Sardo-Corso dal continente europeo e della sua rotazione antioraria, attraverso i quali la Sardegna ha raggiunto, nel Burdigaliano Medio, l'attuale posizione di isolamento nel Mediterraneo (Letouzey, 1982; Cherchi e Tremolieres, 1984).

In tale situazione, la Formazione del Cixerri, assume notevole importanza sia dal punto di vista paleogeografico che strutturale, sia perché rappresenta il prodotto dell'ultima sedimentazione continentale prima della deriva della microplacca sardo-corsa nel Mediterraneo Occidentale, sia perché alla stessa sono stati attribuiti i soli depositi continentali paleogenici sicuramente pre-vulcanici (Cherchi, 1985). Infatti, è stata riferita all'Eocene Medio-Oligocene Inferiore-Medio (Maxia, 1959; Pecorini e Pomesano Cherchi, 1969). Gli ambienti deposizionali sono essenzialmente continentali, con prevalenti facies fluvio-deltizie ed episodi lacustri e lagunari, il cui spessore medio è stato valutato attorno ai 200 m, con massimi che superano anche i 300 m (Barca & Palmerini, 1973).

I movimenti tettonici distensivi oligo-miocenici, determinano ripetute dislocazioni per frattura, che smembrano il basamento paleozoico sardo in un insieme di blocchi rialzati e ribassati fra loro, originando una grande fossa tettonica o "Rift Sardo" (Vardabasso, 1963), estesa longitudinalmente dal Golfo dell'Asinara al Golfo degli Angeli. Alla stessa è associato lo sviluppo di un vulcanismo calco-alcalino, suddiviso in cicli di attività alterna, con prodotti prevalentemente andesitici, presenti nella fascia centrale dell'Isola, dal Sassarese fino al Campidano e nel Basso Sulcis. L'ingressione marina Oligo-Miocenica, associata alle prime manifestazioni vulcaniche calco-alcaline (Coulon et al. 1974; Savelli, 1975), è iniziata dall'Oligocene superiore, su di un substrato tettonizzato, costituito da sedimenti continentali paleogenici (Formazione del Cixerri, Pecorini & Pomesano Cherchi, 1969) e localmente da terreni paleozoici; ancora oggi, nel Campidano meridionale è ben osservabile la linea di costa lungo la quale la serie miocenica è

prevalentemente conglomeratico - paleogenica. Tuttavia, il Miocene si contraddistingue per una sedimentazione a carattere trasgressivo, tipica di ambiente marino profondo, che ha lasciato una sequenza continua di depositi costituiti per lo più da sedimenti marnoso-arenacei e calcarei, per una potenza totale di circa 1000 m di sedimenti. La dinamica estensionale Plio-Quaternaria che ha interessato la Sardegna e il Tirreno nel Plio-Pleistocene è responsabile della genesi del Graben Campidanese. La formazione della nuova fossa, associata a un ampio sistema di faglie crostali estensionali, non ha fatto altro che innescare movimenti verticali nel settore meridionale del Rift Sardo, controllando la deposizione e le aree subsidenti. All'Orogenesi Alpina e alla neotettonica si attribuisce la riattivazione delle lineazioni tettoniche e il ringiovanimento delle forme determinanti l'attuale conformazione della regione. La caratteristica peculiare del Campidano, caratterizzato da un'orientazione NNW-SSE, è la sua colmata alluvionale iniziata dal Pliocene ed estesa a tutto il Quaternario pre-tirreniano. Infatti, verso la fine del Pliocene, lo sprofondamento del "graben" e per contro il sollevamento delle aree limitrofe, hanno determinato intensi processi di erosione areale e lineare interessante i rilievi ai bordi dello stesso, con la deposizione nella fossa di potenti coltri alluvionali. L'instabilità climatica, che caratterizza il periodo Pleistocene-Olocene, determina un'alternanza di differenti cicli morfogenetici, distinti da intensi processi di erosione e sedimentazione, con la formazione di depositi alluvionali in facies di conoide, di terrazzi, colluviali e detriti di falda, che ricoprono le formazioni terziarie precedenti. Per la copertura alluvionale quaternaria, costituita da alternanze ciottoloso sabbiose e limo-argillose, per uno spessore che arriva fino a 200 m nella fossa, non esiste una datazione attendibile, per mancanza di correlazioni stratigrafiche con il Tirreniano marino, che è l'unica formazione quaternaria della Sardegna datata in base ai reperti paleontologici. Esiste una semplice distinzione:

- Quaternario antico caratterizzato dalle "Alluvioni antiche Pleistoceniche", costituite da sedimenti fluviali di conoide e di piana alluvionale, ben costipati, variamente ferrettizzati e reinciati in forma di terrazzi;
- Quaternario recente (Olocene) contraddistinto da depositi alluvionali di fondovalle e di piana, terrazzati e non, da depositi palustri limoso-argillosi in aree della piana leggermente depresse e da coltri eluvio-colluviali.

Nell'areale in esame, la situazione geologica in generale può essere sintetizzata come segue:

#### ▪ **Paleozoico**

Il Paleozoico è rappresentato da sedimenti terrigeni metamorfosati dell'Ordoviciano, meta-sedimenti singenetici autoctoni e graniti ercinici. La formazione paleozoica ordoviciano [SVI "Arenarie di San Vito" da carta geologica 1:50000 "Assemini"], la più antica fra le formazioni affioranti nell'area,



può essere considerata come la struttura portante sopra la quale poggiano, in discordanza, i sedimenti eocenici, le vulcaniti terziarie e le alluvioni antiche e recenti quaternarie. Il basamento profondo affiora a NW della piana, frazionato in più parti, attraverso piccoli horst collinari, che si elevano nel paesaggio pianeggiante (P.ta Medau Becciu, P.ta De S'Ormu Is Abis, Genna De su Cerbu , P.ta De Parrucou e P.ta De Cristina, Sa Guardia, ecc.), bordati da faglie, che hanno direzione prevalente NW – SE e talora E – W; mentre nel settore sud-occidentale, occupa la propaggine orientale del maestoso rilievo granitico-scistoso di M.te Arcosu. L'Horst sviluppatosi prevalentemente in direzione E-W, è separato centralmente dal complesso vulcanico terziario di "P.ta De su Ferru"– "Sa Frontera". Infatti, gli affioramenti a ovest di Sa Frontera indicano che, in precedenza all'attività vulcanica terziaria, l'affioramento Nord occidentale e la propaggine Nord di M.te Arcosu (esterna all'area rilevata) erano unite; è proprio in corrispondenza di tali affioramenti che è avvenuta la frattura attraverso la quale è fuoriuscita la lava costituente i rilievi andesitici suddetti, cioè il diaframma separante i due maggiori affioramenti paleozoici. La litologia del settore NW, anche se smembrato in vari blocchi distinti, è piuttosto uniforme. Sono presenti, in frequentissime alternanze, da decimetriche a metriche, rocce metamorfiche di origine sedimentaria: metarenarie micacee, quarziti, metasiltiti, con laminazioni piano parallele ed incrociate. I termini litologici più frequenti e ricorrenti sono rappresentati da quarziti e arenarie alle quali, seppur molto frequentemente, s'intercalano strati scistosi di debole spessore. Gli affioramenti paleozoici a S-W comprendono un blocco montuoso-collinare, con allineamento W-E, costituito dai versanti del M.te Arcosu, P.ta De Is Tuvaras (380m), Su Concali (426 m), P.ta Bacumatzei (342 m), P.ta Fundavis (207 m). Il basamento Paleozoico, in cui si sono intrusi i graniti ercinici, è rappresentato da scisti cornubianitici, più o meno silicizzati a grana minuta, con scistosità poco marcata osservabili a S.ra Narboni, a P.ta Baccu Matzei e a P.ta Fundavis, argilloscisti scisti arenacei, quarziti. I leucograniti biotitici del Carbonifero superiore [VLD, "Unità Intrusiva di Villacidro"] attribuibili alle ultime fasi intrusive dell'orogenesi ercinica, responsabili dei fenomeni di termo-metamorfismo di contatto, che hanno portato alla genesi della formazione scistosa, affiorano limitatamente al settore sud occidentale dell'area in esame, più esattamente nel versante orientale di M.te Arcosu e lungo il Riu de Sa Spindula, nella valle tra S.ra Riu de Su Bentrusciu e Sa Sperrima. I litotipi delle intrusioni finali hanno carattere omogeneo, con distribuzione uniforme e spesso mostrano allineamenti diretti NW - SE.

#### ▪ **Terziario**

Il Terziario è rappresentato dal complesso sedimentario paleogenico ["Formazione del Cixerri", CIX], giacente in discordanza sul basamento paleozoico, e da un complesso vulcanico andesitico oligo-miocenico [PBN<sub>a,b</sub> "Daciti e andesiti di M.te Sa Pibionada"] che si è iniettato nelle fratture del



complesso scistoso- metamorfico. Il complesso sedimentario della Formazione del Cixerri, caratterizzata da ambienti deposizionali con prevalenti facies fluvio-deltizie, mostra, entro la valle del Cixerri, caratteristiche giaciture e sedimentologiche tipiche ed ha anche il suo massimo sviluppo. Tale formazione, nella parte nord occidentale dell'area di studio, poggia con chiaro contatto tettonico sul basamento scistoso-metamorfico; occupa aree marginali della zona pedemontana attorno agli horst paleozoici, ma si presume sia per la maggior parte mascherata da alluvioni quaternarie (per abbassamento tettonico) o da coperture detritiche. E' costituita da arenarie quarzose, policrome (grigio-violacee, rossastre), spesso conglomeratiche, a ciottoli di rocce paleozoiche che si alternano con marne e argille siltose ben stratificate, violacee o giallo-rossastre, spesso contenenti noduli concrezionari giallastri, ferruginosi. La formazione generalmente presenta giacitura in banchi suborizzontali. Talvolta il contatto della Formazione del Cixerri sul basamento paleozoico è rappresentato da lembi di conglomerato basale (a Medau Becciu - Su Concali de Santa Maria); lo stesso affiora in località "Sa Guardia". Il Complesso andesitico terziario, che ha attraversato o ricoperto le formazioni sedimentarie, paleozoica e terziaria, è costituito principalmente dal caratteristico edificio di Sa Frontera - P.ta de Su Ferru - P.ta de Sa Domu. Lo stesso fa parte, assieme ai non lontani rilievi di M.te Truxionis, Castello dell'Acquafredda, M.te Exi, ecc., di un esteso complesso di vulcaniti, di tipo andesitico, allineato NW-SE secondo direttrici di frattura, che si inquadra in una più vasta associazione di rocce vulcaniche effusive (basalti, andesiti, piroclastiti, ecc) di tipo alcali-calcico, ampiamente diffuse nella cosiddetta " Fossa Sarda " di età Oligo-Miocenica. Le vulcaniti di questi affioramenti, sono costituite da ammassi di lave in giacitura subvulcanica, a tessitura porfirica, con fenocristalli di plagioclasio, anfibolo, a composizione prevalentemente andesitica.

#### ▪ Quaternario

I depositi quaternari di facies continentale, occupano la quasi totalità della piana di Uta-Capoterra, comprendono depositi alluvionali antichi e recenti, e localmente depositi fluvio-lacustri; coltri alluvio-colluviali e detrito di falda, si distribuiscono alle pendici dei rilievi paleozoici, delle colline vulcaniche terziarie e ricoprono la formazione del Cixerri. Depositi fluvio-lagunari, palustri o marini recenti affiorano in prossimità della zona umida della laguna di Cagliari e della linea di costa.

Alluvioni antiche: il complesso delle alluvioni antiche (pre-tirreniane), costituite da sedimenti fluviali di sistema di conoide e di piana alluvionale, giace discordante sul complesso leggermente inclinato del Terziario. Essa è costituita di sedimenti clastici grossolani, per lo più ghiaie e conglomerati, di evidente trasporto fluviale, ben costipati e talora cementati, a matrice argilloso-sabbiosa bruno-rossastra per la presenza di ossidi di ferro. I ciottoli arrotondati ed eterometrici,



sono costituiti da scisto, granito, quarziti, scarsi quelli andesitici e più rari quelli calcarei, i quali rappresentano tutti termini affioranti nel settore occidentale come anche in regioni limitrofe. Secondo Seuffert (1970), che si è interessato all'assetto geomorfologico del graben del Campidano, affrontando il problema della forma e della genesi dei piani pedemontani, la copertura di alluvionale antica che dai rilievi paleozoici degrada verso la piana, corrisponde a diverse generazioni di glacis sovrapposti. Il deposito più antico, per alterazione molto spinta e grado di cementazione, è attribuito al Terziario superiore-Quaternario antico, mentre gli altri vengono inquadrati nel Quaternario antico (Gunz -Mindel ) e nel Quaternario medio e recente ( Riss o Wurm ) sulla base di correlazioni con le corrispondenti morfologie del Campidano, a loro volta datate tramite rapporti stratigrafici con i terrazzi costieri.

La formazione delle alluvioni antiche terrazzate testimoniano il periodo di sovralluvionamento nel graben del Campidano e nella valle del Cixerri. Infatti, i sollevamenti tettonici plio-pleistocenici ai bordi del graben e l'abbassamento della fossa, produssero un ringiovanimento del paesaggio con relativa riattivazione dell'azione erosiva dei fiumi, che reincisero a più riprese le grandi conoidi



Figura 10 – Esempio di alluvioni antiche in matrice argillosa-sabbiosa

alluvionali, terrazzandole e talora riesumando, lungo le scarpate e sul fondo delle terrazze, i sottostanti terreni sedimentari terziari. L'età delle alluvioni antiche del Campidano, riferita al Plio-Pleistocene, è stata possibile sia dalla correlazione paleogeografica con formazioni analoghe, distribuite largamente in Sardegna, attribuite allo stesso periodo, caratterizzato in tutta l'isola da un eccezionale sviluppo

dell'idrografia in relazione a particolari condizioni di continentalità, sia da considerazioni morfometriche sugli elementi ciottolosi costituenti le alluvioni terrazzate. La presenza di ciottoli poligenici, di forma sferica-ellissoidale, con un elevato indice di smussamento, in relazione diretta, con la maturità del sedimento clastico, ha permesso di stabilire un'origine antecedente al Quaternario ed un lungo processo di rimaneggiamento.

Alluvioni recenti: si tratta di depositi alluvionali recenti di fondovalle e di piana, terrazzati e non, di età olocenica. Sono posti ai lati degli alvei (rio Cixerri, rio S. Lucia e Flumini Mannu) della piana attuale ed in genere non sono interessati dalle dinamiche fluviali in atto nel letto ordinario; tratti di

questa unità possono essere interessati da fenomeni alluvionali durante eventi idrometrici eccezionali. Gli stessi ricoprono parzialmente le alluvioni antiche terrazzate e occupano la parte a nord della area in studio, fino al Rio Cixerri e la parte a sud-est verso la laguna di Cagliari.

Si tratta di alluvioni grossolane, sabbioso-ciottolose, per lo più incoerenti o moderatamente costipate, a matrice sabbioso-limoso grigio-bruna e solo localmente leggermente arrossata. Litologicamente sono caratterizzate da ciottoli a elementi paleozoici, scisti arenacei più o meno metamorfici, arenarie quarzose, etc. (G. Pecorini & A Cherchi, 1969), sicuramente provenienti dall'erosione degli horst paleozoici a ovest della fossa.

Depositi di versante: si tratta di depositi detritici, in genere di spessore limitato (alcuni metri), distribuiti nella zona pedemontana alle pendici dei rilievi collinari paleozoici siti a ovest della piana, segnando un passaggio graduale verso le alluvioni terrazzate e la pianura. Sono costituiti da ciottoli di quarzite, di scisto e granito, a spigoli vivi a matrice prevalentemente argillosa, molto alterati, cementati fra loro da ossidi di ferro che conferiscono un colore rosso brunastro; essendo in genere ben consolidati non danno luogo a movimenti franosi.

## **1.2 – Contesto geologico dell'area di sedime**

L'area in esame è situata nel settore sud occidentale del Campidano di Cagliari, conformato da ampie conoidi alluvionali e terrazzi, modellata da terreni la cui età va dal Terziario fino al

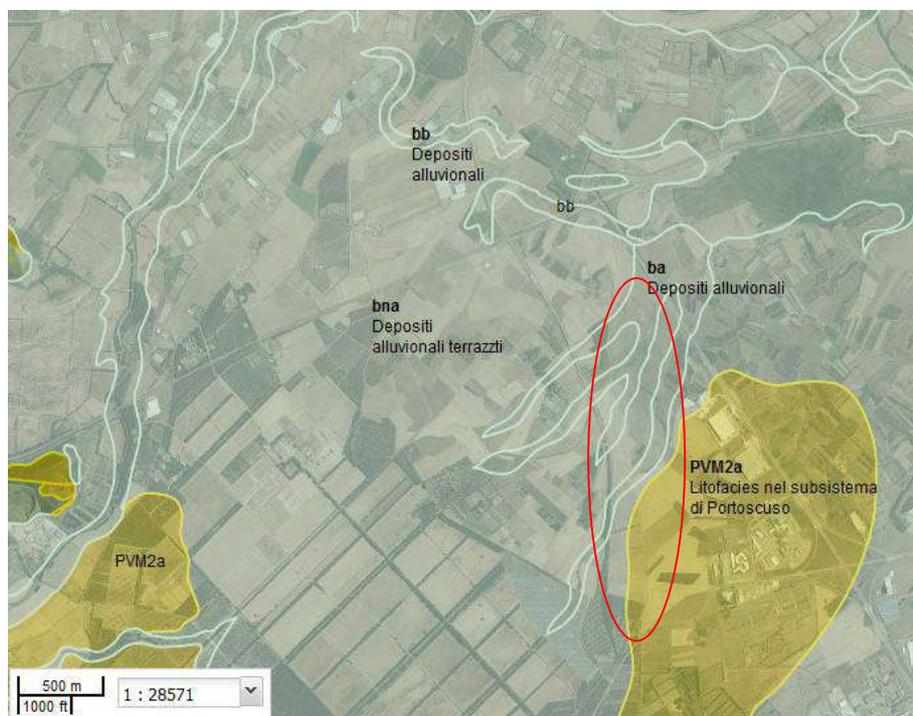


Figura 11 – Inquadramento geologico - Fonte Sardegna Geoportale

Quaternario recente. Il territorio, prevalentemente pianeggiante, è costituito quasi totalmente da una copertura Quaternaria di facies alluvionale terrazzata, con giacitura tabulare, appartenente al periodo "Pleistocene - Olocene". Le coltri alluvionali quaternarie poggiano discordanti sulla formazione continentale terziaria del Cixerri, sulle vulcaniti andesitiche e localmente sul basamento

paleozoico, in particolare a ovest dell'area sensibile. Molti autori hanno riconosciuto entro questi

depositi la presenza di più ordini di terrazzi, legati sia alla differente evoluzione tettonica plio-quadernaria, sia ai vari processi morfogenetici conseguenti le variazioni climatiche del Pleistocene-Olocene, che hanno visto l'alternarsi di fasi d'intensa erosione e fasi di accumulo dei sedimenti (O.Seuffert, 1970).

L'area sensibile collocandosi in un'area morfologicamente pianeggiante, è caratterizzata da un paesaggio uniforme e piatto, con forme evolute e spianate, la cui pendenza degrada dolcemente a E-SSE, verso l'area depressa dello Stagno di Cagliari e la linea di spiaggia verso il mare, mentre va aumentando a Ovest, verso la fascia detritica pedemontana di raccordo con le colline paleozoiche.

L'estesa copertura alluvionale caratterizzante questa porzione di Campidano è costituita da sedimenti alluvionali derivati dall'appiattimento morfogenetico di grandi conoidi alluvionali deposte dai corsi d'acqua allo sbocco delle valli, che hanno inciso i rilievi del Sulcis orientale. In particolare l'area sensibile è impostata su depositi alluvionali antichi terrazzati risultanti dall'evoluzione della conoide alluvionale del Rio S. Lucia, reincisa e più volte plasmata dai processi di scorrimento delle acque superficiali, accentuati o mitigati dalle variazioni climatiche quadernarie. La stessa si estende in un ampio ventaglio, che dal punto di confluenza tra il rio Gutturu Mannu e il rio Gutturredu si apre fino allo stagno di Cagliari, costituendo la stessa piana deltizia. In conformità a criteri morfostratigrafici, pedostratigrafici e morfoclimatici sono distinte sostanzialmente due unità deposizionali, separate da una superficie d'erosione corrispondente a una fase d'incisione e terrazzamento: alluvioni antiche terrazzate attribuite al "Subsistema di Portoscuso" del periodo Pleistocene e di alluvioni più recenti terrazzate.

- Litofacies nel sub sistema di Portoscuso [PVM2a] → si tratta di depositi fluvio-deltizi (autoctoni) pleistocenici, costituiti da ghiaie grossolane, più raramente blocchi, a spigoli subangolosi e subarrotondati, eterometrici, con dimensioni perlopiù decimetriche. I ciottoli sono poligenici, anche se prevalgono gli elementi di scisto, granito, quarzite, a riflettere la costituzione geolitologica del bacino di alimentazione dell'area. I depositi, generalmente di colore bruno rossastro sono ben costipati, talora ferrettizzati, per la presenza di ossidi ferrici nella matrice prevalentemente sabbioso-argillosa, a seguito di processi diagenetici legati all'alterazione idrica superficiale. I sedimenti più fini rappresentati da sabbie grossolane, sono sempre subordinati e si presentano in lenti o livelli intercalati a quelli ciottolosi. Alluvioni antiche conglomeratiche affiorano in particolare in località ad esempio "Planemesu".
- Alluvioni terrazzate Oloceniche [bna] → depositi alluvionali grossolani di fondovalle e di piana, costituiti da orizzonti conglomeratici, da livelli di ghiaie poligeniche a stratificazione



incrociata concava alternate a ghiaie a stratificazione piano-parallela, con intercalazioni di livelli sabbioso-ciottolosi, a matrice generalmente sabbiosa, mediamente costipate con un basso grado di cementazione. Tali sedimenti alluvionali, affioranti in particolare a nord e a est dell'area di sedime, derivano dal rimaneggiamento dei depositi conglomeratici antichi dei glacis d'accumulo e di conoide alluvionale e ricoprono i sedimenti del sistema di Portoscuso. Gli stessi sono a loro volta sovrastati dai depositi alluvionali attuali, costituiti da livelli ghiaiosi eterometrici e sciolti, che occupano le zone limitrofe agli alvei dei principali corsi d'acqua.

- Alluvioni Oloceniche [bb ÷ ba] → I sedimenti alluvionali sono in genere grossolani, presentando localmente lenti e sottili livelli di sabbia. Le strutture sedimentarie non si differenziano da quelle già descritte per i depositi alluvionali terrazzati olocenici, a testimoniare la presenza in un passato più o meno prossimo di corsi a canali intrecciati. Avvicinandosi ai versanti i sedimenti all'interno degli alvei possono essere anche molto grossolani con ciottoli e blocchi. Spesso allo sbocco delle valli che drenano i rilievi, i corsi d'acqua sono incisi all'interno di conoidi alluvionali delimitati in genere da scarpate anche di vari metri di altezza (ad es. quella del Rio Isca di Assemini). Nelle pianure alluvionali principali, come quelle ai lati dell'alveo attuale del Flumini Mannu, del Rio Cixerri e sulla antica posizione del Riu Serra Gureu (esterno), sono presenti tracce di antichi meandri abbandonati, spesso riempiti da sedimenti fini. Sedimenti fini sabbioso-siltosi ed argillosi, ricchi di materia organica e con frequenti intercalazioni sabbiose affiorano anche in un'area particolarmente estesa sui lati della pianura alluvionale attuale a S dell'allineamento Uta-Assemini.

### 1.3 - Inquadramento idrologico e idrogeologico generale

*Nell'area il numero dei pozzi esistenti è notevole, soprattutto nella parte W con direzione Capoterra. Da queste osservazioni si è ritenuto importante visionare la carta delle isofreatiche, elaborata sulla base di 64 pozzi (Studio geo-idrologico - Sardegna meridionale, A. Pala-1984). Sono da evidenziare due acquiferi: la potenza del più superficiale si aggira intorno ai 30mt, quella del più profondo supera in alcuni punti i 150mt. Il complesso acquifero, è costituito principalmente da alternanze di ghiaie e sabbie con intercalazioni di sabbie argillose e argille che danno origine localmente a variazioni di permeabilità. Nella zona più orientale della pianura, i due acquiferi sono separati da uno strato lenticolare sabbioso-argilloso, a bassa permeabilità di potenza variabile tra i 10.0m e i 25.0m, che sostiene la falda freatica, mentre l'acquifero profondo poggia ad Est su un altro substrato argilloso e ad Ovest sul basamento cristallino. L'escursione del livello freatico*



risultante dalla media delle oscillazioni freatiche nei vari tipi litologici, è stata valutata in 2.20 m circa. Nelle alluvioni più antiche, risulta mediamente di m 2.25 con valori molto variabili nelle diverse zone, mentre nelle alluvioni più recenti assume un valore medio di m 1.80. Da un esame delle curve è evidente una notevole diminuzione della permeabilità passando dal bordo della laguna verso Ovest. Si può dedurre quindi, un aumento della permeabilità che coincide con la transizione tra le alluvioni più antiche e quelle relativamente più recenti. Secondo quanto indicato dallo sviluppo delle isoidropse il deflusso delle acque avverrebbe secondo la direzione preferenziale NE-SW verso lo stagno S. Gilla.



Figura 12 – U.I.O. del Flumini Mannu-Cixerri

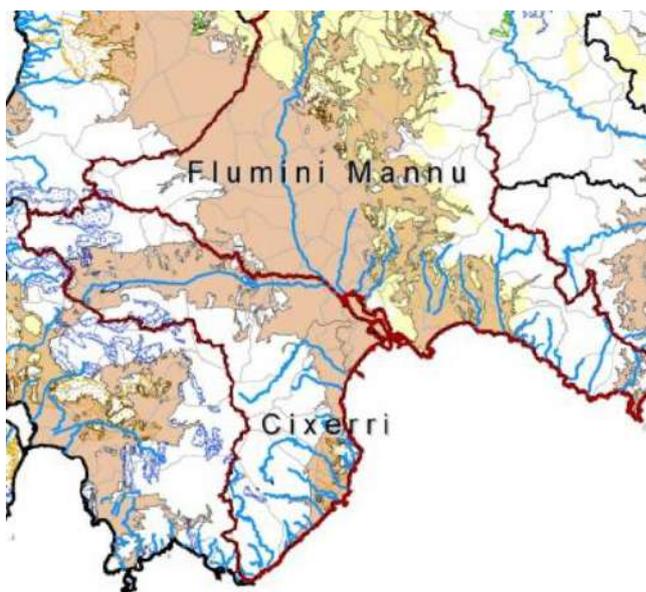


Figura 13 – Complessi acquiferi presenti nell'U.I.O. del Flumini Mannu-Cixerri

L'area in esame, situata nel settore sud-occidentale del Campidano di Cagliari, fa parte dell'Unità Idrogeologica Omogenea (U.I.O.) del Flumini Mannu - Cixerri. La vasta area lagunare e stagnale di S. Gilla, è un elemento caratteristico dell'idrografia superficiale di questa U.I.O., in quanto come corpo idrico di transizione, rappresenta una delle più importanti aree umide protette d'Europa: è classificato come *Zona di Protezione Speciale (ZPS)* dall'Unione Europea e *Zona umida di importanza internazionale* ai sensi della Convenzione di Ramsar. Il bacino imbrifero che alimenta il deflusso di acque dolci verso la laguna è molto ampio e abbraccia una vasta regione che comprende il bacino del Flumini Mannu e quello del rio Cixerri, per una superficie totale di 2.242 kmq. La piana alluvionale di Assemmini – Uta - Capoterra, delimitata a Ovest dalla zona pedemontana di raccordo con i rilievi del Sulcis orientale, a SE dal mare e dalla zona umida della laguna di Cagliari, a Nord dal rio Cixerri, è il risultato del deposito di potenti coltri di sedimenti fluviali trasportati dal rio S. Lucia e dal rio Cixerri. Il bacino idrografico del rio S.

Lucia, che drena i deflussi dei versanti orientali dei Monti del Sulcis, interessa la piana del Campidano dopo la confluenza tra il rio Gutturu Mannu e il rio Gutturreddu sino a sfociare nell'area umida, nel corpo idrico denominato Saline di Capoterra. E' impostato in massima parte su litologie paleozoiche, caratterizzate dalle formazioni scistoso-metamorfiche e granitiche, subordinata la presenza di glacis alluvionali e di alluvioni antiche e attuali. La rete idrografica è abbastanza gerarchizzata: i rii Gutturreddu e Gutturu Mannu ricevono innumerevoli affluenti, aventi delle portate molto limitate a carattere torrentizio temporaneo, caratterizzati da alvei prevalentemente impostati in roccia, entro valli molto strette con fondo a V. Il Rio Cixerri nasce a sud di Iglesias, sul Monte Croccoriga (313mt), scorre principalmente nella valle omonima in direzione ovest-est, parallelamente alla "Soglia di Siliqua", per poi congiungersi nella pianura del Campidano. La valle pressoché pianeggiante ha altitudini massime non superiori ai 150 m. Il Rio Cixerri, un tempo il più importante affluente del Flumini Mannu è diventato un corso d'acqua autonomo, a seguito de lavori di bonifica dello stagno di Santa Gilla, infatti, il suo alveo è stato canalizzato e rettificato sfociando nella laguna con una foce indipendente. Nel tratto più a valle, che attraversa la fascia pedemontana e la pianura presenta un reticolo subparallelo, caratterizzato da una dinamica fluviale di reincisione e terrazzamento di glacis e antiche conoidi alluvionali.

La piana in esame è geologicamente dominata dal complesso alluvionale Quaternario distinto in "alluvioni antiche pleistoceniche" e "in alluvioni più recenti oloceniche", rappresentato dal complesso idrogeologico dell'Unita Detritico Alluvionale Plio-Quaternaria del Campidano: si tratta di depositi alluvionali conglomeratici, arenacei, argillosi, a permeabilità per porosità complessivamente medio-bassa nelle coltri ben costipate, localmente medio-alta nei livelli a matrice più grossolana.

#### **1.4 - Caratteristiche idrologiche e idrogeologiche del sedime in esame**

Il complesso alluvionale quaternario, caratterizzante l'assetto stratigrafico dell'area di studio, è una diretta conseguenza dei movimenti neotettonici distensivi plio-pleistocenici, che hanno condizionato, unitamente alle oscillazioni eustatiche e climatiche, l'evoluzione paleogeografica del graben campidanese, e soprattutto del sistema idrografico. Le numerose variazioni quaternarie del livello di base degli alvei dei corsi d'acqua principali <sup>1</sup>, con una serie di innalzamenti e sprofondamenti, hanno determinato l'alternarsi di successive fasi morfogenetiche di accumulo, incisione e terrazzamento, rielaborando i sedimenti fluviali antichi dei glacis e delle grandi conoidi alluvionali del rio Cixerri e del rio S.Lucia, sino a definire una potente successione alluvionale distinta in alluvioni antiche pleistoceniche e in alluvioni più recenti oloceniche. L'alternanza di



sedimenti a differente composizione granulometrica, grado d'addensamento e di consistenza, tipica dei sedimenti di bacino alluvionale, determina, localmente, variazioni di permeabilità. La permeabilità è una proprietà caratteristica delle terre/rocce ed esprime l'attitudine delle stesse a lasciarsi attraversare dall'acqua. Essa quindi si manifesta con la capacità di assorbire le acque piovane e di far defluire le acque sotterranee. Poiché il terreno non è un corpo omogeneo, è intuibile che all'interno dello stesso varino sia le caratteristiche chimico-fisiche, che le proprietà idrogeologiche. Vista la possibile disomogeneità dei depositi alluvionali, la permeabilità, non è rappresentata da un unico valore del coefficiente " $K$ "<sub>m/s</sub> ma da un intervallo di questo. Geologicamente nell'area affiorano terreni quaternari di facies fluviale rappresentati da alluvioni antiche pleistoceniche e da alluvioni più recenti terrazzate (oloceniche), costituiti essenzialmente da alternanze di livelli conglomeratici poligenici ed eterometrici, ghiaie stratificate con intercalazioni di sabbie e limi/argille. La distinzione tra le due formazioni alluvionali è legata alle caratteristiche morfometriche della frazione grossolana, al grado di compattazione, al contenuto e alla ferrettizzazione della matrice fine.

I terreni rilevati, in base alle caratteristiche geolitologiche, con particolare riferimento alla capacità d'assorbimento (tab. 1) possono essere suddivisi in:

Grado di permeabilità	Valore di k (m/s)
alto	superiore a $10^{-3}$
medio	$10^{-3} - 10^{-5}$
basso	$10^{-5} - 10^{-7}$
molto basso	$10^{-7} - 10^{-9}$
impermeabile	minore di $10^{-9}$

- **Classe 1** → medio - alta permeabilità, localmente medio - bassa ⇒ [Alluvioni recenti terrazzate dell'Olocene]

*Si tratta di terreni a circolazione idrica discreta, costituiti prevalentemente da coperture alluvionali allo stato sciolto o semicoerente. La permeabilità per porosità è generalmente medio-alta in corrispondenza di livelli ciottoloso-sabbiosi in prossimità degli alvei dei corsi d'acqua, localmente medio-bassa in corrispondenza dei livelli conglomeratici ben costipati e/o cementati delle alluvioni terrazzate [ $10^{-2} \geq K \geq 10^{-5}$ ].*

- **Classe 2** → medio bassa permeabilità ⇒ [Alluvioni antiche Pleistoceniche]

<sup>1</sup> Flumini Mannu, Cixerri

Vi rientrano le alluvioni antiche di conoide alluvionale, terrazzate, costituiti da livelli sabbioso-ciottolosi, conglomeratici, con intercalazioni limo-argillose, ben costipate e talora ferrettizzate. La permeabilità per porosità è generalmente bassa per la presenza di livelli da molto compatti sino a cementati, localmente media in corrispondenza dei livelli a maggiore componente arenacea [ $10^{-4} \geq K \geq 10^{-7}$ ].

Età Geologica	Grado di permeabilità relativa			Litologia
	AP	MP	BP	
<b>Olocene</b> Depositi alluvionali recenti - terrazzati		[ ]		Depositi alluvionali contenenti ghiaie prevalenti e limitate lenti di sabbie e ghiaie fini
<b>Pleistocene</b> Alluvioni antiche terrazzate		[ ]		Depositi di conoide alluvionale, costituiti da ghiaie con subordinate sabbie, terrazzate

Per quanto riguarda le formazioni antiche al contorno del bacino alluvionale quaternario, si può evidenziare che: il complesso sedimentario terziario della Formazione del Cixerri presenta un grado di permeabilità per porosità basso dovuto soprattutto all'abbondante frazione fine di natura argillosa presente nei vuoti intergranulari nei termini più alti della formazione. Tuttavia, la formazione non è completamente priva di acqua perché alcune facies particolari, come quella conglomeratica, ne possono contenere una certa quantità, anche se limitata. Le andesiti oligomioceniche presentano un grado di permeabilità molto basso che aumenta in funzione dello stato di alterazione e di fratturazione della roccia. Il Complesso delle metamorfiti e delle plutoniti fessurate, costituito dalle rocce granitoidi e scistose del Paleozoico, presenta in generale un grado di permeabilità molto basso per porosità e medio in corrispondenza di zone di fratturazione. La presenza di faglie, fratture e corpi filoniani favoriscono, infatti, l'infiltrazione delle acque dando luogo a una circolazione idrica profonda di discreta entità. I depositi palustri attuali (limi, argille siltose, sabbie) delle zone più depresse hanno permeabilità per porosità generalmente ridotta.

#### 1.4.1 - Caratteristiche morfologiche della falda nell'areale

Nella pianura del Campidano prevalgono i terreni alluvionali sia antichi (plio-pleistocenici) che recenti (Olocene), e subordinatamente crostoni calcarei (*Pala A., Pecorini G.; Porcu A.; 1977-Struttura idrogeologica della Soglia di Siliqua*), dove sono presenti falde idriche più o meno profonde. La falda freatica riveste particolare importanza nelle alluvioni sabbioso-ciottolose più recenti delle zone di pianura, percorse dai corsi d'acqua principali, tra cui il Flumini Mannu e il rio Cixerri. In generale, si può ammettere che le falde profonde siano alimentate dai corsi d'acqua in prossimità delle sponde del Graben, dove i depositi alluvionali quaternari e pliocenici sono prevalentemente sabbiosi. E' da escludere che le acque superficiali delle aree centrali del graben possano infiltrarsi nel sottosuolo oltre 70-80 m sotto il livello del mare, in quanto pressoché

ovunque nel Campidano a tale profondità giacciono costantemente depositi costituiti da limi e argille costipati e addensati da risultare praticamente impermeabili, per questo motivo le coltri alluvionali sono acquifere pressoché esclusivamente nella parte più alta. Nella fossa del Campidano sono presenti alcune manifestazioni termali, in particolare su questo settore sud-occidentale (Villasor-Uta), le quali possono ritenersi legate a circuiti profondi che si svolgono esclusivamente nel basamento. Queste sorgenti si trovano sempre in corrispondenza di alti strutturali legati alle faglie d'importanza regionale, che limitano a est e a ovest il graben campidanese (*Pala A.; Pecorini G., Porcu A.; Serra S., 1982*). L'impermeabilità delle formazioni paleozoica e terziaria, costituenti i rilievi rocciosi, e la permeabilità della coltre alluvionale che si estende nella pianura ha condizionano l'idrografia superficiale e sotterranea.



La morfologia dell'area oggetto di studio, derivante dalla natura delle rocce presenti e dall'assetto tettonico, ha favorito lo sviluppo della rete idrografica superficiale. Infatti, l'elevata energia dei corsi d'acqua, dovuta all'acclività dei versanti, ha causato a monte un'erosione piuttosto intensa con conseguente produzione di detriti che, per trasporto e sedimentazione selettiva, hanno dato origine rispettivamente ai conoidi ed alla pianura alluvionale. La rete idrografica, influenzata dalla litologia e

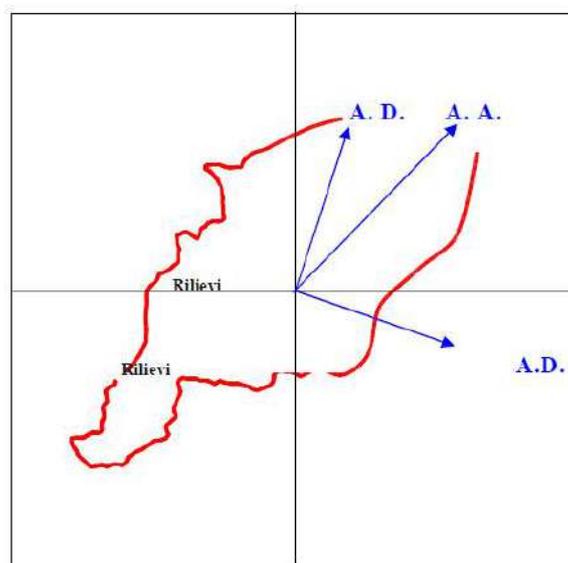


Figura 14 – Principali direzioni di scorrimento delle falde acquifere

dalla morfologia del bacino, si sviluppa maggiormente nelle formazioni scistoso-metamorfiche, andesitiche, arenaceo-quarzoso conglomeratiche e nei glacis impermeabili, perché le acque meteoriche, smaltite repentinamente lungo i corsi d'acqua a elevata energia, una volta giunte in pianura vengono assorbite dalle alluvioni permeabili. Le acque di precipitazione provenienti dai rilievi impermeabili penetrando nel sottosuolo alimentano gli acquiferi rappresentati dai depositi alluvionali e dalle rocce impermeabili alterate e fessurate. L'analisi di profili stratigrafici, relative a precedenti esperienze lavorative mediante sondaggi geognostici a rotazione, in aree limitrofe litologicamente omogenee <sup>2</sup>, ha permesso di individuare entro il complesso delle alluvioni quaternarie, la presenza di un acquifero principalmente caratterizzato da una falda multistrato. Perforazioni eseguite nell'areale, nella piana di Uta, nell'ambito del "Progetto cassa speciale 25/96", hanno evidenziato nella coltre alluvionale, una variazione di facies continua dall'alto in basso. In generale, si passa progressivamente da terreni prevalentemente ghiaioso-ciottolosi con intercalazioni limo-argilloso-sabbiose, di buona permeabilità, a terreni prevalentemente argilloso-limosi e argillosi impermeabili. Il substrato del complesso acquifero multistrato costituito da strati ghiaiosi e sabbiosi permeabili intercalati a livelli limoso-argilloso-sabbiosi e limoso-argillosi semi-permeabili o impermeabili, corrisponde al tetto del complesso alluvionale basale esclusivamente argilloso-limoso e idrogeologicamente sterile. Lo spessore dell'acquifero, corrispondente alla parte superiore più permeabile del complesso alluvionale pleistocenico, varia da un minimo di 34 mt ad un massimo di 77 mt, sulla base dei dati ottenuti dalla prospezione geofisica eseguita nel quadro del "Progetto Cassa 25/96". Le alluvioni antiche, caratterizzate da alternanze ciottoloso-sabbiose e limoso-argillose, con permeabilità elevata, anche se variabile in funzione della granulometria, del grado di costipamento e di alterazione dei sedimenti, presentano una circolazione per falde sovrapposte non sempre autonome fra loro. La permeabilità misurata in corrispondenza del complesso ghiaioso-sabbioso-limoso-argilloso, (perforazioni eseguite della piana di Uta - Assemmini), è dell'ordine di  $1.7 \div 3.0 \times 10^{-4}$  m/s. L'infiltrazione avviene al contatto tra le formazioni rocciose impermeabili e la coltre alluvionale superficiale che si estende nella pianura. Infatti, poiché lo smaltimento superficiale delle piogge avviene in maniera repentina, le acque giungono in pianura e vengono assorbite dai materiali alluvionali, dove passano ad alimentare la falda freatica ed eventuali falde profonde. Per evidenziare le principali direzioni di flusso e le zone di maggior drenaggio della falda, è stata analizzata la carta delle isofreatiche della piana di Uta in destra idrografica del rio Cixerri [Maggio 2002], ottenuta attraverso le misure del livello piezometrico nei pozzi, presenti nella stessa area. Dall'analisi dei dati si evince che la superficie piezometrica è collocata a una profondità che oscilla mediamente tra il piano di

<sup>2</sup> Macchiareddu, Uta, Rio Coccodi

campagna e i -10m/-15m, poche volte li supera e va oltre i 30 m. L'acquifero principale, situato nella parte sommitale più permeabile del complesso alluvionale multistrato e ricoprente la quasi totalità dell'area in esame, è costituito principalmente da ghiaia e/o sabbia da medio-grossa a fine. La falda superficiale di cui è stato ricostruito il livello piezometrico, localmente in pressione a causa dell'alternanza litologica, scorre essenzialmente su un sostrato che può essere argilloso, argilloso-limoso, limo-argilloso sabbioso. L'andamento irregolare delle isopieze e le ricorrenti variazioni di spaziatura delle stesse indicano il continuo cambiamento del gradiente idraulico, riconducibile a variazioni di permeabilità, che confermerebbero la varietà litologica caratteristica del complesso alluvionale. Dai rilievi, verso la pianura, l'aumento di permeabilità riscontrato è riconducibile al minor grado di costipamento delle alluvioni recenti rispetto a quelle antiche.

Le linee di corrente, tracciate perpendicolarmente alle isopieze, indicanti la direzione del flusso idrico consentono di determinare gli assi di drenaggio e alimentazione. I principali assi di alimentazione, con direzione SW-NE, e di drenaggio, con direzione SSW-NNE e W-ESE, consentono di determinare le direzioni preferenziali di flusso Nord, ossia verso il Riu Cixerri, e N-ESE, cioè verso l'insediamento industriale di Macchiareddu (quindi verso la parte terminale del Riu Cixerri). Le direzioni principali di scorrimento e l'andamento generale delle isofreatiche indicano, nel complesso, che la falda è alimentata dalle acque provenienti dai rilievi e che a sua volta alimenta il corso d'acqua principale e il bacino attiguo (Sud).

## 1.5 - Lineamenti climatici

Allo scopo di definire il tipo di clima dell'area in oggetto, sono stati presi in esame 14 anni di osservazione delle precipitazioni e delle temperature nel periodo 1989/2002. Secondo M. Pinna

(Atlante della Sardegna – 1971), il clima del settore in studio, potrebbe essere definito come subtropicale, infatti analizzando temperatura e piovosità, presenta le seguenti caratteristiche:

nessun mese ha temperatura media inferiore a 10 °C; la

anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Totale anno
1989	75,4	81,6	19,6	88,4	28,2	7,0	0,4	0,8	90,6	4,8	24,0	45,6	466,40
1990	33,0	6,4	12,8	72,2	112,2	8,4	0,8	36,0	1,5	162,0	47,8	60,4	553,60
1991	43,4	96,0	21,8	26,6	13,2	4,2	1,2	4,2	30,6	28,8	45,4	41,4	356,80
1992	34,0	11,4	63,4	34,0	28,2	25,0	4,6	0,0	0,0	124,4	22,6	114,8	462,40
1993	3,6	51,6	37,4	49,6	56,0	3,0	0,0	0,0	90,8	54,2	96,2	41,8	484,20
1994	41,6	33,4	14,8	44,6	12,2	2,6	12,2	0,0	139,6	41,8	48,8	42,2	433,80
1995	17,2	1,2	44,2	41,0	10,2	9,6	27,2	27,6	29,8	38,6	67,0	73,0	386,60
1996	39,4	57,2	99,0	41,6	40,4	51,8	5,6	0,6	132,6	78,4	38,0	192,6	777,20
1997	108,2	12,6	3,0	50,0	17,8	3,8	0,0	30,4	17,4	145,0	209,2	45,2	642,60
1998	18,2	37,2	20,6	60,6	41,2	0,2	0,0	16,2	41,0	14,2	19,6	98,4	367,40
1999	60,4	24,4	52,4	20,8	31,8	2,8	3,6	1,8	52,6	16,6	425,8	55,4	748,40
2000	23,0	12,2	67,4	43,8	8,4	36,6	3,0	0,0	3,2	45,8	73,6	145,8	462,80
2001	86,0	38,6	14,6	28,4	17,2	0,0	0,0	0,8	13,0	0,8	47,8	87,8	335,00
2002	31,2	13,4	33,2	140,0	40,4	5,6	3,9	51,0	21,6	66,4	90,4	53,6	550,90
Media	43,90	34,09	36,01	52,97	32,67	11,49	4,46	12,10	47,46	58,70	89,73	78,43	

Valore medio annuale del periodo 1989/2002:

502,01

Figura 16 – Precipitazioni (mm) mensili stazione Capoterra (1989-2002)

media annua é di almeno 17 °C e vi sono quattro mesi con temperatura media pari o superiore a



20 °C. Le precipitazioni annue oscillano tra 500 e 700 mm. La zona è comunque caratterizzata da temperature, nei mesi più caldi (giugno-agosto), di circa 27°C, mentre durante i mesi più freddi (dicembre-febbraio), il termometro si attesta attorno ai 10-12°C con una escursione termica annua che si aggira sui 16°C.". Tali limiti naturalmente possono essere ampiamente superati, con punte che possono andare ben al di sopra dei 30°C ed al di sotto di 0°C. In particolare l'area, può essere suddivisa in tre fasce sub-climatiche: una montuosa, una pedemontana ed una costiera. La fascia montana è caratterizzata da un clima umido, la zona pedemontana da un microclima sub-umido ed infine la zona costiera presenta condizioni meteorologiche di tipo secco-subumido. Queste caratteristiche climatiche condizionano i fenomeni di degradazione meteorica ed i

processi di dilavamento e ruscellamento. I dati climatici elaborati nelle tabelle che seguono, hanno reso possibile la determinazione dei regimi pluviometrico e termometrico dell'area, risultati entrambi tipici di zone insulari mediterranee. Dai dati delle precipitazioni, si rileva innanzitutto una

anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Totale anno
1989	75,4	81,6	19,6	88,4	28,2	7,0	0,4	0,8	90,6	4,8	24,0	45,6	466,40
1990	33,0	6,4	12,8	72,2	112,2	8,4	0,8	36,0	1,5	162,0	47,8	60,4	553,60
1991	43,4	96,0	21,8	26,6	13,2	4,2	1,2	4,2	30,6	28,8	45,4	41,4	356,80
1992	34,0	11,4	63,4	34,0	28,2	25,0	4,6	0,0	0,0	124,4	22,6	114,8	462,40
1993	3,6	51,6	37,4	49,6	56,0	3,0	0,0	0,0	90,8	54,2	96,2	41,8	484,20
1994	41,6	33,4	14,8	44,6	12,2	2,6	12,2	0,0	139,6	41,8	48,8	42,2	433,80
1995	17,2	1,2	44,2	41,0	10,2	9,6	27,2	27,6	29,8	38,6	67,0	73,0	386,60
1996	39,4	57,2	99,0	41,6	40,4	51,8	5,6	0,6	132,6	78,4	38,0	192,6	777,20
1997	108,2	12,6	3,0	50,0	17,8	3,8	0,0	30,4	17,4	145,0	209,2	45,2	642,60
1998	18,2	37,2	20,6	60,6	41,2	0,2	0,0	16,2	41,0	14,2	19,6	98,4	367,40
1999	60,4	24,4	52,4	20,8	31,8	2,8	3,6	1,8	52,6	16,6	425,8	55,4	748,40
2000	23,0	12,2	67,4	43,8	8,4	36,6	3,0	0,0	3,2	45,8	73,6	145,8	462,80
2001	86,0	38,6	14,6	28,4	17,2	0,0	0,0	0,8	13,0	0,8	47,8	87,8	335,00
2002	31,2	13,4	33,2	140,0	40,4	5,8	3,9	51,0	21,6	66,4	90,4	53,6	550,90
Media	43,90	34,09	36,01	52,97	32,67	11,49	4,46	12,10	47,46	58,70	89,73	78,43	

Valore medio annuale del periodo 1989/2002

502,01

Figura 17 – Temperature (°C) mensili stazione Capoterra (1989-2002)

estrema instabilità pluviometrica nei vari mesi dell'anno, come è facile attendersi in ambiente mediterraneo.

Le medie mensili assumono valori più elevati nei mesi autunnali per discendere progressivamente

nei mesi invernali, sino ad annullarsi quasi del tutto nei mesi di giugno e soprattutto luglio e agosto. Come si può osservare dall'analisi degli afflussi meteorici, ne deriva un regime dei corsi d'acqua a carattere stagionale, le piene, che si verificano di frequente durante la stagione autunnale, danno luogo ad un forza maggiormente

Propensione al Dissesto	
mm/a	Zona
> 1600	sicuramente franosa
1600 - 1300	probabilmente franosa
1300 – 1000	mediamente franosa
1000 - 700	raramente franosa
<700	non franosa

erosiva e ad un elevato rischio alluvione. La relazione tra le temperature e la piovosità evidenzia un periodo di aridità che, in questa regione ha inizio a maggio inoltrato per terminare a settembre, un arco di tempo piuttosto lungo nel quale gli afflussi meteorologici sono piuttosto scarsi in



relazione alle temperature elevate. Il periodo umido ha inizio a settembre per terminare a maggio. Da notare che già a settembre si verificano episodi di precipitazioni abbondanti che trovando il terreno privo del manto erboso a seguito del periodo di riposo vegetativo appena trascorso, danno luogo a elevate capacità di erosione del suolo. Relativamente ai venti, come accade per tutta la Sardegna, si registra una netta dominanza in frequenza ed in intensità del vento di Maestrale (NW) e subordinatamente dello Scirocco (SE). I dati rilevati dalla stazione di Cagliari-Elmas mettono in evidenza che i mesi più ventosi risultano quelli invernali e che l'intensità è spesso elevata raggiungendo valori superiori a 25 m/sec.

## 2. PIANO DI INDAGINE AMBIENTALE

Il piano delle indagini è mirato a verificare l'eventuale presenza di inquinamento dell'area nell'ambito delle attività a essa connesse, presenti e passate. L'obiettivo di questa fase è quello di individuare le fonti di ogni potenziale inquinamento, definire accuratamente l'estensione e le caratteristiche del suolo, del sottosuolo, dei materiali di riporto, delle acque sotterranee, delineare, confermare ed integrare i dati relativi alle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche del sito.

Di seguito vengono descritte le modalità previste per l'esecuzione del piano di indagine, con l'indicazione e la quantificazione delle attività di campo e di laboratorio previste, attenendosi alle procedure di controllo al fine di garantire la qualità di ciascuna attività.

Saranno descritti in dettaglio:

- l'ubicazione e la tipologia delle indagini da svolgere, sottolineando le caratteristiche
- tecniche degli strumenti utilizzati;
- la profondità da raggiungere con i sondaggi, assicurando la protezione degli acquiferi ed evitando il rischio di contaminazione indotta dal campionamento;
- il piano di campionamento di suolo, sottosuolo, materiali di riporto, acque sotterranee ed il piano di analisi chimico-fisiche;
- i piani di analisi e le metodiche analitiche.

L'impostazione operativa del piano di indagine segue i criteri dell'allegato 2 e 4, del D.lgs. 152/06, in materia di redazione del Piano di Caratterizzazione.

### 2.1 DIMENSIONAMENTO E UBICAZIONE DEI PUNTI DI INDAGINE



Il piano di indagine deve tenere conto delle attività industriali pregresse e in atto nel sito, delle caratteristiche e delle ubicazioni dei sottoservizi (reti fognarie, elettriche, etc.) che condizionano l'operatività di campo e la collocazione geografica precisa dei punti d'indagine.

In via preliminare i punti di indagine (in numero pari a 8) sono stati scelti cercando di investigare omogeneamente l'area di indagine a maglie 500x500 e fornire un quadro esaustivo sulle caratteristiche di suolo e sottosuolo nell'area sotto caratterizzazione.

Nella tabella sottostante si riporta, per ogni sondaggio, la sigla, le coordinate Gauss – Boaga e le profondità previste:

Sondaggio /Piezometro	Coordinate Gauss Boaga		Profondità prevista	
	Nord	Est	Sondaggio	Piezometro
<b>S1-PZ1</b>	<b>4345167,1893</b>	<b>1496731,8134</b>	<b>15</b>	<b>25</b>
<b>S2-PZ2</b>	<b>4344937,1866</b>	<b>1496953,9379</b>	<b>15</b>	<b>25</b>
<b>S3</b>	<b>4344639,9491</b>	<b>1496781,8577</b>	<b>15</b>	
<b>S4</b>	<b>4344155,5059</b>	<b>1496809,7032</b>	<b>15</b>	
<b>S5</b>	<b>4343654,5471</b>	<b>1496837,5742</b>	<b>15</b>	
<b>S6-PZ6</b>	<b>4343749,7736</b>	<b>1496999,9006</b>	<b>15</b>	<b>25</b>
<b>S7-PZ7</b>	<b>4343299,0150</b>	<b>1496674,4078</b>	<b>15</b>	<b>25</b>
<b>S8</b>	<b>4343283,3865</b>	<b>1496379,3074</b>	<b>15</b>	

#### 2.1.1 - SONDAGGI

La profondità dei sondaggi previsti risente dell'assetto geologico del substrato. In particolare, l'intero settore è caratterizzato da affioramenti di depositi alluvionali. Poiché la falda risulta in continuità con la vicina Laguna di Santa Gilla e in funzione della profondità delle isopieze, come riscontrabile dalla carta idrogeologica, si stima che i sondaggi debbano essere spinti ad una profondità di circa 15 metri dal piano di campagna.

#### 2.1.2 - PIEZOMETRI

Nel caso specifico sono stati previsti 4 piezometri, 2 a monte e 2 a valle in senso idrogeologico. L'esame dell'andamento delle isofreatiche in corrispondenza dell'area di interesse evidenzia la presenza di una falda superficiale che si instaura in un acquifero alluvionale permeabile per porosità. In questo settore il gradiente idraulico è orientato W– E quasi parallelamente al lato

maggiore dell'area di interesse. In questo modo, la posizione dei piezometri permetterà di verificare la linea di deflusso.

### 2.1.3 - TOP SOIL

Poiché sono previsti 8 sondaggi, di cui 4 da allestire come piezometri, verranno prelevati e analizzati 2 campioni di Top Soil (uno da ciascun sondaggio). La scelta sul prelievo dei Top Soli verrà definita con L'ARPAS in sede di tavolo tecnico. Nella tabella sottostante si riporta, per ogni sondaggio, la sigla, le coordinate Gauss – Boaga e le profondità previste:

Numero	Top Soil	Coordinate Gauss Boaga	
		Est	Nord
1	TS1	1496884,1652	4345055,1249
2	TS2	1496838,6992	4343570,8676

## **2.2 - MODALITÀ DI ESECUZIONE DEI SONDAGGI E DEI PIEZOMETRI**

Le attrezzature e i macchinari utilizzati nelle operazioni di perforazione dovranno essere di potenza caratteristiche funzionali adeguate a garantire che lo svolgimento delle attività stesse corrisponda ai criteri di seguito indicati:

- eseguire manovre di perforazione di dimensioni omogenee, al fine di evitare l'immissione di contaminanti dalla superficie a profondità maggiori;
- procedere nella perforazione sostenendo le pareti del foro mediante una tubazione di rivestimento provvisoria (camicia in acciaio);
- approfondire il rivestimento al procedere della perforazione (perforazione a seguire);
- in nessun caso dovranno essere utilizzati fluidi per la perforazione (a secco).

Nel caso in cui la perforazione dovesse interessare l'intero spessore dell'acquifero superficiale, questa dovrà essere eseguita garantendo l'innesto nel substrato argilloso per almeno 50 cm. Se durante l'esecuzione della perforazione, si dovesse registrare la fuoriuscita d'acqua dal foro, si dovrà specificare la profondità di perforazione raggiunta e stimare l'entità del flusso. Rivestono notevole importanza le misure del livello piezometrico in corrispondenza delle più significative variazioni litologiche, al fine di rilevare eventuali mutamenti dei livelli idrici.

Se le perforazioni iniziate non dovessero essere completate nell'arco della giornata si dovrà eseguire, al momento della sospensione dei lavori, la misura del livello piezometrico e proteggere il foro da eventuali contaminazioni esterne. Il giorno seguente, prima della ripresa delle operazioni

di perforazione occorrerà registrare il livello piezometrico. Tali operazioni saranno annotate sui moduli di campagna.

I sondaggi saranno eseguiti mediante carotaggio continuo a rotazione a secco con carotiere  $\varnothing = 101$  mm e colonna di manovra a seguire  $\varnothing = 127$ mm. Quelli da attrezzare a piezometro saranno realizzati anch'essi inizialmente a carotaggio continuo a rotazione a secco con carotiere  $\varnothing = 101$  mm e colonna di manovra a seguire  $\varnothing = 127$  mm ed alesati successivamente con diametro  $\varnothing = 178$  mm. Il completamento dei piezometri sarà realizzato mediante tubi ciechi/finestrati in PVC filettati M/F ( $\varnothing$  int. 103,4 mm,  $\varnothing$  est. 120 mm, spessore 5,3 mm).

Nell'intercapedine foro/tubo, da circa 1 m sopra il "top" del tratto filtrato sino a fondo foro, sarà realizzato un manto drenante con ghiaietto lavato ( $\varnothing = 2 - 6$  mm). Nella parte superiore al dreno fino al p.c. si effettuerà la cementazione con malta di densità 1,8 kg/l, al fine di isolare il manto drenante ed evitare l'eventuale infiltrazione e percolazione d'acqua e inquinanti dalla superficie. La parte sommitale del tubo dovrà essere chiusa con un tappo a vite e ricoperta con un chiusino in PVC protettivo, fuori terra, munito di coperchio con lucchetto.

## 2.3 - PIANO DEI CAMPIONAMENTI

Durante l'esecuzione dei sondaggi si dovranno prelevare campioni, in funzione della profondità e della natura stratigrafica dei terreni attraversati, allo scopo di verificare l'eventuale inquinamento. Sarà cura dell'azienda esecutrice del piano, informare preventivamente attraverso un cronoprogramma dettagliato, l'Ente incaricato del controllo (ARPA Sardegna) onde possa partecipare alle operazioni di campionamento. L'assenza dell'Ente di controllo, se rispettata la procedura di informazione, non precluderà l'inizio delle operazioni.

### 2.3.1 - CAMPIONAMENTO DEI TERRENI

#### MODALITÀ

Le fasi del campionamento di suoli, sottosuoli, consisteranno nel prelievo, nella formazione, nel trasporto e nella conservazione del campione. Tali procedure dovranno essere documentate con verbali giornalieri, nei quali è riportato l'elenco, la descrizione dei materiali e delle principali attrezzature utilizzate.

Onde evitare che nel corso di sessioni multiple di campionamento eventuali inquinanti si propaghino da un punto all'altro tramite l'attrezzatura di prelievo, si disporrà la decontaminazione di quest'ultima prima di ogni nuovo campionamento seguendo costantemente la medesima procedura nel corso dell'intera campagna di indagine.



La decontaminazione delle attrezzature avverrà in un'area appositamente predisposta, delimitata, impermeabilizzata e con un sistema di raccolta delle acque. L'area di decontaminazione dovrà essere collocata a debita distanza da quello di campionamento, al fine di evitare la diffusione degli eventuali inquinanti alle matrici campionate. Una ulteriore precauzione, atta ad assicurare maggior correttezza allo svolgimento dei campionamenti, consiste nell'alternativo impiego di due carotieri in maniera tale che l'acqua di lavaggio presente nelle pareti interne ed esterne delle attrezzature possa evaporare naturalmente.

Il prelievo di ciascun campione sarà effettuato in modo tale da evitare la diffusione della contaminazione nell'ambiente circostante e nella matrice ambientale campionata (crosscontamination), controllando l'assenza di perdite di olii lubrificanti ed altre sostanze dai macchinari, dagli impianti e da tutte le altre attrezzature utilizzate.

Durante le singole fasi delle operazioni sopra descritte, il personale sarà dotato di tutto il materiale di sicurezza come prescritto dalle normative vigenti. Si deve fare particolare attenzione all'utilizzo dei guanti i quali devono essere monouso e, conseguentemente, cambiati ogni qualvolta l'occasione lo richieda.

### 2.3.2 - TRATTAMENTO

La carota estratta dal carotiere sarà riposta nelle cassette catalogatrici, realizzate in materiale idoneo a evitare la contaminazione (PVC), in modo da poter ricostruire la colonna stratigrafica del terreno perforato.

Le manovre operative dovranno essere sovrintese da un tecnico specializzato, il quale provvederà a descrivere il materiale estratto ed i caratteri stratigrafici principali; i dati così raccolti saranno integrati con documentazione fotografica.

### 2.3.3 - FORMAZIONE DEL CAMPIONE

Le modalità di formazione del campione prelevato lungo la successione di materiale carotato saranno mirate alla determinazione della concentrazione delle sostanze inquinanti in ogni strato litologicamente omogeneo e della distribuzione dei possibili contaminanti. Si prevede di prelevare, in aggiunta ai tre campioni previsti, materiali che lungo la carota si distinguano per evidenze d'inquinamento o per caratteristiche organolettiche, chimico-fisiche e litologico-stratigrafiche. Quest'ultimo tipo di campione dovrà avere uno spessore compreso tra i 30 - 60 cm. I tre campioni previsti in ciascun sondaggio saranno prelevati alle seguenti profondità:

- **campione 1:** primo metro;



- **campione 2:** metro intermedio;
- **campione 3:** ultimo metro frangia capillare.

Il campionamento sarà effettuato al termine delle attività di perforazione. La formazione del campione si eseguirà su un telo di materiale impermeabile (polietilene), in condizioni adeguate ad evitare la variazione delle caratteristiche e la contaminazione del materiale; tali operazioni saranno eseguite con strumenti debitamente decontaminati. Le aliquote saranno introdotte in contenitori puliti, decontaminati e adeguati alla conservazione del campione per l'analisi delle diverse sostanze.

Ogni campione sarà suddiviso in due aliquote: una per l'analisi, da condurre ad opera dei soggetti privati, e l'altra messa a disposizione dell'Ente di controllo. L'eventuale terza aliquota, se richiesta, sarà confezionata in contraddittorio, solo alla presenza dell'Ente di controllo, sigillando il campione che sarà firmato dagli addetti incaricati, verbalizzando il relativo prelievo.

La coppia di archivio sarà conservata a temperatura <10°C, sino all'esecuzione ed alla validazione delle analisi di laboratorio da parte degli enti di controllo preposti.

#### 2.3.4 - CONSERVAZIONE, IDENTIFICAZIONE E SPEDIZIONE DEI CAMPIONI

Immediatamente dopo il prelievo, i campioni saranno sigillati nello stesso contenitore usato per il prelievo, chiusi all'estremità con coperchio e sigillati con nastro adesivo. Tutti i campioni saranno quindi contrassegnati con etichette resistenti all'acqua recanti le seguenti indicazioni:

- cantiere, località;
- nome del sondaggio;
- nome del campione;
- data del prelievo;
- profondità entro le quali è stato prelevato.

#### 2.3.5 - ANALITI DA DETERMINARE

Su ogni campione di suolo e sottosuolo dovranno essere determinati i seguenti analiti:

- Composti inorganici (As, Sb, Be, Cd, Co, Cr tot, Cr VI, Hg, Ni, Pb, Cu, Se, Sn, T, V, Zn);
- Altri composti inorganici: composti organo-stannici, cianuri liberi, fluoruri;
- Aromatici (benzene, etilbenzene, stirene, toluene, xilene; sommatoria organici aromatici);



- Aromatici policiclici (benzo(a)antracene, benzo(a)pirene, benzo(b)fluorantene, benzo(k)fluorantene, benzo(g,h,i) perilene, crisene, dibenzo(a)pirene, dibenzo(a,h)antracene, indenopirene, pirene, sommatoria policiclici aromatici);
- Alifatici clorurati cancerogeni (clorometano, dicloroetano, triclorometano, cloruro di vinile, 1,2-dicloroetano, 1,1-dicloroetilene, tricloroetilene, tetracloroetilene);
- Alifatici clorurati non cancerogeni (1,1-dicloroetano, 1,2-dicloroetilene, 1,1,1-tricloroetano); 1,2-dicloropropano, 1,1,2-tricloroetano, 1,2,3-tricloropropano, 1,1,2,2-tetracloroetano;
- Alifatici alogenati cancerogeni (tribromometano, 1,2-dibromoetano, dibromoclorometano, bromodiclorometano);
- Clorobenzeni (monoclorobenzene, 1,2-diclorobenzene; 1,4-diclorobenzene, 1,2,4-triclorobenzene, 1,2,4,5-tetraclorobenzene, pentaclorobenzene, esaclorobenzene);
- Idrocarburi leggeri ( $C < 12$ ) e pesanti ( $C > 12$ );

### 2.3.6 - CAMPIONAMENTO DELLE ACQUE

Le procedure usate per le attività di campionamento delle acque all'interno dell'area devono essere tali da garantire che il campione sia il più rappresentativo possibile della composizione chimico-fisica della falda. Nel caso specifico si è deciso di eseguire il campionamento delle acque di falda utilizzando il metodo dinamico, attraverso il quale il campione è prelevato, previo opportuno spurgo, per mezzo di una pompa sommersa.

Questo metodo permette di ottenere un campione composito con acque provenienti da differenti profondità e quindi rappresentativo della composizione delle acque sotterranee.

Poiché l'acqua prelevata dalla falda si trova quasi sempre sottoposta a condizioni di temperatura, pressione, contenuto in gas e stato di ossido-riduzione differenti da quelle che si verificano in corrispondenza del piano di campagna, per minimizzare le alterazioni del campione in fase di prelievo si dovrà attuare una serie di precauzioni anche a causa delle modalità di funzionamento del sistema di campionamento e del materiale con cui esso è costruito, il quale può esso stesso esser fonte di alterazione del campione; sarà quindi necessario eseguire una serie di verifiche preliminari, contestuali al campionamento stesso di seguito elencate:

- misurare il livello statico della falda o, se ignota, la profondità del pozzo/piezometro tramite scandaglio;
- verificare l'integrità e la corretta identificazione del pozzetto di campionamento;
- verificare la funzionalità e la pulizia di tutte le apparecchiature utilizzate durante il campionamento;
- procedere alla decontaminazione delle apparecchiature utilizzate;

- rilevare l'eventuale presenza di sostanze non miscibili con l'acqua (surnatante o sottonatante) e misurarne lo spessore mediante apposita sonda d'interfaccia.

### 2.3.6.1 - SPURGO

Lo spurgo dei piezometri è un'operazione indispensabile e preliminare al campionamento delle acque.

L'acqua presente nel piezometro, che non costituisce una matrice rappresentativa della qualità delle acque sotterranee, deve essere allontanata prima di procedere al campionamento. Tale procedura potrà essere eseguita con l'ausilio di pompe sommerse a basso flusso, con portata non superiore ai 10 l/min, per evitare il trascinarsi di materiale fine e l'intorbidamento dell'acqua. Tale intervento dovrà protrarsi sino all'eliminazione di un volume d'acqua pari a 3-5 volte di quella contenuta nel pozzo. A tal fine si dovrà calcolare preventivamente il volume d'acqua contenuta nel pozzo di monitoraggio. Nell'ipotesi che, nonostante queste precauzioni, l'acqua prelevata non sia limpida, si procederà alla filtrazione.

Nel caso di pozzi poco produttivi, onde di evitare il depauperamento del pozzo, si utilizzeranno portate inferiori 10 l/min.

La procedura utilizzata per lo spurgo dovrà essere riportata nel quaderno di campagna.

#### 2.3.6.1.1 - MODALITÀ DI CAMPIONAMENTO

Il campionamento può essere condotto in modo statico o dinamico.

Il primo sarà eseguito mediante campionatori manuali (bailer) monouso e corde di manovra pulite monouso, oppure con pompa a vuoto, che, allo scopo di prelevare sostanze non miscibili con densità maggiore o minore dell'acqua, non modifichi il livello statico dell'acquifero.

Il secondo, utile al prelievo di campioni d'acqua rappresentativi dell'acquifero, sarà effettuato seguendo la sotto riportata procedura:

- i piezometri saranno spurgati tramite pompa sommersa fino all'ottenimento delle condizioni idrodinamiche ottimali di campionamento della falda;
- finita la prima fase, si riduce la portata della pompa sino al regime minimo possibile (< 5/10 l/min).

I campioni d'acqua, all'atto del prelievo, dovranno essere conservati in conformità alle norme CNR-IRSA, più precisamente da ogni piezometro selezionato per il campionamento si preleverà un campione di acqua tal quale, che dovrà essere conservato in bottiglia di polietilene. Su tale aliquota saranno determinati i parametri previsti nel piano.

All'atto del prelievo in sito, sui campioni d'acqua saranno eseguite le misure dei seguenti parametri:

- PH;
- conducibilità elettrica;
- ossigeno disciolto;
- potenziale Redox;
- temperatura.

Il campione prelevato dovrà essere etichettato e ben conservato. Le operazioni di campionamento saranno annotate su appositi moduli.

## **2.4 - IDENTIFICAZIONE E CONSERVAZIONE DEI CAMPIONI**

I campioni di terreno e acqua prelevati per l'invio al laboratorio saranno contraddistinti nel seguente modo:

- sito di indagine;
- sigla identificativa del sondaggio/piezometro;
- data di prelievo;
- numero progressivo del campione;
- - quota di prelievo.

Qualora i campioni di acqua non possano essere analizzati sul campo immediatamente dopo la raccolta, si renderà necessario adottare tutte gli accorgimenti per evitare che le analisi siano inficiate da alterazioni intervenute in un secondo momento. La conservazione segue specifiche procedure le quali prescrivono che i campioni debbano essere riposti in contenitori di materiali adeguati alla matrice ambientale di prelievo ed alla tipologia di contaminante da analizzare. In particolare, i campioni di terreno sono generalmente stabilizzati dall'abbassamento della temperatura fino a 4°C.

## **2.5 - CAMPIONAMENTO TOP SOIL**

Per il campionamento dei Top Soil dovranno essere seguite le procedure previste per i campioni di suolo e sottosuolo. Nei due campioni dovranno essere determinate le concentrazioni di PCB, Amianto, furani e Diossine:

- PCDD/PCDF;
- PCB;
- Amianto.



## **2.6 - PIANO DELLE ANALISI CHIMICO-FISICHE**

### **2.6.1 - ANALISI CHIMICHE DELLE MATRICI SOLIDE**

Le procedure di campionamento ed analitiche per la determinazione degli analiti dovranno essere scelte tra quelle riportate nei protocolli nazionali e/o internazionali (IRSA, CNR, EPA, ISO, ICRAM, APAT ecc..) conformemente a quanto previsto dalla vigente normativa di settore. In assenza di un protocollo come sopra specificato dovrà essere documentata la validità della procedura utilizzata. Per garantire la qualità dei dati analitici, si richiede che il laboratorio individuato a svolgere tutte le analisi sia accreditato in conformità alla norma ISO/IEC 17025 e certificato secondo la norma UNI EN ISO 9001:2015 oppure sia un laboratorio di un Ente Pubblico. Il limite di rilevabilità degli analiti nelle matrici solide dovrà essere superiore a 1/10 dei valori riportati in Tabella 1, colonna B, Allegato 5 al Titolo, Parte Quarta del D. Lgs. 152/06.

### **2.6.2 - ANALISI CHIMICHE DELLE ACQUE DI FALDA**

Le procedure di campionamento ed analitiche per la determinazione dei parametri ricercati devono essere scelte tra quelle riportate nei protocolli nazionali e/o internazionali (IRSA, CNR, EPA, ISO, ICRAM, APAT ecc..) conformemente a quanto previsto dalla vigente normativa di settore. In assenza di un protocollo come sopra specificato dovrà essere documentata la validità della procedura utilizzata. Per garantire la qualità dei dati analitici, si richiede che il laboratorio individuato a svolgere tutte le analisi sia accreditato in conformità alla norma ISO/IEC 17025 e certificato secondo la norma UNI EN ISO 9001:2015 oppure sia un laboratorio di un Ente Pubblico. Il limite di rilevabilità degli analiti nelle matrici acqua di falda è di 1/10 dei valori riportati in tabella 2, Allegato 5 al Titolo V, Parte Quarta del D. Lgs. 152/06.

### **2.6.3 - ANALISI CHIMICHE DEL TOP SOIL**

Le procedure di campionamento ed analitiche per la determinazione dei parametri ricercati devono essere scelte tra quelle riportate nei protocolli nazionali e/o internazionali (IRSA, CNR, EPA, ISO, ICRAM, APAT ecc..) conformemente a quanto previsto dalla vigente normativa di settore. In assenza di un protocollo come sopra specificato dovrà essere documentata la validità della procedura utilizzata. Per garantire la qualità dei dati analitici, si richiede che il laboratorio individuato a svolgere tutte le analisi sia accreditato in conformità alla norma ISO/IEC 17025 e certificato secondo la norma UNI EN ISO 9001:2015, oppure sia un laboratorio di un Ente Pubblico. Il limite di rilevabilità degli analiti nelle matrici solida Top Soil è di 1/10 dei valori riportati in Tabella 1, colonna B, Allegato 5 al Titolo V Parte Quarta del D. Lgs. 152/06.



## 2.7 - ATTIVITÀ DI CONTROLLO

Le procedure di qualità e controllo che dovranno accompagnare tutte le fasi del campionamento prevedono che, ai fini di garantire il controllo e la qualità delle operazioni di campionamento, dovrà essere predisposta appropriata documentazione delle attività, che consenta la rintracciabilità dei campioni prelevati ed inviati presso il laboratorio di analisi; tale documentazione dovrà includere anche le azioni di controllo delle attività svolte in campo ed in laboratorio.

Di seguito si riporta una sintesi della documentazione da redigere:

- Registro per la raccolta organizzata delle informazioni di campo: localizzazione del sito, tempistica delle operazioni svolte, scopo delle attività e quant'altro sia utile a descrivere univocamente le operazioni.
- Identificazione univoca dei campioni: data, ora e luogo di prelievo, denominazione del campione, profondità di campionamento, temperatura ambientale e tipo di analisi richiesta.
- Dati relativi ai contenitori: capacità, sistema di chiusura, grado di pulizia.
- Quantità del campione raccolto, in relazione al numero ed alla tipologia dei parametri da determinare (e quindi delle metodologie analitiche da adottare).
- Etichettatura dei campioni, tramite apposizione di cartellini con diciture annotate con penna ad inchiostro indelebile, da riportare sul verbale di campionamento, che potrà essere redatto in analogia con quanto previsto dalla normativa in materia di rifiuti.

Le attività di controllo quali-quantitativo, da parte degli Enti preposti, potrà essere realizzata, durante lo svolgimento delle attività di campo, attraverso la verifica dell'applicazione delle specifiche definite nel Piano di indagini preliminari. Le attività di campo saranno descritte a cura del responsabile del sito, con la redazione del Giornale dei Lavori, che dovrà essere verificato e validato dai Responsabili degli Enti preposti al controllo.

## 2.8 - ELABORAZIONE ED INTERPRETAZIONE DEI DATI

I risultati delle attività di campo e di laboratorio successivi alla realizzazione del Piano di indagini preliminari saranno espressi sottoforma di tabelle di sintesi e di rappresentazioni cartografiche in scala 1:1000 per le carte tematiche e 1:50 – 1:25 per i sondaggi. In particolare, saranno fornite:

- la carta dell'ubicazione delle indagini svolte e dei punti di campionamento e/o misura, con distinzione tipologica;
- carte piezometriche, con ricostruzione del campo di moto della falda ed indicazione dei punti di misura;

Facendo particolare riferimento ai risultati delle determinazioni analitiche di laboratorio, i dati saranno elaborati anche mediante analisi statistica in grado di evidenziare:



**Committente:** Canadian Solar Progetto sviluppato da Regener8 Power per Canadian Solar

**Progetto:** Richiesta di autorizzazione impianto fotovoltaico denominato CACIP 25 in area industriale di Macchiareddu

**Il Geologo:** Dott. Mario Strinna ORG 441 sez. A

Piano indagini preliminare

- valori minimi, massimi e medi rilevati e deviazione standard;
- distribuzione percentuale delle concentrazioni osservate.

Per la valutazione dello stato di contaminazione del sito si dovrà:

- per suolo e sottosuolo: confronto delle concentrazioni dei singoli analiti con i CSC della Tabella 1 dell'allegato 5 della Titolo V, Parte IV, colonna B (siti industriali) del D.Lgs 152/06;
- per le acque sotterranee: confronto delle concentrazioni dei singoli analiti con i CSC della Tabella 2 dell'allegato 5 del Titolo V, Parte IV, colonna B del D. Lgs 152/06.

Cagliari li 29 Settembre 2021



**TECNICO GEOLOGO** [sez. A]

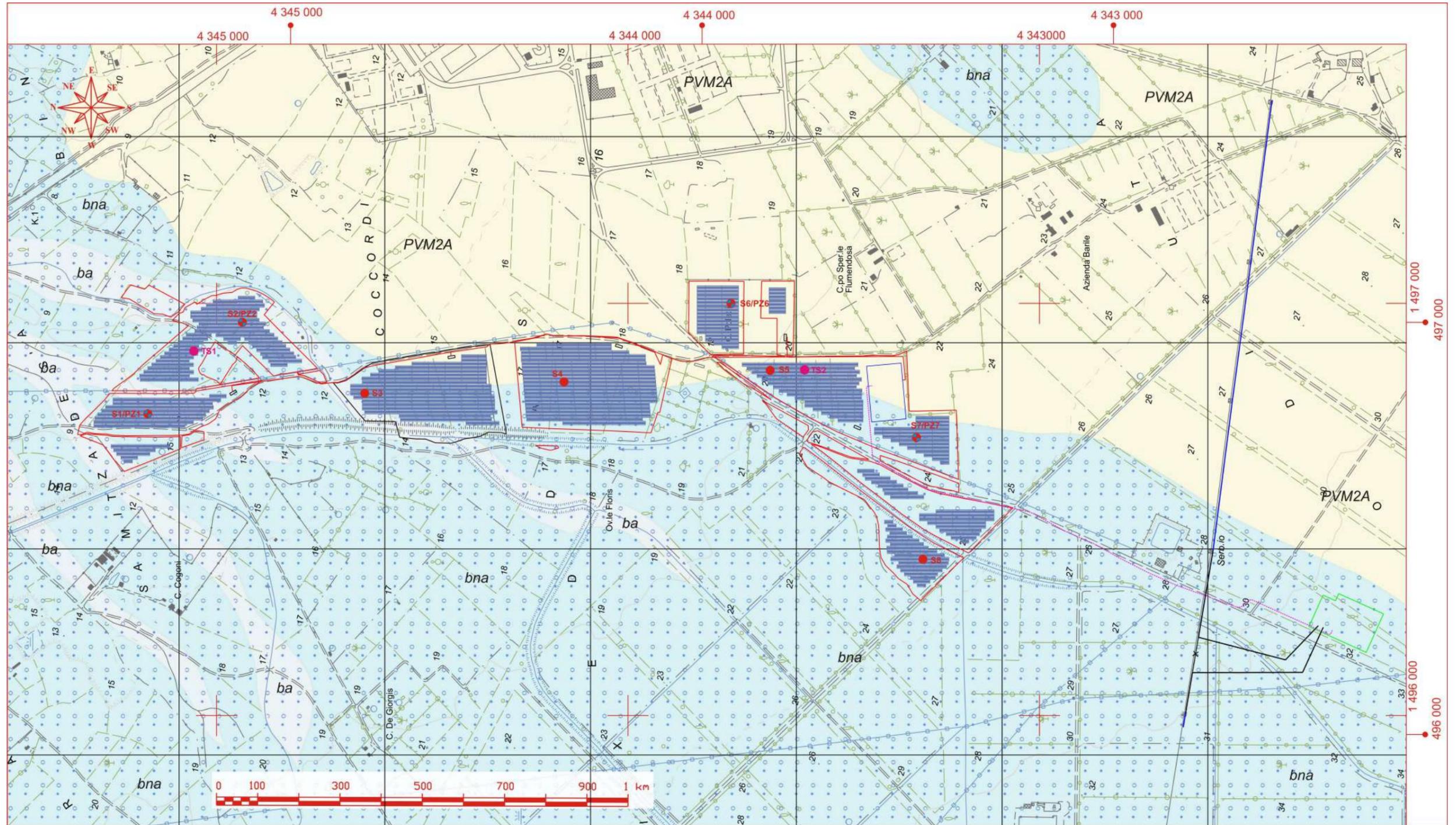
MARIO STRINNA

La presente relazione non può essere né copiata né riprodotta, anche parzialmente, se non con il consenso del professionista incaricato, previa autorizzazione scritta. Eventuali mancanze saranno punite ai sensi di legge (Art.2578 C.C. - L.22.4.1941 N.6331)

This report can be neither copied nor reproduced, even partially, except with the consent of the professional person in charge, prior written permission. Any deficiencies will be punished according to the law (Art.2578 CC - L.22.4.1941 N.6331)



Piano indagini preliminare



DEPOSITI PLIO-QUATERNARI

ba SEDIMENTI ALLUVIONALI  
 Depositi alluvionali. Ghiaie da grossolane a medie. Olocene

bna SEDIMENTI ALLUVIONALI  
 Depositi alluvionali terrazzati. Ghiaie con subordinate sabbie. Olocene

DEPOSITI PLEISTOCENICI DELL'AREA CONTINENTALE

PVM2A Litofacies nel Subistema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTO\_VESME). Ghiaie alluvionali terrazzate da medie agrossolane, con subordinate sabbie. Pleistocene Sup.

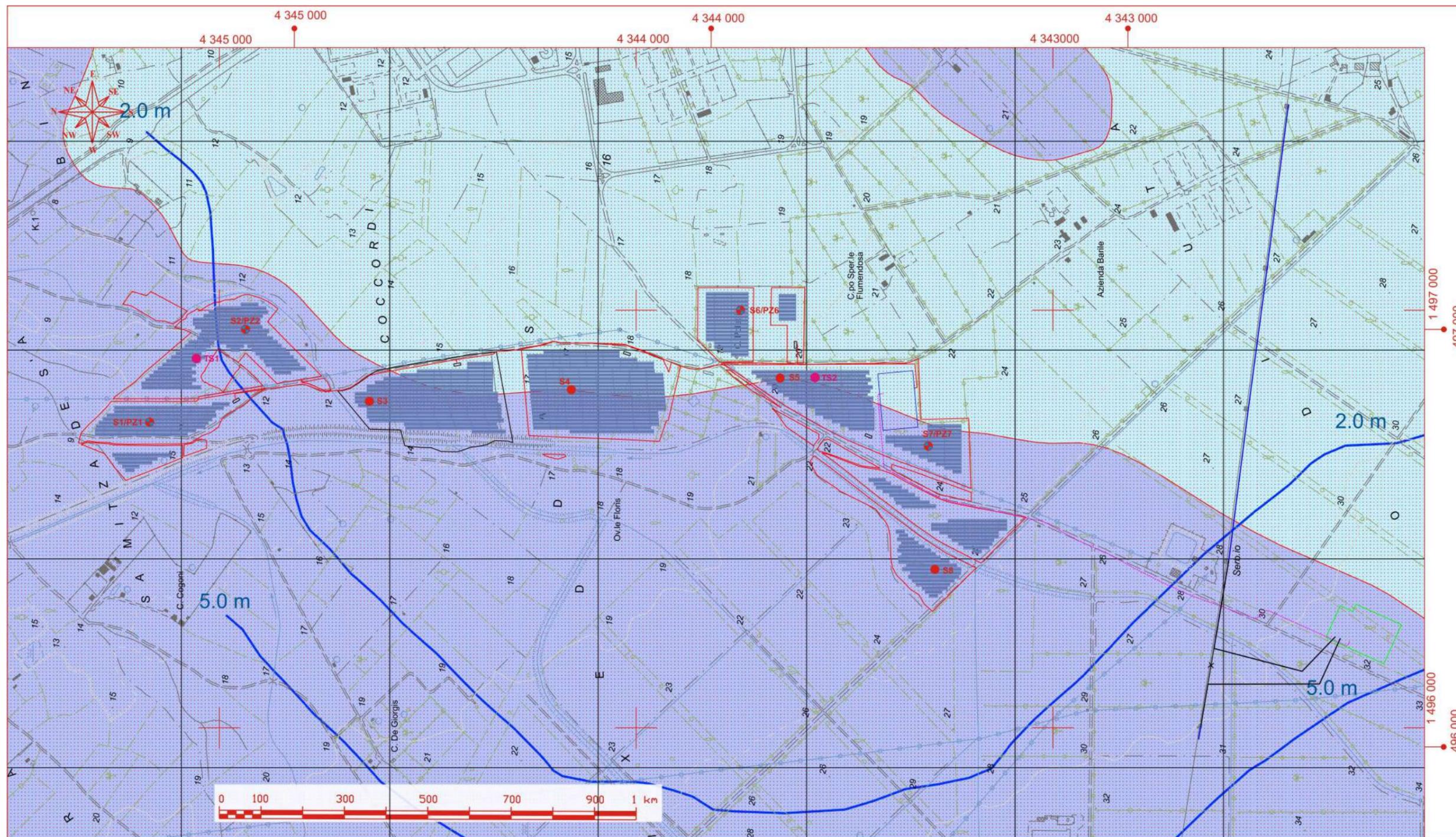
● S3 - S4 - S5 - S8  
 Sondaggi geognostici a secco

● S1/PZ1, S2/PZ2, S6/PZ6, S7/PZ7  
 Sondaggi geognostici da attrezzare a piezometro

● TS1 - TS2\_Campionamento Top Soil  
 Campionamento Top Soil



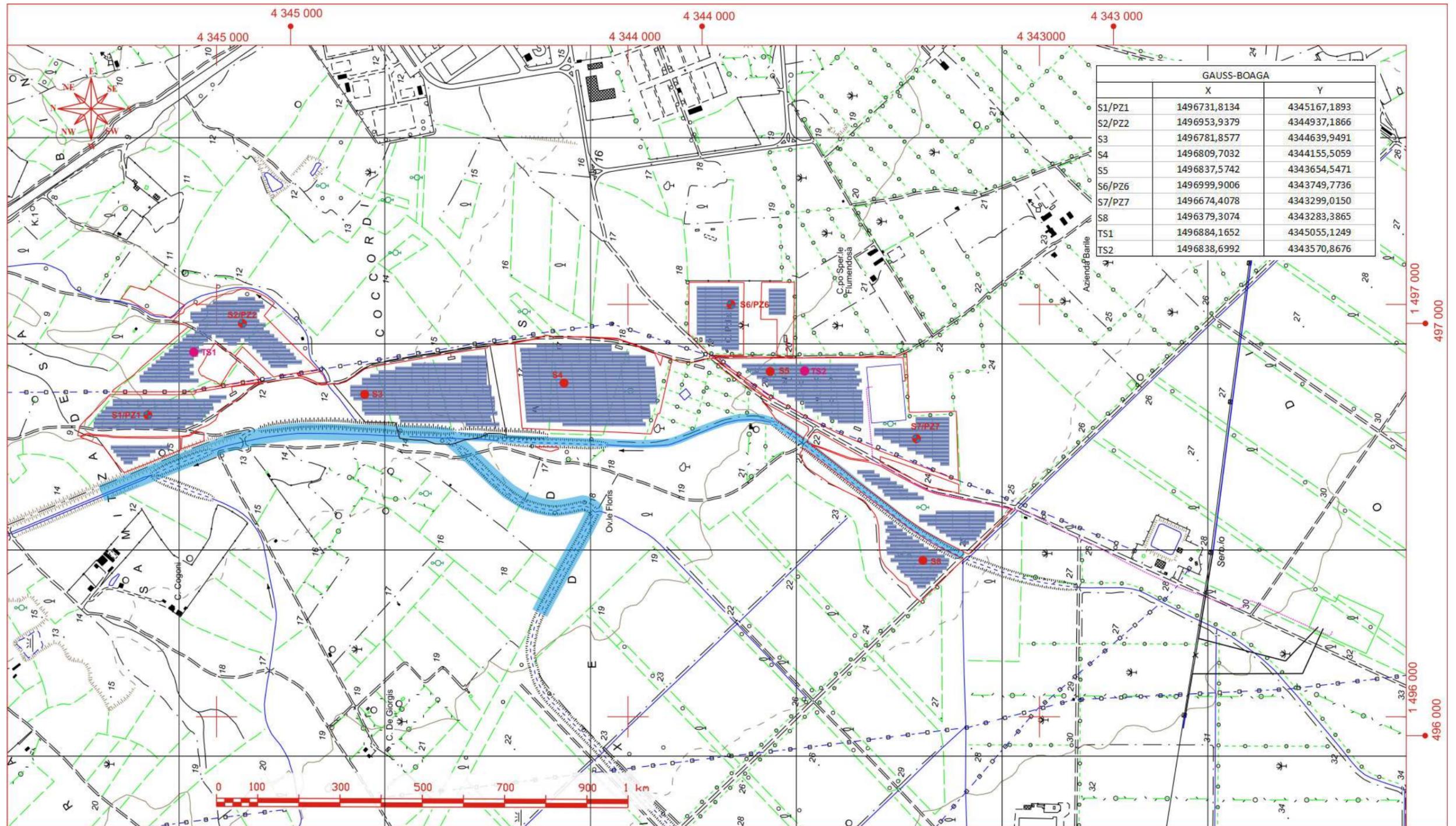
Piano indagini preliminare



- |   |   |  |   |
|---|---|--|---|
|  Permeabilità Medio Alta _MA.                      |  Permeabilità Alta _A.   |  Permeabilità per Porosità _P                               |  2.0 m Isopiezometrica_quota |
|  S3 - S4 - S5 - S8<br>Sondaggi geognostici a secco |  S1/PZ1, S2/PZ2, S6/PZ6, S7/PZ7<br>Sondaggi geognostici da attrezzare a piezometro |  TS1 - TS2_Campionamento Top Soil<br>Campionamento Top Soil |   |



Piano indagini preliminare



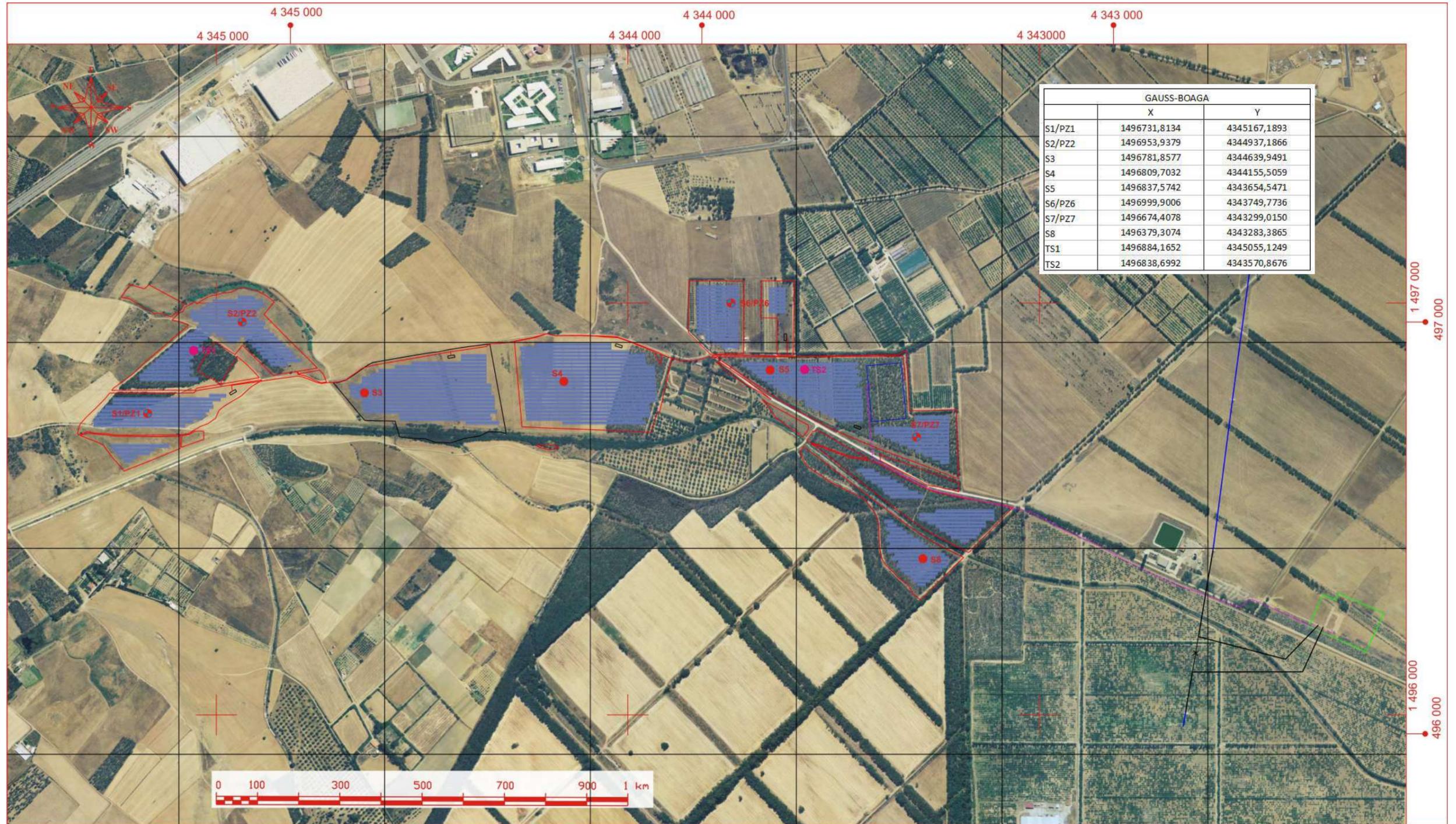
● S3 - S4 - S5 - S8  
 Sondaggi geognostici a secco

● S1/PZ1, S2/PZ2, S6/PZ6, S7/PZ7  
 Sondaggi geognostici da attrezzare a piezometro

● TS1 - TS2\_Campionamento Top Soil  
 Campionamento Top Soil



Piano indagini preliminare



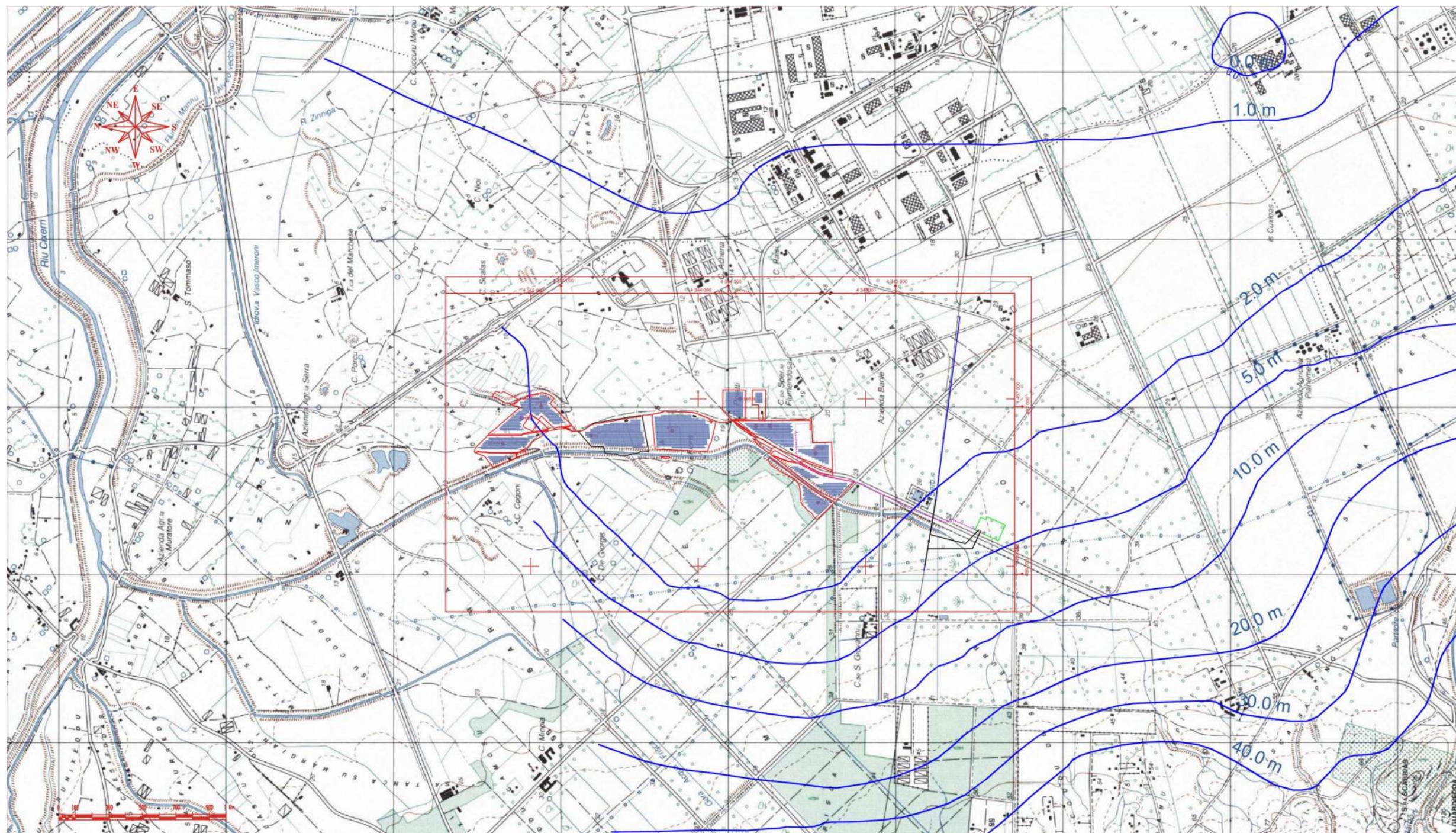
● S3 - S4 - S5 - S8  
 Sondaggi geognostici a secco

● S1/PZ1, S2/PZ2, S6/PZ6, S7/PZ7  
 Sondaggi geognostici da attrezzare a piezometro

● TS1 - TS2\_Campionamento Top Soil  
 Campionamento Top Soil



Piano indagini preliminare



● S3 - S4 - S5 - S8  
 Sondaggi geognostici a secco

● S1/PZ1, S2/PZ2, S6/PZ6, S7/PZ7  
 Sondaggi geognostici da attrezzare a piezometro

● TS1 - TS2\_Campionamento Top Soil  
 Campionamento Top Soil

