

TITLE: Piano preliminare di utilizzo delle terre e rocce da scavo ai sensi dell'art. 24 D.P.R.120/2017

AVAILABLE LANGUAGE: IT

“IMPIANTO EOLICO DI 43,4 MW IN LOCALITÀ MONTE SANT’ANTONIO”

Comuni di Sindia e Macomer (NU)

**Piano preliminare di utilizzo delle terre e rocce da scavo
ai sensi dell’art. 24 del D.P.R. 120/2017**

Il Tecnico

Ing. Leonardo Sblendido



File: C21BLN001CWR05901_Piano preliminare di utilizzo delle terre e rocce da scavo ai sensi dell'art. 24 del D.P.R. 120/2017

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
01	30/05/2022	SECONDA EMISSIONE	G. Angarano	M. Barresi	L. Sblendido
00	24/05/2022	PRIMA EMISSIONE	G. Angarano	M. Barresi	L. Sblendido
VALIDATION					
NOME		NOME		NOME	
COLLABORATORS		VERIFIED BY		VALIDATED BY	
PROJECT / PLANT EO SINDIA		INTERNAL CODE			
		C21BLN001CWR05901			
CLASSIFICATION:		COMPANY	UTILIZATION SCOPE		

INDICE

1	PREMESSA	3
2	QUADRO NORMATIVO	3
3	PROCEDURE PER ESPLETARE DA PARTE DEL PROPONENTE DEGLI INTERVENTI	8
4	DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO	10
4.1	COMPONENTI DELL'IMPIANTO	15
4.1.1	<i>Aerogeneratori</i>	15
4.1.2	<i>Fondazioni aerogeneratori</i>	17
4.1.3	<i>Piazzole aerogeneratori</i>	18
4.1.4	<i>Viabilità di impianto</i>	19
4.1.5	<i>Elettrodotto interrato a 36 kV</i>	22
4.1.6	<i>Cabina di raccolta a 36 kV</i>	24
4.1.7	<i>Opere civili area di connessione</i>	25
5	INQUADRAMENTO AMBIENTALE DEL SITO	27
5.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO – STRUTTURALE GENERALE	27
5.2	ASSETTO GEOLOGICO – STRATIGRAFICO LOCALE	32
6	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	42
6.1	INQUADRAMENTO GENERALE E CARATTERI GEOMORFOLOGICI	42
6.2	LOCALIZZAZIONE DEL SITO DI IMPIANTO RISPETTO ALLE PERIMETRAZIONI P.A.I.	48
7	IDROGEOLOGIA	51
7.1	CLIMA	51
7.2	ASSETTO IDROGEOLOGICO LOCALE	54
8	DESTINAZIONE D'USO DELLE AREE ATTRAVERSATE	58
9	SITI A RISCHIO POTENZIALE	58
9.1	SCARICHI DI ACQUE REFLUE INDUSTRIALI	58
9.2	SITI INDUSTRIALI E AZIENDE A RISCHIO DI INCIDENTE RILEVANTE (RIR)	58
9.3	BONIFICHE SITI CONTAMINATI	59
9.4	VICINANZA A STRADE DI GRANDE COMUNICAZIONE	60
9.5	DISCARICHE E/O IMPIANTI DI RECUPERO E SMALTIMENTO RIFIUTI	60
9.6	AREE DI INTERESSE NATURALISTICO	61
10	STIMA PRELIMINARE DEL VOLUME DI SCAVO	65
10.1	STIMA DEI VOLUMI DI SCAVO	65
10.2	PROCEDURE DI CAMPIONAMENTO IN FASE DI PROGETTAZIONE ESECUTIVA	66
10.3	TEST DI CESSIONE	70
11	CONCLUSIONI	72

1 PREMESSA

Il presente documento illustra il “Piano preliminare di utilizzo delle terre e rocce da scavo”, redatto in conformità all’art. 24 del D.P.R. n. 120 del 2017 con riferimento al progetto relativo alla realizzazione di un impianto eolico, proposto da Wind Energy Sindia S.r.l., nei territori comunali di Sindia (NU) e Macomer (NU). Vengono in esso riportate le informazioni relative alle procedure da seguire, in fase esecutiva, per la corretta gestione delle terre e rocce da scavo.

L’impianto in progetto è costituito da n. 7 aerogeneratori, ciascuno con potenza nominale pari a 6.2 MW, per una potenza nominale complessiva pari a 43,4 MW. Tale impianto sarà destinato a funzionare in parallelo alla rete elettrica nazionale in modo da immettere energia da fonte rinnovabile in rete; l’iniziativa inoltre contribuirà al potenziamento della produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile su territorio nazionale.

Ciascun aerogeneratore è montato su una torre tubolare di altezza pari a 115 m, all’interno della quale sono ubicate le apparecchiature per il sezionamento e la protezione dell’impianto ed i relativi quadri elettrici.

L’energia elettrica prodotta sarà convogliata, dall’impianto, mediante cavi interrati di tensione 36 kV, al punto di connessione previsto nella SE RTN TERNA 380/150/36 kV “Macomer 380”, ubicata nel Comune di Macomer.

2 QUADRO NORMATIVO

La normativa nazionale in ambito di gestione delle terre e rocce da scavo, prevede come disciplina principale di riferimento il D.Lgs. 152/2006 art.186.

In data 22/08/2017 è entrato in vigore il DPR 120/2017, “Regolamento recante disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo”, ai sensi dell’art. 8 del decreto-legge n. 133 del 2014, convertito, con modificazioni, dalla legge n. 164 del 2014. Prima dell’approvazione del Regolamento erano previsti tre livelli di procedura:

- Opere soggette ad AIA/VIA: DM 161/2012
- Scavi < 6.000 mc non soggette ad AIA/VIA: art. 41-bis legge 9 agosto 2013 n.43
- Scavi > 6.000 mc non soggette ad AIA/VIA: art. 186 Dlgs 152/2006

Il nuovo regolamento abroga il D.M. 161/2012 e tutte le altre norme di riferimento sulla materia (l’articolo 184 -bis, comma 2 -bis, del decreto legislativo 3 aprile, n. 152; gli articoli 41, comma 2 e 41 -bis del decreto-legge 21 giugno 2013, n. 69, convertito, con modificazioni, dalla legge 9 agosto 2013, n. 98) ed introduce gli elementi di semplificazione di seguito riportati:

Deposito intermedio (art.5):**1. Il deposito intermedio delle terre e rocce da scavo può essere effettuato nel sito di produzione, nel sito di destinazione o in altro sito a condizione che siano rispettati i seguenti requisiti:**

- a) il sito rientra nella medesima classe di destinazione d'uso urbanistica del sito di produzione, nel caso di sito di produzione i cui valori di soglia di contaminazione rientrano nei valori di cui alla colonna B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, oppure in tutte le classi di destinazioni urbanistiche, nel caso in cui il sito di produzione rientri nei valori di cui alla colonna A, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del medesimo decreto legislativo;
- b) l'ubicazione e la durata del deposito sono indicate nel piano di utilizzo o nella dichiarazione di cui all'articolo 21;
- c) la durata del deposito non può superare il termine di validità del piano di utilizzo o della dichiarazione di cui all'articolo 21;
- d) il deposito delle terre e rocce da scavo è fisicamente separato e gestito in modo autonomo anche rispetto ad altri depositi di terre e rocce da scavo oggetto di differenti piani di utilizzo o dichiarazioni di cui all'articolo 21, e a eventuali rifiuti presenti nel sito in deposito temporaneo;
- e) il deposito delle terre e rocce da scavo è conforme alle previsioni del piano di utilizzo o della dichiarazione di cui all'articolo 21 e si identifica tramite segnaletica posizionata in modo visibile, nella quale sono riportate le informazioni relative al sito di produzione, alle quantità del materiale depositato, nonché i dati amministrativi del piano di utilizzo o della dichiarazione di cui all'articolo 21.

2. Il proponente o il produttore può individuare nel piano di utilizzo o nella dichiarazione di cui all'articolo 21, uno o più di siti di deposito intermedio idonei. In caso di variazione del sito di deposito intermedio indicato nel piano di utilizzo o nella dichiarazione di cui all'articolo 21, il proponente o il produttore aggiorna il piano o la dichiarazione in conformità alle procedure previste dal presente regolamento.**3. Decorso il periodo di durata del deposito intermedio indicato nel piano di utilizzo o nella dichiarazione di cui all'articolo 21, viene meno, con effetto immediato, la qualifica di sottoprodotto delle terre e rocce non utilizzate in conformità al piano di utilizzo o alla dichiarazione di cui all'articolo 21 e, pertanto, tali terre e rocce sono gestite come rifiuti, nel rispetto di quanto indicato nella Parte IV decreto legislativo 3 aprile, n. 156.**

Comunicazione preventiva trasporto (art.6): si prevede l'eliminazione dell'obbligo di comunicazione preventiva all'Autorità competente di ogni trasporto avente ad oggetto terre e rocce da scavo qualificate sottoprodotti generate nei cantieri di grandi dimensioni (obbligo già previsto nella prima parte dell'Allegato VI al D.M. 161/2012, ora abrogato).

Procedura di qualificazione come sottoprodotti e piano di utilizzo (art.9): viene introdotta una procedura più spedita per attestare che le terre e rocce da scavo generate nei cantieri di grandi dimensioni soddisfano i requisiti stabiliti dalle norme europee e nazionali per essere qualificate come sottoprodotti. Tale procedura, che opera con meccanismi analoghi a quelli della Segnalazione certificata di inizio attività, in coerenza alle previsioni della Direttiva 2008/98/UE, non subordina più la gestione e l'utilizzo delle terre e rocce da scavo qualificate sottoprodotti alla preventiva approvazione del Piano di utilizzo da parte dell'autorità competente, ma prevede che il proponente, decorsi 90 giorni dalla presentazione del piano di utilizzo all'Autorità competente, possa avviare la gestione delle terre e rocce da scavo nel rispetto del Piano di utilizzo.

Modifiche al Piano di utilizzo (art.15): viene introdotta una procedura più spedita per apportare "modifiche sostanziali" al Piano di utilizzo delle terre e rocce da scavo qualificate sottoprodotto generate nei cantieri di grandi dimensioni. Tale procedura riprende quella menzionata al punto precedente, e si sostanzia nella trasmissione all'Autorità competente del Piano modificato, corredato di idonea documentazione a supporto delle modifiche introdotte. L'autorità competente verifica d'ufficio la completezza e la correttezza amministrativa della documentazione presentata e, entro 30 giorni dalla presentazione del piano di utilizzo aggiornato, può chiedere in un'unica soluzione integrazioni della documentazione. Decorso tale termine la documentazione si intende comunque completa. Decorsi 60 giorni dalla trasmissione del piano di utilizzo aggiornato, senza che sia intervenuta richiesta di integrazione documentale da parte dell'autorità competente, è possibile procedere in conformità al piano di utilizzo aggiornato. La speditezza deriva dall'aver eliminato, rispetto alle previsioni contenute nel D.M. 161/2012, la necessaria preventiva approvazione del Piano di utilizzo modificato. Tale previsione semplifica quella previgente, anche sotto il profilo degli effetti, in quanto, nel caso di una modifica riguardante il quantitativo che non sia regolarmente comunicata, consente di qualificare sottoprodotti almeno il quantitativo delle terre e rocce gestite in conformità al Piano; la norma prevede infatti che solo per le quantità eccedenti scatterà l'obbligo di gestirle come rifiuti.

Proroga del Piano di utilizzo (art.16): Si prevede la possibilità di prorogare di due anni la durata del Piano di utilizzo delle terre e rocce da scavo generate nei cantieri di grandi dimensioni, tramite una comunicazione al Comune e all'ARPA/APPA competente (tale possibilità non era prevista nel D.M. 161/2012, che prevedeva solo la possibilità di apportare modifiche sostanziali).

Attività di analisi delle ARPA/APPA (art. 10 comma 2): Sono previsti tempi certi, pari a 60 giorni, per lo svolgimento delle attività di analisi affidate alle ARPA/APPA per la verifica della sussistenza

dei requisiti dichiarati nel Piano di utilizzo delle terre e rocce da scavo generate nei cantieri di grandi dimensioni (il D.M. 161/2012 non stabiliva il termine entro il quale dovevano essere ultimati tali accertamenti tecnici).

Modifica o proroga del Piano di utilizzo nei piccoli cantieri: Si prevede la possibilità di apportare modifiche sostanziali o di prorogare il Piano di utilizzo delle terre e rocce da scavo - generate in cantieri di piccole dimensioni o in cantieri di grandi dimensioni relativi ad opere non sottoposte a VIA o AIA - con una procedura estremamente semplice, che si sostanzia in una comunicazione (tale possibilità non risultava prevista dal D.M. 161/2012).

Deposito temporaneo terre e rocce qualificate rifiuti (art.23): Viene introdotta una disciplina specifica per il deposito temporaneo delle terre e rocce da scavo qualificate rifiuti, che tiene conto delle peculiarità proprie di questa tipologia di rifiuto prevedendo pertanto quantità massime ammesse al deposito superiori a quelle ordinariamente previste nel D.lgs. 152/2006, che invece risulta applicabile indistintamente a tutte le tipologie di rifiuti.

Siti oggetto di bonifica (artt. 25 e 26): Sono introdotte nuove condizioni in presenza delle quali è consentito l'utilizzo, all'interno di un sito oggetto di bonifica, delle terre e rocce ivi scavate, estendendo il regime semplificato già previsto dall'art. 34 del D.L. 133/2014. Altresì sono previste procedure uniche per gli scavi e la caratterizzazione dei terreni generati dalle opere da realizzare nei siti oggetto di bonifica. In estrema sintesi, le nuove disposizioni estendono l'applicazione delle procedure attualmente previste dal menzionato art. 34 del D.L. 133/2014 a tutti i siti nei quali sia attivato un procedimento di bonifica, con l'obiettivo di garantire agli operatori un riferimento normativo unico chiaro che consenta loro di realizzare opere anche in detti siti.

Utilizzo in sito nell'ambito di opere sottoposte a VIA (art.24 comma 3): Viene introdotta una specifica procedura per l'utilizzo in sito delle terre e rocce escluse dal campo di applicazione dei rifiuti e prodotte nell'ambito della realizzazione di opere o attività sottoposte a Valutazione di impatto ambientale. In mancanza di tale procedura, sino ad oggi, in sede di VIA non è stato possibile autorizzare operazioni di utilizzo in sito ai sensi dell'art. 185, comma 1, lettera c) del Dlgs 152/2006.

Garanzie finanziarie: Il regolamento non prevede la necessità di idonee garanzie finanziarie qualora l'opera di progettazione e il relativo Piano di utilizzo non vadano a buon fine (come precedentemente previsto dall'art. 4, comma 3, del D.M. 161/2012). Tale disposizione non è stata confermata in quanto non prevista dalla vigente normativa europea e non giustificata da esigenze di tutela ambientale e sanitaria.

La Normativa nazionale, quindi, non esclude a priori il materiale da scavo dall'ambito dei rifiuti (terre e rocce da scavo risultano rifiuti speciali - codice CER 170504) ma, considerandoli come sottoprodotti, ne prevede il riutilizzo secondo precisi criteri e nel rispetto di determinati requisiti tecnici e ambientali. Nella fattispecie, salvaguardando le caratteristiche di "non contaminazione" e

le modalità di riutilizzo, uno dei punti cruciali del disposto normativo ad oggi vigente, è il sito di riutilizzo.

L'operatore infatti può scegliere di gestire i materiali di risulta dagli scavi, secondo i seguenti scenari (che possono anche coesistere nel medesimo intervento, per quantità ben distinte di materiali):

- in caso di riutilizzo al di fuori del sito di produzione (secondo il regime di sottoprodotti ai sensi dell'art. 4 del DPR 120/2017) per cantieri di grandi dimensioni sottoposti a VIA (volumi di scavo >6000 mc), si fa riferimento al Capo II, del Titolo I, del DPR 120/2017;
- in caso di riutilizzo al di fuori del sito di produzione (secondo il regime di sottoprodotti ai sensi dell'art. 4 del DPR 120/2017), per piccoli cantieri (volumi di scavo < 6000 mc) e grandi cantieri non soggetti a VIA o AIA, si fa riferimento al Capo III e Capo IV, del Titolo I, del DPR 120/2017;
- in caso di riutilizzo nello stesso sito di produzione si fa riferimento al Titolo IV del DPR 120/2017; l'articolo di pertinenza risulta essere l'art. 24, richiamante l'art. 185 del D.Lgs. 152/2006 che regola la gestione dei progetti con produzione di terre e rocce non contaminate, riutilizzate in sito allo stato naturale;
- in caso di gestione del materiale attraverso lo smaltimento in qualità di rifiuto, si fa riferimento al Titolo III del DPR 120/2017.

3 PROCEDURE PER ESPLETARE DA PARTE DEL PROPONENTE DEGLI INTERVENTI

Le terre e rocce da scavo prodotte durante la realizzazione delle opere in progetto non verranno classificate come sottoprodotto bensì verranno utilizzate nel sito di produzione delle stesse in accordo all'articolo 24 del D.P.R. 120/2017, la quantità eccedente verrà conferita a centro autorizzato al recupero e/o a discarica.

Secondo il citato articolo 24 del D.P.R. 120/2017, ai fini dell'esclusione dall'ambito di applicazione della normativa sui rifiuti, le terre e rocce da scavo devono essere conformi ai requisiti di cui all'articolo 185, comma 1, lettera c), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e in particolare devono essere utilizzate nel sito di produzione. La non contaminazione è verificata ai sensi dell'allegato 4 del D.P.R. 120/2017.

I risultati delle analisi sui campioni dovranno essere confrontati con le Concentrazioni Soglia di Contaminazione di cui alle colonne A e B Tabella 1 allegato 5, al titolo V parte IV del decreto legislativo n. 152 del 2006 e s.m.i., con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica.

Relativamente alle terre e rocce da scavo non conformi alle CSC, verranno gestiti in conformità alla Parte IV - D.Lgs 152/06 e destinati ad idonei impianti di smaltimento.

La caratterizzazione di base è effettuata a carico del produttore delle terre e rocce da scavo.

La produzione di terre e rocce da scavo avviene nell'ambito della realizzazione di opere o attività sottoposte a VIA, pertanto la sussistenza delle condizioni e dei requisiti di cui all'articolo 185, comma 1, lettera c), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, è effettuata in via preliminare, in funzione del livello di progettazione definitiva e in fase di stesura dello studio di impatto ambientale (SIA), attraverso il presente Piano.

In fase di progettazione esecutiva o comunque prima dell'inizio dei lavori, in conformità alle previsioni del presente documento, il proponente o l'esecutore:

- effettua il campionamento dei terreni, nell'area interessata dai lavori, per la loro caratterizzazione al fine di accertarne la non contaminazione ai fini dell'utilizzo allo stato naturale, in conformità con quanto pianificato in fase di autorizzazione;
- redige, accertata l'idoneità delle terre e rocce scavo all'utilizzo ai sensi e per gli effetti dell'articolo 185, comma 1, lettera c), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, un apposito progetto in cui sono definite:
 - le volumetrie definitive di scavo delle terre e rocce;
 - la quantità delle terre e rocce da riutilizzare;
 - la collocazione e durata dei depositi delle terre e rocce da scavo;
 - la collocazione definitiva delle terre e rocce da scavo.



Wind Energy
Sindia Srl

grEen &
grEen
WE ENGINEERING

INTERNAL CODE

C21BLN001CWR05901

PAGE

9 di/of 72

- gli esiti delle attività eseguite, ai sensi del comma 3 dell'art. 24 del DPR 120/2017, sono trasmessi all'autorità competente ed all'Arpa Sardegna, prima dell'avvio dei lavori.



Wind Energy
Sindia Srl



INTERNAL CODE

C21BLN001CWR05901

PAGE

10 di/of 72

4 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

Il parco eolico è costituito da n. 7 aerogeneratori e relative opere di connessione, interessa i territori comunali di Sindia e Macomer, nella provincia di Nuoro, in Sardegna.

Di seguito vengono riportate le coordinate degli aerogeneratori in progetto e l'inquadramento con la localizzazione dell'area di impianto e le opere di connessione su base satellitare:

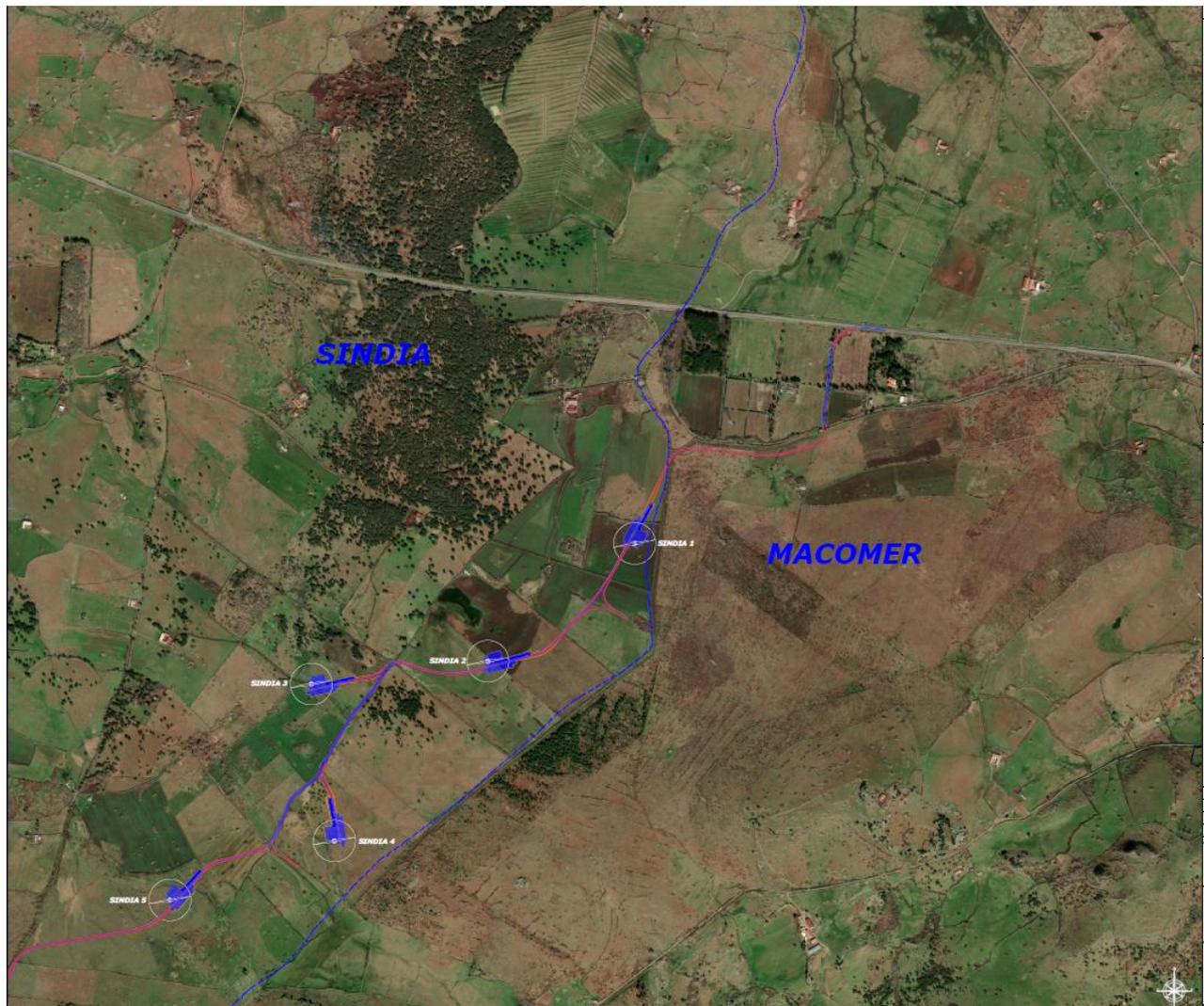


Figura 1 - Primo inquadramento dell'ubicazione delle WTG, della viabilità di impianto e del Cavidotto AT 36 kV su base ortofoto

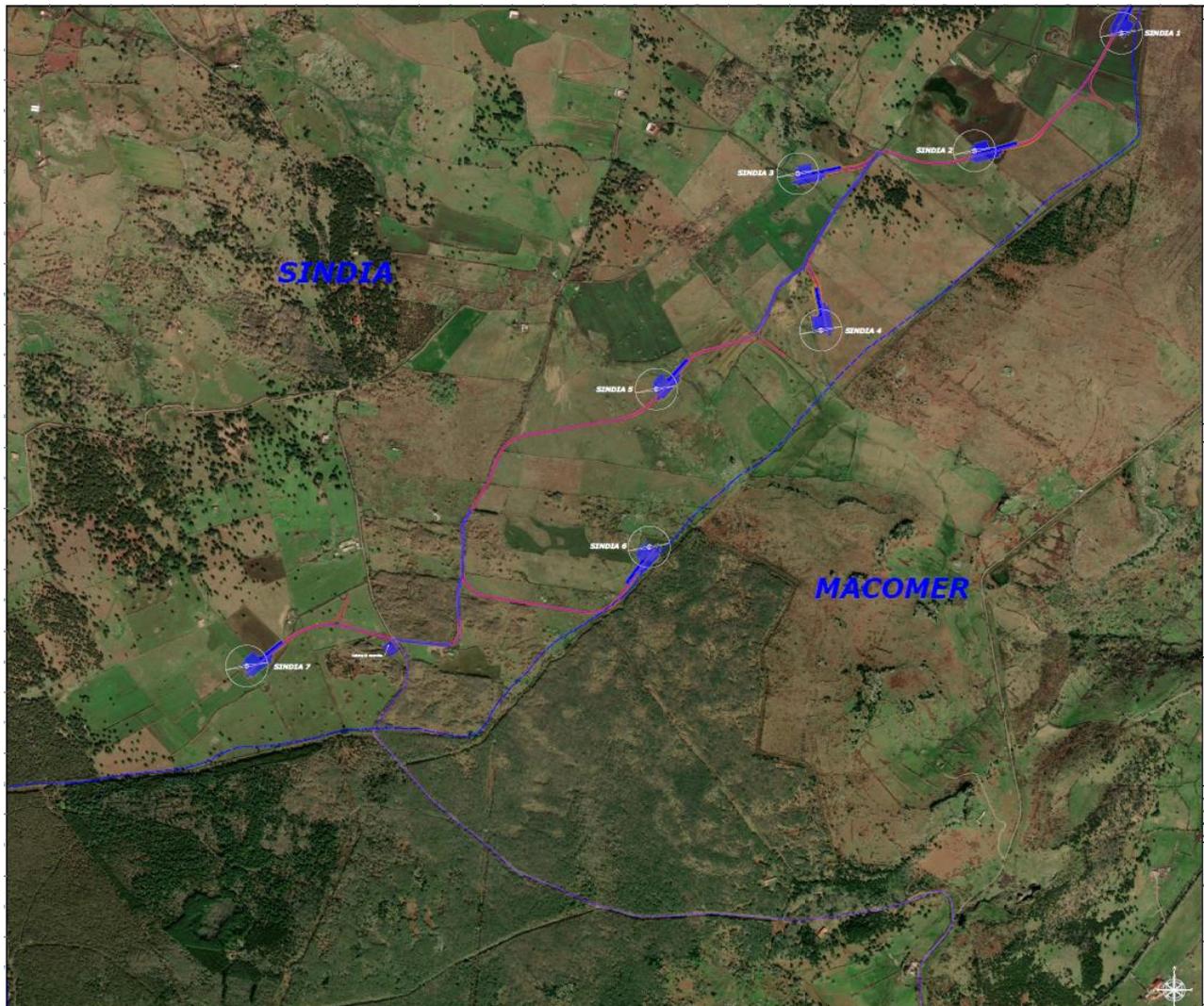


Figura 2 - Secondo inquadramento dell'ubicazione delle WTG, della viabilità di impianto e del Cavidotto AT 36 kV su base ortofoto

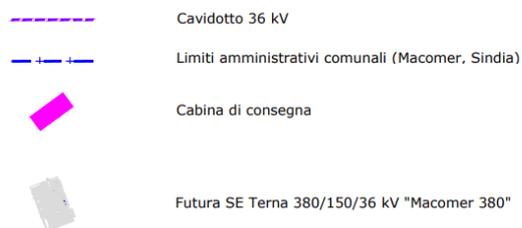
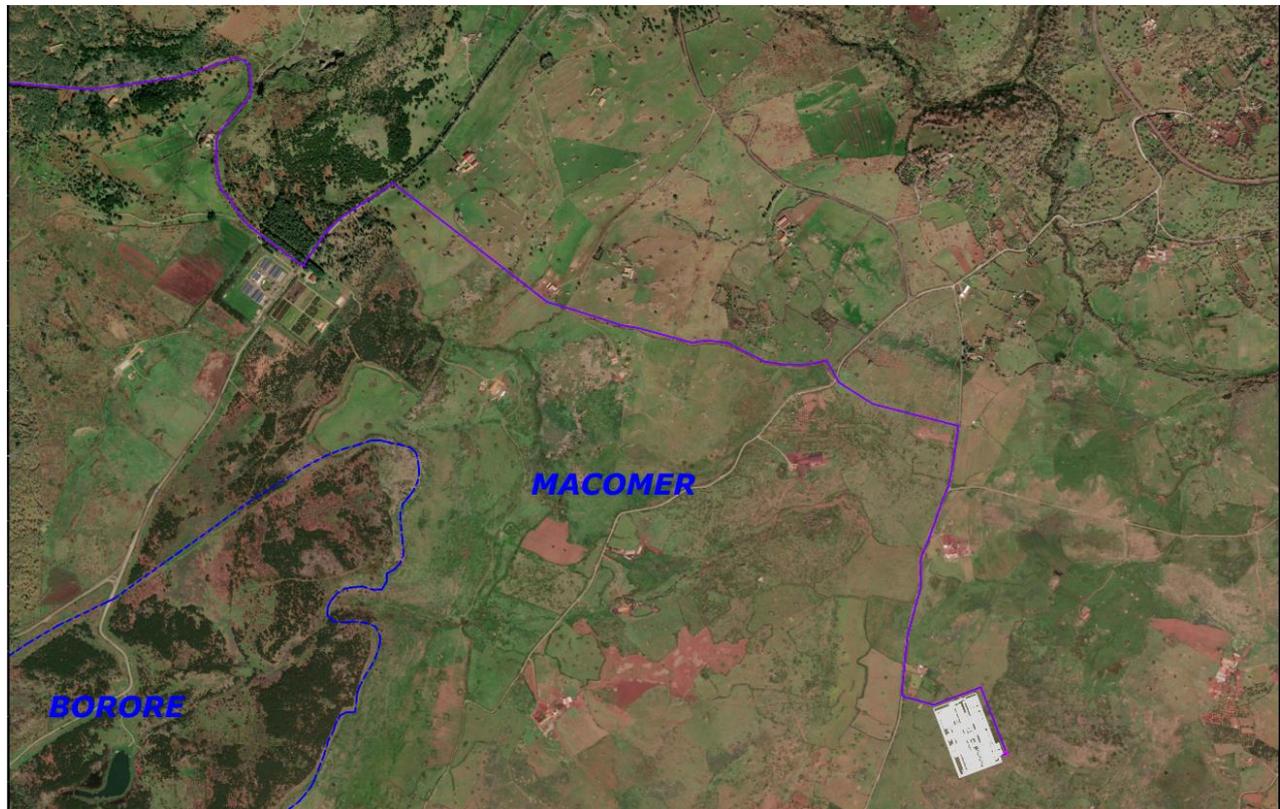


Figura 3 – Terzo inquadramento dell'ubicazione delle WTG, della viabilità di impianto e del cavidotto su base ortofoto

Tabella 1 - Coordinate aerogeneratori in progetto

WTG	Comune	Est [m]	Nord [m]	Altitudine [m s.l.m.]
SINDIA 1	Sindia	476343	4458611	654
SINDIA 2	Sindia	475748	4458130	653
SINDIA 3	Sindia	475032	4458037	648
SINDIA 4	Sindia	475126	4457397	682
SINDIA 5	Sindia	474459	4457156	664
SINDIA 6	Sindia	474430	4456512	702



SINDIA 7	Sindia	472800	4456026	655
-----------------	--------	--------	---------	-----

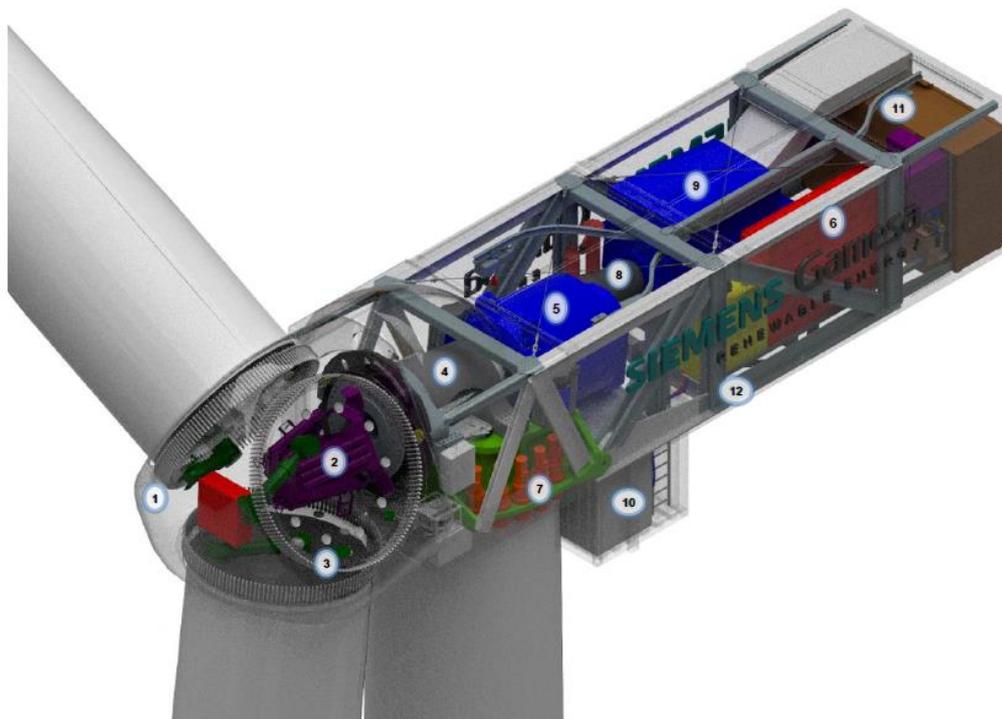
Propedeutica all'esercizio dell'impianto, la realizzazione di tutte le opere accessorie e di servizio per la costruzione e gestione dell'impianto, quali:

- Piazzole di montaggio e manutenzione per ogni singolo aerogeneratore;
- Viabilità interna di accesso alle singole piazzole sia per le fasi di cantiere che per le fasi di manutenzione;
- Adeguamento della viabilità esistente interna all'area di impianto per consentire la trasportabilità delle componenti;
- Cavidotti (36 kV) interrati interni all'impianto di connessione tra i singoli aerogeneratore;
- Cabina di raccolta (36 kV).
- Cavidotto (36 kV) di veicolazione dell'energia prodotta dalla cabina di raccolta del parco eolico alla cabina di Consegna;
- Cabina di Consegna.

4.1 Componenti dell'impianto

4.1.1 Aerogeneratori

Gli aerogeneratori costituenti il parco eolico hanno tutti lo stesso numero di pale (tre) e la stessa altezza. Si riportano a seguire le caratteristiche tecniche riferite all'aerogeneratore considerato nella progettazione definitiva.



1 Hub	7 Yaw system
2 Pitch system	8 High speed shaft
3 Blade bearings	9 Generator
4 Low speed shaft	10 Transformer
5 Gearbox	11 Cooling system
6 Electrical cabinets	12 Rear Structure

Figura 4- Allestimento navicella dell'aerogeneratore

Rotore

Il rotore è costituito da un mozzo (hub) realizzato in ghisa sferoidale, montato sull'albero a bassa velocità della trasmissione con attacco a flangia. Il rotore è sufficientemente grande da fornire spazio ai tecnici dell'assistenza durante la manutenzione delle pale e dei cuscinetti all'interno della struttura.

Diametro: 170 m

Superficie massima spazzata dal rotore: 22.697 m²

Numero di pale: 3

Velocità: variabile per massimizzare la potenza erogata nel rispetto dei carichi e dei livelli di rumore.

Torre

Tipo tubolare in acciaio e/o in cemento armato.

Pale

Il materiale di cui risulta costituita la pala è composto da una matrice in fibra di vetro e carbonio pultrusi. La pala utilizza un design basato su profili alari. La lunghezza della singola pala è pari a 83,33 m.

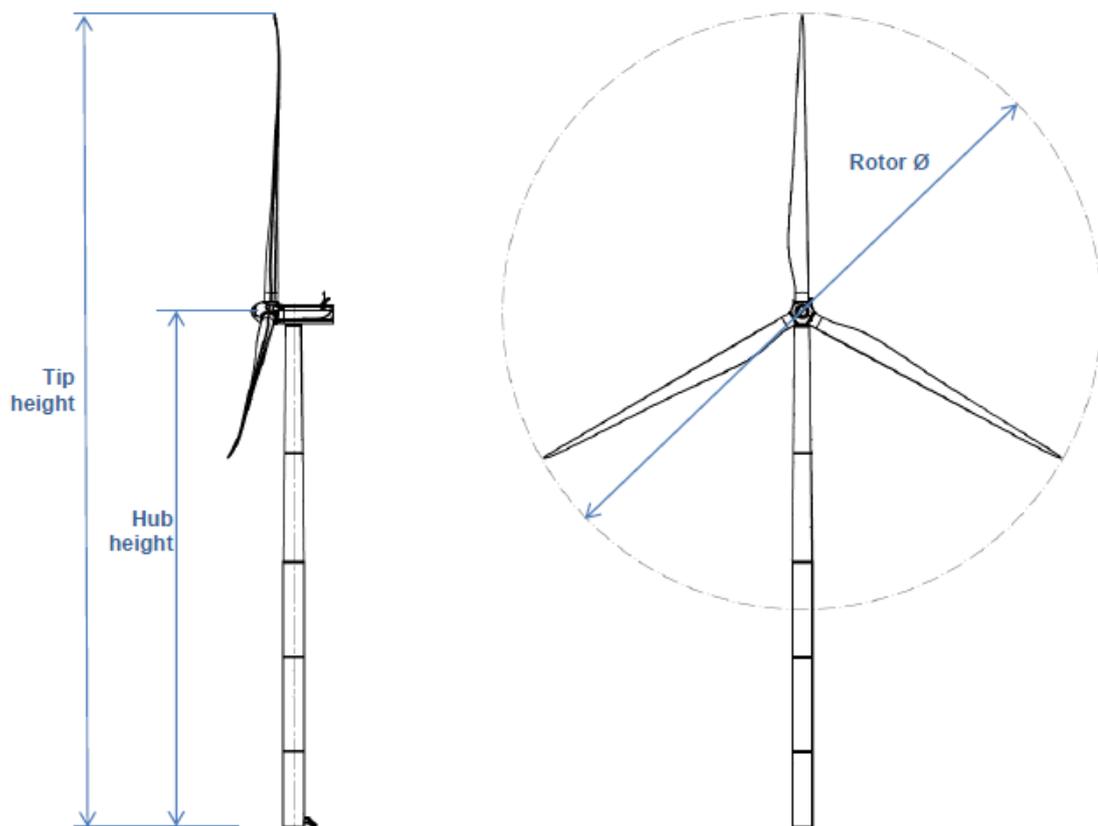


Figura 5- Dimensioni aerogeneratore tipo

Altezza della punta (Tip height)	200 m
Altezza del mozzo (Hub height)	115 m
Diametro del rotore (Rotor \varnothing)	170 m

Tabella 2- Dimensioni aerogeneratore tipo

Generatore

Tipo DFIG asincrono, potenza massima 6350 kW @30°C.

4.1.2 Fondazioni aerogeneratori

Le opere di fondazione degli aerogeneratori, completamente interrate, saranno su plinti in cemento armato.

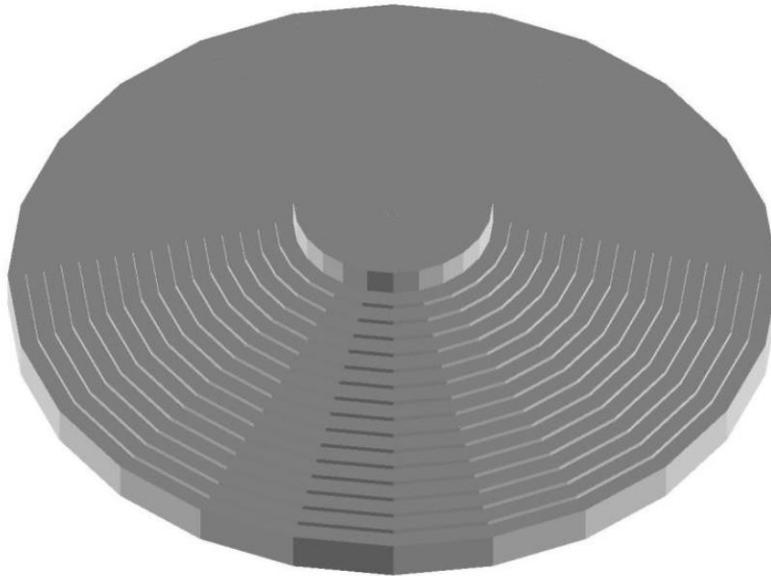


Figura 6- Vista solida del plinto di fondazione.

La singola fondazione risulta conforme alle seguenti caratteristiche:

- Pendenza superficie tronco conica < 25%
- Altezza soletta conica > 50cm

Per maggiori approfondimenti si rinvia agli elaborati progettuali “C21BLN001CWR00300_ *Relazione preliminare di calcolo delle fondazioni aerogeneratori*” e “C21BLN001CWD02501_ *Tipologico fondazione aerogeneratore*”.

4.1.3 Piazzole aerogeneratori

In fase di cantiere e di realizzazione dell'impianto sarà necessario approntare delle aree, denominate piazzole degli aerogeneratori, prossime a ciascuna fondazione, dedicate al posizionamento delle gru ed al montaggio di ognuno dei 7 aerogeneratori costituenti il parco eolico. Internamente alle piazzole si individuano le seguenti aree:

- ✓ Area della gru di supporto
- ✓ Area di stoccaggio delle sezioni della torre
- ✓ Area di stoccaggio della navicella
- ✓ Area di stoccaggio delle pale
- ✓ Area di assemblaggio della gru principale
- ✓ Area di stoccaggio dei materiali e degli strumenti necessari alle lavorazioni di cantiere

Le dimensioni delle diverse aree sono rappresentate nell'elaborato "C21BLN001CWD02300_ Tipologico piazzola".

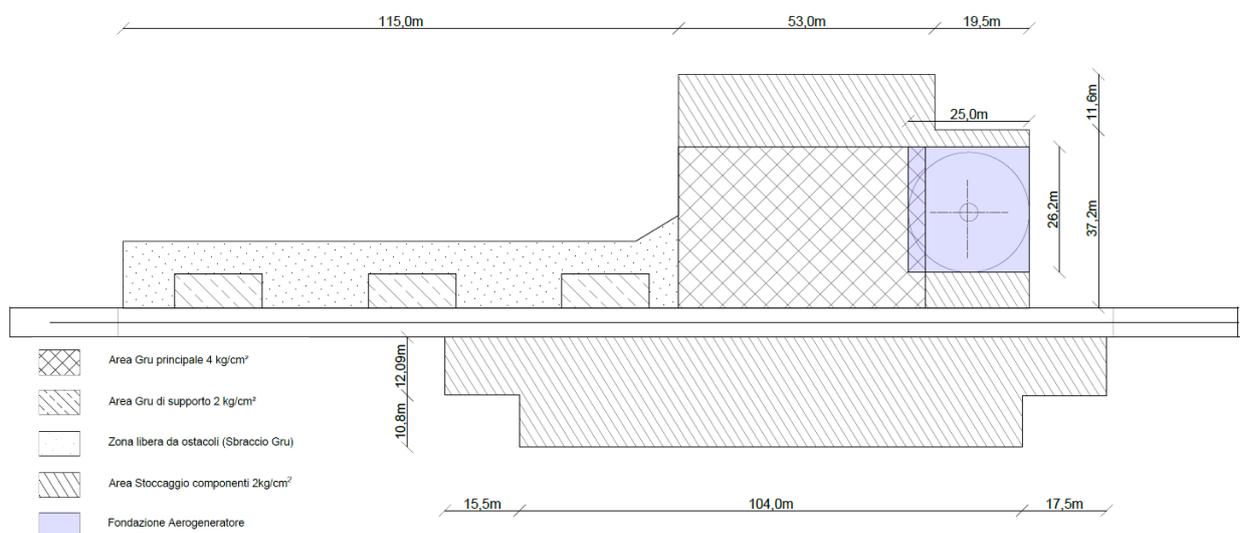


Figura 7- Tipologico piazzola.

La realizzazione di tutte le piazzole sarà eseguita mediante uno spianamento dell'area circostante ciascun aerogeneratore, prevedendo una pendenza longitudinale della singola piazzola compresa tra 0,2% e 1% utile al corretto deflusso delle acque superficiali.

Nella zona di installazione della gru principale la capacità portante sarà pari ad almeno 4 kg/cm², tale valore può scendere a 2 kg/cm² se si prevede di utilizzare una base di appoggio per la gru; la sovrastruttura è prevista in misto stabilizzato per uno spessore totale di circa 30 cm.

Il terreno esistente deve essere adeguatamente preparato prima di posizionare gli strati della sovrastruttura. È necessario raggiungere la massima rimozione del suolo vegetale e un'adeguata compattazione al fine di evitare cedimenti del terreno durante la fase d'installazione dovuti al posizionamento della gru necessaria per il montaggio.

Al termine dei lavori le aree temporanee della piazzola, usate durante la fase di cantiere, verranno sistemate a verde per essere restituite agli usi precedenti ai lavori.

4.1.4 Viabilità di impianto

L'accesso al sito da parte dei mezzi di trasporto degli aerogeneratori avverrà attraverso le strade esistenti. Al fine di limitare al minimo gli interventi di adeguamento, sono state prese in considerazione nuove tecniche di trasporto finalizzate a ridurre al minimo gli spazi di manovra degli automezzi. Rispetto alle tradizionali tecniche di trasporto è previsto l'utilizzo di mezzi che permettono di modificare lo schema di carico durante il trasporto e di conseguenza limitare i raggi di curvatura, le dimensioni di carreggiata e quindi i movimenti terra e l'impatto sul territorio.

Le aree di ubicazione degli aerogeneratori risultano raggiungibili dalla viabilità di impianto di nuova realizzazione. La presenza della viabilità esistente ha consentito, in fase di redazione del progetto, di minimizzare gli effetti derivanti dalla realizzazione dei tratti di strada in progetto, limitati alle zone dove non è presente alcun tipo di viabilità fruibile e/o adeguabile, portando allo sviluppo della nuova viabilità di accesso, tra le strade esistenti e/o adeguate e le piazzole di servizio degli aerogeneratori.

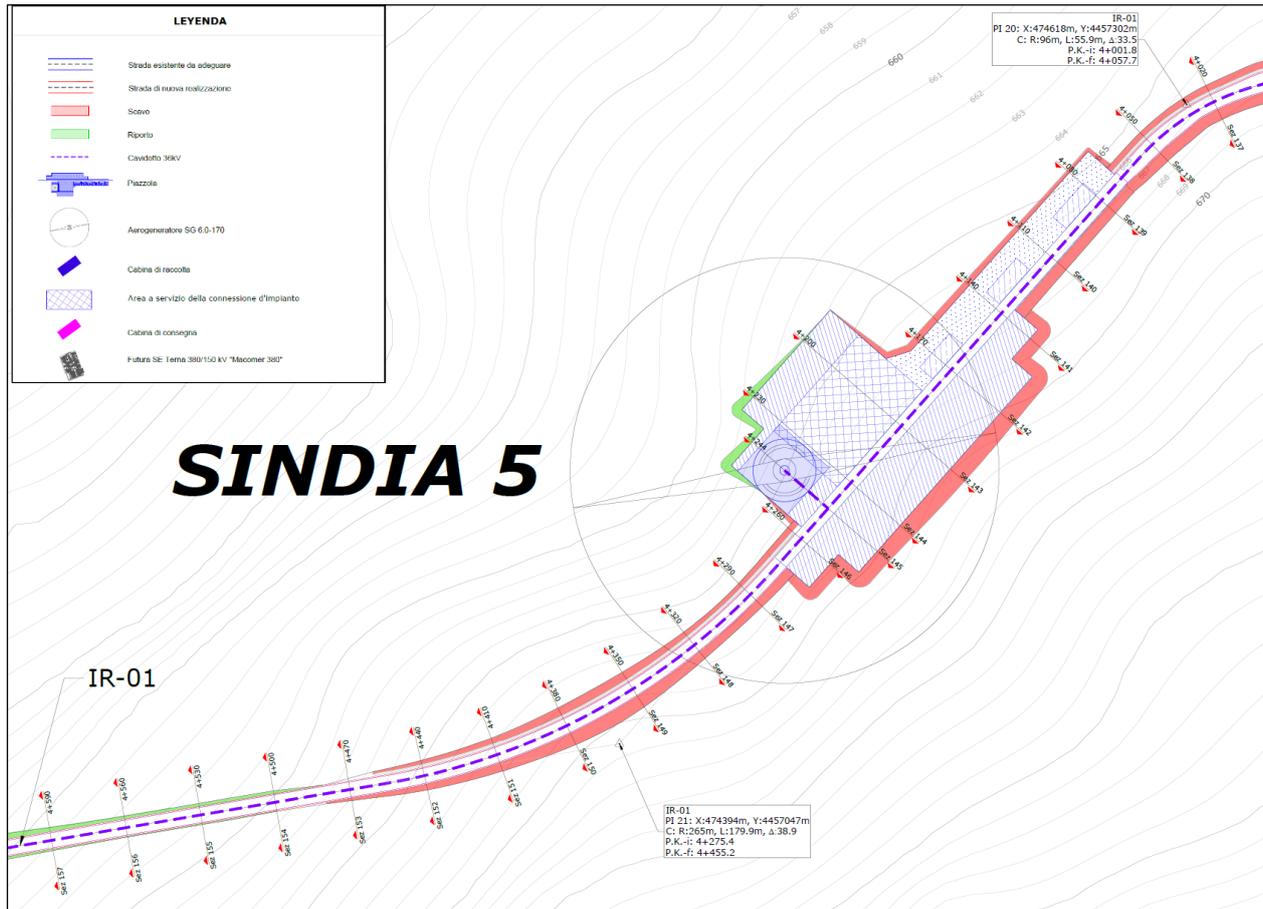


Figura 8- Tracciato planimetrico viabilità di nuova realizzazione.

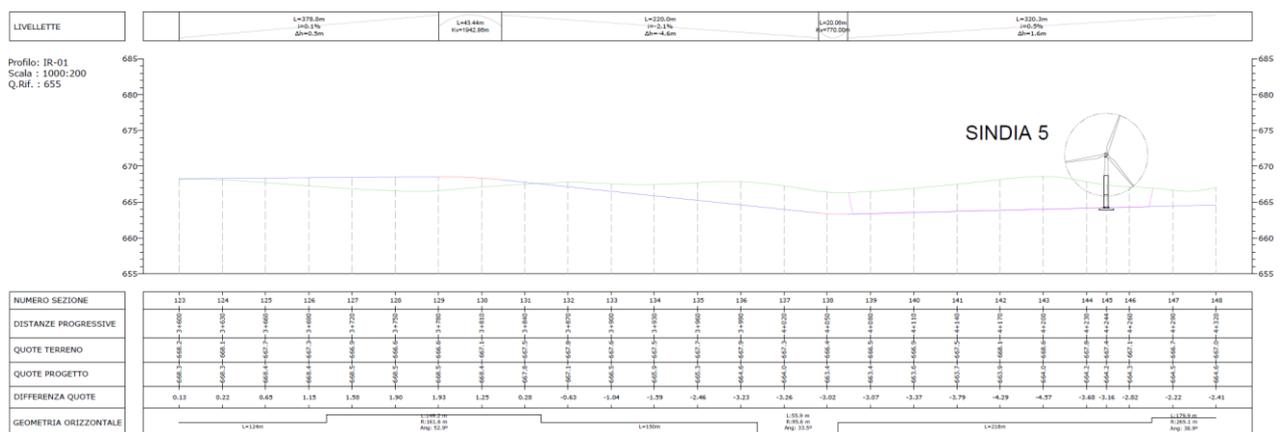


Figura 9- Profilo longitudinale tratto di viabilità di nuova realizzazione. Fonte: elaborato di progetto "C21BLN001CWD02202_Profilo longitudinali stradali e sezioni trasversali"

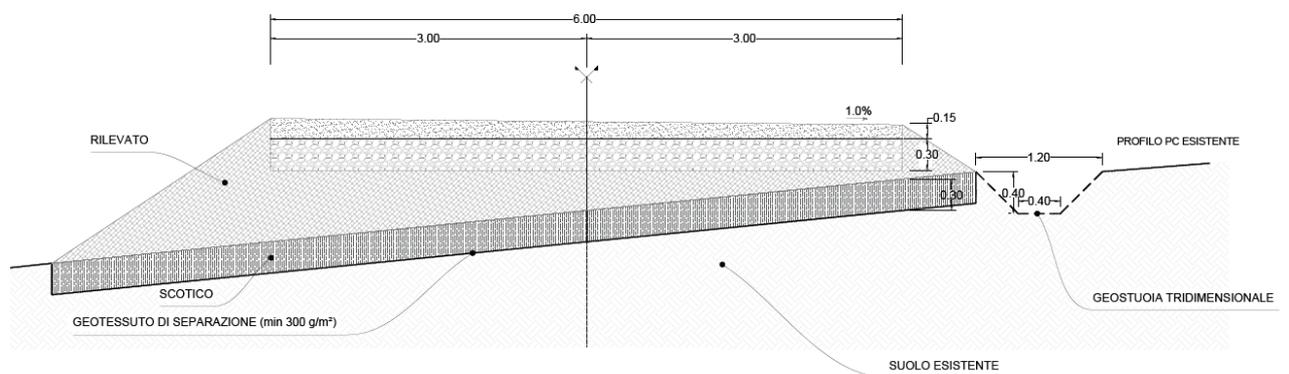
Nel caso di adeguamento di strade esistenti e/o di creazione di strade nuove, la larghezza normale della strada in rettilineo fra i cigli estremi (cunette escluse) è fissata in 6 m.

Il profilo trasversale della strada è costituito da una falda unica con pendenza dell'1%.

Nei tratti in trincea o a mezza costa la strada è fiancheggiata, dalla cunetta di scolo delle acque, in terra rivestita, di sezione trapezoidale (superficie minima 0,30 m²). Nelle zone in riporto in cui la

pendenza naturale del terreno non segue la pendenza del rilevato in progetto, ma risulta alla stessa contraria, per evitare che la base del rilevato possa essere scalzata nel tempo, verrà previsto un fosso di raccolta delle acque di pioggia, al piede del rilevato, al fine di convogliare le acque meteoriche verso il primo impluvio naturale. Le scarpate dei rilevati avranno l'inclinazione indicata nelle sagome di progetto oppure una diversa che dovesse rendersi necessaria in fase esecutiva in relazione alla natura e alla consistenza dei materiali con i quali dovranno essere formati.

SEZIONE TIPO 1



SEZIONE TIPO 2

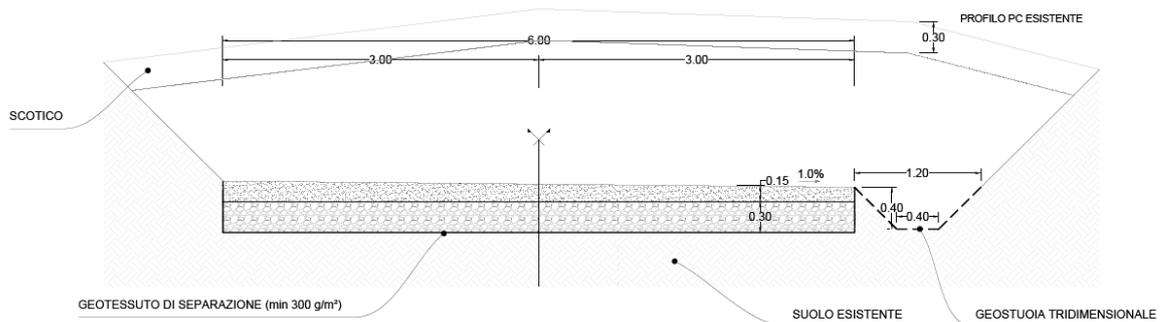


Figura 10- Sezione trasversale viabilità di nuova realizzazione. Fonte: elaborato di progetto
"C21BLN001CWD01901_Tipico sezione stradale con particolari costruttivi"

Nelle sezioni in scavo ed in riporto, il terreno più superficiale (scotico) viene rimosso per una profondità di circa 30 cm.

Il terreno del fondo stradale deve essere sempre privo di radici e materiale organico (deve essere rimosso uno strato adeguato di terreno) e adeguatamente compattato, almeno al 90% della densità del proctor modificata.

I materiali per la sovrastruttura stradale possono essere il risultato di una corretta frantumazione dei materiali del sito di scavo o importati dalle cave disponibili. In entrambi i casi il materiale deve avere una granulometria adeguata e le proprietà delle parti fini devono garantire un comportamento stabile durante i cambi di umidità

Il progetto prevede tratti di viabilità di nuova realizzazione per una lunghezza complessiva pari a circa 5,2 km ed adeguamento della viabilità esistente interna al parco per una lunghezza pari a circa 2 km.

Per la realizzazione della viabilità interna di impianto si distinguono due fasi:

- Fase 1: realizzazione strade di cantiere (sistemazione provvisorie);
- Fase 2: realizzazione strade di esercizio (sistemazioni finali)

Fase 1

Durante la fase di cantiere è previsto l'adeguamento della viabilità esistente e la realizzazione dei nuovi tracciati stradali, internamente all'area di impianto. La viabilità dovrà consentire il transito, dei mezzi di trasporto delle attrezzature di cantiere nonché dei materiali e delle componenti di impianto.

La sezione stradale avrà una larghezza variabile al fine di permettere senza intralcio il transito dei mezzi in riferimento al tipo di attività che si svolgeranno in cantiere. Sui tratti in rettilineo è garantita una larghezza minima di 6,00 m. Le livellette stradali per le strade da adeguare seguiranno quasi fedelmente le pendenze attuali del terreno.

Con le nuove realizzazioni della viabilità di cantiere verrà garantito il deflusso regolare delle acque e il convogliamento delle stesse nei compluvi naturali o artificiali oggi esistenti in sito.

Fase 2

A fine lavori le aree temporanee usate durante la fase di cantiere verranno restituite agli usi precedenti ai lavori tramite preparazione e scarificazione del suolo secondo le tecniche classiche, stesura del terreno vegetale proveniente dagli scavi del cantiere stesso adottando le normali pratiche dell'ingegneria naturalistica.

4.1.5 Elettrodotto interrato a 36 kV

L'energia elettrica prodotta sarà convogliata al punto di connessione, mediante cavi interrati di tensione 36kV. L'immissione in rete dell'energia prodotta riferita alla potenza di 43,4 MW avverrà mediante il collegamento alla futura Stazione RTN TERNA 380/150/36 kV "Macomer 380" prevista nelle immediate vicinanze, nella quale è prevista un'espansione con lo stallo a 36kV (non oggetto di questo progetto).

La configurazione elettrica dell'impianto prevede tre sottogruppi di aerogeneratori (cluster), e gli aerogeneratori (WTGs) sono così connessi:

CLUSTER 1 (2 WTG – 12,4 MW)	
<i>DA Sindia 1</i>	<i>A Sindia 2</i>
<i>DA Sindia 2</i>	<i>A Cabina di Raccolta</i>
CLUSTER 2 (2 WTG – 12,4 MW)	
<i>DA Sindia 3</i>	<i>A Sindia 4</i>
<i>DA Sindia 4</i>	<i>A Cabina di Raccolta</i>
CLUSTER 3 (3 WTG – 18,6 MW)	
<i>DA Sindia 5</i>	<i>A Sindia 6</i>
<i>DA Sindia 6</i>	<i>A Sindia 7</i>
<i>DA Sindia 7</i>	<i>A Cabina di Raccolta</i>

Gli aerogeneratori risultano interconnessi mediante cavi tipo AL RHZ1-OL 26/45kV di sezione opportuna, riportata a seguire, nella tabella riepilogativa. La profondità di posa dei cavi a 36 kV non risulta inferiore ad 1 m. Il percorso del cavidotto così costituito si sviluppa, dall'area di impianto fino alla cabina di raccolta e da questa si raggiunge con un circuito a 36 kV, il punto di connessione.

Il tracciato è stato scelto in modo da limitare al minimo l'impatto in quanto realizzato lungo la viabilità di servizio dell'impianto e lungo la viabilità esistente.

4.1.6 Cabina di raccolta a 36 kV

I tre Cluster di circuiti a 36 kV uscenti dagli aerogeneratori, verranno collegati alla cabina di raccolta a 36 kV, ubicata nel Comune di Sindia al foglio 38, particella 44.

La cabina prefabbricata di dimensioni 5,00x12,00x3,00m, ospiterà 3 scomparti di linea a 36 kV in entrata, 1 scomparto di linea in uscita a 36 kV, un quadro ed un trasformatore per i servizi ausiliari, per come indicato nello schema elettrico unifilare seguente:

CABINA DI RACCOLTA

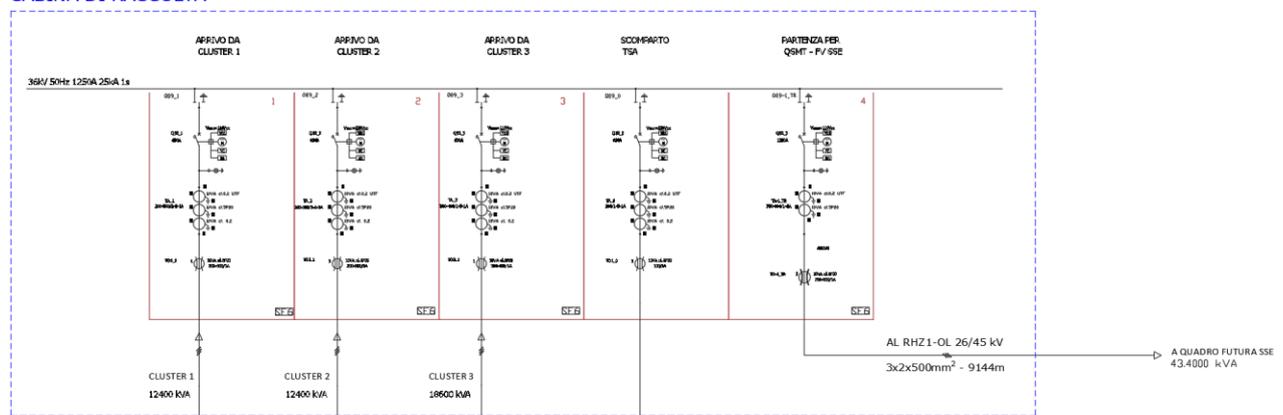
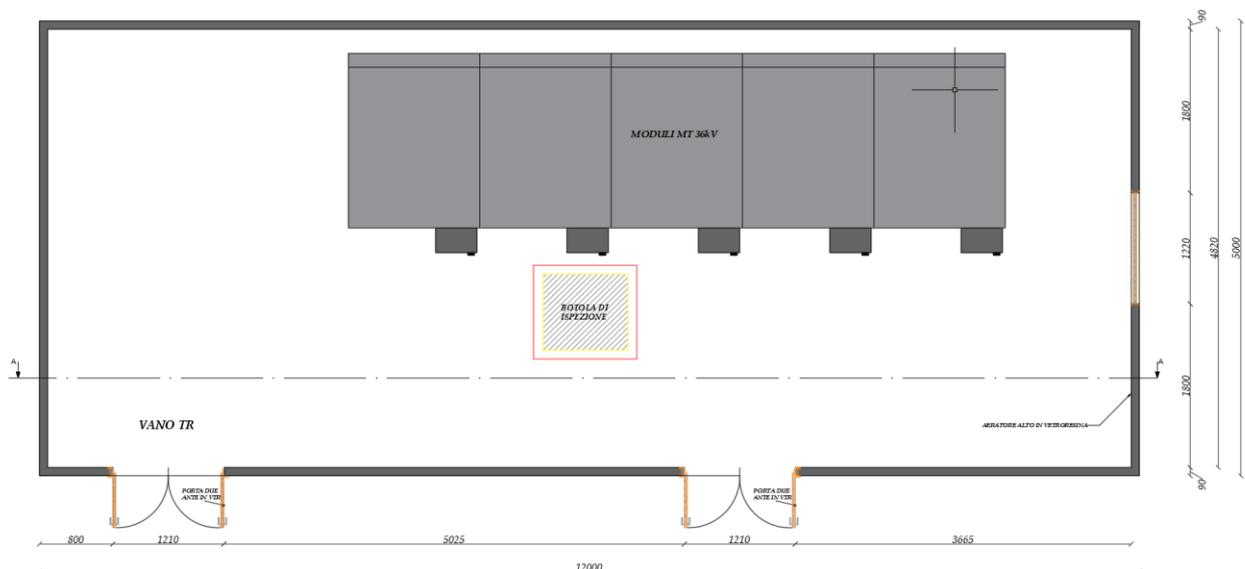


Figura 11- Cabina di raccolta a 36 kV: Schema unifilare.

Di seguito si riportano pianta, prospetto e sezione della cabina di raccolta.



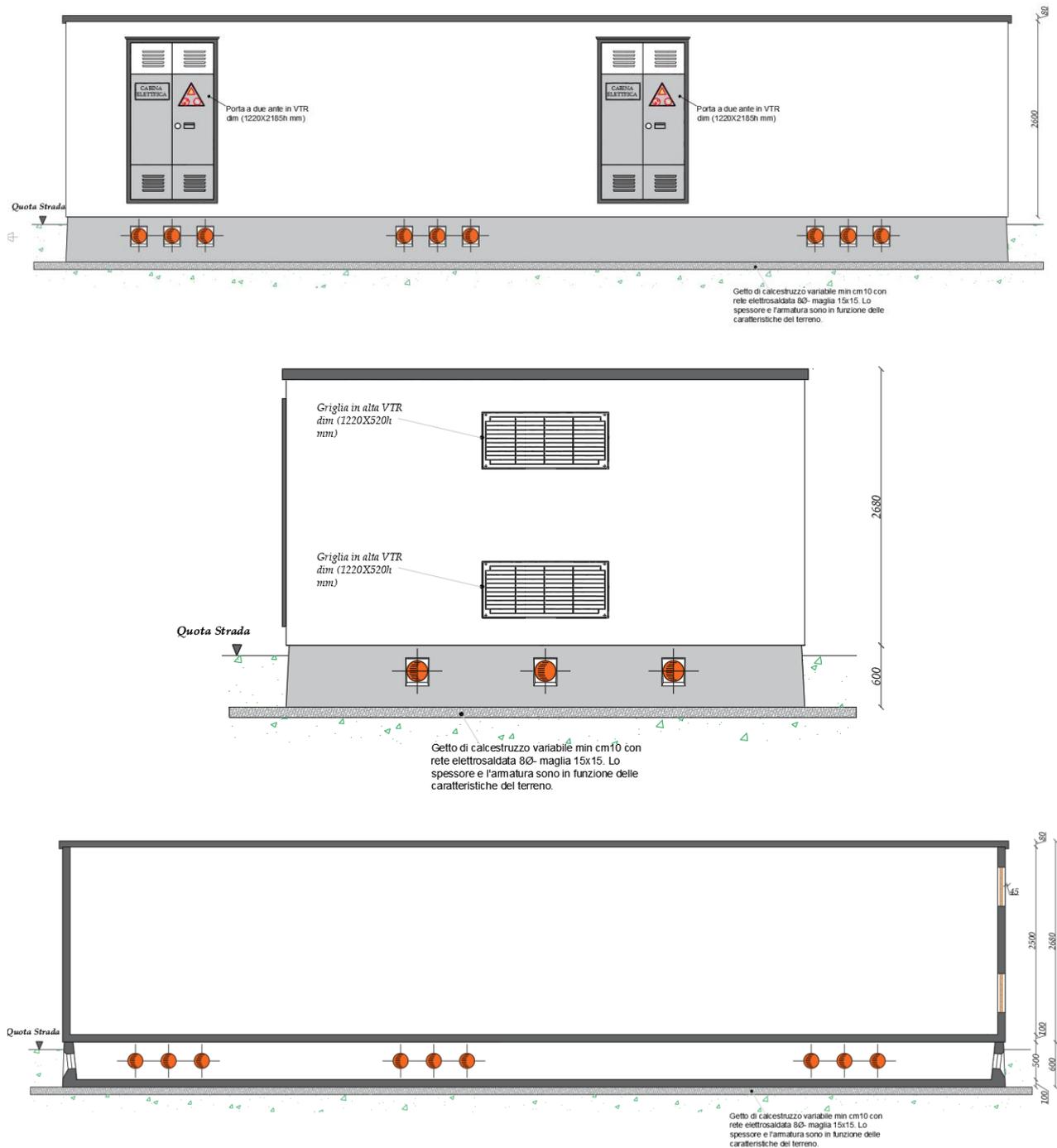


Figura 12- Cabina di raccolta a 36 kV: Pianta, prospetti e sezioni.

4.1.7 Opere civili area di connessione

Le aree scelte per l'ubicazione della cabina di raccolta, prevedono l'accesso mediante strada esistente ad un'area (40x50 m) libera d'ostacoli adibita alla connessione d'impianto. Allo stato attuale la morfologia del sito richiede, per la realizzazione delle opere in progetto, movimenti terra (lavorazioni di scavo e riporto) contenuti. Se necessario, una parte di quest'area sarà recintata.



Figura 13- Posizionamento cabina di raccolta su stralcio d'ortofoto.

5 INQUADRAMENTO AMBIENTALE DEL SITO

5.1 Inquadramento geologico – Strutturale generale

L'inquadramento geologico che qui segue riprende largamente quanto riportato nelle note illustrative del Foglio Geologico CarG 459, "Sassari" e 528 "Oristano", che sono i fogli della cartografia CarG più prossimi all'area di studio e relativa bibliografia, che definiscono le caratteristiche generali dei complessi tettonostrutturali presenti, anche se l'area di studio non è rientra in tali fogli.

La Sardegna è usualmente divisa in tre complessi: il basamento metamorfico ercinico, il complesso intrusivo tardo-ercinico, le coperture sedimentarie e vulcaniche tardo-erciniche, mesozoiche e cenozoiche.

Il basamento sardo è un segmento della catena ercinica sud-europea, considerata una catena collisionale, con subduzione di crosta oceanica e metamorfismo di alta pressione a partire dal Siluriano, e collisione continentale con importante ispessimento crostale, metamorfismo e magmatismo durante il Devoniano e il Carbonifero. In Sardegna la geometria collisionale della catena ercinica è ancora ben riconoscibile. Secondo alcuni autori il margine armoricano sovrascorso è rappresentato dal complesso metamorfico di alto grado che affiora nella Sardegna settentrionale, mentre il margine del Gondwana subdotto è rappresentato da un complesso metamorfico di basso e medio grado, a sua volta suddiviso in Falde interne e Falde esterne, che affiora nella Sardegna centrale e sud-orientale. I due complessi sono separati dalla Linea Posada-Asinara, lungo la quale si rinvengono relitti di crosta oceanica.

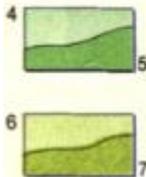
Alla strutturazione collisionale segue nel tardo-ercinico un'evoluzione caratterizzata da: collasso gravitativo della catena, metamorfismo di alto T/P, messa in posto delle plutoniti che formano il Batolite sardo-corso.

Dopo l'Orogenesi ercinica altri settori di crosta sono stati incorporati nella catena pirenaica, nelle Alpi e nell'Appennino, mentre il settore di crosta che attualmente costituisce il Blocco sardo-corso non è stato coinvolto in eventi orogenici di qualche rilevanza. Le deformazioni più importanti sono di carattere trascorrente e si manifestano tra l'Oligocene ed il Miocene.

La successione stratigrafica attualmente riconosciuta parte dal Mesozoico, tali successioni appartengono alla piattaforma connessa con l'evoluzione del margine passivo sud-europeo, costituita prevalentemente da calcari e da dolomie. I depositi più diffusi, riferiti al Terziario, sono rappresentati da vulcaniti e da sedimenti clastici e carbonatici. Le vulcaniti sono costituite da lave andesitiche alternate a flussi piroclastici saldati e non saldati a chimismo riolitico e riodacitico.



UNITÀ ALPINE E SARDO-CORSE

- 
4 «Massiccio» sardo-corso, Maures-Esterei, Giura svizzero. Nuclei cristallini prepermiani (5) e coperture (4).
- 6** «Zona dell'Inneso-elvetica» e «Zona ultraelvetica». Massicci cristallini «esterni» precarboniferi (7) (Argentera, Pelvoux-Belledonne, M. Bianco-Aiguilles Rouges, Aar, Tavetsch, nuclei cristallini del M. Chétif e del Gottardo) e coperture (6).

MAGMATISMO POST-ERCINICO

Vulcanismo plio-pleistocenico legato ai processi di oceanizzazione del Mediterraneo occidentale

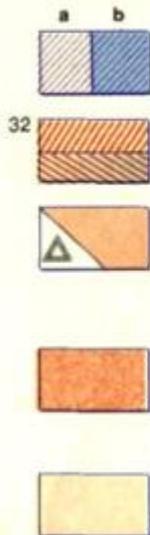
- 
31 – Vulcaniti centrotirreniche. **a)** Seamounts in prevalenza tholeitici; **b)** ad affinità non determinata.
- 32** – Vulcaniti di margine di bacino (magmi in prevalenza «mediterranei»: sistema toscano-laziale-campano, I. Ponziane, ed I. Eolie p.p. (32); basamento andesitico delle Eolie (Alicudi, Filicudi, Panarea, Lipari p.p., Salina p.p.) (33).
- 34** – Vulcaniti basaltiche di piattaforma: Pantelleria, Linosa, Iblei, Etna, Ustica-Anchise, Sardegna p.p. Centri vulcanici sottomarini storici del Canale di Sicilia (Δ).
- 35** **Magmatismo acido mio-pliocenico appenninico:** plutoniti dell'I. d'Elba, I. del Giglio, I. di Montecristo, di Gavorrano e vulcaniti dell'I. di Capraia, di S. Vincenzo e Roccastrada, di Montecatini e Orciatto, della Tolfa, dei Ceriti e di Manzianna.
- 36** **Vulcanismo terziario contemporaneo a fasi compressive alpine:** Sardegna p.p. (andesiti-riodaciti); Calabria (limburgiti-andesiti, non cartografate).

Figura 14: Carta Tettonica d'Italia – Progetto finalizzato GEODINAMICA CNR – sca 1:500.000

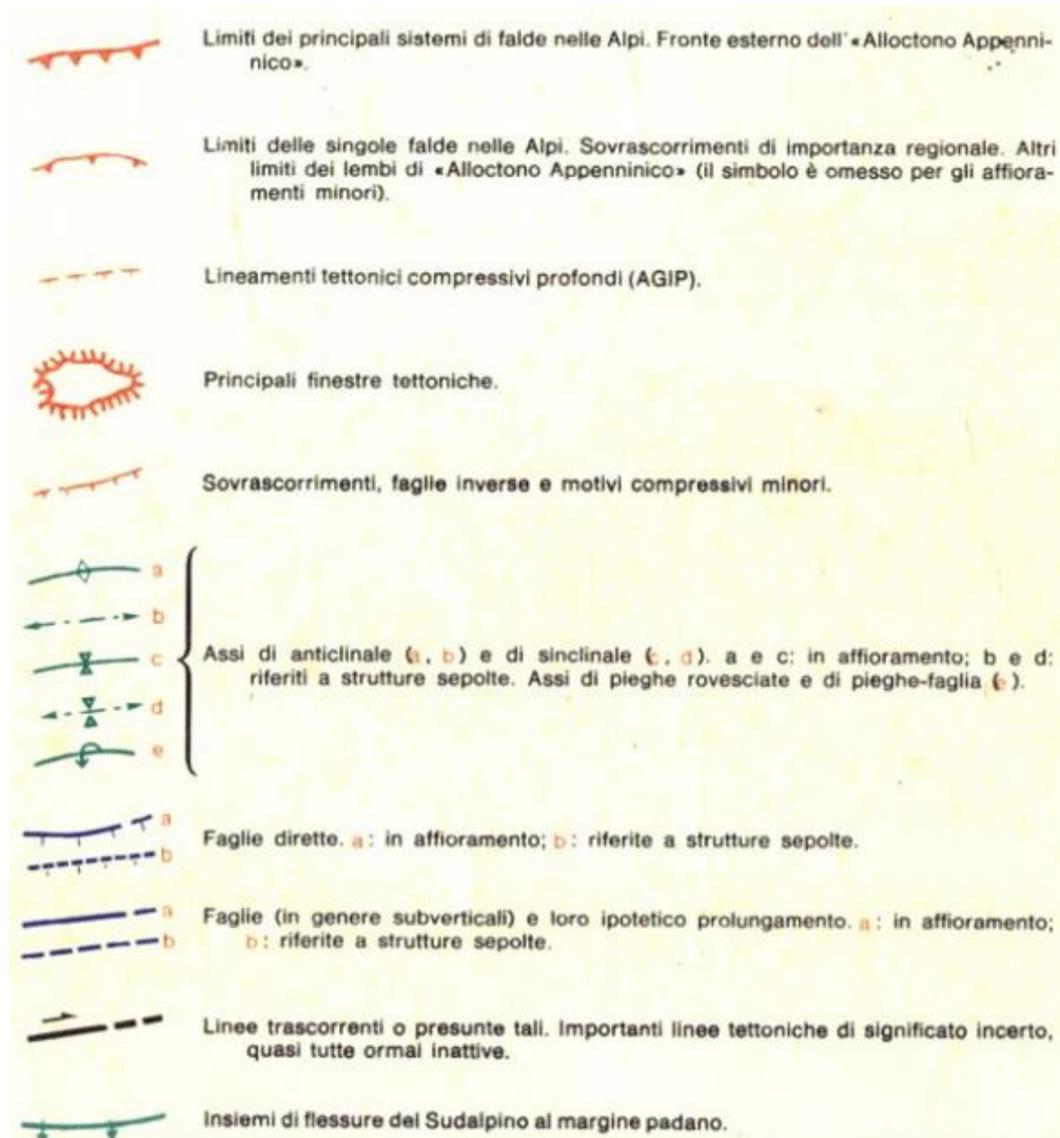


Figura 15: Legenda Carta Tettonica d'Italia – Progetto finalizzato GEODINAMICA CNR – sca 1:500.000

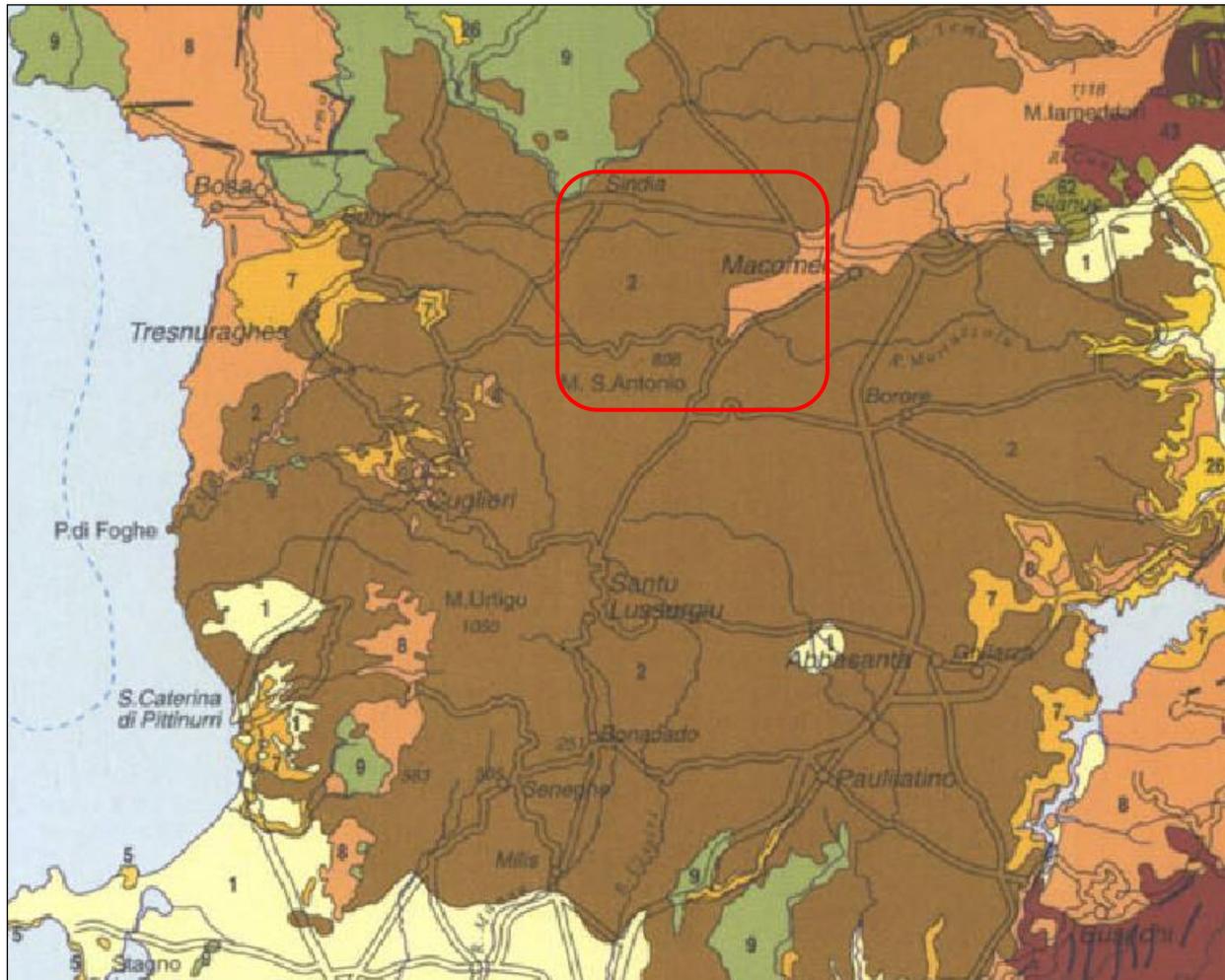


Figura 16: Stralcio Carta Geologica e strutturale della Sardegna e della Corsica; 1-Depositi alluvionali olocenici, 2-Basalti Alcalini e transizionali del plio-pleistocene, 5-marne e calcari evaporitici messiniani, 7-Conglomerati, brecce e calcareniti burdigaliano-serravalliani, 8-Rioliti e riodaciti ignimbriche burdigaliano-aquitaniane, 9-Andesiti e basalti burdigaliano-aquitaniane, 26-Conglomerati e brecce, marne, marne arenacee, calcari, tufiti marine del post-Eocene medio-Burdigaliano inferiore-medio, 38-Successioni vulcano-sedimentarie andesitiche, dacitiche e riolitiche del Paleozoico, 39-Leucomonzograniti a biotite del Paleozoico, 57-Paragneiss e micascisti paleozoici.

Come è possibile osservare l'area rientra interamente nella zona caratterizzata dalla serie basaltica del plio-pleistocene.

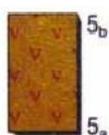
Nella carta geologico-strutturale di Sardegna e Corsica l'area rientra interamente nel settore caratterizzato dalla serie basaltica alcalina e transizionale del Pliocene-Pleistocene, senza ulteriori differenziazioni.

Nella più accurata Carta Geologica della Sardegna in scala 1:200.000 a cura del Comitato per il Coordinamento della Cartografia Geologica e Geotematica della Sardegna (edizione 1996) l'area rientra nel gruppo denominato 5b, ovvero "Basalti alcalini e transizionali, basaniti, trachibasalti e hawaii, talora con noduli peridotitici; andesiti basaltiche e basalti sub-alcalini. Alla base, o

intercalati, sono presenti conglomerati, sabbie e argille lacustri” e 5a “Trachiti, trachiti fonolitiche, fonoliti, fonoliti tefritiche in cupole e colate, talora in bancate scoriacee”.



Figura 17: Stralcio Carta Geologica della Sardegna in scala 1:200.000. Fonte [Cartografia geologica | Ordine Regionale dei Geologi della Sardegna](#).



Basalti alcalini e transizionali, basaniti, trachibasalti e hawaiiiti, talora con noduli peridotitici; andesiti basaltiche e basalti subalcalini; alla base, o intercalati, conglomerati, sabbie e argille fluvio-lacustri (es. **Formazione di Nuraghe Casteddu**) (Montiferru; Campeda; Baronia; Orosei; Marmilla; M.te Arci; etc.); con di scorie basaltiche (Logudoro; etc.) **5_b**. **Pliocene - Pleistocene**.

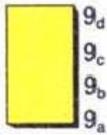
Trachiti, trachiti fonolitiche, fonoliti, fonoliti tefritiche e tefriti fonolitiche in cupole e colate, talora in bancate scoriacee (Montiferru; Marmilla; M.te Arci; Sarrabus; Capo Ferrato) **5_a**. **Pliocene**.

*Alkaline and transitional basalts, basanites, trachybasalts and hawaiites with peridotitic nodules; basaltic andesites and subalkaline basalts; at the bottom, and between lava flows, fluvial-lacustrine conglomerates, sands and clays (e.g. **Nuraghe Casteddu Formation**) (Montiferru; Campeda; Baronia; Orosei; Marmilla; Monte Arci; etc.); cones of scoriaceous basalts (Logudoro; etc.) **5_b**. **Pliocene - Pleistocene**. Trachytes, phonolitic trachytes, phonolites, thephritic phonolites, phonolitic thephrites in lava domes and scoriaceous lava flows (Montiferru; Marmilla; Monte Arci; Sarrabus; Capo Ferrato) **5_a**. **Pliocene**.*



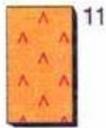
Filoni a composizione trachibasaltica, alcalibasaltica e hawaiiitica (Montiferru) **7**. **Pliocene - Pleistocene**.

*Dikes with trachybasaltic, alkalibasaltic and hawaiitic composition (Montiferru) **7**. **Pliocene - Pleistocene**.*



Arenarie marnose, siltiti, calcareniti sublitorali, con Foraminiferi planctonici delle zone N 12 e N 13, Molluschi (*Amusiopecten spinulosus*, *Flabellipecten fraterculus*, *Pecten benedictus*) (formazione delle Arenarie di Pirri Auct.) (Campidano: Cagliari; Sassarese; Logudoro) **9_d**. **Serravalliano medio - ? sup.**
 Marne e marne arenacee epibatiali, con Foraminiferi planctonici delle zone N 8 - N 11 / N 12, Molluschi pelagici (*Vaginella austriaca*, *Clio distefanoi*, *C. caralitana*, *C. pulcherrima*), Molluschi bentonici (*Abra longicallus*, *Ficus conditus*), Coralli Bianchi (formazione di Fangario Auct.) (Campidano: Cagliari; Logudoro; Marmilla) **9_c**. **Langhiano medio-sup. - Serravalliano inf.**
 Marne arenacee e siltose, arenarie, conglomerati, calcareniti e sabbie silicee sublitorali-epibatiali, con Foraminiferi planctonici delle zone N 7 e N 8, Molluschi pelagici (*Vaginella austriaca*, *V. rotundata*, *Clio pulcherrima*), Molluschi bentonici (*Gigantopecten ziziniiae*, *Pecten jossilingi*, *Amusiopecten baranensis*, *Aequipecten submalviniae*, *Ficus conditus*, *Abra longicallus*, etc.), Echinoidi (*Schizaster* sp.), Coralli Bianchi; (formazione delle Marne di Gesturi, formazione della Marmilla p.p. Auct.) (Marmilla, Trexenta, Campidano, Sassarese, Logudoro, Gallura) **9_b**. **Burdigaliano sup. - Langhiano medio-sup.**
 Conglomerati e sabbie a matrice argillosa, con elementi del basamento ercinico e subordinate vulcaniti terziarie (Logudoro: Oppia Nuova, Tula); conglomerati e arenarie deltizi (Baronie: Orosei) **9_a**. **Burdigaliano sup. - ? Serravalliano.**

Ciclo vulcanico calcalalino oligo-miocenico (14 - 32 Ma) *Oligocene-Miocene calcalaline volcanic cycle (14-32 Ma)*



11
 Rioliti, riodaciti, daciti e subordinatamente comenditi, in espandimenti ignimbrici, cupole di ristagno e rare colate, a cui si associano prodotti freatomagmatici ("fall" e "surge"); talora livelli epiclastici intercalati (Sulcis; Mandrolisai; Allai, Asuni, Ruinas; Oristanese; Paulilatino; Valle del Tirso; Fordongianus; Logudoro; Anglona; Planargia) **11**. **Oligocene sup. - Miocene inf. medio.**

Ignimbrites, lava domes and rare lava flows of rhyolitic, rhyodacitic, dacitic and locally comenditic composition, with fall and surge deposits; intercalations of sedimentary and epiclastic deposits (Sulcis; Mandrolisai; Allai, Asuni, Ruinas; Oristanese; Paulilatino; Valle del Tirso; Fordongianus; Logudoro; Anglona; Planargia) 11. Upper Oligocene - Lower Middle Miocene.



12
 Andesiti, andesiti basaltiche e rari basalti ad affinità tholeitica e calcalalina, talora brecciati, in colate, cupole di ristagno (Planargia: Montresta, Tresnuraghes; Oristanese: Bauladu; Marmilla: Aies; Sulcis: Narcao, S. Antioco); lave dacitiche e andesitiche in cupole e filoni (Valle del Cixerri; Campidano: Monastir; Planargia: C. Marargiu; Sulcis: Pula, Carbonia, Sarroch); andesiti, basalti andesitici e latiti ad affinità da calcalalina alta in K a shoshonitica (Anglona); localmente gabbri e gabbronoriti in corpi ipoabissali (Arburese: M. Arcuentu, M. Nureci); quarzodioriti porfiriche (porfiriti di alghero Auct.), (Nurra: Calabona) **12**. **Oligocene sup. - Miocene inf.**

Figura 18: Legenda Carta Geologica della Sardegna in scala 1:200.000; [Cartografia geologica | Ordine Regionale dei Geologi della Sardegna.](#)

5.2 Assetto geologico – stratigrafico locale

Il dettaglio delle condizioni geologiche può essere desunto attraverso la cartografia geologica ufficiale disponibile; in mancanza della cartografia in scala 1:50.000 si farà quindi riferimento alla cartografia in scala 1:100.000, che pur datata, rappresenta comunque una cartografia ufficiale di riferimento. Nell'area sono affioranti quindi i seguenti terreni, riportandone la nomenclatura come nella cartografia appena citata:

βp^2 Basalti debolmente alcalini e trachibasalti con microcristalli e noduli olivinici e pirossenici; tale litologia rappresenta quella più diffusa in tutta l'area e costituisce i terreni di riferimento delle WTG Sindia 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.

βmp^1 Basalti alcalini e trachibasalti di colore grigio perla a grana fine, con noduli peridotitici; sono presenti all'intorno dell'area di studio e rappresentano i terreni di riferimento per il cavodotto di connessione e futura SE, in particolare nell'area di Macomer;

βmp^2 Basalti alcalini e trachibasalti a grossi fenocristalli di plagioclasti; sono

presenti all'intorno dell'area di studio e rappresentano i terreni di riferimento per il cavidotto di connessione;

$\tau\phi$ Trachiti, trachiti fonolitiche e fonoliti in domi e colate;

ms Arenarie, arenarie calcaree, arenarie marnose e marno-arenacee fossilifere; sono presenti localmente nell'intorno dell'area di studio.

τ_{13} Rioliti e riodaciti essenzialmente in facies ignimbratica a fiamme, ricche in elementi xeno litici; sono presenti al di fuori dell'area di realizzazione delle WTG, verso ovest;

α^3 Andesiti augitico-ipersteniche con intercalati tufi pomicei e arenacei; sono presenti a nord dell'area di studio, in corrispondenza dell'abitato di Sindia.

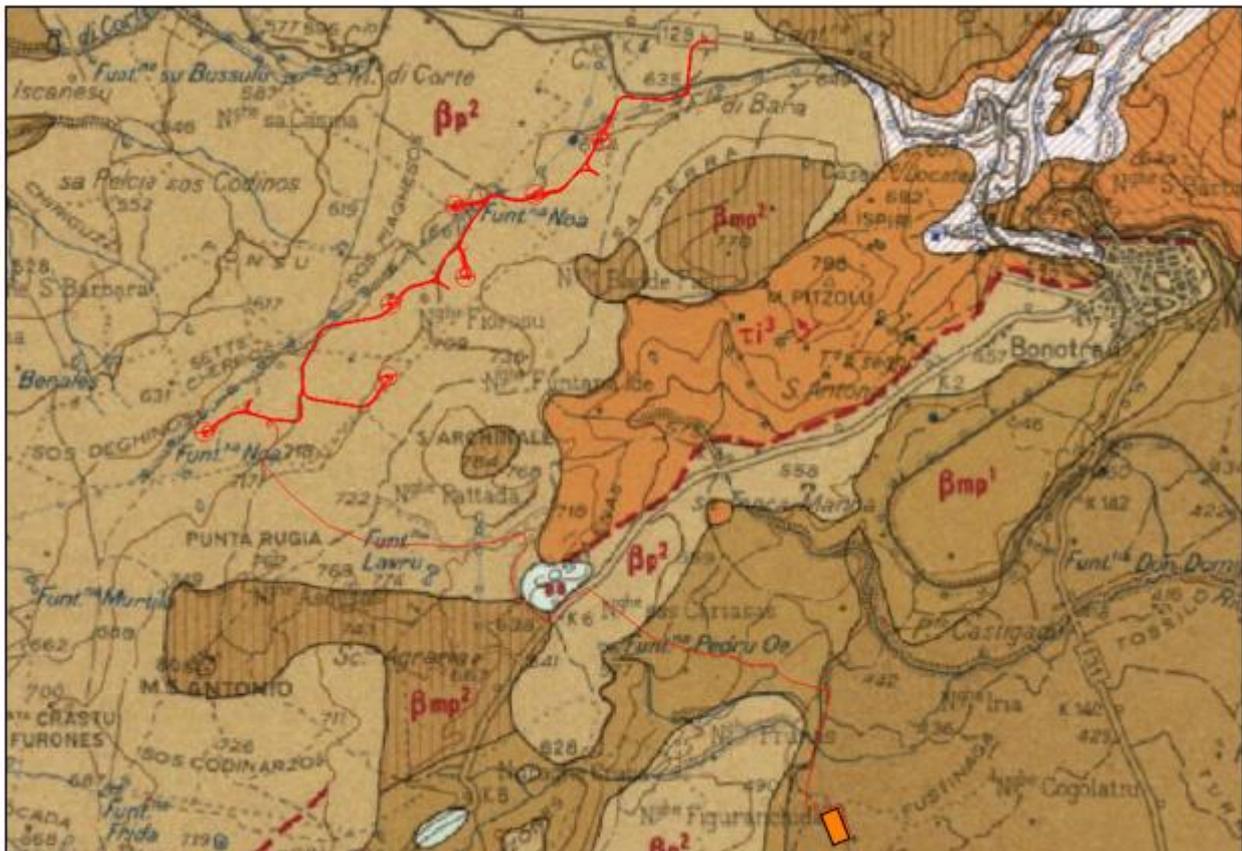


Figura 19: Stralcio carta geologica d'Italia, foglio 205-206 "Capo Mannu-Macomer"; (fonte [CartoWeb \(isprambiente.it\)](http://CartoWeb.isprambiente.it)); per la Legenda consultare il testo riportato prima della figura.

Tali carte geologiche, ad ampia scala, non tengono conto di eventuali coperture e orizzonti colluviali, che localmente possono avere spessore cospicuo e che possono avere una certa importanza per la realizzazione delle strutture di fondazione. Dalle cartografie non si evince inoltre lo stato di alterazione/fratturazione delle serie effusive.

Il maggior dettaglio delle conoscenze geologiche dell'area proviente dai tematismi digitalizzati disponibili nei database geotopografici della Regione Sardegna, che rende disponibili in formato vettoriale i tematismi litologici alla scala 1:50.000.

La maggior parte dell'area ricade nell'Unità dei Basalti dei Plateau, Subunità di Sindia (BASALTI DELLA CAMPEDA-PLANARGIA): Basalti debolmente alcalini olocristallini, porfirici per fenocristalli di Olivina, Plagioclasio, e rari xenocristalli quarzosi; in colate. Presenti inoltre trachibasalti, trachibasalti debolmente alcalini, da olocristallini ad ipocristallini.

Nella zona est è presente una maggiore varietà litologica, essendo presenti anche l'UNITÀ DI Macomer (Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica, saldati, con strutture da vitroclastiche ad eutaxitiche; in bancate alternate a depositi piroclastici di flusso). B), la Subunità di Funtana di Pedru Oe (BASALTI DELLA CAMPEDA-PLANARGIA): basalti debolmente alcalini e trachibasalti, a grana minuta, porfirici per fenocristalli di Plagioclasio, Olivina, Pirosseno; in estese colate. C), la Subunità di Dualchi (BASALTI DELLA CAMPEDA-PLANARGIA): (Depositi palustri. Limi ed argille limose talvolta ciottolose, fanghi torbosi con frammenti di molluschi). Localmente, in corrispondenza di alcune aste fluviali e bassi morfologici, sono presenti modesti spessori di natura alluvionale e colluviale. Di seguito si riportano gli stralci elaborati in ambiente GIS con il dettaglio della litologia attesa.

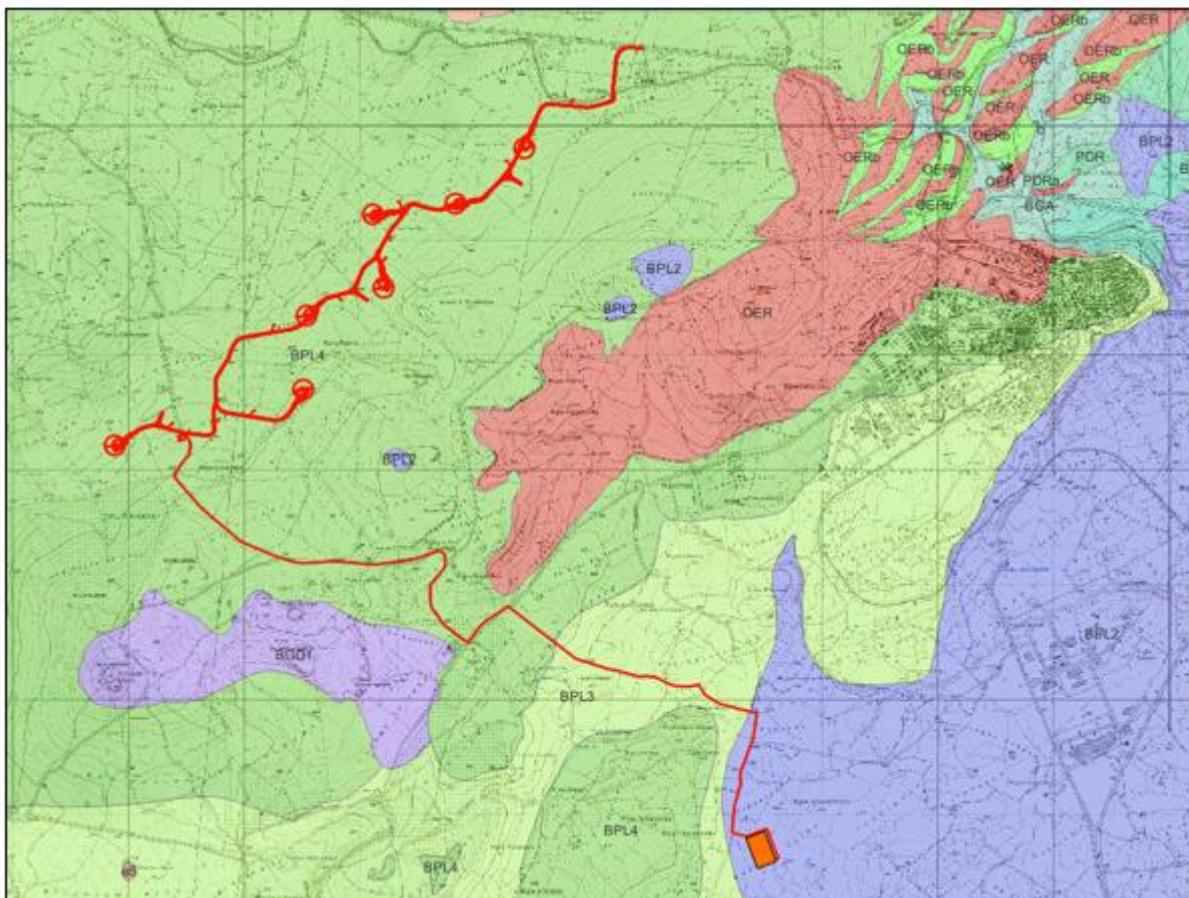


Figura 20: Carta Litologica: Subunità di Sindia (BPL4), Subunità di Funtana di Pedru Oe (BPL3) e

Subunità di Dualchi (BPL2).

Facendo riferimento alla precedente figura le sigle indicano le seguenti litologie e unità:

b2 Coltri eluvio-colluviali. Detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica. OLOCENE.

b SEDIMENTI ALLUVIONALI. OLOCENE.

LGI UNITÀ DI SANTU LUSSURGIU. Trachiti, trachiti fonolitiche e fonoliti in cupole di ristagno e colate; depositi piroclastici stratificati e breccie vulcaniche. (3.2 Ma: Beccaluva et alii, 1976-77; 2.8 Ma: Coulon et alii, 1974). PLIO-PLEISTOCENE.

STD UNITÀ DI ROCCA SA PATTADA. Basalti alcalini e trachibasalti debolmente alcalini, porfirici per fenocristalli di Pl e Cpx. PLIO-PLEISTOCENE.

BPL1 Subunità di Campeda (BASALTI DELLA CAMPEDA-PLANARGIA). Basalti più raramente andesiti basaltiche subalcaline, porfiriche per fenocristalli di Pl, Opx, Cpx e Ol. Basalti e trachibasalti debolmente alcalini, porfirici per fenocristalli di Pl, Ol, Cpx. PLIOCENE.

BPL2 Subunità di Dualchi (BASALTI DELLA CAMPEDA-PLANARGIA). Andesiti basaltiche subalcaline, porfiriche per fenocristalli di Pl, Cpx, Opx, Ol; in estesi espandimenti. Trachibasalti e basalti debolmente alcalini, porfirici per fenocristalli di Pl, Ol, Cpx; PLIO-PLEISTOCENE

BPL3 Subunità di Funtana di Pedru Oe (BASALTI DELLA CAMPEDA-PLANARGIA). Basalti debolmente alcalini e trachibasalti, a grana minuta, porfirici per fenocristalli di Pl, Ol, Px; in estese colate. PLIOCENE SUPERIORE.

BPL4 Subunità di Sindia (BASALTI DELLA CAMPEDA-PLANARGIA). Basalti debolmente alcalini olocristallini, porfirici per fenocristalli di Ol, Pl, e rari xenocristalli quarzosi; in colate. Trachibasalti, trachibasalti debolmente alcalini, da olocristallini ad ipocristallini. PLIOCENE.

BGD1 Subunità di Thiesi (BASALTI DEL LOGUDORO). Basaniti ad analcime, porfiriche per fenocristalli di Ol e Cpx, con abbondanti noduli peridotitici; in colate. (2,3 ± 0,2 Ma; 2,1 ± 0,1 Ma: Beccaluva et alii, 1981). Hawaiiiti olocristalline, porfiriche. PLIOCENE.



Figura 21: Affioramento di Basalti olocristallini compatti della subunità di Sindia nella zona area di studio

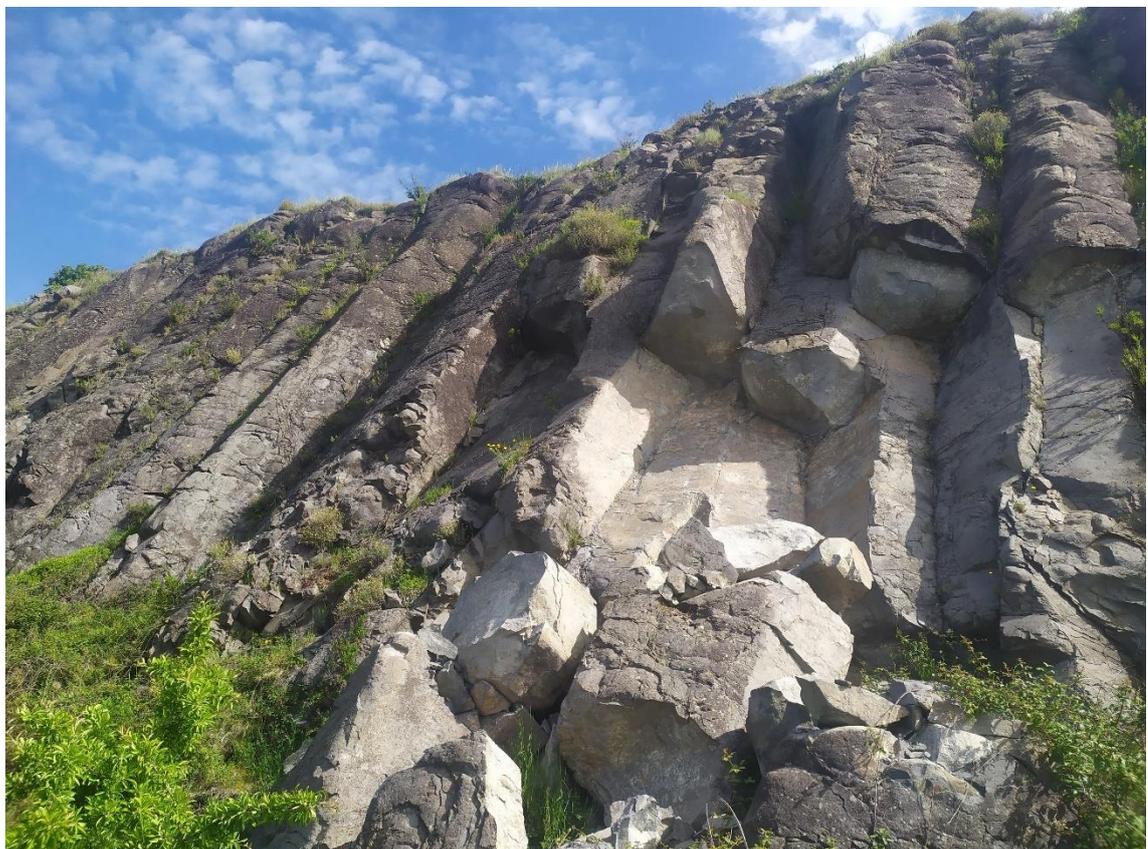


Figura 22: Basalti porfirici a fenocristalli pirossenici (Basaniti) con fessurazione colonnare nei dintorni area di studio.



Figura 23: Mineralizzazioni dendritiche di idrossidi di manganese nei vacuoli delle colate basaltiche.

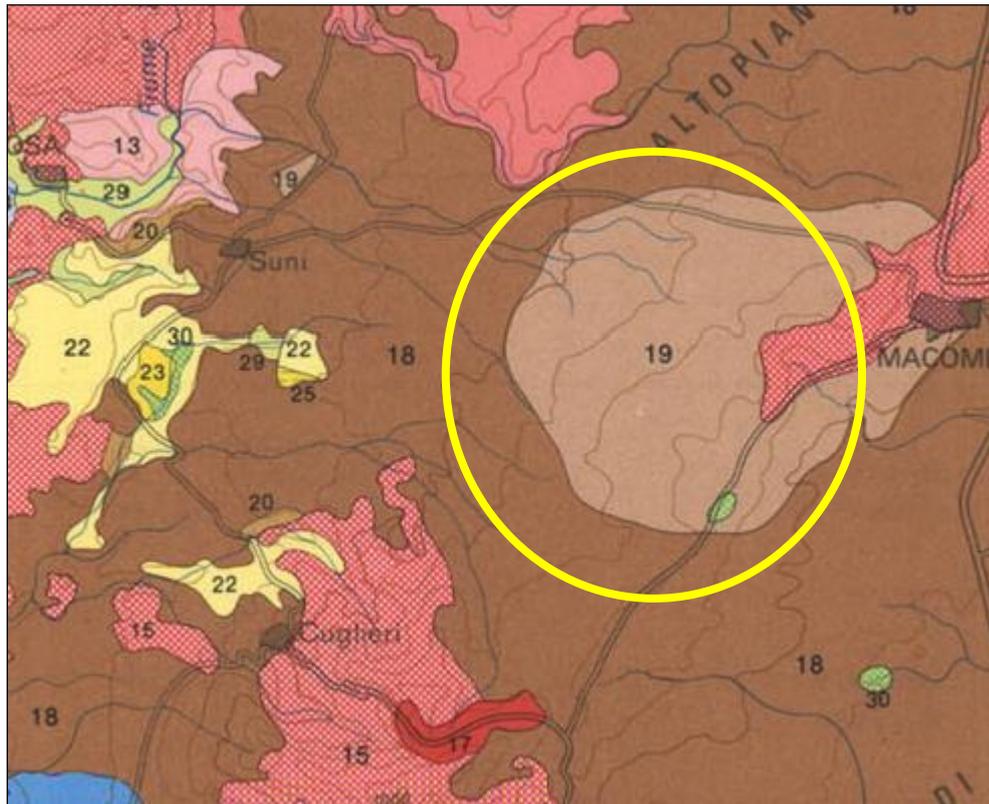


Figura 24: Profilo di alterazione dei Basalti della Subunità di Sindia. L'alterazione chimica è piuttosto profonda e ha causato la perdita della consistenza litoide dell'orizzonte superficiale in affioramento, che risulta sostanzialmente friabile.



Figura 25: Grosso fenocristallo plagioclasico nei basalti della Subunità di Sindia.

La Sardegna è dotata di una cartografia pedologica ad ampia scala, che di seguito si riporta, nella quale si può osservare che l'intera zona è caratterizzata sostanzialmente da due classi di suolo, riportati con la numerazione 18 e 19, suoli evolventisi su rocce effusive basiche e relativi depositi colluviali e di versante, che rappresentano il substrato roccioso nudo (lithic xerorthents, 18) e typic e lithic xerochrepts (19).



E Paesaggi su rocce effusive basiche (basalti) del Pliocene superiore e del Pleistocene e relativi depositi di versante e colluviali
Landscapes on basic effusive rocks (basalts) of the Upper Pliocene and Pleistocene and their slope and colluvial deposits

18	Rock outcrop Lithic Xerorthents	Rock outcrop Eutric e Lithic Leptosols
19	Typic e Lithic Xerochrepts Typic e Lithic Xerorthents	Eutric Cambisols Eutric e Lithic Leptosols

L Paesaggi su alluvioni (a), (b), (c) e su conglomerati, arenarie eoliche e crostoni calcarei (d) dell'Olocene
Landscapes on alluvial deposits (a), (b), (c) and conglomerates, eolian deposits and calcareous crusts (d) of the Holocene

29	Typic, Vertic, Aquic e Mollic Xerofluvents	Eutric, Calcaric e Mollic Fluvisols
30	Typic Pelloxererts Typic Chromoxererts	Eutric e Calcic Vertisols

Figura 26: Stralcio carta dei suoli della Sardegna e relativa legenda (A. Aru et alii, 1989).



Figura 27: Profilo di pedogenizzazione nei pressi dell'area di studio, con moderata presenza di scheletro.

6 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

6.1 Inquadramento generale e caratteri geomorfologici

L'area oggetto di studio fa parte di un settore collinare e in parte montano, appartenente alla fascia di rilievo compreso fra i Monti Ferru (massima elevazione della zona il Monte Urtigu, a sud, 1050 m) e i monti a nord-ovest di Macomer (Monte Cuguruttu-Monte Santu Padre, 1025 m). Tale amplissima dorsale si presenta discontinua, con modesti rilievi di forma tabulare (residui di plateau basaltici) che caratterizzano morfologicamente l'area, separati da selle morfologiche. Spesso le aree sommitali ospitano strutture nuragiche (Nuraghe di Monte Sant'Antonio, Nuraghe Ascusa, Nuraghe Tamuli, Nuraghe Elighe Onna e altri). Il paesaggio assume una forma blandamente ondulata, nel quale la continuità è interrotta da piccole e medie scarpate, corrispondenti a colate laviche a chimismo basaltico, che a causa dell'erosione differenziale emergono dal paesaggio circostante. La dorsale separa il bacino del Tirso e del lago Omodeo a ovest e il bacino del Riu Marate e del fiume Temo a sud-ovest e nord-ovest rispettivamente. La culminazione principale dell'area è rappresentata proprio da Monte Sant'Antonio, posto immediatamente a sud-ovest dell'area di impianto.

Poiché l'area è prossima alla dorsale le aste fluviali presenti sono di basso ordine gerarchico secondo la definizione di Horton, come ben visibile nella figura a seguire, nella quale si riporta una elaborazione GIS degli ordini Horton del reticolo idrografico, tratti dal Portale Cartografico della Regione Sardegna. Il reticolo idrografico è tipicamente a graticcio, con assenza di controllo tettonico rilevabile e la densità di drenaggi è piuttosto bassa, con una netta asimmetria fra i versanti est, più umidi e a più alta densità di drenaggio, e quelli est, più secchi e a densità minore.

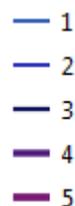
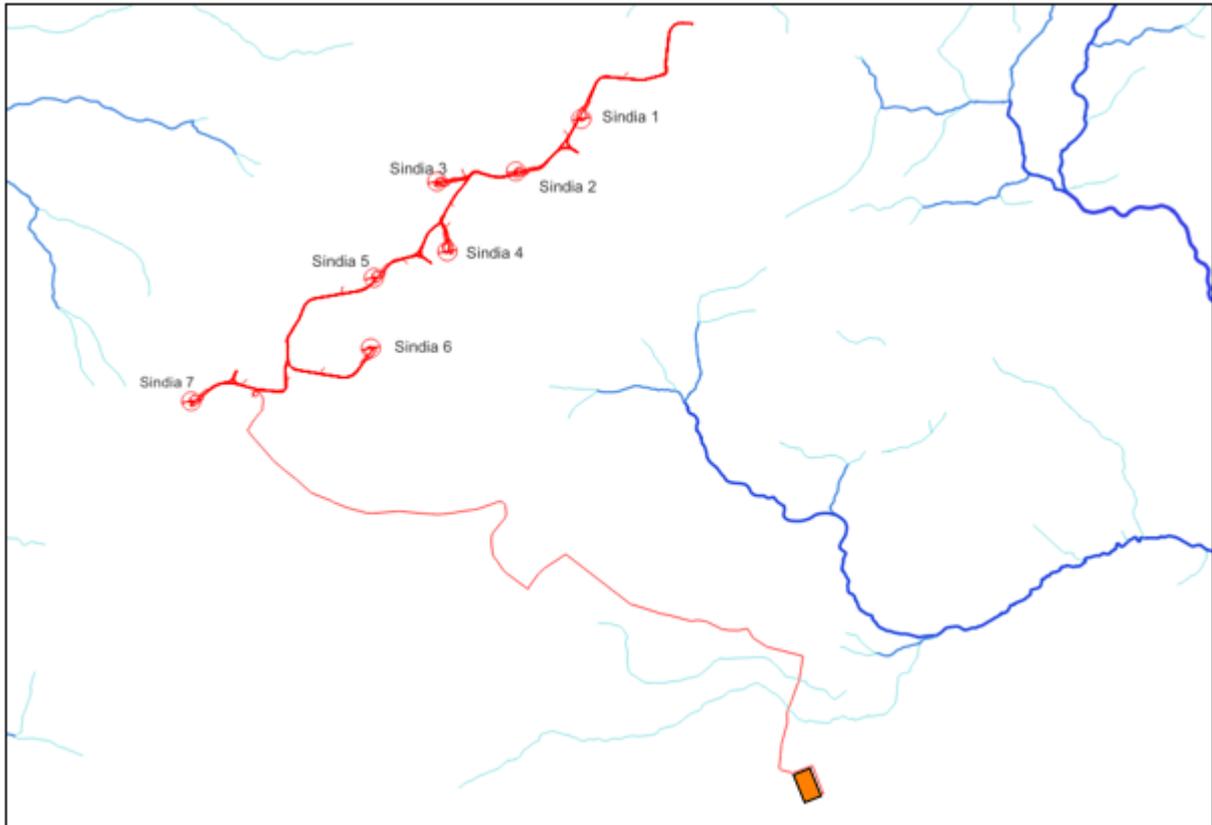


Figura 28: Reticolo idrografico dell'intera area; nella figura, elaborate in ambiente GIS, vengono riportati gli ordini Horton secondo quanto riportato nel Portale Cartografico della Regione Sardegna. La zona bianca che attraversa il settore da sud-ovest a nord-est corrisponde all'ampia dorsale che caratterizza l'area fra i Monti Ferru e i monti a nord di Macomer.

Il reticolo idrografico si presenta prevalentemente poco inciso e le valli si presentano molto svasate, a testimoniare una scarsa attività di approfondimento degli alvei (*deepning*), solitamente attribuita a fenomeni di sollevamento regionale (*uplift*), che in Sardegna risultano attualmente nulli o trascurabili; fanno eccezioni piccoli tratti fluviali in cui la maggiore freschezza morfologica è invece da addebitare a fattori morfoselettivi (per esempio il Riu S'Adde, a nord di Macomer), in cui il settore vallivo mostra un tipico aspetto *V-shaped*, dovuto a sovrimpresione del reticolo idrografico. Le superfici pianeggianti o sub-pianeggianti che caratterizzano l'area sono sovente interpretate come piattaforme di abrasione marina in epoca quaternaria.

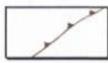


Figura 29: Forme di erosione per dissoluzione su basalti nell'area di Nuraghe Sant'Antonio.



Forme e depositi di versante

Slope landforms and deposits



Orlo di scarpata
Edge of scarp



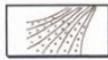
Rottura di pendio convessa
Convex nickpoint



Rottura di pendio concava
Concave nickpoint



Rilievo isolato, inselberg
Isolated hill, inselberg



Falda, deposito di glacia (Pleistocene)
Talus cone, glacia deposits



Morfologia carsica
Karst forms



Ruscigliamento diffuso
Slope wash

Depositi superficiali

Superficial deposits



Sabbie di spiaggia (Olocene)
Beach sands



Sabbie eoliche (Olocene)
Eolian sands



Depositi per gravità (Olocene)
Talus heaps



Alluvioni (Olocene)
Alluvial deposits



Arenarie e conglomerati di spiaggia (Pleistocene sup.)
Beach sandstones and conglomerates



Arenarie eoliche (Pleistocene sup.)
Eolian sandstones



Alluvioni (Pleistocene)
Alluvial deposits



Depositi per gravità (Pleistocene)
Talus heaps

Litologie del substrato

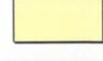
Bedrock



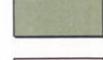
Calcarei, dolomie
Limestones, dolomites



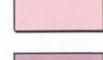
Marne, marne arenacee, calcareniti marnose
Marls, sandy marls, marly calcarenites



Arenarie, conglomerati
Sandstones, conglomerates



Scisti, scisti arenacei, argilloscisti, metamorfiti
Shales, arenaceous shales, mudstones, metamorphic rocks



Rocce intrusive
Intrusive rocks



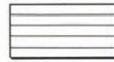
Rocce effusive acide
Acid effusive rocks



Rocce effusive basiche
Basic effusive rocks

Livelli marini quaternari

Quaternary sea levels



Piattaforma di abrasione
Wave cut platform



Arenarie e conglomerati di spiaggia
Beach - rocks



Cordone litorale
Offshore bar



Falesia sommersa
Submerged cliff

Figura 30: Stralcio Carta Geomorfologica della Sardegna marina e continentale (A. Ulzega, 1984).

A seguire si riportano uno stralcio della Carta di Elevazione e uno stralcio della Carta delle Pendenze, entrambe con sovrapposizione del reticolo idrografico; tutti i tematismi sono elaborati a partire dai dati del GeoPortale Sardegna.

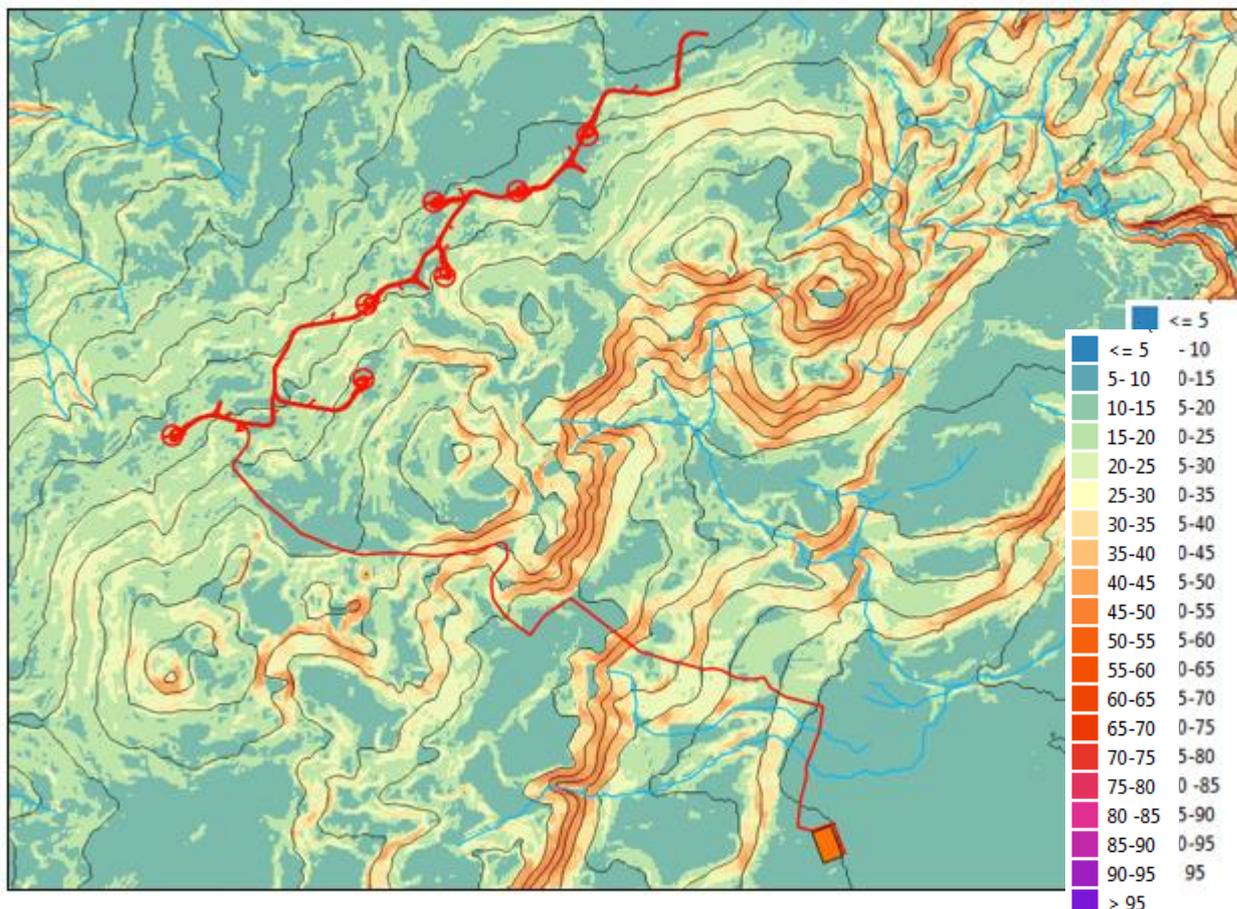


Figura 31: Modello digitale di elevazione del suolo del settore in oggetto; i toni caldi indicano le maggiori elevazioni. Le curve di livello hanno equidistanza 25 m. Tematismi in ambiente GIS a partire dal DTM 5k della Sardegna.

Per quanto riguarda i fenomeni gravitativi occorre dire che l'area si presenta sostanzialmente piuttosto stabile e la presenza di fenomeni franosi è legata all'evoluzione morfologica delle scarpate legate alla presenza dei *plateaux* basaltici; la forma delle aree in frana è tipicamente nastriforme e segue l'andamento delle scarpate e delle aree più acclivi che bordano i *plateaux*, in particolare laddove i *plateaux* sono incisi dal reticolo idrografico.

A seguire si riportano stralci della cartografia di base in scala 1:25.000 con le aree considerate a pericolo di frana secondo i tematismi del GeoPortale Sardegna e secondo quanto riportato nel database IFFI del GeoPortale Nazionale; appare di immediata evidenza che nelle vicinanze delle WTG non sono cartografati fenomeni franosi.

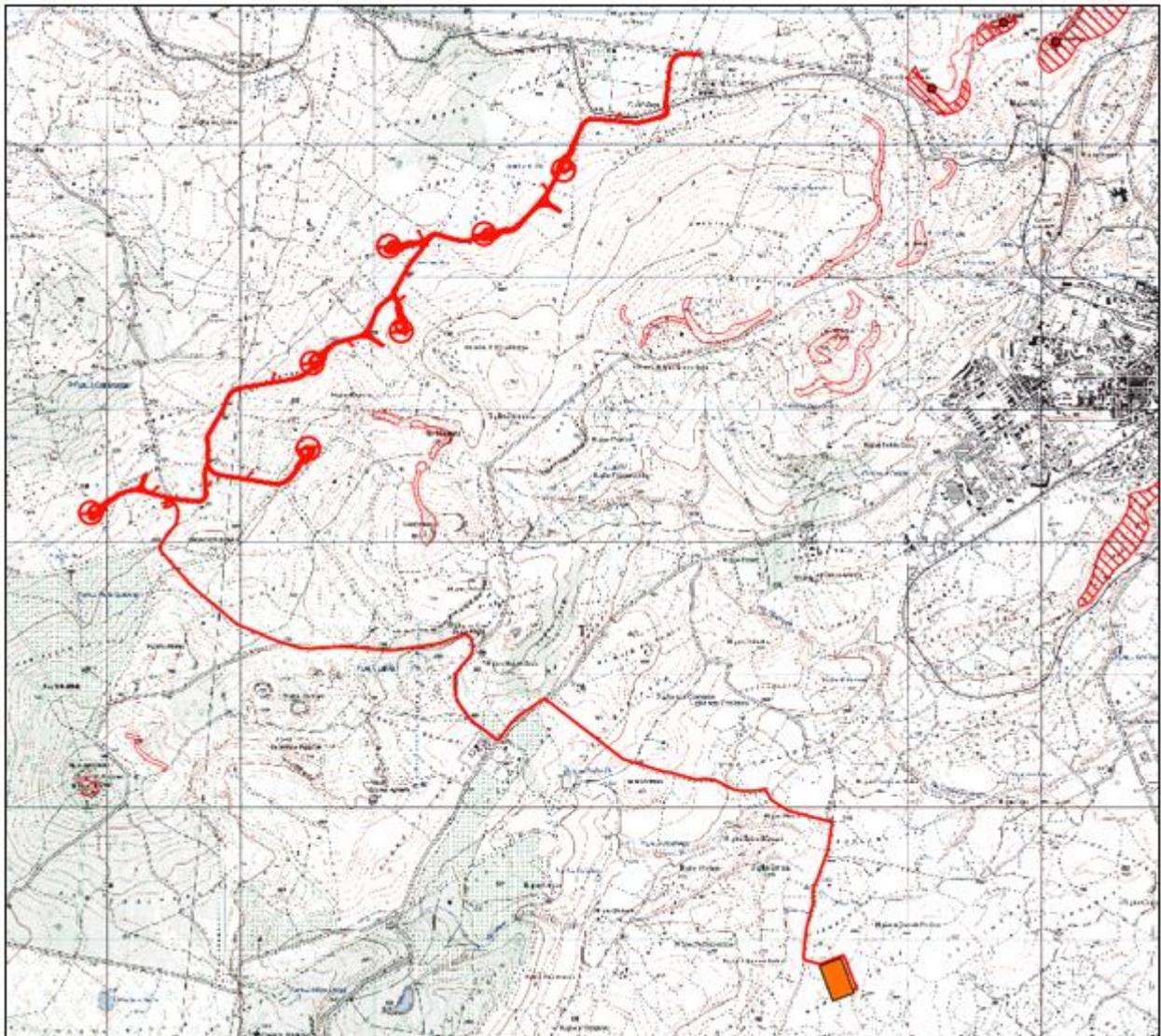


Figura 32: Delimitazione dei fenomeni gravitativi; fonte GeoPortale Sardegna e GeoPortale Nazionale. Appare evidente la mancanza di aree perimetrate a pericolo frana.

6.2 Localizzazione del sito di impianto rispetto alle perimetrazioni P.A.I.

Il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (in seguito denominato PAI), del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni della L. 365/2000, ha valore di Piano Territoriale di Settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d'uso riguardanti la difesa del rischio idrogeologico del territorio; esso ha valore di piano sovraordinato e prevale sullo strumento urbanistico locale.

Il PAI persegue l'obiettivo di garantire al territorio di competenza dell'ABR adeguati livelli di sicurezza rispetto all'assetto geomorfologico, relativo alla dinamica dei versanti e al pericolo di frana, all'assetto idraulico, relativo alla dinamica dei corsi d'acqua e al pericolo di inondazione e all'assetto della costa, relativo alla dinamica delle linee di rive e al pericolo dell'erosione costiera.

I tematismi del vigente piano sono disponibili in formato vettoriale (shapefile) sul sito istituzionale del GeoPortale della Sardegna (<http://webgis.regione.sardegna.it/geoserver/ows>) e sono stati caricati in ambiente GIS per la sovrapposizione e visualizzazione unitamente ad altri *layers*; lo sfondo è costituito dalla cartografia in scala 1:25.000.

Appare immediatamente chiaro che nessuna WTG è interessata da vincoli da frana o da esondazione e anche quando presenti risultano a distanza dalle WTG. Le minori distanze sono individuate per la Sindia 6 (circa 450 m), Sindia 5 (circa 550 m) e Sindia 4 (circa 600 m), mentre tutte le altre sono poste a distanza superiore a circa 800 m.

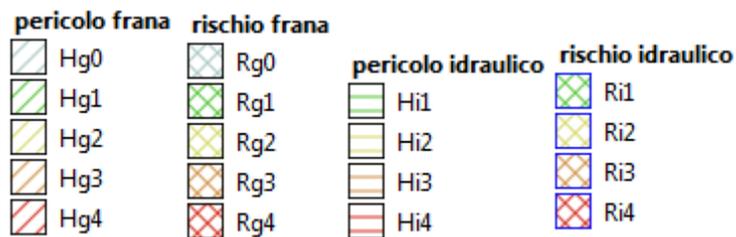
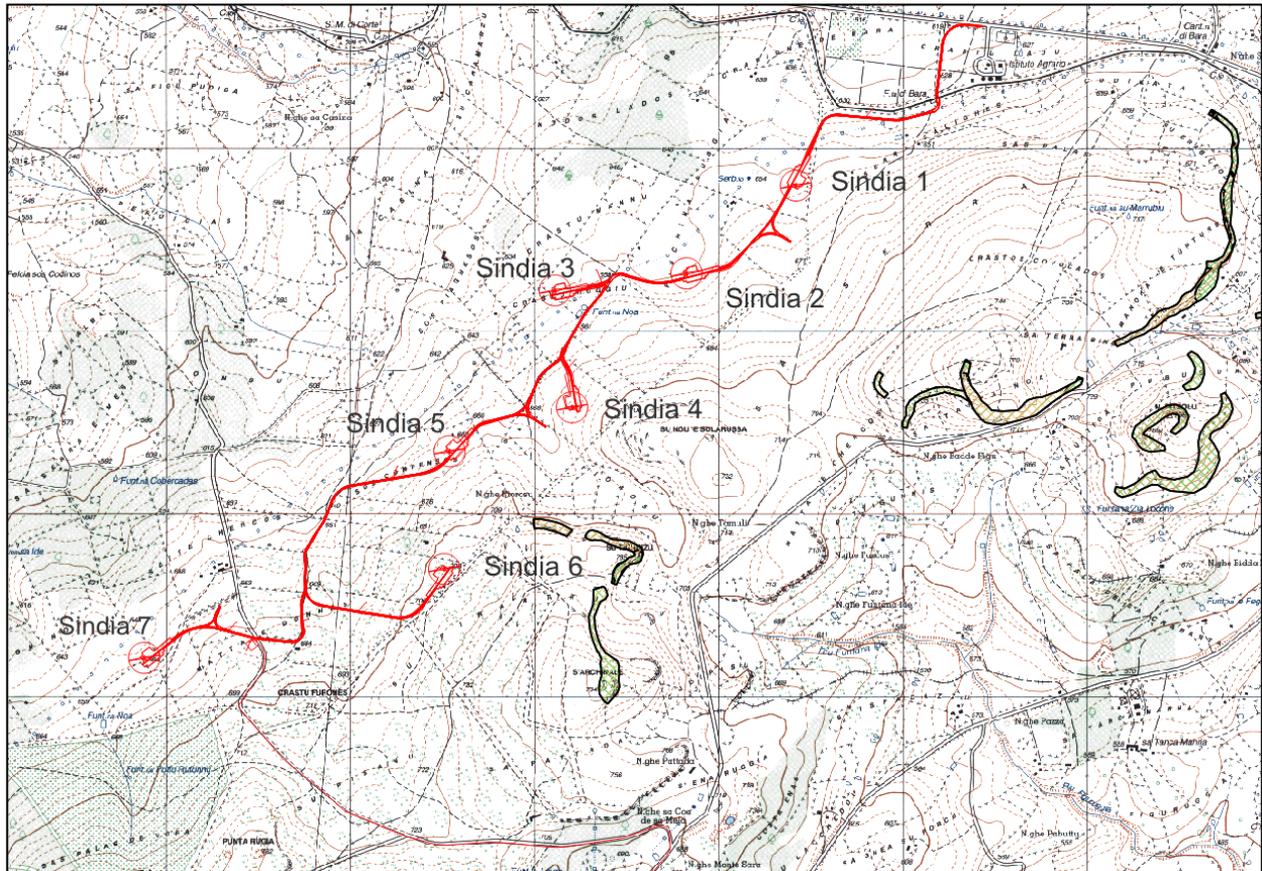


Figura 33: Elaborazione in ambiente GIS con i tematismi delle aree a pericolo da frana e idraulico e le relative aree considerate a rischio. Fonte <http://webgis.regione.sardegna.it/geoserver/ows>.

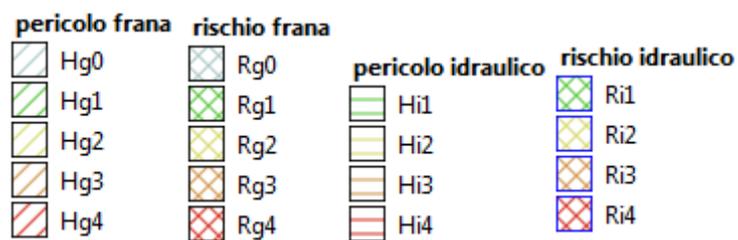
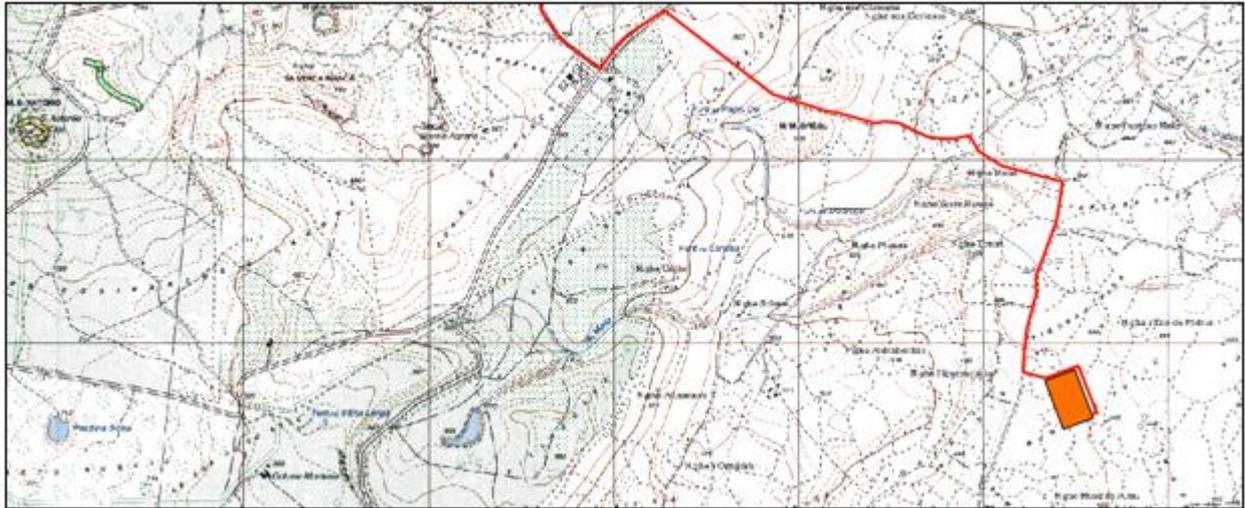


Figura 34: Elaborazione in ambiente GIS con i tematismi delle aree a pericolo da frana e idraulico e le relative aree considerate a rischio. Fonte <http://webgis.regione.sardegna.it/geoserver/ows>.



7 IDROGEOLOGIA

7.1 Clima

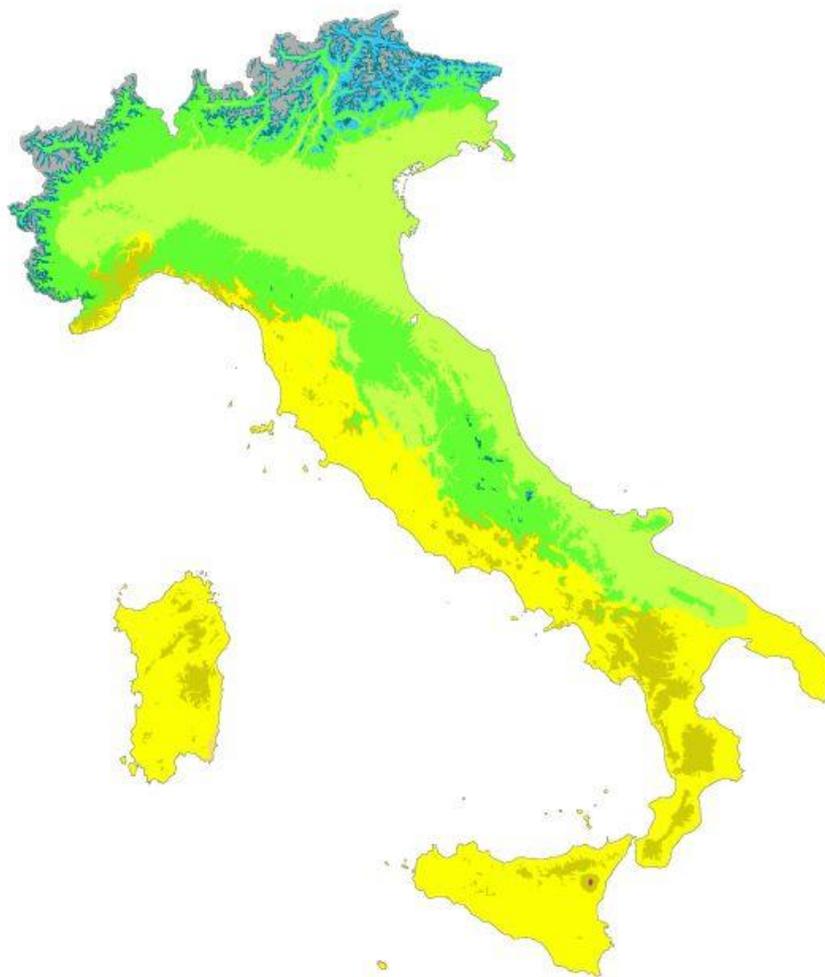
L'area in esame presenta un tipico clima mediterraneo con inverno mite ed estate calda e secca, ma con una tendenza negli ultimi anni a una certa tropicalizzazione del clima; nella classificazione di Köppen attuale, desunta dalla pagina internet worldclim.org, l'area è caratterizzata da clima Mediterraneo a estate calda (Csa, Hot Summer Mediterranean).

Elementi di climatologia e di distribuzione delle temperature, delle piogge e della evapotraspirazione potenziale sono riportati in varie fonti, fra cui Sardegna-Clima.it, in cui possono anche essere reperiti i dati di pioggia giornaliera per singola stazione a partire dagli anni '20.

La stazione pluviometrica di Macomer ha registrato, per il periodo 1922-1992, una pioggia media di 905,6 mm



Köppen climate types of Italy



Köppen climate type

EF (Ice-cap)	Cfb (Oceanic)
ET (Tundra)	Cfa (Humid subtropical)
Dfc (Subarctic)	Csb (Warm-summer mediterranean)
Dfb (Warm-summer humid continental)	Csa (Hot-summer mediterranean)
Dsc (Dry-summer subarctic)	BSk (Cold semi-arid)
Dsb (Warm-summer mediterranean continental)	BSh (Hot semi-arid)
Cfc (Subpolar oceanic)	

*Isotherm used to separate temperate (C) and continental (D) climates is -3°C

Data source: Climate types calculated from data from WorldClim.org

Figura 35 – Classificazione climatica dell'Italia secondo il metodo di Köppen (fonte worldclim.org).

Di seguito si riporta una elaborazione dei dati medi di pioggia del periodo 1922-1991 effettuata dal sito Sardegna-Clima.it su dati dell'Ente Idrografico della Sardegna; risulta molto chiaro che la piovosità è fortemente influenzata dall'orografia locale, con un netto divario fra le aree di bassa quota, sia costiere che interne, caratterizzate da piovosità bassa o molto bassa, anche minore di 600 mm/anno, piuttosto aride, e le aree montane, in cui la piovosità, anche a fronte di quote piuttosto contenute, registra valori che eccedono i 1000 mm. In particolare proprio l'area di studio, corrispondente a un'area di dorsale, rappresenta un'area a discreta piovosità.

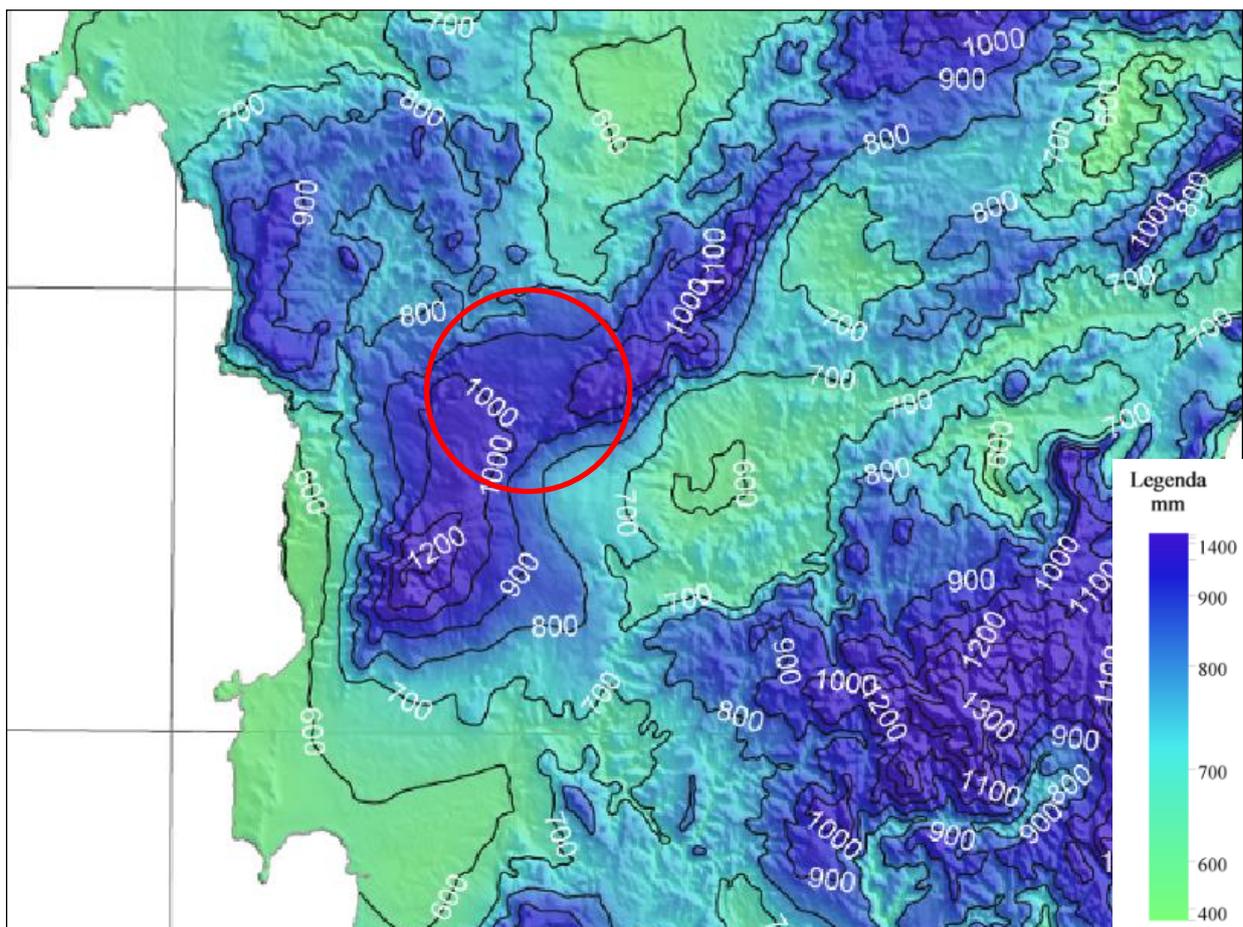


Figura 36: Dati pluviometrici elaborati da Sardegna-clima.it su dati del Servizio idrografico della Sardegna per il periodo 1922-1991. Fonte [Dati Climatici \(sardegna-clima.it\)](http://Dati Climatici (sardegna-clima.it)).

A seguire si riporta una elaborazione termometrica della medesima fonte, nella quale è evidente la zona della dorsale in cui è previsto l'impianto, più fresca delle aree circostanti. Appare evidente l'influsso marino sui Monti Ferru, che risultano più caldi rispetto ad altre aree di quota simile, ma più interne.

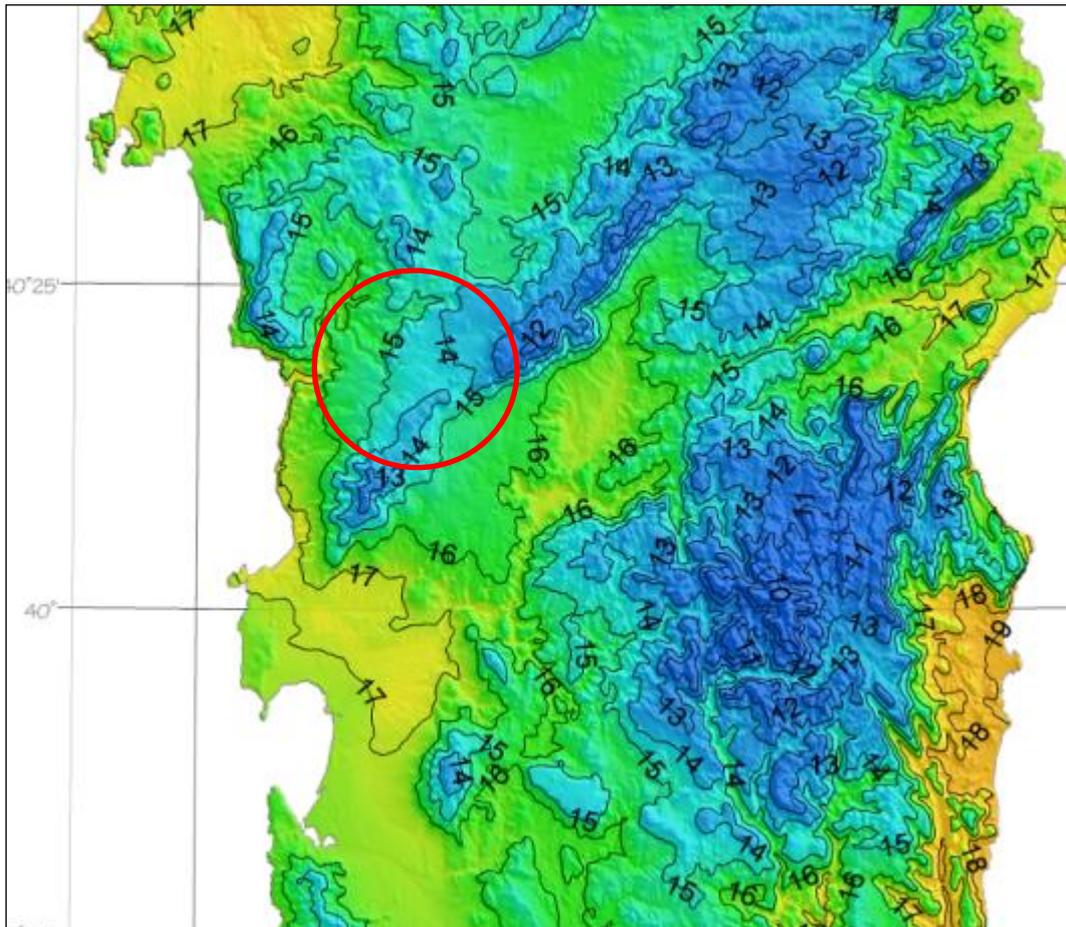


Figura 37: Dati termometrici elaborati da Sardegna-clima.it su dati del Servizio idrografico della Sardegna per il periodo 1922-1991. Fonte [Dati Climatici \(sardegna-clima.it\)](http://Dati Climatici (sardegna-clima.it)).

7.2 Assetto idrogeologico locale

I fattori che condizionano la circolazione idrica sotterranea sono molteplici, ma tutti riconducibili alle caratteristiche idrologiche dei terreni; queste ultime sono stimate in fase di rilevamento in maniera qualitativa. Com'è noto le proprietà idrogeologiche dei terreni valutabili qualitativamente durante le fasi di rilevamento di campagna sono: il tipo di permeabilità, identificabile nella natura genetica dei meati (primaria o per porosità, e secondaria o per fessurazione, ed il grado di permeabilità relativa definibile in prima analisi attraverso le categorie elevato, medio, scarso e impermeabile a cui sono associabili ampi intervalli di variazione del valore della conducibilità idraulica.

Ad ampia scala è presente un unico complesso idrogeologico, corrispondente al complesso delle rocce vulcaniche, secondo quanto riportato dai file vettoriali del GeoPortale Nazionale. L'ottimo portale cartografico della Regione Sardegna riposta anche una suddivisione dei complessi idrogeologici, nel quale sono tematizzati sia la tipologia di permeabilità, suddivisa in carsismo/fratturazione, fratturazione e porosità; mentre da un punto di vista quantitativo vengono distinti i valori di permeabilità bassa, medio-bassa, media, medio-alta e alta.

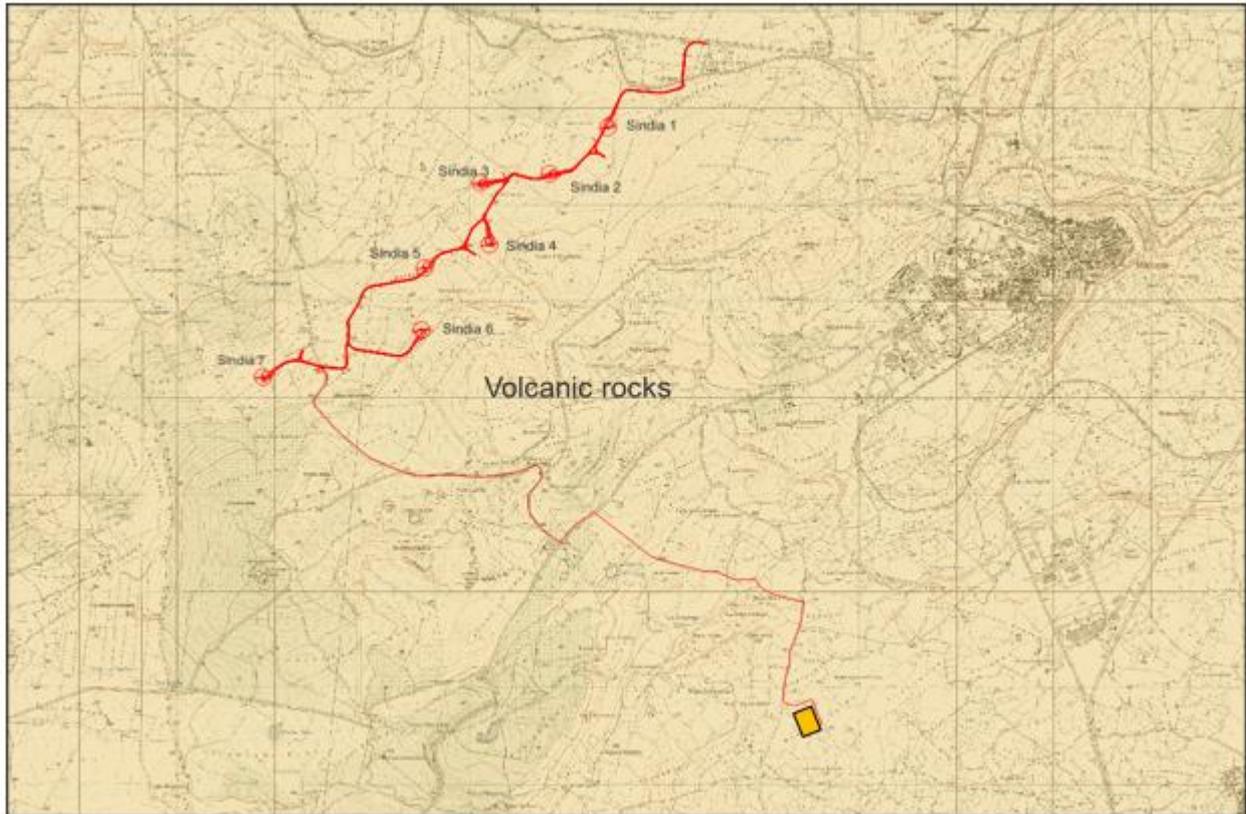


Figura 38: Estratto della Carta Idrogeologica in scala 1:500.000 del GeoPortale Nazionale; l'intera area rientra nel complesso delle rocce vulcaniche.

Grazie ai tematismi messi a disposizione dalla Regione Sardegna è stato quindi possibile meglio discriminare il comportamento idrogeologico dei terreni. Dall'osservazione della cartografia che di seguito si riporta è evidente che non sono presenti terreni interessati da carsismo (non sono presenti nell'area terreni a chimismo carbonatico), mentre la gran parte dei terreni sono caratterizzati esclusivamente da permeabilità per fratturazione (le litologie a prevalenza basaltica sono largamente dominanti). Solo localmente, in particolare in corrispondenza delle modeste aree caratterizzate da orizzonti alluvionali ed eluvio-colluviali, la permeabilità è per porosità, in cui i filetti fluidi si muovono in funzione del diametro efficace dei meati e del grado di interconnessione fra i meati stessi. In particolare tutte le WTG ricadono in aree caratterizzate da una media/bassa permeabilità (per fratturazione).

In generale quindi la circolazione idrica avviene prevalentemente per fratturazione e risente quindi della rete di discontinuità; solitamente tale rete è più fitta in superficie (minore spaziatura delle fratture e maggiore pervasività delle stesse) e decresce con l'aumentare del carico litostatico. A profondità di qualche decina di metri tutte le discontinuità sono chiuse, eccetto quelle maggiori, legate alla presenza di lineamenti tettonici. La morfologia superficiale incide in maniera non trascurabile sulle capacità di infiltrazione in falda, poiché terreni a bassa pendenza consentono

tempi di stazionamento più lunghi dei filetti fluidi e quindi una maggior probabilità di infiltrazione in falda, mentre i settori a più elevata pendenza permettono un ruscellamento più rapido e minore potenziale di infiltrazione, consentendo quindi ai filetti fluidi di raggiungere in breve tempo le aste drenanti più prossime. Non si hanno informazioni di dettaglio sulle condizioni della falda, ma è possibile fare qualche valutazione sulla base della presenza delle sorgenti, che sono mappati nella carta IGM 1:25.000. Sono presenti un gran numero di sorgenti, a varie quote stratigrafiche, talvolta allineate lungo la mesima linea di quota, a testimoniare la presenza di contrasti di permeabilità locali, spesso corrispondenti a singoli cicli di messa in posto dei tavolati basaltici (sorgenti per soglia di permeabilità). Molto spesso le sorgenti prendono il nome locale di "Funtana".

Con elevata probabilità l'area è caratterizzata da un acquifero multifalda molto complesso, ma in parziale collegamento per fenomeni di drenanza, mentre i sottili orizzonti alluvionali possono localmente ospitare una falda freatica a pelo libero, di alta permeabilità e modesta trasmissività, a causa dell'esiguo spessore del materasso alluvionale. Il contrasto di permeabilità fra i terreni dotati di porosità e i sottostanti terreni effusivi costituisce la barriera che permette l'instaurarsi delle falde a pelo libero in ambiente alluvionale (o eluvio-colluviale).

Non si hanno informazioni sulla circolazione profonda e in assenza di interpretazione e dati alternativi si ritiene che gli spartiacque superficiali corrispondano agli spartiacque della circolazione idrica profonda. Date le caratteristiche plano-altimetriche e di permeabilità dell'area si ritiene che il gradiente piezometrico sia piuttosto basso. L'ampia area di dorsale della congiungente Crastu Nieddu - Crastu Truttulas - Monte Ladu - Elighe-Onna - Monte Sant'Antonio - Monte Pitzolu, rappresenta una importante area di ricarica delle falde locali, mentre immediatamente all'esterno di tale asse sono presenti le sorgenti e si irraggia il reticolo idrografico.

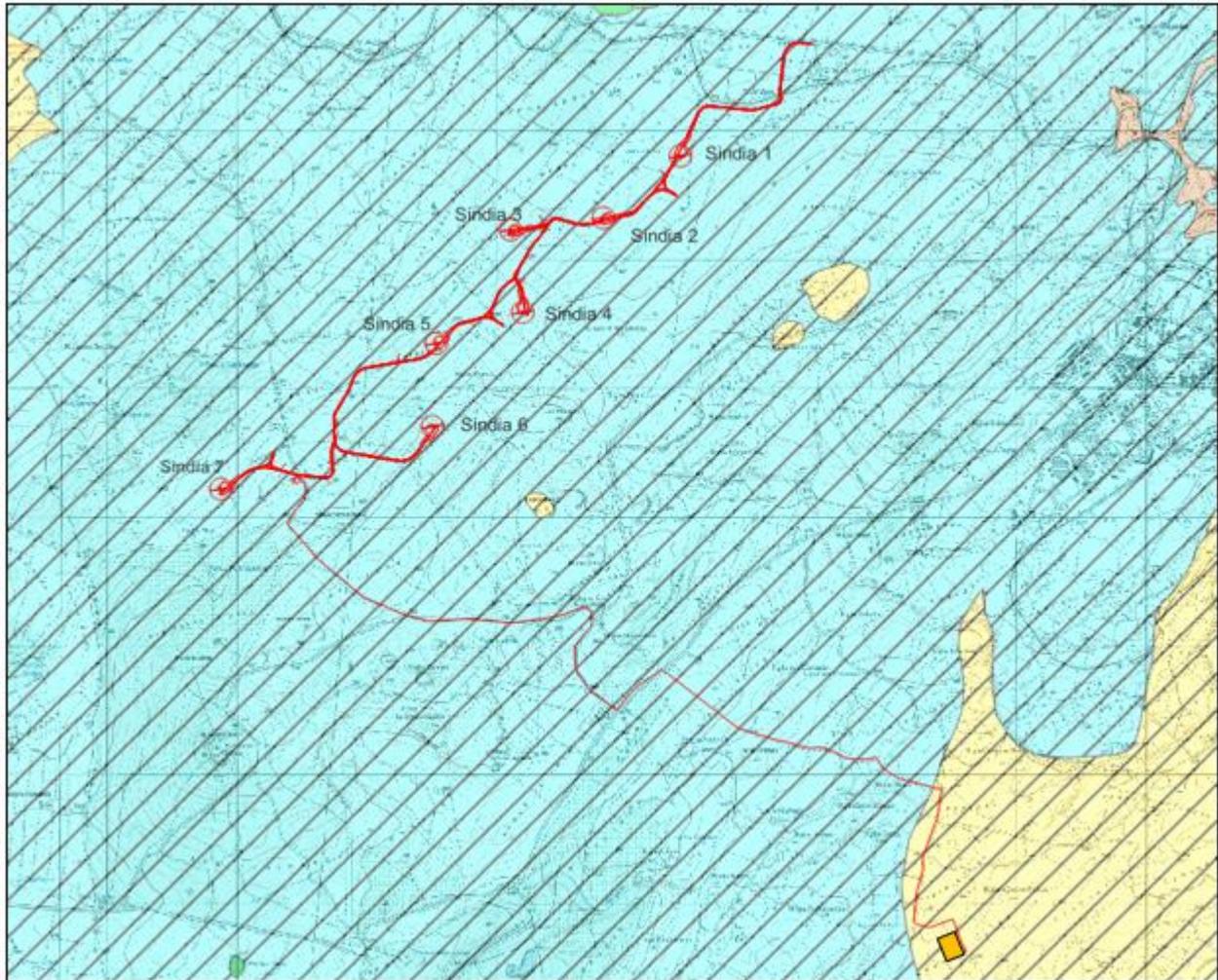


Figura 39: Carta della permeabilità dell'impianto. Tematismi a partire da quelli disponibili nel geodatabase della Regione Sardegna.

Una parte delle sorgenti sono ben visibili anche da immagine satellitare, in quanto captate e utilizzate a fini irrigui o per abbeverare animali da pascolo, mentre in diversi casi è possibile osservare che sorgenti e/o vasche presenti nella cartografia IGM risultano obliterate da operazioni antropiche e/o disseccate dall'incipiente desertificazione che interessa parte della Sardegna.

8 DESTINAZIONE D'USO DELLE AREE ATTRAVERSATE

Per la definizione della destinazione urbanistica delle aree impegnate dell'impianto eolico si rinvia ai certificati di destinazione urbanistica.

9 SITI A RISCHIO POTENZIALE

Le informazioni sui siti a rischio potenziale, vista l'assenza di un unico database specifico, sono state raccolte da varie fonti quali Ministero dell'ambiente (MATTM), ISPRA, Regione Sardegna e ARPA Sardegna. L'analisi a riguardo la raccolta di dati circa la presenza nel territorio di possibili fonti contaminati quali.

- scarichi di acque reflue industriali;
- siti industriali e aziende a rischio incidente rilevante;
- bonifiche siti contaminati;
- vicinanza a strade di grande comunicazione.
- Discariche e/o impianti di recupero e smaltimento rifiuti

La possibile interferenza tra i siti censiti e le aree interessate dal progetto è nel seguito valutata sulla base delle informazioni geografiche disponibili. Poiché l'escavazione di terreno è prevista solo in corrispondenza delle aree di realizzazione dell'impianto eolico e delle opere di connessione, queste possono essere considerate le uniche aree in cui detta interferenza può realizzarsi.

9.1 Scarichi di acque reflue industriali

Considerato che le aree di intervento risultano essere a vocazione agricola, è da escludere l'interferenza con eventuali sistemi di scarico di acque reflue industriali.

9.2 Siti industriali e aziende a rischio di incidente rilevante (RIR)

Il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha redatto in collaborazione con il Servizio Rischio Industriale di ISPRA un inventario nazionale degli stabilimenti suscettibili di causare incidenti rilevanti, assoggettati agli obblighi di cui al D.Lgs. 105/2015.

Tale elenco viene aggiornato semestralmente, l'ultimo aggiornamento risale al 15 marzo 2021 (<https://www.minambiente.it/pagina/inventario-nazionale-degli-stabilimenti-rischio-di-incidente-rilevante-0>).

Nella provincia di Nuoro sono presenti le attività riportate nella tabella seguente:

Tabella 3 - Attività degli stabilimenti a rischio di incidente rilevante presenti nella Provincia di Nuoro
(Fonte: https://www.rischioindustriale.isprambiente.gov.it/seveso-query-105/inventario_listatolist.php?cmd=search&t=inventario_listato&z_IstRegione=%3D&x_IstRegione=&z_IstProvincia=%3D&x_IstProvincia=&z_IstComune=%3D&x_IstComune=&psearch=nuoro&psearchtype=)

Codice Univoco	Soglia	Ragione Sociale	Attività	Regione Stabilimento	Provincia Stabilimento	Comune Stabilimento
NV056	D.Lgs 105/2015 Stabilimento di Soglia Inferiore	TIRRENOGAS SRL	(14) Stoccaggio di GPL	SARDEGNA	NUORO	BOLOTANA
NV077	D.Lgs 105/2015 Stabilimento di Soglia Inferiore	MEDEA S.P.A	(13) Produzione, imbottigliamento e distribuzione all'ingrosso di gas di petrolio liquefatto (GPL)	SARDEGNA	NUORO	NUORO



Figura 40 - Inquadramento su base satellitare degli stabilimenti a rischio industriale

In particolare, tra gli stabilimenti a Rischio Incidente Rilevante ricadenti nella Provincia di Campobasso, quello più vicino all'area di impianto in progetto è lo stabilimento NV056 nel Comune di Bolotana, distante circa 24 km.

9.3 Bonifiche siti contaminati

Per quanto riguarda i siti d'interesse nazionale ai fini della bonifica, questi sono individuabili in relazione alle caratteristiche del sito, alle quantità e pericolosità degli inquinanti presenti, al rilievo dell'impatto sull'ambiente circostante in termini di rischio sanitario ed ecologico, nonché di pregiudizio per i beni culturali ed ambientali (Art. 252, comma 1 del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii.). I siti d'interesse nazionale sono stati individuati con norme di varia natura e perimetrati mediante decreto del MATTM, d'intesa con le regioni interessate.

L'area di progetto non ricade all'interno di nessuno dei siti d'interesse nazionale ai fini della bonifica

finora individuati (aggiornamento giugno 2021).



Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare
Direzione Generale per il Risanamento Ambientale

Assegnazione delle competenze per i siti di bonifica di interesse nazionale:

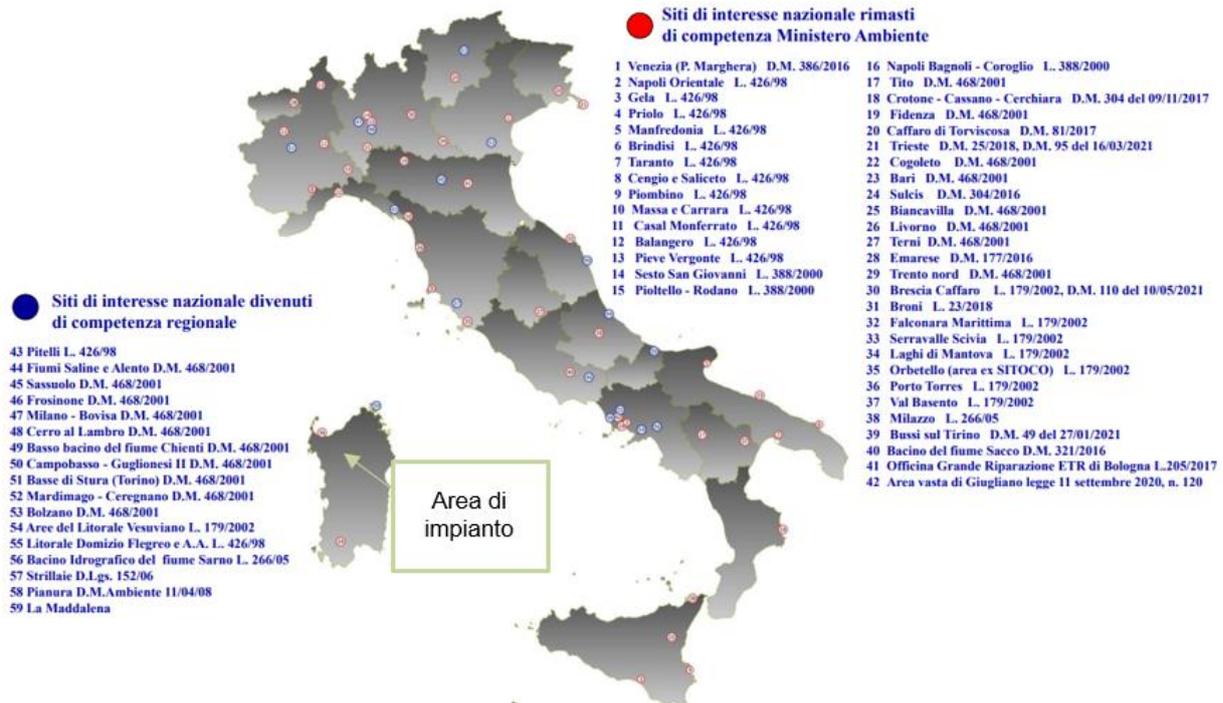


Figura 41 - Stato delle procedute per la bonifica di aree contaminate (aggiornamento giugno 2021)

9.4 Vicinanza a strade di grande comunicazione

Dall'analisi cartografica è emerso che le aree interessate dall'installazione degli aerogeneratori, della Cabina di raccolta e della Cabina di Consegna non interferiscono con le principali arterie di grande comunicazione stradale (autostrade e strade statali di primaria importanza) presenti sul territorio oggetto d'intervento. Tuttavia l'accesso alla WTG "Sindia 1" prevede la realizzazione di un adeguamento stradale alla SS 129bis.

9.5 Discariche e/o impianti di recupero e smaltimento rifiuti

Tramite il portale dell'ISPRA dedicato al Catasto Rifiuti Nazionale è stato possibile consultare la Banca dati dell'autorizzazione desunte dal modello unico di dichiarazione ambientale (MUD); infatti a partire dal 2018, il MUD prevede una specifica scheda "Autorizzazioni" la cui compilazione è richiesta a tutti i soggetti in possesso di autorizzazione, anche la procedura semplificata, per lo svolgimento di attività di recupero e/o smaltimento dei rifiuti (Fonte: <https://www.catasto-rifiuti.isprambiente.it/index.php?pg=comautmudoperazione>).

Gli impianti più vicini all'area di intervento risultano essere:

- Tossillo S.p.a., presente nel Comune di Macomer, risulta un impianto destinato al recupero di materia e al ruolo di discarica;
- I.C.A.N. S.r.l., presente nel Comune di Macomer, risulta un impianto destinato al recupero di materia;
- UNICALCESTRUZZI S.p.a., presente nel Comune di Macomer, risulta un impianto destinato al recupero di materia;
- Impresa Mario Loi, presente nel Comune di Macomer, risulta un impianto destinato al recupero di materia, al ruolo di discarica e dichiarato come End of Waste.

Inoltre secondo il Piano regionale di gestione dei rifiuti, approvato con Deliberazione della Giunta Regionale n.57/2 del 17.12.1998 pubblicato nel BURAS n. 23 del 30.7.1999, al sottoparagrafo 4.4.1 viene individuata l'offerta impiantistica per lo smaltimento/trattamento del rifiuto indifferenziato e per il recupero della frazione organica da raccolta differenziata; all'interno di quest'ultimo è presente il Sub-ambito B1 – Nuoro/Macomer descritto come segue:

“Nel sub-ambito è in esercizio la piattaforma di trattamento di Macomer, dotata di selezione, stabilizzazione e incenerimento, con discarica a supporto. Nell'impianto confluiscono anche i rifiuti del sub-ambito B2 e, in parte, del sub-ambito B3. La piattaforma integrata, dal momento che la sezione di incenerimento lavora ormai al limite della potenzialità, attualmente entra in difficoltà nel periodo estivo per le maggiori quantità di rifiuti in arrivo. La piattaforma riceve inoltre modeste quantità della frazione organica da raccolta differenziata prodotta nel sub-ambito, che viene lavorata nella sezione di stabilizzazione. Si segnala che il Comune di San Teodoro conferisce la frazione verde da raccolta differenziata all'impianto di compostaggio di qualità di propria titolarità.”

9.6 Aree di interesse naturalistico

Dalla consultazione del **Geoportale Nazionale**, parte di una strada da adeguare, a Nord della WTG “Sindia 1”, risulta perimetralmente adiacente ad una zona ZPS avente codice **ITB023050**, denominata **“Piana di Semestene, Bonorva, Macomer e Bortigali”**.

L'area in progetto non ricade in zone SIC/ZSC, e in zone umide di importanza internazionale (RAMSAR).

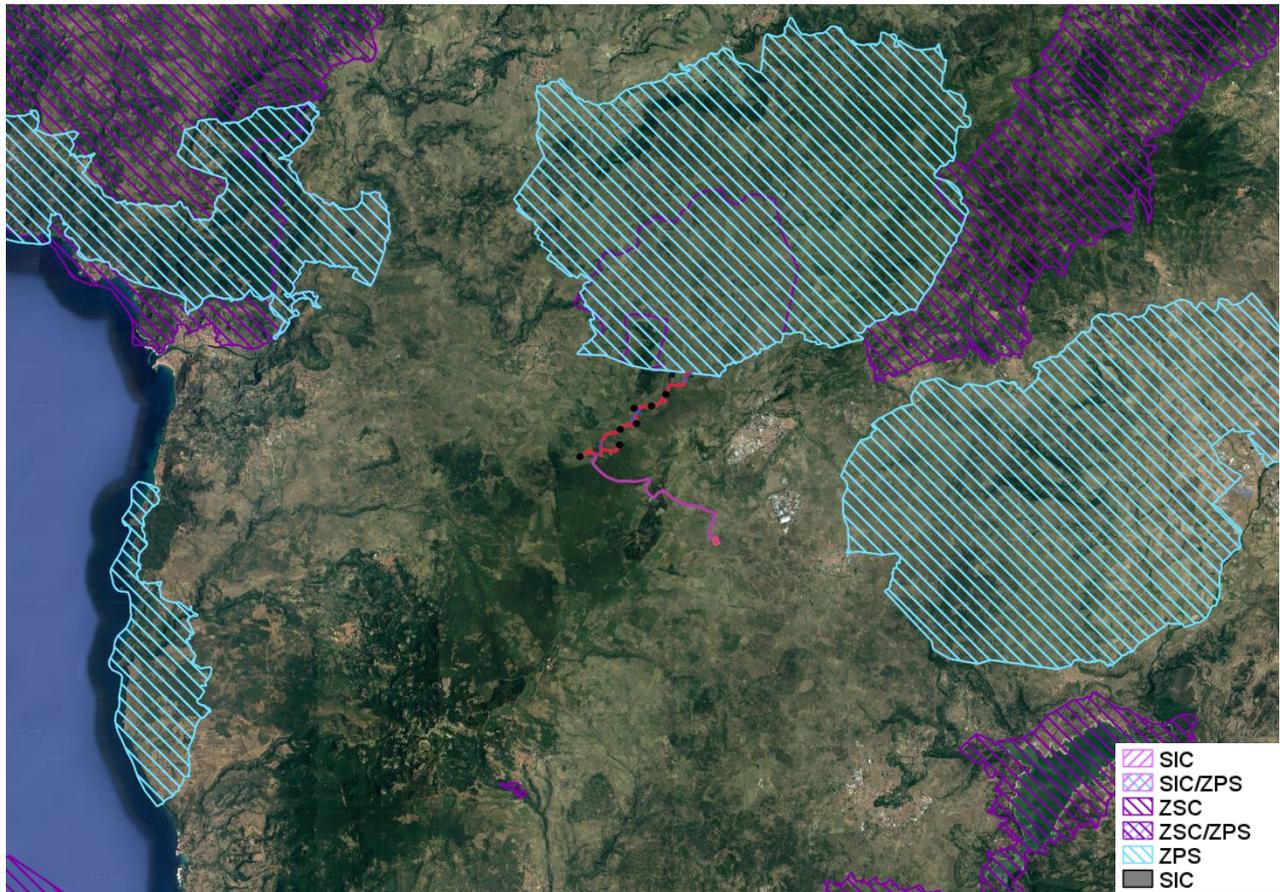
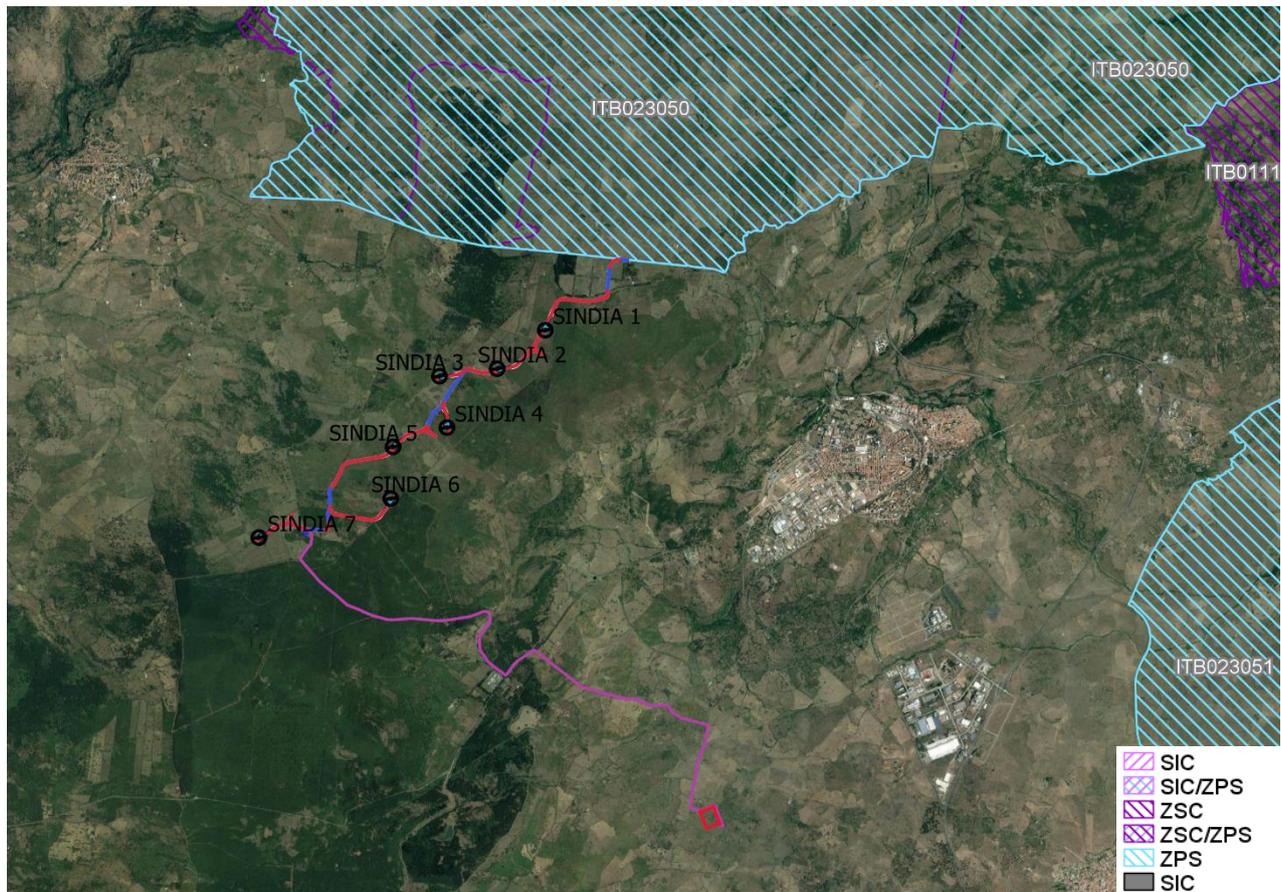


Figura 42 - Inquadramento del sito di intervento rispetto alle perimetrazioni dei siti Rete natura 2000, EUAP, RAMSAR, del PCN - Elaborazione GIS - Fonte (<http://www.pcn.minambiente.it/mattm/servizio-wms/>)

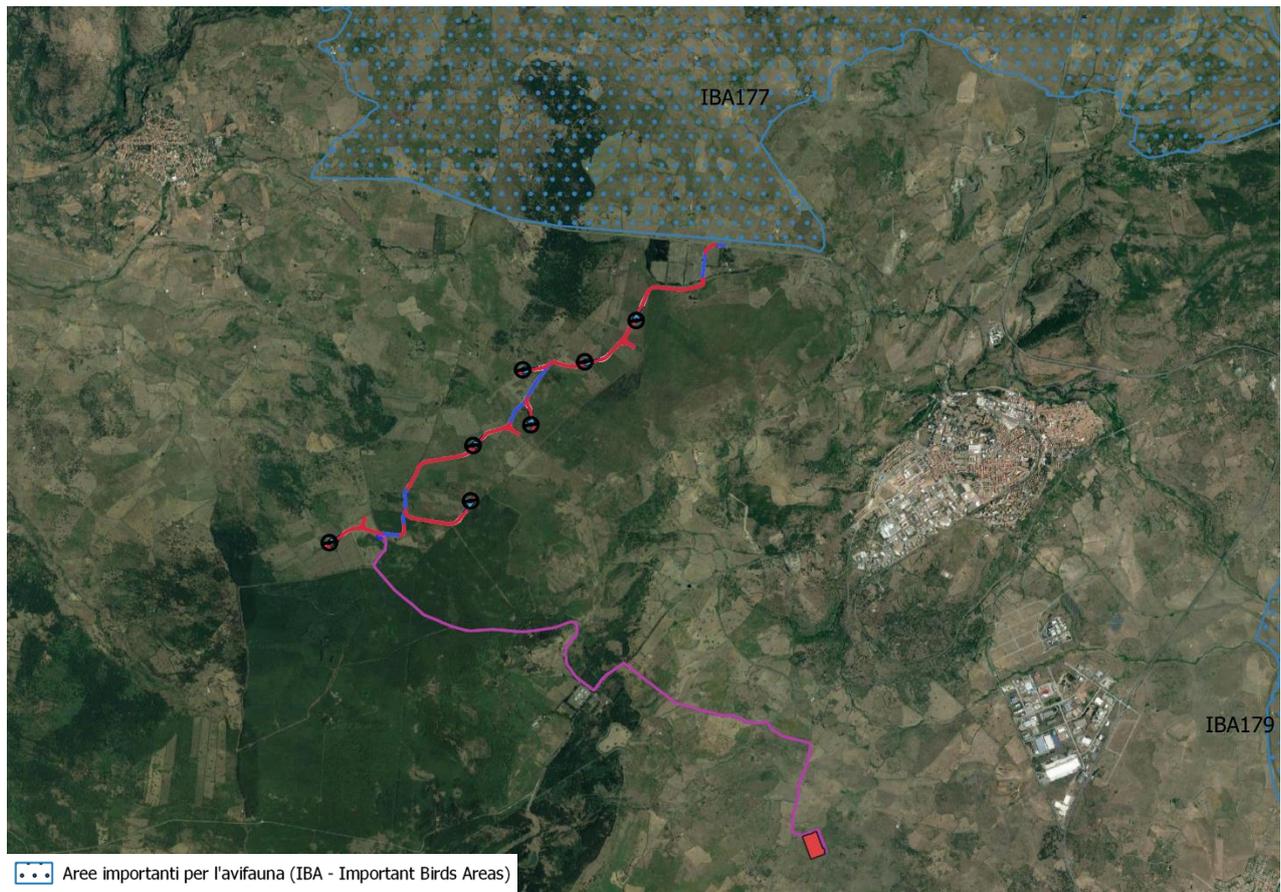


Layout di impianto SINDIA

- Volo di pala
-  Futura SE Terna 380/150/36 kV "Macomer 380"
-  Strada di nuova realizzazione
-  Strada da adeguare
-  Cavidotto AT 36kV

Figura 43 - Localizzazione delle opere in progetto rispetto alle perimetrazioni Rete Natura 2000 prossime all'area di intervento – Inquadramento GIS - Fonte: Geoportale Nazionale

Dalla sovrapposizione con le tematiche trattate, emerge che le opere in progetto non interessano direttamente le aree IBA.



Layout di impianto SINDIA

— Volo di pala

■ Futura SE Terna 380/150/36 kV "Macomer 380"

— Strada di nuova realizzazione

— Strada da adeguare

— Cavidotto AT 36kV

Figura 44 - Localizzazione delle opere in progetto rispetto alle perimetrazioni delle aree IBA prossime all'area di intervento – Inquadramento GIS - Fonte: Geoportale Nazionale

Per maggiori approfondimenti si rinvia agli elaborati:

- C21BLN001CWD03802_ Carta delle Aree Rete Natura 2000, IBA, Ramsar;
- C21BLN001CWD03902_ Carta delle Aree naturali protette EUAP.

10 STIMA PRELIMINARE DEL VOLUME DI SCAVO

10.1 Stima dei volumi di scavo

Si riportano in tabella le quantità di materiale scavato, in quantitativo di materiale riutilizzabile nel sito di produzione e il quantitativo di materiale da conferire ad idoneo centro autorizzato. Le quantità sono stimate in via preliminare:

TIPOLOGIA	SCAVO TOTALE	TERRENO RIUTILIZZABILE NEL SITO DI PRODUZIONE	TERRENO ECCEDENTE DA CONFERIRE A CENTRO AUTORIZZATO AL RECUPERO E/O DISCARICA
Piazzole	149306.03	71978.75	77327.28
Ripristino parziale piazzole per la fase di esercizio	16600.04	53691.08	-37091.04
Fondazioni aerogeneratori	11498.9	5683.3	5815.6
Strade da adeguare	10548.8	17688.74	-7139.94
Strade da realizzare	85918.99	68854.59	17064.4
Cavidotto	25774.3	12191.01	13583.29
Cabine di consegna e di raccolta	120	57.6	62.4
TOTALE	299767.06	230145.07	69621.99

Circa il 75% del volume di terre e rocce da scavo, pari a **230145.07 mc**, sarà riutilizzato nello stesso sito di produzione per il rinterro delle fondazioni e dei cavidotti, per la formazione dei rilevati ed il ripristino parziale delle aree delle piazzole. Il restante 25 % del volume di terre e rocce da scavo, pari a **69621.99 mc**, sarà conferito ad idoneo centro autorizzato al recupero e/o discarica.

Per il trasporto potranno essere impiegati camion con adeguata capacità, protetti superiormente con teloni per evitare la dispersione di materiale durante il tragitto.

Per le terre e rocce da scavo qualificate con i codici dell'elenco europeo dei rifiuti 17.05.04 o 17.05.03* il deposito temporaneo di cui all'articolo 183, comma 1, lettera bb), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, si effettua, attraverso il raggruppamento e il deposito preliminare alla raccolta realizzati presso il sito di produzione, nel rispetto delle seguenti condizioni:

- a) le terre e rocce da scavo qualificate come rifiuti contenenti inquinanti organici persistenti di cui al regolamento (CE) 850/2004 sono depositate nel rispetto delle norme tecniche che regolano lo stoccaggio dei rifiuti contenenti sostanze pericolose e sono gestite conformemente al predetto regolamento;
- b) le terre e rocce da scavo sono raccolte e avviate a operazioni di recupero o di smaltimento secondo una delle seguenti modalità alternative:
 - 1) con cadenza almeno trimestrale, indipendentemente dalle quantità in deposito;

- 2) quando il quantitativo in deposito raggiunga complessivamente i 4000 metri cubi, di cui non oltre 800 metri cubi di rifiuti classificati come pericolosi. In ogni caso il deposito temporaneo non può avere durata superiore ad un anno;
- c) il deposito è effettuato nel rispetto delle relative norme tecniche;
- d) nel caso di rifiuti pericolosi, il deposito è realizzato nel rispetto delle norme che disciplinano il deposito delle sostanze pericolose in essi contenute e in maniera tale da evitare la contaminazione delle matrici ambientali, garantendo in particolare un idoneo isolamento dal suolo, nonché la protezione dall'azione del vento e dalle acque meteoriche, anche con il convogliamento delle acque stesse.

Per la quantità eccedente del materiale da scavo proveniente da opere all'aperto, la gestione come rifiuto verrà trattata in conformità alla parte IV del D.lgs. 152/06 e ss.mm.ii. e con riferimento all'art. 23 del DPR 120/17.

In ottemperanza all'art.24 del DPR 120/2017, in fase di progettazione esecutiva o comunque prima dell'inizio dei lavori, in conformità alle previsioni del presente «Piano preliminare di utilizzo in sito delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti», il proponente o l'esecutore:

- effettua il campionamento dei terreni, nell'area interessata dai lavori, per la loro caratterizzazione al fine di accertarne la non contaminazione ai fini dell'utilizzo allo stato naturale, in conformità con quanto pianificato in fase di autorizzazione;
- redige, accertata l'idoneità delle terre e rocce scavo all'utilizzo ai sensi e per gli effetti dell'articolo 185, comma 1, lettera c), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, un apposito progetto in cui sono definite:
 - le volumetrie definitive di scavo delle terre e rocce;
 - la quantità delle terre e rocce da riutilizzare;
 - la collocazione e durata dei depositi delle terre e rocce da scavo;
 - la collocazione definitiva delle terre e rocce da scavo.

10.2 Procedure di campionamento in fase di progettazione esecutiva

Nella fase di progettazione esecutiva o comunque prima dell'inizio dei lavori verrà eseguita la caratterizzazione ambientale ai sensi dell'Allegato 4 del DPR 120/2017.

I campioni da portare in laboratorio o da destinare ad analisi in campo sono privi della frazione maggiore di 2 cm (da scartare in campo) e le determinazioni analitiche in laboratorio sono condotte sull'aliquota di granulometria inferiore a 2 mm. La concentrazione del campione è determinata



riferendosi alla totalità dei materiali secchi, comprensiva anche dello scheletro campionato (frazione compresa tra 2 cm e 2 mm). Qualora si abbia evidenza di una contaminazione antropica anche del sopra vaglio le determinazioni analitiche sono condotte sull'intero campione, compresa la frazione granulometrica superiore ai 2 cm, e la concentrazione è riferita allo stesso. In caso di terre e rocce provenienti da scavi di sbancamento in roccia massiva, ai fini della verifica del rispetto dei requisiti ambientali di cui all'articolo 4 del DPR 120/2017, la caratterizzazione ambientale è eseguita previa porfirizzazione dell'intero campione.

Il set di parametri analitici da ricercare è definito in base alle possibili sostanze ricollegabili alle attività antropiche svolte sul sito o nelle sue vicinanze, ai parametri caratteristici di eventuali pregresse contaminazioni, di potenziali anomalie del fondo naturale, di inquinamento diffuso, nonché di possibili apporti antropici legati all'esecuzione dell'opera. Il set analitico minimale da considerare è di seguito riportato, fermo restando che la lista delle sostanze da ricercare deve essere modificata ed estesa in considerazione delle attività antropiche pregresse:

Tabella 4 - Set analitico minimale (Fonte: Allegato 4 del DPR 120/2017)

Arsenico
Cadmio
Cobalto
Nichel
Piombo
Rame
Zinco
Mercurio
Idrocarburi C>12
Cromo totale
Cromo VI
Amianto
BTEX (*)
IPA (*)
(*) Da eseguire nel caso in cui l'area da scavo si collochi a 20 m di distanza da infrastrutture viarie di grande comunicazione e ad insediamenti che possono aver influenzato le caratteristiche del sito mediante ricaduta delle emissioni in atmosfera. Gli analiti da ricercare sono quelli elencati alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, Parte Quarta, Titolo V, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.

Ai sensi degli allegati 2 e 4 al DPR 120/2017, la caratterizzazione ambientale è eseguita preferibilmente mediante scavi esplorativi (pozzetti o trincee) e, in subordine, con sondaggi a carotaggio.

Area di impianto ed elettrodotti interrati AT

Per interventi di tipo areale, il numero di punti d'indagine non può essere inferiore a tre e, in base alle dimensioni dell'area d'intervento, è aumentato secondo i criteri minimi riportati nella tabella seguente.

Tabella 5 - Procedure di campionamento in fase di progettazione (Fonte: Tabella 2.1, Allegato 2 del DPR 120/2017)

Dimensione dell'area	Punti di prelievo
Inferiore a 2.500 mq	3
Tra 2.500 e 10.000 mq	3 + 1 ogni 2.500 mq
Oltre i 10.000 mq	7 + 1 ogni 5.000 mq

Considerata l'area della singola piazzola, pari a circa 8954,00 metri quadri (area che ingloba anche lo sbraccio della gru), e le superfici occupate dagli scavi, il piano di indagini prevede per ciascuna area destinata al montaggio dell'aerogeneratore i seguenti punti di indagine:

Tabella 6 - Punti di indagine delle singole piazzole in funzione delle superfici

WTG	Superficie (m ²)	Punti di indagine
Sindia 1	9294,05	6
Sindia 2	10119,56	8
Sindia 3	10735,65	8
Sindia 4	9145,22	6
Sindia 5	10690,76	8
Sindia 6	9672,47	6
Sindia 7	10652,91	8

Per quanto riguarda i tratti di elettrodotti interrati AT, al fine di prelevare un numero di campioni di terreno sufficientemente rappresentativo del materiale di scavo prodotto durante la sua realizzazione, il piano delle indagini prevede la realizzazione di un punto di indagine ogni 500 m lineari di tracciato; in ogni caso deve essere effettuato un campionamento ad ogni variazione significativa di litologia. Considerato che il tracciato dell'elettrodotto AT interrato, al netto dei tratti in cavo che interessano le aree delle piazzole, avrà una lunghezza di circa 13.688,60 m, al netto dei tratti interni alle aree di impianto già considerate, si prevedono 28 punti di campionamento.

Cabina di raccolta e Cabina di consegna

La superficie in pianta della Cabina di Raccolta e della Cabina di Consegna, risulta essere pari a 60 mq; il piano delle indagini prevede la realizzazione di 3 punti di indagine.

I campionamenti saranno effettuati per mezzo di escavatori meccanici o tramite carotaggio; i campioni da sottoporre ad analisi chimico-fisiche verranno così prelevati:

- campione 1: da 0 a 1 m dal piano campagna;

- campione 2: nella zona di fondo scavo;
- campione 3: nella zona intermedia tra i due.

Per scavi superficiali, di profondità inferiore a 2 metri, i campioni da sottoporre ad analisi chimico-fisiche sono almeno due: uno per ciascun metro di profondità.

Nel caso in cui gli scavi interessino la porzione satura del terreno, per ciascun sondaggio, oltre ai campioni sopra elencati, è acquisito un campione delle acque sotterranee e, compatibilmente con la situazione locale, con campionamento dinamico. In presenza di sostanze volatili si procede con altre tecniche adeguate a conservare la significatività del prelievo.

Qualora si preveda, in funzione della profondità da raggiungere, una considerevole diversificazione delle terre e rocce da scavo da campionare e si renda necessario tenere separati i vari strati al fine del loro riutilizzo, può essere adottata la metodologia di campionamento casuale stratificato, in grado di garantire una rappresentatività della variazione della qualità del suolo sia in senso orizzontale che verticale.

In genere i campioni volti all'individuazione dei requisiti ambientali delle terre e rocce da scavo sono prelevati come campioni compositi per ogni scavo esplorativo o sondaggio in relazione alla tipologia ed agli orizzonti individuati.

Si dovrà porre cura a che ogni campione sia rappresentativo di una e una sola unità litologica, evitando di mescolare nello stesso campione materiale proveniente da strati di natura diversa o materiale del riporto con terreno naturale.

Ogni campione di terreno prelevato e sottoposto alle analisi sarà costituito da un campione rappresentativo dell'intervallo di profondità scelto.

Gli incrementi di terreno prelevati verranno trattati e confezionati in campo a seconda della natura e delle particolari necessità imposte dai parametri analitici da determinare.

10.3 Test di cessione

Per i materiali da scavo che dovranno essere necessariamente conferiti in discarica sarà obbligatorio eseguire il test di cessione ai sensi del DM 27/09/2010 ss.mm.ii., ai fini di stabilire i limiti di concentrazione dell'eluato per l'accettabilità in discarica. L'attribuzione del Codice CER, verrà eseguita con verifica delle caratteristiche chimico-fisiche del materiale, mediante esecuzione di "un set analitico".



Tabella 7 - Tabella 2 del Decreto del Ministero dell'ambiente 27 Settembre 2010 s.m.i. - Rifiuti inerti per i quali è consentito lo smaltimento in discarica per rifiuti inerti senza preventiva caratterizzazione

Parametri	Limiti di concentrazione dell'eluato (L/S=10 l/kg mg/l)
As	0,05
Ba	2
Cd	0,004
Cr totale	0,05
Cu	0,2
Hg	0,001
Mo	0,05
Ni	0,04
Pb	0,05
Sb	0,006
Se	0,01
Zn	0,4
Cloruri	80
Fluoruri	1
Solfati	100
Indice Fenolo	0,1
DOC(*)	50
TDS(**)	400

(*) Nel caso in cui i rifiuti non rispettino i valori riportati per il DOC al proprio valore di pH, possono essere sottoposti ai test con una proporzione liquido/solido L/S = 10 l/kg e con un pH compreso tra 7,5 e 8,0. I rifiuti possono essere considerati conformi ai criteri di ammissibilità per il carbonio organico disciolto se il risultato della prova non supera 50 mg/l.

(**) È possibile servirsi dei valori per il TDS (Solidi disciolti totali) in alternativa ai valori per i solfati e per i cloruri.)

11 CONCLUSIONI

Il materiale scavato per la realizzazione dell'impianto eolico in progetto, costituito da 7 aerogeneratori di potenza singola pari a 6.2 MW, per una potenza complessiva di 43.4 MW, e delle relative opere di connessione, sarà escluso dalla disciplina dei rifiuti a condizione che rispetti i requisiti di cui all'art. 185, comma 1, lettera c) e ne venga verificata la non contaminazione mediante specifiche analisi chimiche, effettuate ai sensi dell'Allegato 4 del DPR 120/2017).

Circa il 75% del volume di terre e rocce da scavo, pari a **230145.07 mc**, sarà riutilizzato nello stesso sito di produzione per il rinterro delle fondazioni e dei cavidotti, per la formazione dei rilevati ed il ripristino parziale delle aree delle piazzole. Il restante 25 % del volume di terre e rocce da scavo, pari a **69621.99 mc**, sarà conferito ad idoneo centro autorizzato al recupero e/o discarica.

Il tecnico

Ing. Leonardo Sblendido

