

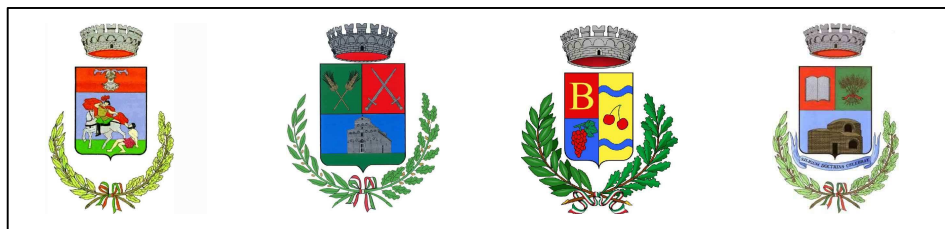
Regione Autonoma
della Sardegna



Provincia di Sassari



Comuni di



BESSEUDE BORUTTA BONNANARO SILIGO

PROPONENTE



OPERA

PROGETTO DEFINITIVO PARCO EOLICO "Monte Pelao"

OGGETTO

TITOLO ELABORATO:

RELAZIONE GEOLOGICA

DATA: OTTOBRE 2022

N°CODICE ELABORATO

SCALA: 1: -----

S.A. R3

Folder:

Tipologia: R(relazione)

Lingua: ITALIANO

N°REVISIONE

DATA

OGGETTO DELLA REVISIONE

ELABORAZIONE



Granfranco Mulas Geologo



Regione Autonoma della Sardegna



PROVINCIA DI SASSARI



COMUNI DI

BESUDE – BORUTTA - BONNANNARO - SILIGO



IVPC POWER



PROGETTO DEFINITIVO

PARCO EOLICO “MONTE PELAO”

RELAZIONE
GEOLOGICA

AI SENSI DEI DD.MM. 11/03/1988 e 14/01/2018



PREMESSA e LAVORI IN PROGETTO

Il presente studio è stato elaborato su incarico della società IVPC Power 8. nell'ambito della progettazione dei lavori necessari per realizzazione di un parco eolico nei terreni siti negli agri dei comuni di Bessude, Borutta, Bonnannaro e Siligo, in provincia di Sassari, che sarà composto da undici aerogeneratori, ed ha lo scopo di definire le caratteristiche generali dell'area in cui andrà posto in essere l'intervento, definendone la fattibilità dal punto di vista geologico, individuando eventuali criticità e, nel caso queste assumessero valenza rilevante, indicare e proporre eventuali misure di compensazione e di mitigazione al fine di consentire l'attuazione dell'opera conservando il massimo livello di sicurezza, per la stessa e per l'ambiente circostante.

Lo studio si è basato sia sulle conoscenze derivanti dalla bibliografia geologica generale, sia da quanto acquisito dallo scrivente in precedenti interventi seguiti nella zona limitrofa, sia ancora e soprattutto, sulla base dei risultati di una serie di rilevamenti diretti in sito.

La particolare connotazione geolitostratigrafica e geomorfologica del settore, estremamente chiara ed evidente anche da esami e rilevamenti di superficie, ha consentito di omettere la realizzazione di alcuna specifica indagine geognostica approfondita.

I lavori in progetto sono rappresentati dalla installazione di sei torri eoliche che avranno un'altezza massima all'estremità delle pale, di circa 150 metri, con diametro del rotore di circa 136 metri e altezza dell'asse di rotazione di circa metri.

Ogni torre sarà fornita di un basamento di collegamento a terra da realizzare come plinto in calcestruzzo armato, che sarà posato direttamente sul terreno di appoggio, e ad esso solidarizzato attraverso una serie di tiranti o di micropali, qualora le azioni sul terreno di sedime lo rendessero necessario.

Sono anche previsti, la posa dei cavidotti di connessione di ogni singolo generatore alle apparecchiature di controllo e di connessione alla rete di Trasmissione Nazionale del Gestore dei Servizi Elettrici, nonché la realizzazione di alcune tratte di viabilità di collegamento tra quella pubblica e privata già esistente con ogni piazzola di sedime delle singole torri.

Le interazioni maggiori tra terreno ed opere proposte, pertanto, saranno quelle determinate dalle tensioni generate da ciascun aerogeneratore in condizioni statiche, con la propria massa e con i momenti dovuto alle azioni del vento sulla struttura, ed in condizione dinamica, in cui si aggiungono le forze determinate dalla rotazione delle pale e delle parti mobili dei macchinari interni alla navicella, quali i moltiplicatori di giri, i sistemi di raffreddamento e le apparecchiature di produzione dei flussi elettrici.



NORMATIVA DI RIFERIMENTO

*Lo studio è stato elaborato nell'osservanza della normativa vigente, con particolare riferimento a quanto posto dal D.M. 11.03.1988, (e relative Circolari Ministeriali) - **Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione** - oltre che dalle sue integrazioni e modificazioni, ma anche dalla più recente Circolare Min. LL.PP. n° 218/24/3 del 9.1.1996, che impongono appropriati studi geologici e geotecnici atti a verificare la stabilità della singola struttura in progetto e del complesso terreno – opera.*

*Riferimento è fatto anche alle **Nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni**, già D.M. 14-01-2018, soprattutto per quanto attiene alla classificazione sismica dei terreni, ma soprattutto alla legge n° 64 del 2 febbraio 1974, che definisce particolari provvedimenti per le costruzioni che ricadono in zone sismiche o in territori comunali o loro parti, nei quali siano intervenuti od intervengano lo Stato o la regione per opere di consolidamento di abitato ai sensi della legge 9-7-1908, n. 445, e successive modificazioni ed integrazioni.*

Lo studio è stato sviluppato anche ai sensi del Dlgs 152/2006, anche noto con il termine di “Codice Ambiente”, che disciplina in maniera particolare la difesa del suolo e la lotta alla desertificazione, la tutela delle acque dall'inquinamento e la gestione delle risorse idriche.

Poichè tutte le aree di sedime e di intervento ricadono, sulla base degli strumenti documentali disponibili, in aree con pericolosità per frana inferiore a quella della classe Hg2, e sono anche escluse da quelle con pericolosità idraulica, non è indispensabile estendere lo studio come compatibilità secondo le prescrizioni delle N.d.A. dello stesso P.A.I..

Per raggiungere un adeguato dettaglio del quadro conoscitivo, i problemi più significativi esaminati sono stati:

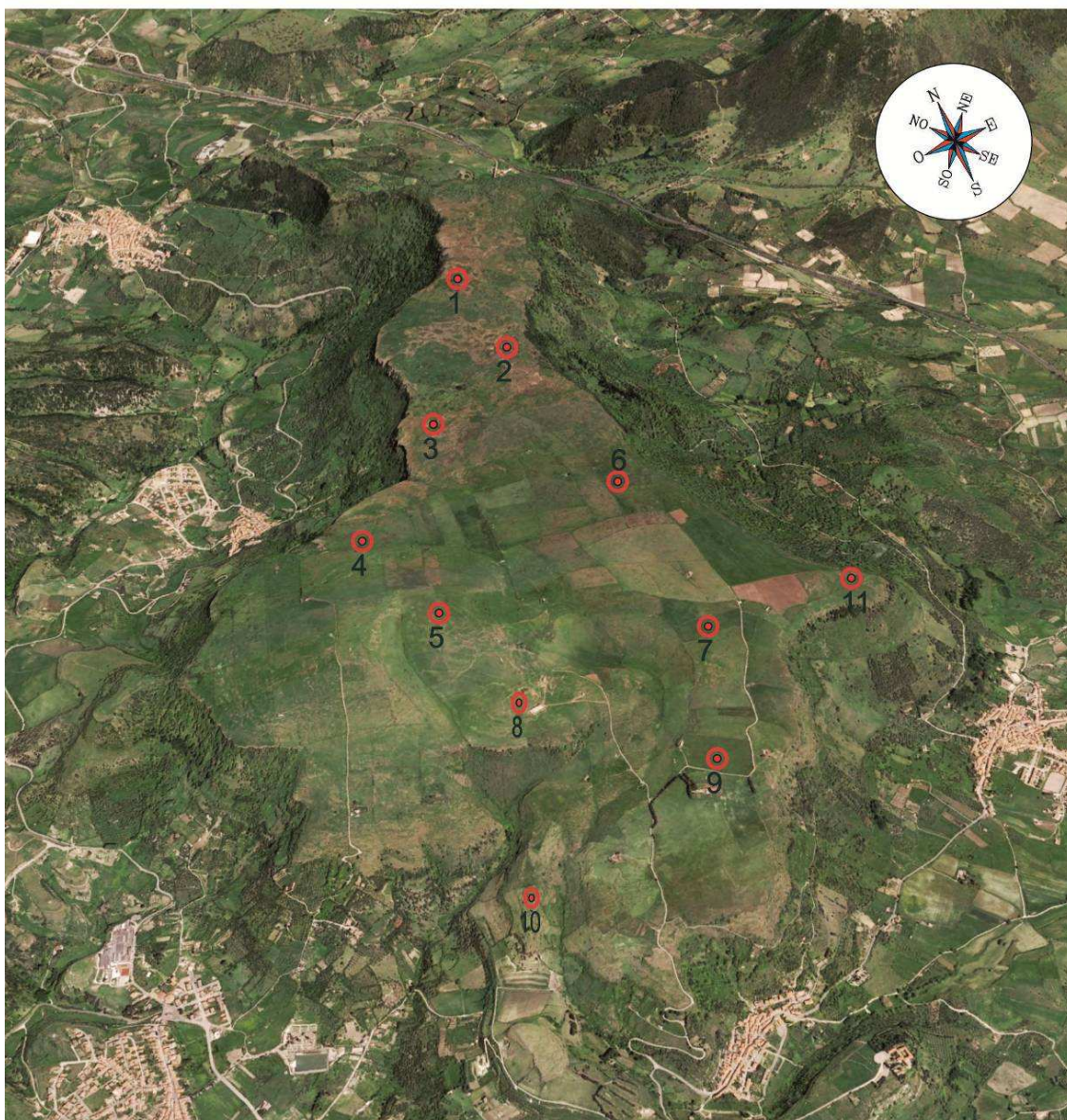
- (a) - Caratterizzazione geologica e geomorfologica generale;*
- (b) - Frane in atto o potenziali;*
- (c) - Presenza di faglie (attive o inattive);*
- (d) - Natura delle litologie, loro comportamento meccanico;*
- (e) - Posizione degli strati rispetto alle opere da realizzare;*
- (f) - Presenza di falde acquifere, allontanamento delle acque e bonifica del terreno;*
- (g) - Fenomeni di subsidenza;*
- (h) - Interferenze con potenziali fenomeni esondativi ed alluvionali.*



INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Al fine di una idonea comprensione, sia degli schemi generali, sia delle condizioni di dettaglio, l'area sottoposta a studio generale, di gran lunga più vasta rispetto a quella strettamente interessata dal progetto, è stata estesa per oltre venti chilometri quadrati, ubicata nella Sardegna nord-occidentale, in Provincia di Sassari, circa venticinque chilometri a sud dal capoluogo.

VISTA SATELLITARE



L'area vasta prescelta per l'installazione è localizzata ad est del centro abitato di Bessude, a nord rispetto a quello di Borutta, a nordovest nei confronti di quello di Bonnannaro e a sudest rispetto a



Siligo, comuni all'interno dei cui agri ricade per quota maggiore o minore, mentre nessuna installazione rientra nel territorio di Thiesi, che si trova a sudovest del parco in progetto.

Si tratta di una superficie che ricade nel settore nordoccidentale della Sardegna, tra Meilogu, Logudoro, Coros e Monteacuto, al margine orientale della tratta settentrionale del rift sardo, una fossa tettonica che attraversa la placca sarda da nord verso sud, dalla Nurra al Campidano.

Il settore in esame, ed in cui deve essere realizzato il parco eolico proposto, è rappresentato da un altopiano a bassa articolazione morfologica localizzato tra il tracciato della strada Statale n° 131 Carlo Felice e l'abitato di Thiesi, di età plio-pleistocenica e riconducibile alla fase effusiva del vulcanesimo post miocenico manifestatosi al termine del cenozoico, a seguito del rilascio delle tensioni crustali generate dal processo di distacco della zolla Sardo – Corsa che, al termine della rotazione miocenica, ha dato permesso la riapertura delle vecchie faglie e fratture preesistenti, già erciniche, ma anche l'apertura di nuove attraverso le quali sono venuti in superficie importanti flussi magmatici, prevalentemente in facies lavica, che hanno generato vasti altopiani, spesso ricoprendo e fossilizzando superfici già formate in piano, altre volte colmando antiche depressioni, dando origine a plateaux spesso molto estesi, quale quello di Abbasanta, altre volte piuttosto contenuti, quale quello di monte Pelao.

Questo è delimitato su tutti i lati, in qualcuno in maniera Più evidente e marcata, in altri meno, da versanti molto acclivi generati da processi erosivi di tipo fluviale e di età remota, sostanzialmente tardo e subito post genetica, riconducibili all'azione di smantellamento e di ringiovanimento del rilievo operata principalmente dai torrenti Banzos e Pesi nel settore settentrionale e nordoccidentale, dai rii S'Istrumpu verso NE, Funtana Jana e Turre Foraghe ad E, Frida e Mazzones verso SE, Pischina a S ed una serie di corsi d'acqua minori, tutti affluenti del rio Bidighinzu nella zona occidentale.

Si tratta di una superficie sub tabulare che costituisce l'estradosso di una serie una colata lavica basaltica ancora oggi contraddistinta da una condizione di sostanziale orizzontalità e una giacitura fondamentalmente planare, caratterizzata da un assetto fisiografico giovanile e poco evoluto rispetto all'assetto originario, poco elaborato da processi esogeni molto recenti e riconducibili al quaternario medio e recente.

Dal punto di vista cartografico l'area di stretta pertinenza risulta inquadrabile come segue:

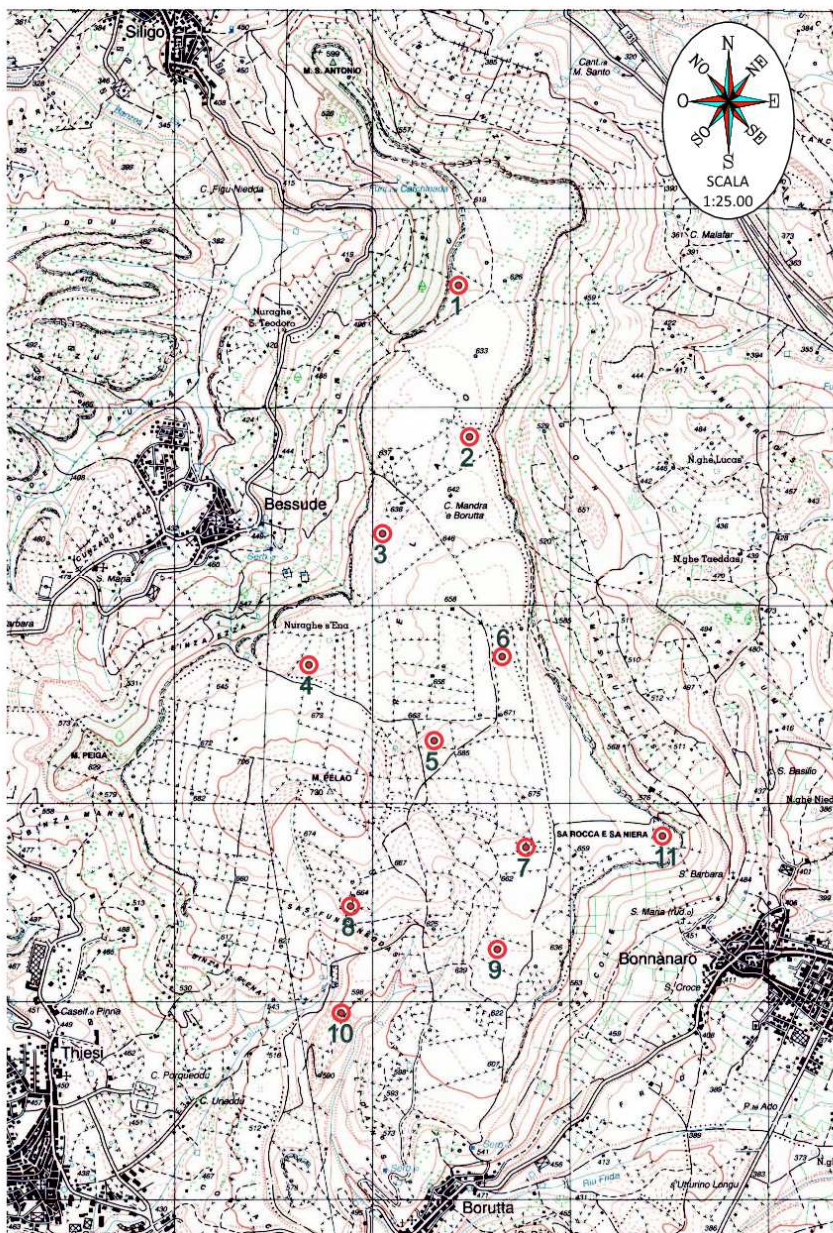
- Carta IGM in scala 1:100.000 foglio n° 193 BONORVA ;*
- Carta IGM in scala 1:50.000 foglio n° 480 ITTIRI ;*
- Carta IGM in scala 1:25.000 foglio n° 480 sez. IV Thiesi;*
- Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 foglio 480010 (480A1) Banari, 480050 (480B1) Thiesi e 480060 (480B2) Bonnannaro*



La zona in esame ricade nel sub-bacino n° 3 Coghinas – Mannu – Temo del P.A.I., con aree ricadenti nelle classi di pericolosità geologica per frana di livello basso, in classe Hg 0, moderato, in classe Hg 1, medio, in classe Hg2 ed elevato, in classe Hg 3, ma anche molto elevato in classe Hg 4.

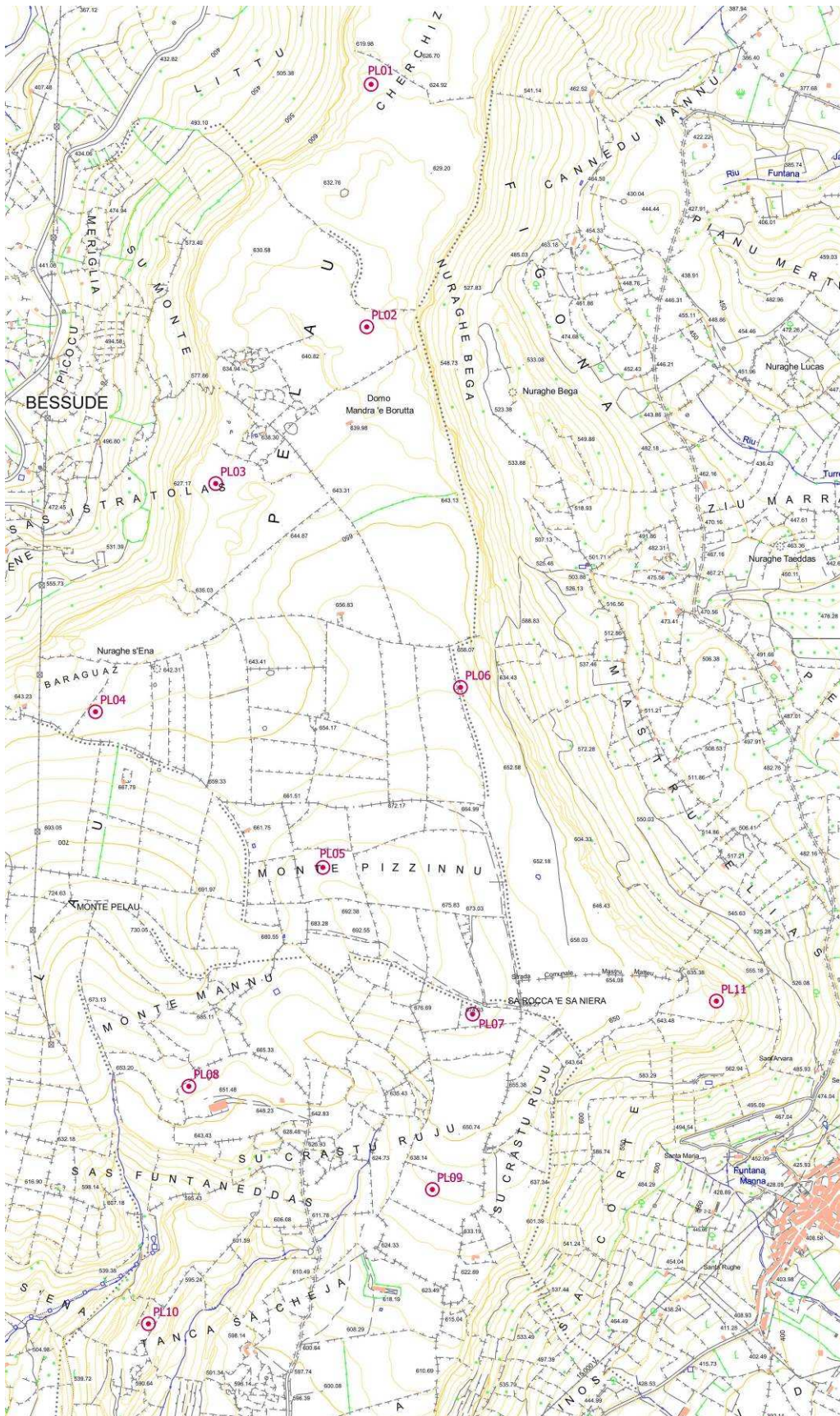
Di fatto però, tutte le torri eoliche sono localizzate su superfici ricadenti all'interno della classe Hg 0, con pericolosità geologica per frana di livello basso, giacendo su superfici orizzontali o al più debolmente inclinate, con pendenze sempre inferiori al 10 %, sebbene alcune, quali la n° 1, la n° 6 e la n° 11, essendo localizzate in più prossimità del margine estremo dell'altopiano, distano tra dieci e venti metri dal limite della classe Hg4, rimanendo comunque in una condizione di sostanziale sicurezza.

INQUADRAMENTO SU COROGRAFIA I.G.M.I. STRALCIO FOGLIO N° 480 SEZ. IV THIESI





INQUADRAMENTO SU C..T.R.





Ciò consente, quindi, di non dovere estendere lo studio come compatibilità geologica e geotecnica ed ammissibilità al P.A.I., secondo quanto prescritto dalle N.d.A. dello stesso Piano.

Il P.A.I. individua all'interno dell'area vasta su cui ricade l'intervento in progetto una limitata superficie inclusa nella classe Hi1, ristretta al fondo di un'ampia valle localizzata nel settore più meridionale del settore in esame, al cui fondo scorre il rio Frida, limitata alle fasce di ampiezza metrica adiacenti l'alveo di scorrimento di un modestissimo rigagnolo a deflusso stagionale.

La differenza di quota rispetto alla più prossima delle installazioni rappresentata dalla torre n° 10, tra il piano di sedime del generatore e il livello esondabile, sempre superiore a 50 metri, garantisce che nessuna interferenza idraulica possa esservi tra le opere in progetto e le aree idraulicamente individuate come pericolose.



RELAZIONE GEOLOGICA

PREMESSA

Il presente studio, sviluppato su un ambito notevolmente più vasto rispetto a quello di stretta pertinenza del progetto, è stato elaborato sia in base ai riferimenti della geologia ufficiale, sia sulla scorta delle conoscenze personali acquisite in studi precedenti, sia riferendosi ad un rilevamento diretto in campagna eseguito nel dettaglio in questa fase progettuale

INQUADRAMENTO GEOLITOLOGICO E STRATIGRAFICO GENERALE

Dal punto di vista generale il settore esaminato è rappresentato esclusivamente da terreni di copertura terziaria e quaternaria mentre non affiora, in alcun punto, il basamento cristallino che costituisce l'ossatura del massiccio Sardo-Corso.

L'area in oggetto ricade nella subregione del Logudoro, che proprio dalla metà del Cenozoico è stata interessata da una imponente tettonica distensiva che ha portato all'apertura del bacino Balearico a seguito della rotazione, in senso antiorario con un angolo di circa 30°, della zolla Sardo-Corsa, generando un forte disturbo tettonico e strutturale del basamento antico, ma anche della copertura mesozoica, che ha consentito lo sprofondamento di una zona assiale sviluppata da sud a nord per tutto lo sviluppo della Sardegna, con la genesi della Fossa Sarda, estesa dal Golfo di Cagliari fino a quello dell'Asinara, un graben dovuto al rilascio delle tensioni rotazionali, profondo diverse centinaia di metri.

Questa struttura ribassata è stata colmata da depositi marini e continentali a partire dalla sua formazione fino alla tarda epoca Terziaria, con un culmine sedimentario marino durante il Miocene, cui hanno fatto seguito, ma in parte avutisi anche in contemporanea delle fasi finali della dinamica cenozoica, i cicli vulcanici calcoalcalini, mentre quelli basaltici terminali si sono sviluppati tra la fine del Pliocene e l'inizio del Quaternario, nel tardo Pleistocene.

Alla fossa principale se ne affiancano di secondarie, di minore sviluppo e più bassa profondità, spesso orientate diversamente rispetto alle direttrici principali, fino ad essere anche ortogonali.

Nel settore possono descriversi quattro fasi geologiche principali, cui corrispondono serie litologiche nettamente differenti e partendo dalla più antica verso la più recente si distinguono:

- *fase vulcanica oligo-miocenica compressiva;*



- fase trasgressiva marina miocenica;
- fase vulcanica distensiva plio-pleistocenica;
- fase di morfogenesi e sedimentaria continentale quaternaria.

A queste fasi, sviluppatasi in un arco di circa 30 M.d.A., possono essere fatte corrispondere le seguenti formazioni geologiche:

- *Formazione andesitoide – ignimbratica;*
- *Formazione calcareo marnoso – arenaceo ;*
- *Formazione basaltica;*
- *Sedimenti alluvionali recenti ed attuali e colluvi.*

Tale successione vulcanica e sedimentaria si sviluppa durante le fasi, dapprima compressive e quindi distensive, collegate alla tettonica a placche oligo-miocenica che ha originato il distacco dal blocco Franco-Ispanico della zolla Sardo-Corsa, determinandone la rotazione di circa quarantacinque gradi e la collocazione al centro del Mediterraneo, quale è attualmente.

Solo nel tardo Pliocene fasi distensive legate al rilascio delle tensioni tettoniche hanno innescato la strutturazione rigida ed il dislocamento fragile degli ammassi rocciosi, ancora evidenti.

E' in questo periodo e nel primo Pleistocene che, a seguito dell'allentamento delle tensioni rotazionali, si riaprono le antiche faglie e fratture, e se ne generano di nuove quasi sempre parallele o normali alle direttrici preesistenti, permettendo la risalita e la fuoriuscita delle lave basaltiche che formeranno estesi plateaux diffusi in tutta la Sardegna.

La successione più antica è di età Burdigaliana-Langhiana, che giace in discordanza stratigrafica sulle vulcaniti Oligo-Aquitaniane sottostanti, è composta alla base da calcari litorali e sabbie per proseguire con marne di ambiente marino profondo ed al tetto termina con una superficie erosiva, che rappresenta la base della successione sedimentaria più recente, che esordisce con una serie fluvio marina e talora lacustre, per poi passare a depositi carbonatici di piattaforma interna.

Tra le due fasi si sviluppano una serie di episodi tettonici con sollevamenti e ribassamenti differenziali che hanno consentito l'erosione parziale della formazione più antica, quindi la sedimentazione dei depositi silicoclastici d'ambiente continentale e transizionale.

Nel Burdigaliano medio, al termine della rotazione del blocco sardo-corso, si conclude il vulcanismo andesitico e, in fase regressiva e di emersione, si instaura una fase erosivo-sedimentaria continentale in ambiente alluvionale e fluvio-deltizio, con formazione di conoidi di sabbie e conglomerati.



Al termine del Burdigaliano riprende una fase trasgressiva in cui si innesca il secondo ciclo sedimentario miocenico, con depositi sedimenti sabbiosi e carbonatici di ambiente marino poco profondo, quindi per un graduale approfondimento del bacino di sedimentario si formano accumuli marnoso-argillosi di ambiente circalitorale-epibatiale.

Nel Serravalliano si sviluppa una fase regressiva con emersione dei depositi appena formati che vengono erosi nuovamente ed elaborati, generando una serie di sedimenti prevalentemente sabbiosi.

Dal Serravalliano superiore al Messiniano inferiore si manifesta la terza fase trasgressiva, il 3° ciclo sedimentario miocenico, in cui si formano calcari di piattaforma.

Durante il Pliocene medio-superiore ed il Pleistocene, si ha una ripresa della tettonica regionale contraddistinta da fenomeni distensivi molto importanti e rilevanti che interessano tutta la zolla Sarda, che viene accompagnata da una attività vulcanica effusiva, quasi esclusivamente in facies lavica sotto forma di prodotti magmi prevalentemente basaltici a tendenza alcalina e tholeitica che, con flussi molto fluidi di provenienza subcrustale, per lo più emessi attraverso apparati di tipo fissurale e lineare, molto raramente di tipo centralizzato, ricoprono le litologie mioceniche spesso appena emerse e morfologicamente poco evolute.

Le lave generano amplissimi espandimenti con forma di tavolato suborizzontale o poco inclinato, fossilizzando la paleomorfologia, spesso ricopiandola, come pare accadere proprio a Monte Pelao, il cui rilievo attuale appare essere stato abbozzato sulle litologie carbonatiche sottostanti ed amplificato dai prodotti effusivi.

Occasionalmente le manifestazioni effusive, soprattutto per via di magmi a composizione maggiormente alcalina, si sono sviluppate generando limitati fenomeni piroclastici con la messa in posto di scorie laviche, talora in giacitura di modeste conoidi, che consentono una maggiore articolazione morfologica degli apparati vulcanici, sia per forme di accumulo frequentemente pseudoconiche, sia per una maggiore facilità ad essere erose dai processi morfodinamici recenti, le cui maggiori manifestazioni locali sono rappresentate dai rilievi di Monte Santo e Monte Pelao.

Questi prodotti vulcanoclastici, che solitamente si manifestano ed accumulano laddove le vie di risalita dei magmi presentano carattere di tipo centralizzato, per intersezione di due strutture planari quali faglie o fratture generando apparati di emissione puntiformi e non più a sviluppo prevalentemente lineare, solitamente contraddistinguono le fasi terminali di ogni ciclo effusivo per cui, oltre che in profondità all'interfaccia di separazione tra una colata e la successiva, possono essere rinvenuti anche in superficie, spesso in facies residuale conseguente ai processi erosivi più recenti, raramente assumo spessori rilevanti con potenze che possono al più raggiungere il metro e mezzo, come accade proprio nel monte Pelao e nel rilievo collinare adiacente di Monte Pizzinnu, che svettano rispetto all'altopiano



circostante con una forma pseudoconica molto appiattita, proprio riconducibile alla componente vulcanoclastica dei prodotti effusi, di cui si rinvergono abbondanti affioramenti lungo tutte le pendici.

INQUADRAMENTO LITOSTRATIGRAFICO LOCALE

La successione stratigrafica che, a livello locale, può permettere di descrivere l'assetto litostratigrafico è sostanzialmente quella che contraddistingue la formazione basaltica plio-quadernaria, e solo in minore misura ed in maniera indiretta, quella carbonatico-marnoso-arenacea, mentre la sottostante formazione andesitoide ignimbratica, da considerarsi come termine basale, è assolutamente ininfluente e mai rappresentata, tanto nell'area di specifico interesse in progetto, quanto nell'intorno immediato.

La terza è ulteriormente suddivisibile in una fase andesitoide inferiore, una ignimbratica inferiore, una andesitoide superiore, una ignimbratica superiore, ed una andesitoide terminale, laddove presente ma, molto frequentemente, nel settore in esame la successione vulcanica conclude con facies esplosive piroclastiche deposte sia, e prevalentemente, in facies subaerea come tufi, ma anche subacquea sotto forma di tufiti.

Le andesiti sono lave a chimismo dacitico e riolitico e, in subordine, alluminio – basaltico.

Le ignimbriti, prodotti generati dal raffreddamento di prodotti vulcanici a carattere esplosivo, le nubi ardenti, hanno composizione riolitica e riodacitica e, prevalentemente sono rappresentate da tufi cineritici e di lapilli, mediamente saldati ma spesso interessati da processi alterativi piuttosto diffusi ed intensi, soprattutto all'interfaccia superiore a contatto con i depositi arenaceo-carbonatici.

La transizione tra le due fasi è spesso marcata da una facies tufitica che definisce un passaggio graduale tra le due serie.

I tufi non affiorano mai in maniera diretta nell'area interessata dal progetto, mentre si rinvergono ai margini della stessa, al piede delle scarpate che orlano l'altopiano, e spesso sono coperti da conoidi e falde detritiche generate dall'arretramento delle assise calcaree soprastanti.

Al di sotto delle bancate carbonatiche e calcarenitiche i tufi sono localizzati a profondità compresa tra trenta e quaranta metri dal tetto della formazione sedimentaria calcarea, che ha subito una evidente rielaborazione antecedente la fase vulcanica terminale.

A dispetto della modesta resistenza meccanica ed alla facilità con cui si alterano per azione dell'esposizione diretta all'aria, i tufi denotano, soprattutto nelle facies più francamente ignimbratiche, una elevata stabilità, determinata anche dall'elevata coesione che li contraddistingue, sia nelle facies



litoidi franche, che in quelle mediamente e molto alterate in cui prevale la coesione dovuta alle componenti argillose.

Tutti questi prodotti si sono messi in posto durante le fasi compressive legate alla rotazione del blocco Sardo Corso durante l'Oligo Miocene, cui ha fatto seguito, per l'apertura del Mediterraneo, una fase trasgressiva marina che ha determinato la sedimentazione di prodotti arenacei, marnosi e calcarei, cui si intercalano nella parte bassa della serie, sedimenti tufitici collegati alle fasi terminali del vulcanismo Oligo Miocenico.

Al di sopra delle facies piroclastiche e vulcanoclastiche ed al di sotto delle lave basaltiche, in tutta l'area interessata dal progetto sono presenti di calcari biancastri mediamente o molto compatti, disposti in banchi di spessore unitario decimetrico e pluridecimetrico, fino a cinquanta centimetri, che si alternano con altri di potenza unitaria solitamente inferiore, a costituzione carbonatico arenacee, a carattere litoide ma contraddistinti da minore coesione e minor resistenza meccanica.

La variabilità locale dell'ambiente deposizionale in cui si sono formate tali rocce sedimentarie, evidente anche in ambiti molto ristretti, ha permesso frequenti eteropie orizzontali con il passaggio più o meno graduale, quasi mai netto e marcato, dai calcari franchi a quelli arenacei anche in spazi molto contenuti.

La serie sedimentaria mesozoica allo stato attuale rappresenta solo un residuo di quella originaria, che era caratterizzata da spessori anche superiori alla cinquantina di metri, come riscontrato in altre aree a geologia analoga.

In generale per la formazione calcarea e calcarenitica è possibile definire un ammasso nettamente stratificato e moderatamente tettonizzato, contraddistinto da livelli di coesione da mediamente a molto alti e da stati di alterazione estremamente variabili, a comportamento da tendenzialmente a francamente sublitoide, con coesione sempre media o medio-alta e valori di resistenza meccanica medi o medio-alti, che scadono in maniera sensibile solo nelle facies francamente marnose.

La stabilità di queste rocce è sempre alta molto alta, soprattutto quando perfettamente confinate al letto ed al tetto, e viene sminuita solo in presenza di una diaclasizzazione verticale molto intensa in condizione di parete laterale libera, manifesta soprattutto nelle fasce periferiche più esterne dell'altopiano, dove comunque sono ricoperte dalle rocce basaltiche in facies lavica lapidea, moderatamente fessurate ma molto poco alterate.

Al termine del Pliocene si ha una ripresa dell'attività vulcanica, ma con un magmatismo a carattere alcalino che determina la messa in posto di lave estremamente basiche e fluide, rappresentate da basalti subalcalini e da trachibasalti che, appunto, rappresentano le litofacies autoctone originarie più recenti, che sovrastano e ricoprono in paraconcordanza stratigrafica i calcari sottostanti.



Questi terreni sono gli unici presenti in affioramento sia nell'area vasta su cui si estende il campo fotovoltaico in progetto, sia in tutti i singoli siti di sedime delle undici torri eoliche proposte e si manifestano in due facies differenti, una lavica francamente lapidea che contraddistingue gli stati centrali della produzione di una singola eruzione, ed una scoriacea a forte connotazione terrigena, non sempre manifesta ed evidente, che caratterizza le fasi iniziali e finali del fenomeno eruttivo, con magmi maggiormente ricchi di gas, che si raffreddano molto più velocemente e quindi assumono struttura vacuolare per cui sono più soggetti ad alterazione che, talora, ne determina una profonda argillificazione, trasformando il prodotto effusivo in una amalgama a forte componente sabbioso-limo-argillosa con moderato o medio contenuto scheletrico costituito prevalentemente da elementi litoidi di piccole dimensioni, fortemente arrotondati e contraddistinti da una vacuolarizzazione sempre evidente.

Questa facies spesso si confonde con una litologia autoctona che presenta una composizione molto simile, rappresentata dalle scorie vulcaniche, materiali che contraddistinguono solo alcune fasi conclusive delle manifestazioni eruttive, nelle quali vengono messi in posto attraverso manifestazioni parossistiche a bassa energia con forte componente gassosa, prodotti vulcanoclastici residuali di svuotamento delle camere magmatiche.

Queste facies scoriacee, che alla genesi possiedono elevata coesione per saldatura dovuta ai processi termici intrinseci alla loro genesi, in condizione subaerea, soprattutto quando sono in presenza di acqua, sono soggetti a facile alterazione trasformandosi in masse a comportamento terrigeno, mediamente coese, a forte matrice limoargillosa e contenuto scheletrico medio-basso.

Lo spessore di questi prodotti è sempre abbastanza contenuto, difficilmente superiore al metro e mezzo ma talora, quando assoggettati fenomeni di accumulo colluviale, in alcune aree di raccordo tra i versanti maggiormente acclivi degli apparati vulcanici centralizzati conici o pseudoconici e le circostanti superfici planari orizzontali o suborizzontali, possono arrivare a superare la potenza complessiva di due metri e mezzo.

In tali condizioni di maggiore concentrazione, viste anche le loro caratteristiche pedologiche di rilievo, sia per la forte capacità di ritenzione idrica, sia per l'elevato contenuto di minerali utili, sono o sono stati oggetto di sfruttamento agricolo intensivo.

Come detto la giacitura generale delle vulcaniti recenti è quella in banco orizzontale, al più moderatamente inclinato con una pendenza media inferiore al 5% ed immersione generale verso SE, contraddistinta da una potenza complessiva non particolarmente elevata che varia da un minimo di circa trentacinque – quaranta metri nel margine meridionale, per superare i sessanta metri nel settore settentrionale, dove le lave, che possono essere riferibili ad almeno due episodi effusivi distinti, presentano lo spessore medio maggiore.



Una apprezzabile variazione di potenza dello strato basaltico si riscontra in alcune condizioni particolari, estremamente localizzate e individuate solo nel settore meridionale, dove le lave si sono riversate all'interno di alcune incisioni vallive preesistenti, colmandole, per essere poi interessate da una strutturazione che ha ripreso le lineazioni già esistenti consentendo l'innesco e l'evoluzione di processi erosivi recenti particolarmente intensi ed approfonditi, che consentono di evidenziare potenze localizzate della copertura basaltica anche superiori a ottanta metri.

In quasi tutte le piazzole in cui andranno installate le torri eoliche, così come su tutta la superficie vasta circostante, i materiali in affioramento sono rappresentati da una sottilissima cuticola di terreno sciolto, il cui spessore quasi sempre è inferiore a venti centimetri e solo occasionalmente raggiunge il mezzo metro, che però si riscontra quasi sempre nelle zone concave di accumulo colluviale ed eluviale.

Le lave presentano un modesto grado di fessurazione nello strato corticale, prevalentemente dovuto alla disarticolazione della piastra lavica ad opera dei processi di raffreddamento rapido che si attuano all'interfaccia tra l'ambiente aereo e il flusso magmatico.

Questo fenomeno facilita in parte i processi di alterazione delle rocce basaltiche, soprattutto quando manifeste in facies scoriacea, cui consegue la formazione di prodotti sabbioso limo argillosi che, causa le pendenze molto moderate, tendono a rimanere in situ nell'ambito dell'area di genesi o, al più a subire limitatissimi trasporti in forma colluviale, con accumuli localizzati che vengono spesso sottoposti a processi di eluviazione.

Tali processi di alterazione e di accumulo portano ad un intasamento ed occlusione delle discontinuità che contraddistinguono l'ammasso basaltico e, in alcuni casi, anche alla formazione di modeste zone di accumulo con la formazione di coltri terrigene anche di ampiezza interessate dal punto di vista dello sfruttamento agricolo, ma il cui spessore è fortemente ridotto tanto da non consentire lo sviluppo adeguato di elementi arborei se non in maniera sporadica.

Un processo dinamico che ha interessato a fondo l'altopiano lavico è stato quello di regressione del margine periferico che ha interessato tutto il suo perimetro, attualmente molto ridotto e retrocesso rispetto a quello originario.

I processi fluviali quaternari attuatisi nel quaternario medio in un regime termoclimatico particolarmente più intenso a quello attuale, soprattutto per quanto attiene alle precipitazioni, attraverso una dinamica di erosione alla base hanno determinato l'erosione e la rimozioni degli imponenti accumuli detritici che si formavano per crollo e frana delle pareti subverticali formatesi lungo le principali discontinuità strutturali, consentendo così al ciglio delle scarpate un continuo arretramento.

Le variazioni termoclimatiche che hanno determinato, già nel quaternario medio-superiore, una netta diminuzione delle piogge e quindi un regime meno aggressivo dei corsi d'acqua, interessati da una



drastica riduzione del potere erosivo e dell'areale di azione, hanno fatto sì che, nei periodi più recenti, i materiali derivanti dai processi di crollo e di evoluzione gravitativa delle scarpate periferiche che delimitano l'altopiano abbiano avuto la possibilità di accumularsi, generando conoidi spesso coalescenti a formare falde detritiche abbastanza consistenti, con una conseguente parziale stabilizzazione dei versanti, che da verticali o subverticali molto elevati per scalzamento alla base, hanno assunto geometria inclinata.

INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'assetto morfologico locale è riconducibile a dinamiche relativamente recenti, tutte riferibile ad un periodo relegato tra il tardo Miocene e l'Olocene recente, in cui si è sviluppata la fase morfologica fondamentale, solo marginalmente ancor oggi in atto e con una dinamica estremamente rallentata.

Parallelamente alla tettonica che ha disassemblato le bancate laviche e le assise sedimentarie carbonatiche ed arenacee, fessurandole e fratturandole, hanno agito i processi erosivi fluviali, accelerati e intensificati da repentini abbassamenti del livello di base, che hanno isolato gli altopiani, quale quello oggi in esame, creando dapprima cornici verticali e subverticali molto nette.

Sia gli estesi plateaux basaltici, quanto i sottostanti depositi calcarei, sono stati oggetto di una intensissima erosione che, nel settore in esame, ne ha determinato una fortissima riduzione dello sviluppo planimetrico, consentendo la permanenza solo di modesti reliquati, quale è quello costituito dall'area di interesse dell'intervento proposto, che oggi svettano all'interno di ampie finestre erosive.

Gli altopiani basaltici sono stati interessati da un importante azione erosiva fluviale periferica che ha avuto innesco già al termine della loro genesi, quando i fenomeni distensivi che hanno determinato la genesi degli espandimenti vulcanici hanno raggiunto il massimo sviluppo, consentendo un sensibile disassemblamento delle bancate laviche che ha intensificato la strutturazione dell'ammasso roccioso già innescata dai fenomeni di rapido raffreddamento con la formazione di fessure verticali, cui si associano le superfici orizzontali o suborizzontali generate dal movimento rapido dei flussi effusivi.

Si è quindi generato un assetto fessurativo strutturale che ha influenzato lo sviluppo morfologico locale, sulle cui lineazioni hanno insistito gli agenti esogeni determinando uno smembramento più o meno intenso, con moderata incisione degli altopiani e la formazione di ampi avvallamenti concavi in cui si formano modesti depositi alluviocolluviali di età molto recente.

Tale azione ha consentito anche modesti fenomeni localizzati di ribassamento localizzati, per lo più dovuti a condizioni paleomorfologiche preesistenti alla messa in posto delle colate laviche, legate ai



processi alterativi, soprattutto di tipo carsico, che hanno interessato le sottostanti bancate calcaree e calcarenitiche.

I processi erosivi recenti, quando hanno agito lungo discontinuità particolarmente importanti, per sviluppo verticale e per intensità del disturbo strutturale indotto nell'ammasso roccioso, hanno permesso anche la formazione di valli più o meno ampie in cui tutta la copertura vulcanica è stata erosa, mettendo a nudo le litologie calcaree sottostanti e, occasionalmente come si verifica nel settore più meridionale dell'area indagata, anche gli strati piroclastici che stanno alla base dei sedimenti calcarei e calcarenitici.

La diminuzione di intensità dei processi fluviali ha fatto prevalere la dinamica di versante, che ha dato origine alla genesi di falde detritiche composte da corpi di frana accumulati, affiancati e spesso coalescenti in falde continue, formatisi per mancata rimozione ad opera dei fenomeni di erosione per scalzamento alla base operato dalla dinamica fluviale del quaternario medio, per cui oggi gli altopiani si raccordano ai fondovalle attraverso versanti mediamente acclivi caratterizzati da una condizione di stabilità medio-alta, soprattutto se non modificata da interventi antropici, anche perché quasi sempre sottoposti all'azione stabilizzante determinata da una copertura vegetale arborea piuttosto fitta.

Sono versanti con un profilo concavo molto marcato, che ancora oggi manifestano al ciglio superiore pendenze molto elevate fino a subverticali, che in associazione all'elevata strutturazione della roccia, consentono anche allo stato attuale una dinamica attiva, sebbene molto rallentata, riconducibile a fenomeni di distacco, crollo e rotolamento di massi e corpi litici di dimensioni estremamente variabili.

Questi fenomeni oggi sono molto rallentati e assumono frequenza sporadica, interessando solo una fascia ampia non più di due – tre metri a ridosso del ciglio superiore delle scarpate, e si innescano prevalentemente durante le manifestazioni meteoriche più intense, quando le acque di pioggia possono dilavare i terreni coesivi che mantengono in equilibrio i singoli massi lungo le pareti verticali, o quelli attritivi che ostacolano il movimento lungo i piano orizzontali o suborizzontali.

Questi processi, di cui si riscontra la potenzialità in aree prossime ad alcune delle piazzole di installazione proposta, paiono essere poco probabili in tempi stretti, e comunque una loro eventuale manifestazione sembra non poter interessare le torri eoliche in progetto.

Rimane comunque da valutare la condizione puntuale della strutturazione locale, per ogni sito di installazione, da eseguire in fase di realizzazione dei lavori, così da poter definire eventuali misure di mitigazione o compensazione, qualora si rendessero necessarie e possibili, o una modesta delocalizzazione del sito di sedime specifico, fino a raggiungere condizioni di sicurezza certa, inequivocabile e duratura.



Nei pochi impluvi presenti entro l'altopiano, i fondovalle sono sempre molto ampi e spesso sono contraddistinti da un fondo piatto per colmata alluviocolluviale, hanno subito per lo più una blanda morfogenesi con la formazione di modesti rilievi collinari, poco elevati rispetto al livello di base, e sempre poco erosi con profili fortemente arrotondati, separati da ampie valli con versanti poco acclivi, che spesso sono riconducibili a forme preesistenti ricoperte e reiterate dalle lave.

Questo è il quadro che descrive l'assetto morfologico generale dell'area vasta su cui si sviluppa il progetto proposto.

Per quanto attiene le condizioni puntuali di ogni singolo sedime di ciascuna torre, tutte le zone presentano un assetto planare suborizzontale o una modesta articolazione per lo più dovuta a processi di limitata erosione superficiale delle rocce laviche in affioramento, con la genesi di avvallamenti concavi, poco accentuati e con pendenze mai superiori al cinque per cento, solo occasionalmente sede di limitati processi di accumulo alluviocolluviale, con sedimento che copre il fondovalle con depositi finegranulari a forte componente limoargillosa, di potenza sempre molto limitata, mai superiore a mezzo metro.

Tale condizione di fatto non si verifica mai in alcuna delle aree di imposta delle torri eoliche, ed in tutti i siti il sedime in superficie è rappresentato da affioramenti francamente litoidi e sostanzialmente con giacitura orizzontale, al più con un modesto accumulo terrigeno di scarso suolo edafico, generato dai normali processi di evoluzione, alterazione e deposizione in sito della roccia basaltica, che viene trasformata in una amalgama sabbioso limo argillosa a forte pietrosità.

Solo nei siti di installazione n° 4, n° 5 e n° 8, la superficie topografica è contraddistinta da una pendenza moderatamente superiore, comunque inferiore al 15%, e i terreni in affioramento presentano una maggiore potenza della coltre allentata, che comunque non supera il metro, per cui si esclude la necessità di ricorrere all'apertura di scavi rilevanti per raggiungere il basamento stabile.

A livello locale i margini dei banchi lavici litoidi si presentano profondamente rielaborati dalle frane di crollo che li hanno generati, e raramente sono perfettamente raccordati ai versanti, con frequente presenza di cigli o fronti verticali o subverticali potenziale fonte di fenomeni di distacco, crollo, ribaltamento e rotolamento di massi instabili.

Tuttavia si riscontra sempre una condizione di stabilità medio-alta anche nelle zone poste più in prossimità del margine periferico dell'altopiano, rispetto al quale le piazzole sono sempre distanti non meno di 30 metri, condizione che si verifica nel sito di installazione n° 11, che cresce a circa 40 metri nel sito n° 1, per superare i 100 metri in tutti gli altri siti.

Comunque anche queste fasce marginali presentano una condizione statica di sicurezza medio alta, non riscontrandosi alcuna dinamica realmente attiva che possa dare innesco ad eventuali manifestazioni



franose, mentre solo nella frangia estrema, per un ampiezza di circa cinque metri dal ciglio, si riconoscono evidenti segnali di condizioni di instabilità potenziale media e medio-alta.

Inoltre il carattere lapideo e l'elevata coesione di terreni presenti in affioramento diretto, ma anche a bassa e media profondità, escludono la possibilità che si generino fenomeni di frana di tipo rotazionale o di scivolamento così come, considerata la modestissima potenza dello strato corticale di terreno allentato colluviale presente nei compluvi o in alcuni versanti, comunque inferiore al metro, sempre in associazione a giaciture del piano di topografico delle singole piazzole, tutte al più modestamente inclinate, permette di escludere assolutamente l'ipotesi relativa alla genesi di colate di fango o di detrito.

INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista idrogeologico tutto il settore manifesta caratteristiche abbastanza omogenee, con una sostanziale impermeabilità della serie vulcanica, sia di quella inferiore ignimbratica, sia di quella basaltica superficiale, cui si contrappone sia un medio grado di permeabilità, tanto di tipo primario per porosità, quanto di tipo secondario per fratturazione e basso carsismo, delle rocce sedimentarie carbonatiche intermedie, sia una elevata permeabilità primaria dei terreni allentati di copertura, detritica ed alluvionale.

Questo determina per tutti i terreni sviluppati sulle formazioni vulcaniche tufacee, tufitiche ed ignimbratiche, ma anche basaltiche, soprattutto se alterate ed argillificate, un elevato coefficiente di deflusso superficiale ed un potenziale di accumulo idrico sotterraneo molto basso o nullo, con una sostanziale impermeabilità, che porta ad escludere assolutamente la possibilità che, a basse profondità dalla superficie topografica, si generino falde o forme di accumulo idrico sotterraneo di alcun tipo, anche solo di tipo effimero e temporaneo.

Anzi la permeabilità quasi del tutto assente delle vulcaniti basali fa sì che questa formazione formi una soglia di permeabilità netta, creando un limite all'infiltrazione efficace e, quindi, costituisca il letto di una eventuale forma di accumulo idrico sotterraneo che possa svilupparsi nell'ammasso litoide carbonatico soprastante.

Per contro i depositi calcarei e calcarenitici, sia per causa dell'elevata diaclasizzazione e fessurazione, sia per modesti processi di carsificazione, presentano coefficienti di permeabilità efficace medio alti, che non consentono elevati coefficienti di deflusso superficiale, mentre permettono alta infiltrazione delle acque meteoriche, formando un reservoir piuttosto importante, soprattutto a livello locale.



A dispetto di una bassa o bassissima permeabilità delle rocce basaltiche, la fessurazione abbastanza intensa consente fenomeni di infiltrazione efficace abbastanza importanti, per lo meno a livello locale, consentendo alle acque meteoriche di raggiungere la formazione calcarea sottostante, dove si accumulano secondo uno schema di reti interconnesse, fino a raggiungere anche forme di diffusione molto ampia, tipo falda in pressione, in grado di sviluppare condizioni artesiane con risalite anche importanti laddove l'assetto strutturale lo consente, generando un acquifero estremamente importante a livello locale.

Questo è contraddistinto da una zona di oscillazione superficiale, potente circa venti metri, ed una zona di saturazione più profonda, che è delimitata dal contatto con le vulcaniti sottostanti.

Tale linea di contatto è contraddistinta dalla presenza di alcune manifestazioni sorgentizie che tendono ad esaurire l'acquifero drenandolo, ma sorgenti si rinvengono anche a livelli superiori laddove l'ammasso calcareo calcarenitico è in grado di formare accumuli confinati.

La piezometrica di queste forme idriche sotterranee, comunque, solitamente è superiore ai 40 metri dal piano della superficie, per cui in linea di massima si può escludere alcuna interferenza, diretta o indiretta, tra questi acquiferi e le strutture in progetto, sia quelle subaeree che quelle sotterranee.

Deve però essere rilevato che proprio il fatto che tale acquifero sia confinato e sottoposto ad una pressione litostatica abbastanza importante dovuta alla copertura basaltica, come detto precedentemente, può generare forme di risalita anche molto elevate, fino a consentire ai flussi idrici risalenti di intersecare la superficie topografica, dando origine a forme di risorgenza anche molto importante per lo sfruttamento non tanto agricolo, quanto piuttosto in quello dell'allevamento.

Queste manifestazioni sono state da sempre, e lo sono anche oggi, sottoposte a sfruttamento produttivo attraverso la formazione di piccoli bacini e vasche di accumulo ed attingimento che garantiscono i fabbisogni idrici per allevamento delle diverse aziende zootecniche locali.

Anche questa forma di accumulo idrico, che permette affioramenti in superficie estremamente localizzati, non può assolutamente interferire con le opere in progetto, tutte ubicate a notevole distanza da tali manifestazioni.

In merito all'assetto idrografico, come già accennato, la scarsa articolazione del reticolo all'interno dell'altopiano basaltico in pratica si concretizza con una sostanziale assenza di corsi d'acqua organizzati che possano interferire con le opere in progetto.

L'estrema tenacia e il carattere litoide delle rocce basaltiche affioranti, associate ad una strutturazione e fessurazione media che permettono un grado di infiltrazione efficace e di permeabilità in grande abbastanza evidente, non consente, anche in condizioni meteorologiche particolarmente avverse, con precipitazioni molto intense e prolungate, forme apprezzabili di deflusso superficiale, per cui nell'ambito



di progetto sono praticamente del tutto assenti le manifestazioni fluviali palesi, con una sostanziale assenza di alcun reticolo idrografico organizzato, mentre sono presenti alcune aree pianeggianti o con morfologia moderatamente concava dovuta a processi morfodinamici piuttosto antichi oggi del tutto esauriti e fossili, dove fenomeni di dissoluzione in posto e di accumulo di tipo alluviocolluviale hanno generato modesti depositi a costituzione finegranulare che consentono l'occlusione più o meno completa dei meati drenanti, possono manifestarsi occasionali processi temporanei di idromorfia superficiale con la formazione di aree di impaludamento, dove al più possono verificarsi fenomeni di scorrimento laminare delle acque meteoriche dovute a piogge più intense e di durata apprezzabile.

Solo in alcuni ristretti si riscontra una minima tendenza all'organizzazione dei canali di deflusso occasionale, ma si tratta di una rete idrografica minore, effimera e tendenzialmente di tipo areico.

Alcune delle installazioni proposte sono localizzate in prossimità di questi aree di impluvio ma, secondo le indicazioni progettuali, sono localizzate a distanza dai diversi fondovalle sempre superiore ad una decina di metri, nella condizione di maggiore prossimità.

Solo nel caso del generatore n°10, posto nel settore meridionale estremo su un crinale pianeggiante che costituisce un displuvio molto importante, si è in presenza di una valle abbastanza profonda e con un profilo che, da concavo nella testata, raggiunge rapidamente una sezione a V anche abbastanza profonda, nella valle Sas Funtaneddas, al cui fondo scorre il rio Frida, l'unico vero e proprio corso d'acqua che interseca l'area di progetto, sebbene solo marginalmente.

Anche in questo caso si esclude qualsiasi possibilità di interferenza diretta o indiretta tra il generatore più vicino ed il corpo idrico, vista la differenza di quota sempre superiore ad oltre quaranta metri ed un dislivello di circa 40 metri.

INQUADRAMENTO TETTONICO E STRUTTURALE

Come accennato precedentemente l'area in esame è posta a margine sul lato orientale della fossa sarda, una struttura a graben che si sviluppa in senso meridiano interessando tutta la Sardegna dal Campidano alla Nurra, e rispetto alla quale si colloca nel settore settentrionale.

Il rift si è generato per sprofondamento della zona assiale alla fine della rotazione della zolla sarda, nelle fasi terminali della tettonica alpina, per il rilascio delle tensioni generate proprio dalle forze traslative.

Le fasi compressive sincinematiche hanno generato strutture che oggi, per lo meno nella zona in esame, non è possibile riconoscere, mentre sono molto più evidenti le tracce della dinamica successiva, che ha interessato i terreni di copertura miocenici e pliocenici, che conservano tracce evidenti.



Questa fase dinamica disgiuntiva, sviluppatasi tra la fine del miocene e il pliocene medio, ha generato una profonda strutturazione soprattutto delle litologie più fragili, quali appunto sono le rocce carbonatiche e quelle vulcaniche magmatiche, sia intrusive che effusive.

In entrambe questi corpi rocciosi, ma soprattutto in quelli sedimentari, si associano le discontinuità tettoniche con quelle stratigrafiche, generando quadri strutturali spesso particolarmente complessi e caotici, la cui ricostruzione non è sempre agevole.

Questa complicazione si ripresenta anche nell'ammasso lapideo superficiale basaltico, che oltre alle discontinuità strutturali è interessato anche da quelle genetiche, sia a giacitura orizzontale o suborizzontale legate ai processi fluidali di messa in posto, sia a geometria verticale, generate tanto dai fenomeni di raffreddamento rapido dei magmi, che dalla blanda tettonica successiva alla loro genesi.

Nel settore in esame sono evidenti due direttrici fondamentali, una orientata grossomodo E-O ed una che assume direzione prevalente da N-S a NNE-SSO, che intersecandosi permettono lo sviluppo di sistemi minori contraddistinti da una elevata dispersione delle direzioni di orientamento.

Abbastanza importante è la presenza di una o più strutture localizzate al margine settentrionale dell'altopiano ed orientate prevalentemente nel senso dei paralleli, che interessano sicuramente sia la placca calcarea e calcarenitica che le rocce vulcaniche superiori.

Oltre a queste sono presenti anche alcune direttrici secondarie, che marciano l'altopiano spesso con la formazione di impluvi anche poco accennati, ma assumono importanza piuttosto relativa visto che si tratta di strutture ormai fossili ed assolutamente inattive.

Una struttura più rilevante è quella evidente nel settore meridionale, lungo la quale si estende la valle di Sas Funtaneddas, che ha consentito lo sviluppo di fenomeni erosivi fluviali più importanti, tanto da dare origine alla formazione di una finestra che mette a nudo in un ambito ristretto anche le litologie vulcaniche meno recenti.

Anche questa struttura, visto l'attuale regime statico che contraddistingue tutta la Sardegna, è da considerarsi come fossile e del tutto stabile, assolutamente priva di pericolosità, reale o potenziale.

Moderato maggiore interesse assume invece l'assetto fessurativo che si manifesta ai margini periferici del tavolato basaltico, dove le discontinuità strutturali si associano a quelle genetiche e stratigrafiche, spesso più frequenti, più intense e più marcate, determinando un quadro geomeccanico che porta a definire l'ammasso roccioso, in queste aree ristrette, come mediocre o scadente, predisponendolo, per lo meno in via teorica, ad una possibile condizione di precarietà statica.

Questa peraltro appare possibile solo in condizioni topografiche e morfologiche estreme, cioè in concomitanza con pareti e fronti liberi ad assetto verticale e subverticale di altezza superiore al metro,



dove potrebbero svilupparsi processi di distacco, ribaltamento, crollo e rotolamento di singoli massi isolati dai fronti che delimitano i margini esterni della bancata lavica.

Oggi le aree in cui è possibile lo sviluppo attuale di questo processo sono quasi del tutto assenti, visto che la dinamica di versante remota, riconducibile già al quaternario medio ed all'olocene antico, ha generato una serie di accumuli detritici sotto forma di conoidi e soprattutto di falde continue, che hanno regolarizzato una parte dei versanti periferici dell'altopiano, conferendo loro una giacitura inclinata, con pendenza talora elevate, ma comunque tendenzialmente stabili.

Tale condizione deriva anche dall'elevato grado di stabilizzazione subito nel tempo dalla coltre detritica, sia per via di fenomeni più o meno intensi di cementazione calcitica secondaria dei detriti di natura calcarea provenienti dalla bancata sottostante le lave, che trasforma il detrito incoerente in una breccia debolmente saldata ma comunque tendenzialmente coerente, quindi a comportamento sublitoide, sia per l'azione di contenimento e di legame garantita dall'apparato radicale di una copertura vegetale a sviluppo arboreo abbastanza diffusa ed intensa che, di fatto, determina un forte potere stabilizzante nei confronti dello strato corticale, oltre ad una netta riduzione dell'azione morfodinamica instabilizzante dovuta all'azione diretta delle acque meteoriche ed a quelle di corrivazione superficiale.

Permangono comunque condizioni di precarietà, sia potenziale che reale, nelle aree immediatamente a ridosso del ciglio estremo dell'altopiano, dove sono ancora presenti numerose superfici verticali o a forte inclinazione in cui, stante la strutturazione molto intensa e la presenza localizzata di processi alterativi della roccia di base, associate alla giacitura non sempre favorevole di alcune famiglie delle discontinuità, consentono ancora oggi, soprattutto in occasione di manifestazioni meteoriche più importanti, lo sviluppo di fenomeni di distacco, crollo, ribaltamento e rotolamento di corpi litici di dimensioni medie ma anche rilevanti dal punto di vista dell'energia cinetica che possono sviluppare.

Deve essere precisato, però, che il grado di pericolosità reale viene effettivamente moderato dalla presenza, al piede delle scarpate, di una buona copertura vegetale arborea, densa e con elementi ad alto fusto ben sviluppati, capaci di ostacolare ed arrestare il moto verso valle dei corpi litici in frana.

Altra caratteristica che limita il livello di pericolosità specifica cui ci si riferisce, è dato dalla presenza, sempre al piede delle scarpate, di notevoli corpi di accumulo detritico che, grazie alla loro composizione granulare allentata, sono in grado di assorbire una notevole quantità dell'energia cinetica dei massi in caduta libera che, spesso, vengono arrestati già al primo impatto con la superficie di atterraggio, mentre solo in pochi casi sono in grado di proseguire il moto verso valle, ma con velocità molto ridotta, per cui raramente possono essere interessati da rotolamento prolungato.



INQUADRAMENTO SISMICO

Al fine di determinare l'entità delle azioni sismiche sui terreni e sulle strutture in progetto, così da poterne individuare gli effetti nelle condizioni dello stato limite, è di fondamentale importanza definire la cosiddetta "pericolosità sismica di base" del sito di sedime.

Il rischio sismico può essere definito dalla sovrapposizione della pericolosità sismica caratteristica, cioè dalla descrizione delle strutture sismogenetiche e dalla loro capacità di reazione all'eccitazione sismica, con la vulnerabilità sismica, cioè la capacità delle strutture di resistere alle sollecitazioni sismiche, e il livello di esposizione, cioè la presenza nell'area in esame di manufatti a rischio.

La classificazione sismica e le mappe su cui la stessa si basa, forniscono un livello di riferimento delle forze sismiche rispetto al quale i manufatti devono essere dimensionati nelle diverse componenti al fine di reagire correttamente senza collassare a causa delle sollecitazioni generate da un sisma.

Tali criteri sono riportati nell'allegato al recente D.M. 17 gennaio 2018 "NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI", secondo cui la classificazione sismica si deve basare sulla localizzazione degli interventi riferendosi alla loro posizione riferita ai vertici sismici del reticolo nazionale.

La sismicità della Regione Sardegna è molto bassa in assoluto, infatti sia i dati storici, sia i rilevamenti strumentali, non evidenziano alcun seppur minimo livello critico nella pericolosità sismica di base, pertanto, sull'intera isola si assume, per lo stesso periodo di ritorno dell'evento, un unico valore di accelerazione orizzontale massima al bedrock (a_g), come nella tabella seguente, in cui viene indicata la pericolosità sismica sui suoli rigidi tramite i parametri di a_g , F_o , T_c^* :

Isola	$T_R = 30$			$T_R = 50$			$T_R = 72$		
	a_g	F_o	T_c^*	a_g	F_o	T_c^*	a_g	F_o	T_c^*
Sardegna	0,186	2,61	0,273	0,235	2,67	0,269	0,274	2,7	0,303
Isola	$T_R = 101$			$T_R = 140$			$T_R = 201$		
	a_g	F_o	T_c^*	a_g	F_o	T_c^*	a_g	F_o	T_c^*
Sardegna	0,314	2,73	0,307	0,351	2,78	0,313	0,393	2,82	0,322
Isola	$T_R = 475$			$T_R = 975$			$T_R = 2475$		
	a_g	F_o	T_c^*	a_g	F_o	T_c^*	a_g	F_o	T_c^*
Sardegna	0,5	2,88	0,34	0,603	2,98	0,372	0,747	3,09	0,401

dove,

a_g = accelerazione massima orizzontale del sito;

F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.



L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006, "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formulazione degli elenchi delle medesime zone" all'allegato 1.A definisce quattro zone sismiche con accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di tipo A, di ancoraggio dello spettro di risposta elastico sull'intero territorio nazionale, rispetto alle quali l'area studiata ricade nella zona 4.

L'appartenenza ad una delle quattro zone viene stabilita rispetto alla distribuzione sul territorio dei valori di a_g 475 con una tolleranza 0,025g e a ciascuna zona o sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (a_g), che deve essere considerato in sede di progettazione.

Z O N A	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a_g/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a_g/g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15 – 0,25	0,25
3	0,05 – 0,15	0,15
4	< 0,05	0,05

Tutto il territorio regionale, quindi anche la zona in esame, è caratterizzata da un'accelerazione orizzontale, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, inferiore a 0,05 (a_g/g), cioè un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a 0,05 (a_g/g), riferita a suoli molto rigidi per cui ricade in Zona 4, contraddistinto da «pericolosità sismica BASSA» a cui corrisponde la normativa antisismica meno severa.

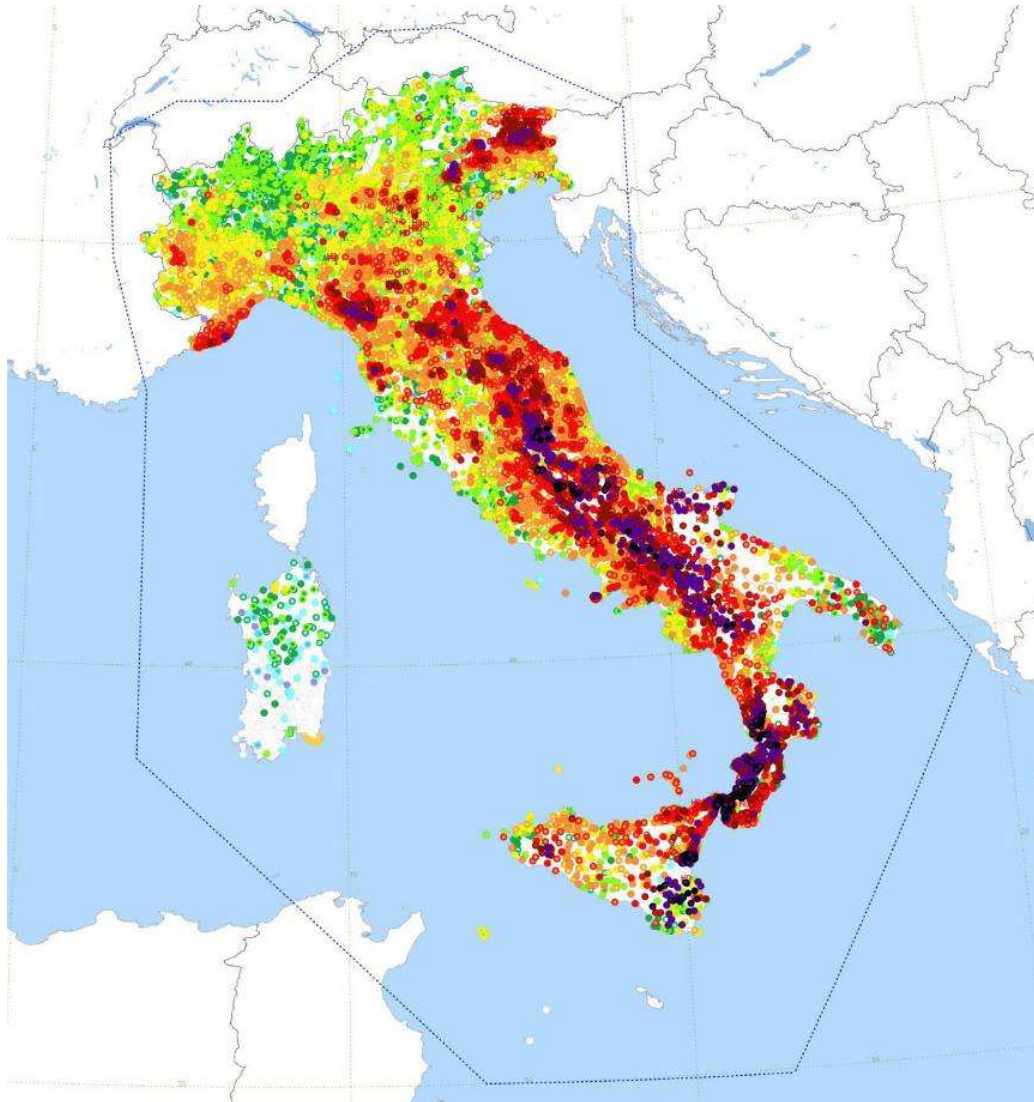
Per definire una corretta classificazione sismica di una determinata area, è indispensabile una approfondita e dettagliata valutazione della storia sismica, stimata con l'analisi di dati sia storici che strumentali, censiti e riportati nei cataloghi ufficiali.

La sismicità storica dell'area in progetto è stata analizzata consultando i seguenti database ufficiali:

- Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 (CPTI15), redatto dal Gruppo di lavoro CPTI 2015 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Questo catalogo riporta dati parametrici omogenei, sia macrosismici che strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima (I_{max}) ≥ 5 o con magnitudo (M_w) ≥ 4.0 d'interesse relativi al territorio italiano;
- Data Base Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15), realizzato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Questo catalogo riporta un set omogeneo di dati di intensità



macrosismiche provenienti da diverse fonti e relativo ai terremoti con intensità massima ($I_{max} \geq 5$) avvenuti nel territorio nazionale e in alcuni paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia).

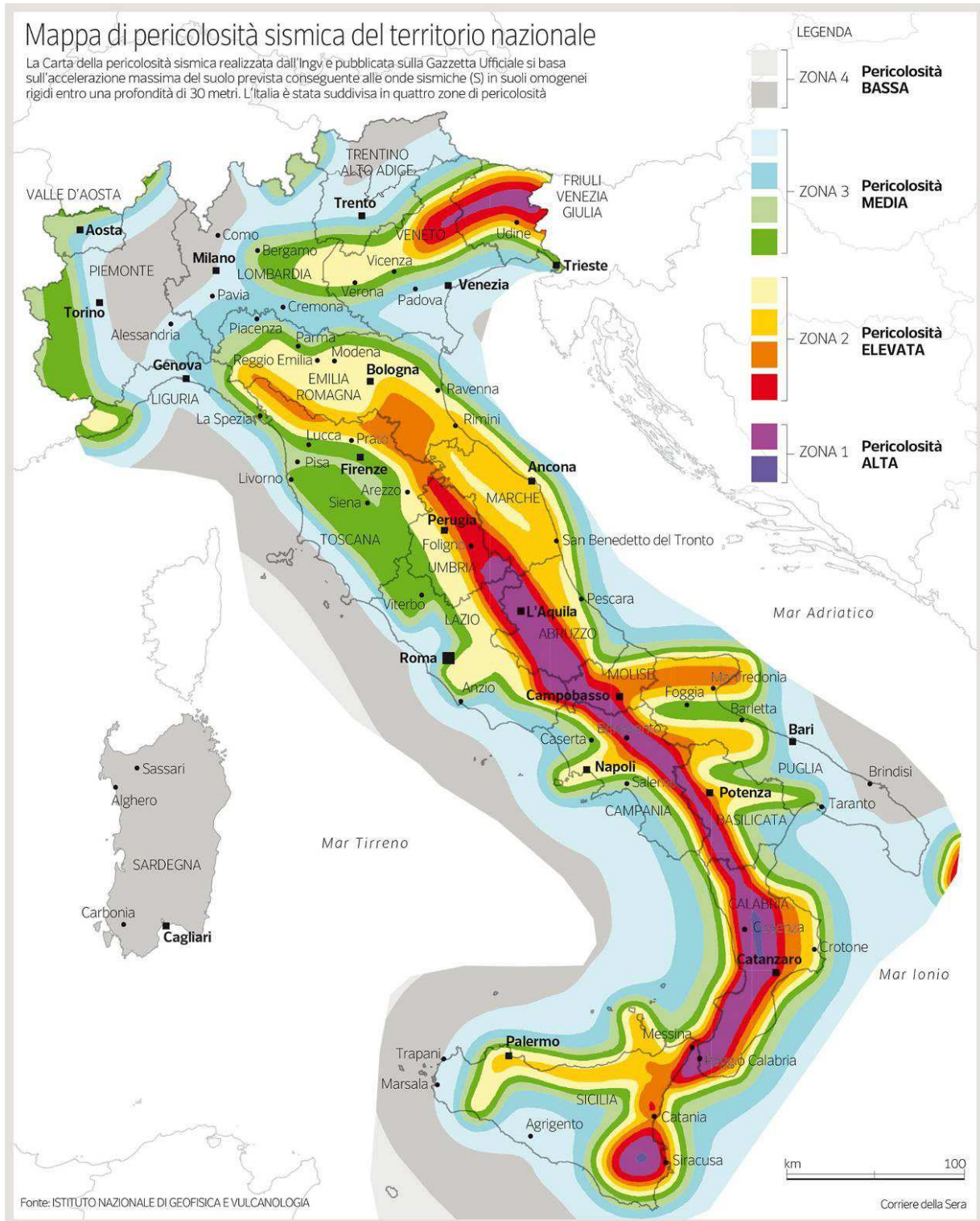


Localizzazione degli epicentri dei terremoti storici italiani riportati nel DBMI15 v.3.0 (fonte: INGV).

Il periodo cronologico cui si riferiscono sia il catalogo CPTI15 che il database DBMI15 va dall'anno 1000 d.C. circa a tutto il 2014 d.C., fornendo per ciascun sisma una stima il più possibile corretta di localizzazione dell'epicentro secondo la sua Latitudine e Longitudine, ma anche dell'intensità massima all'epicentro, della magnitudo momento e della magnitudo calcolata dalle onde superficiali. Il CPTI15 ha valutato solo i terremoti avvenuti in Italia e quelli che, pur localizzati in aree limitrofe, potrebbero essere stati risentiti con intensità significativa all'interno dei confini dello stato.

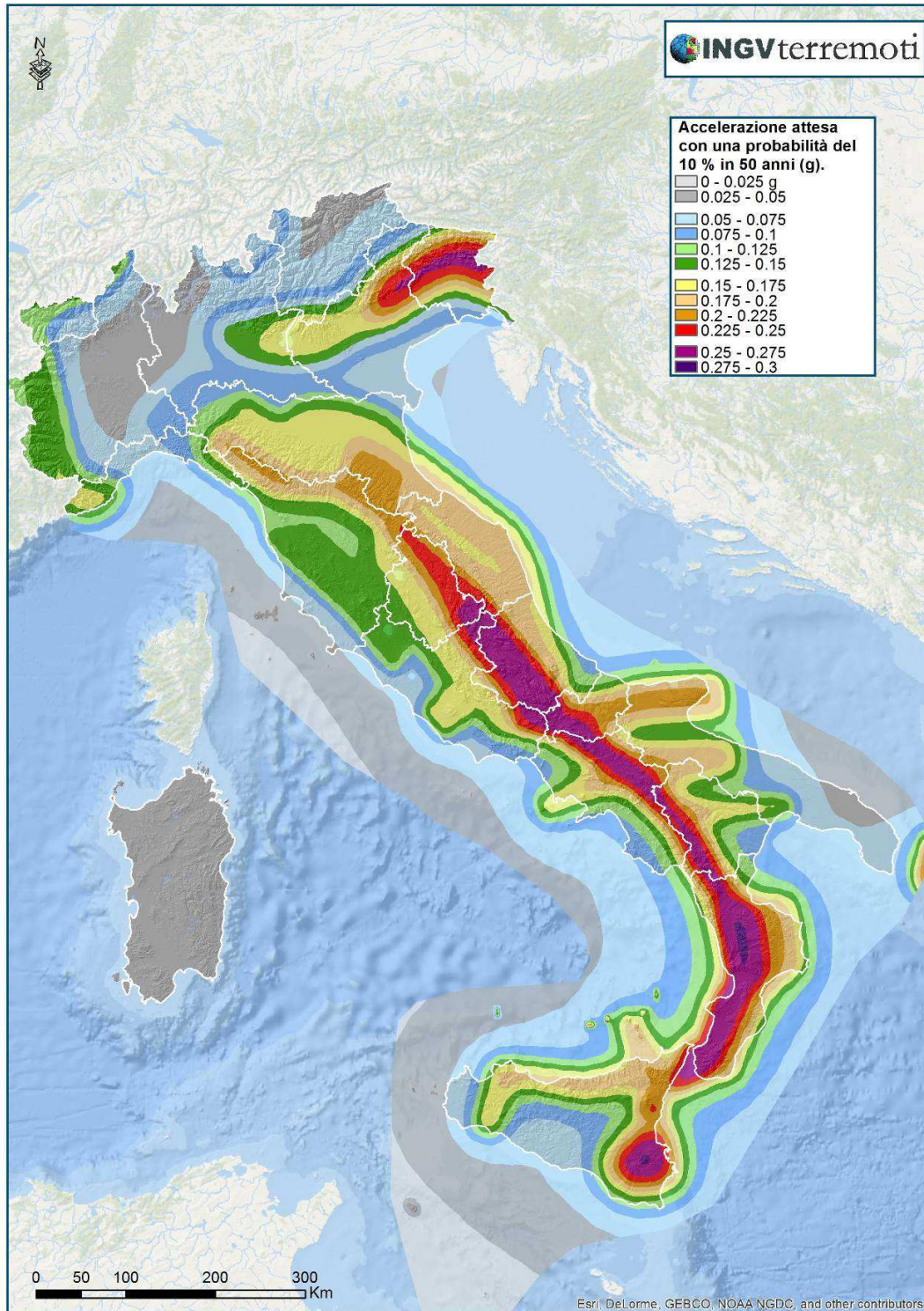


L'area interessata dal progetto ha una sismicità storica molto bassa e nel catalogo CPT15 vi sono solo due eventi di magnitudo $\geq 5M_w$ (1924 e 1948), con intensità di 6MCS riscontrate nell'evento del 1948 in alcune località della Sardegna Nord-Occidentale.



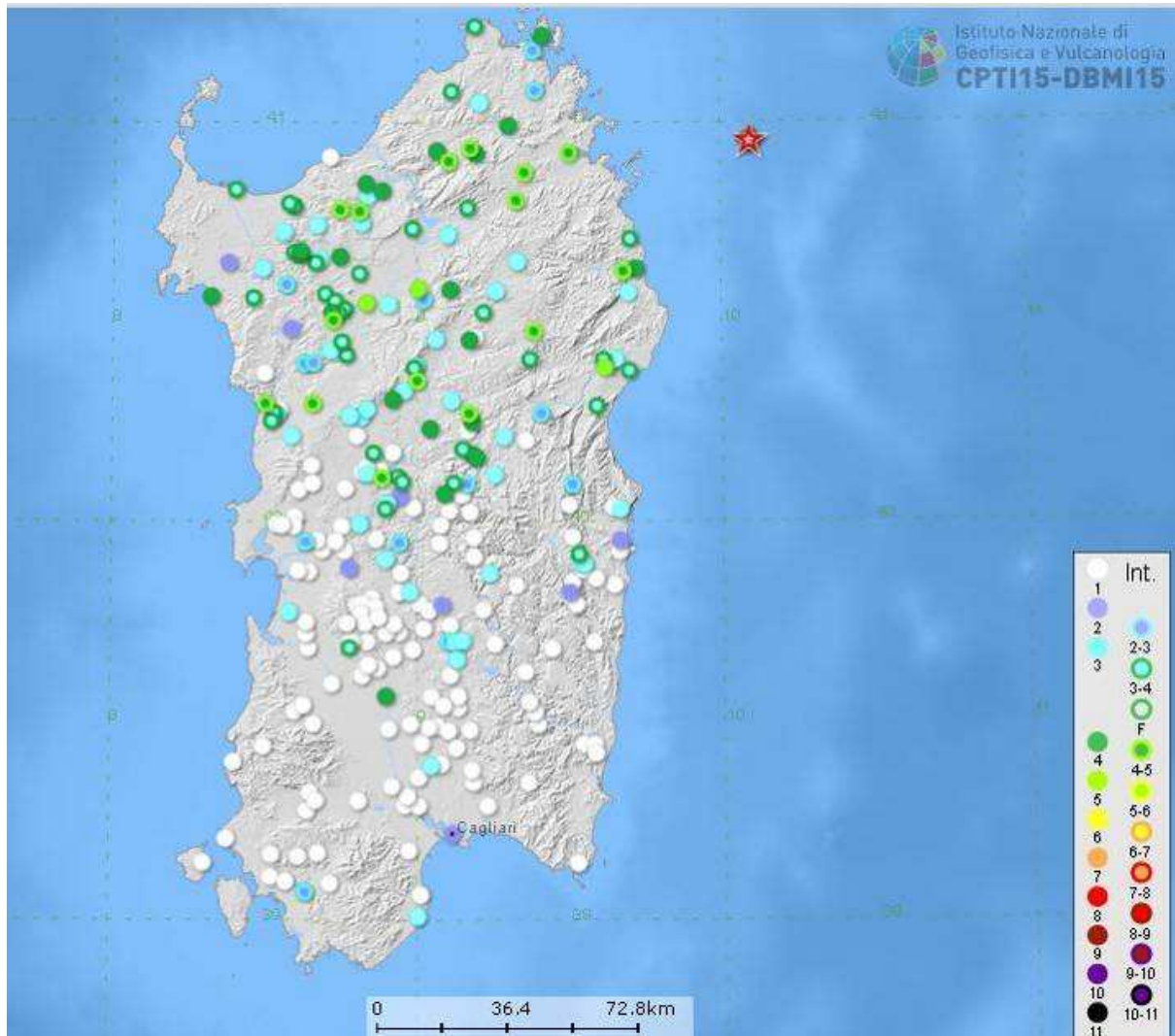


Tutti i terremoti più recenti, riscontrati tra il 2000, 2004 e 2006, localizzati in mare hanno avuto magnitudo $M_w < 5$, sono stati appena percepiti sulla terraferma.





Nessun sisma è stato censito all'interno del sito di progetto e quelli più prossimi registrati nell'intorno immediato distano da 1 a 9 chilometri, registrati a Thiesi, Bessude, Banari, Bonnannaro, Borutta, Cheremule e Mores, con intensità sempre molto basse, tra 1 e 2.



In Figura è mostrata la distribuzione degli eventi sismici presenti nell'intero DBMI15, in particolare si nota come nell'area di interesse sono presenti un esiguo numero di eventi sismici nell'intervallo di definizione del catalogo

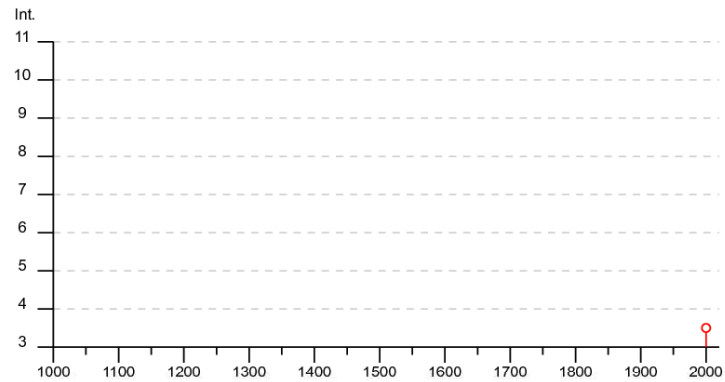
La distribuzione dei terremoti storici nell'area di interesse del progetto, estratti dal catalogo CPTI15 e dal database DBMI15, dimostra che la zona in studio è caratterizzata da un livello di sismicità molto basso, sia dal punto di vista della frequenza di eventi, che dei valori di magnitudo.



CPTI15-DBMI15 v4 - Bessude

Bessude

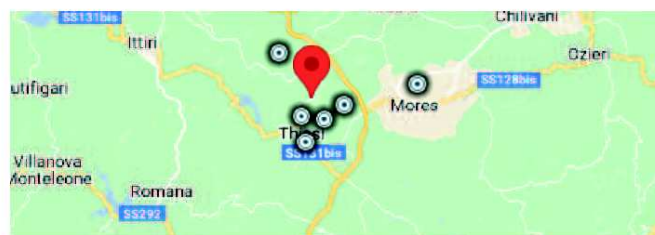
PlaceID IT_68152
 Coordinate (lat, lon) 40.553, 8.730
 Comune (ISTAT 2015) Bessude
 Provincia Sassari
 Regione Sardegna
 Numero di eventi riportati 1



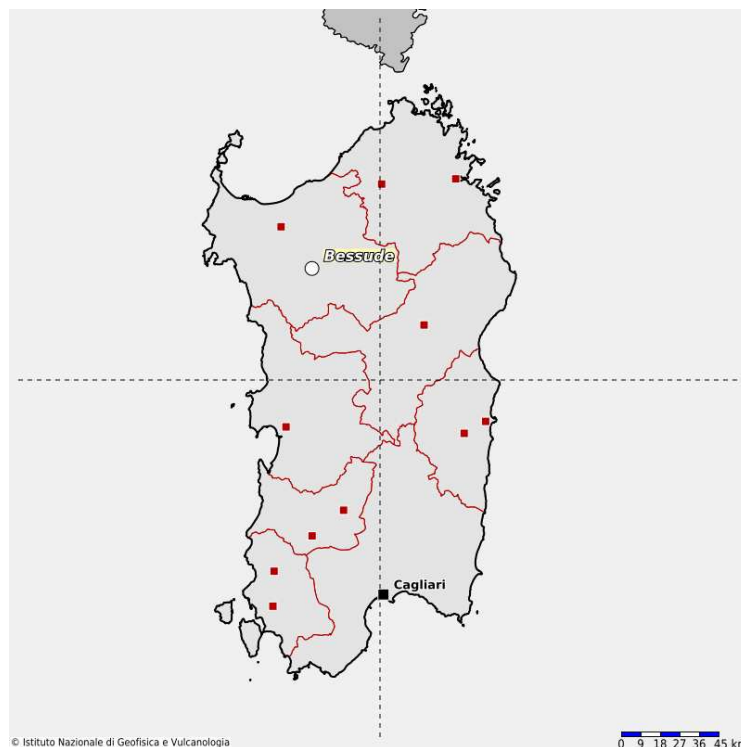
Effetti										In occasione del terremoto del		
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw		
3-4	2000	04	26	13	37	4	Tirreno centrale	265		4.77		

Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Thiesi	1	3
Banari	1	3
Bonnannaro	1	4
Borutta	1	4
Cheremule	2	5
Mores	1	9



Elenco degli eventi sismici riportati nel catalogo CPTI15 relativi alla zona in esame.



Mapa interattiva pericolosità sismica (INGV).

Il database DBMI15 raccoglie gli eventi sismici considerando i dati di intensità macrosismica e consente di elaborare la sismicità storica di ogni singola zona, permettendo di elaborare un elenco degli effetti di avvertimento o di danno, in termini di diverso grado di intensità, censiti in un dato periodo di osservazione a causa di eventi sismici.

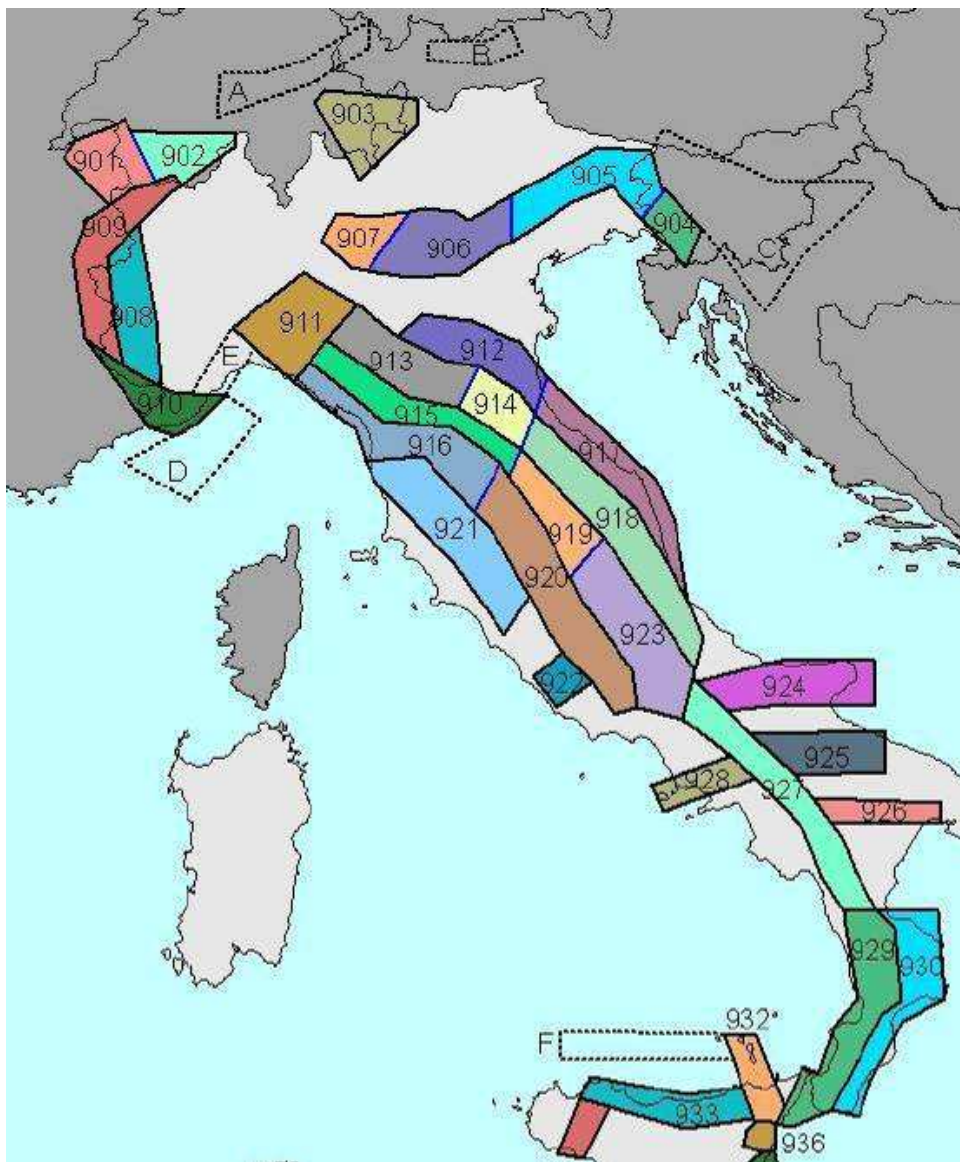
La caratterizzazione sismogenetica dell'area in studio è stata elaborata sulla base della recente Zonazione Sismogenetica elaborata dall' INGV e nota come denominata ZS9.

Tale suddivisione in zone omogenee è considerata, nella recente letteratura scientifica, quella più completa e aggiornata a livello nazionale.

Dall'analisi dei risultati riportati nella ZS9 si può evidenziare che il settore studiato non è caratterizzato da area area sorgente di particolare rilievo.

Analogo risultato è stato ottenuto da studi più recenti per la valutazione della pericolosità sismica nazionale evidenziando la difficoltà di definire per la Sardegna una mappa delle sorgenti sismogenetiche, vista la bassa sismicità che contraddistingue tutta la regione.

La "pericolosità sismica di base", così come identificata dalle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17-01-2018, introduce il concetto di pericolosità sismica di base in condizioni ideali di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, e costituisce elemento fondamentale per la scelta dei coefficienti delle azioni sismiche da applicare nella progettazione delle diverse opere



Mappa della Zonizzazione Sismogenetica ZS9 dell'Italia (INGV 2004).

Oggi la pericolosità sismica è definita su un reticolo di riferimento in base a diversi intervalli di riferimento, detti periodo di ritorno, che suddivide il territorio italiano in maglie di circa 10 Km per 10 Km, per un totale di 10751 nodi, definiti in termini di coordinate geografiche.

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno (TR) considerati dalla pericolosità sismica, sono forniti tre parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto:

- a_g = accelerazione massima orizzontale del sito;
- F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- TC^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.



La pericolosità sismica di un sito, quindi, dipende dalla posizione dell'opera in progetto rispetto ai nodi del reticolo di riferimento.

Le accelerazioni orizzontali massime attese al bedrock (a_g) non sono più valutate in maniera generica in base al fatto che il sito in cui erigere l'opera ricada all'interno di una zona sismica con specifica classe, ma vanno calcolate in funzione dell'effettiva posizione geografica del sito ove sarà realizzata l'opera.

Per ciascun nodo del reticolo e per ciascuno dei periodi di ritorno (TR) considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50-esimo percentile.

Per un qualunque punto del territorio che non dovesse ricadere nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri di progetto (a_g , F_0 , T_c^) possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.*

La "pericolosità sismica di base" del sito definisce la probabilità che, entro un certo lasso di tempo predeterminato detto "Periodo di riferimento" VR espresso in anni, in tale area si verifichi un evento sismico di entità pari o superiore ad un valore prefissato.

Questa è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" PVR.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito rigido, con superficie topografica orizzontale e deve essere definita sia in termini geografici che in termini temporali:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC (nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale sopra definite).*
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km).*
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR.*

Ai fini delle N.T.C. gli stati limite (SL) per i quali l'opera viene progettata sono definiti, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai parametri su sito di riferimento rigido orizzontale: a_g , F_0 e T_c^ .*

Nelle NTC la stima della pericolosità sismica è basata su una griglia di 10751 punti ove viene fornita la terna di valori a_g , F_0 e T_c^ per nove distinti periodi.*



Per la determinazione di tali parametri occorre partire dai seguenti dati di base:

- *Categoria di sottosuolo: da definirsi in base alla quota del piano di fondazione delle opere in progetto,*
- *Classe d'Uso della costruzione: deve essere definita dai progettisti in base alla tipologia dei manufatti;*
- *Categoria Topografica: in base alla tipologia ed ubicazione di superficie topografica di sedime;*
- *Vita nominale (VN): in base al tipo di costruzione.*

Per la definizione dell'azione sismica di progetto è necessario valutare anche l'effetto della risposta sismica locale che, in assenza di specifiche analisi, può essere ricavata mediante un approccio semplificato basato sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

Questa prima era eseguita sulla base dei valori della V_{S30} cioè la velocità di propagazione nel terreno delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità ma, dal 22 marzo 2018 le NTC 2018 hanno introdotto la VS equivalente (V_{SEQ}) definita dalla seguente formula:

$$V_{S,EQ} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h}{V_{S,i}}}$$

Con:

- h_i = spessore dello strato i -esimo;
- $V_{S,i}$ = velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;
- N = numero di strati;
- H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/sec (bedrock sismico).

Per depositi con profondità del substrato rigido superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,EQ}$ è definita dal parametro V_{S30} ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

I valori di V_S sono ricavati mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 17 gennaio 2018, prevedono la distinzione delle categorie di sottosuolo secondo la seguente tabella:



CATEGORIA	DESCRIZIONE
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

NTC 2018 Tabella 3.2.II - Categorie di sottosuolo.

La normativa vigente evidenzia, per il calcolo delle azioni sismiche di progetto e la valutazione dell'amplificazione del moto sismico, come i profili stratigrafici del sottosuolo, in base le loro spessore e di rigidezza sismica (prodotto della densità per la velocità delle onde sismiche trasversali), possono amplificare il moto sismico in superficie rispetto a quello indotto alla loro base.

L'amplificazione delle azioni sismiche orizzontali di progetto dipende quindi dalla natura, dallo spessore e soprattutto dalla velocità di propagazione delle onde di taglio VSH nelle coperture.

I valori dei parametri che definiscono la forma dello spettro di risposta al sito dovrebbero derivare da specifiche indagini di risposta sismica locale ma, in mancanza di queste, nelle Norme Tecniche per le Costruzioni si definiscono cinque categorie di suolo di fondazione a diversa rigidezza sismica (A, B, C, D, E), caratterizzate da velocità VS30 (definito come il valore medio della velocità di propagazione delle onde sismiche trasversali o di taglio nei primi 30 metri sotto la base della fondazione) decrescenti e quindi da effetti amplificativi crescenti.

La possibilità, grazie a numerose pareti esposte verticali o subverticali, di operare una perfetta ricostruzione della sequenza litostratigrafica che caratterizza il sito di progetto, riconducibile ad una bancata lavica basaltica lapidea con stratificazione orizzontale o suborizzontale paraconcordante con i sottostanti strati calcarei.

La potenza della bancata effusiva è, certamente superiore a 30 metri, anche laddove il suo spessore assume i valori minimi, e lo spessore della copertura scoriacea eventualmente presente a livello corticale ha uno spessore che certamente non supera i tre metri, per cui in teoria dovrebbe rientrare nella categoria A) però, tenendo conto della strutturazione tettonica, strutturale e stratigrafica, ed



anche della possibile presenza di modesti strati scoriacei interposti in profondità tra una colata e la successiva, dal punto di vista sismico la categoria di riferimento più attinente è la B).

Se per i prodotti lavici lapidei compatti la velocità delle onde sismiche è certamente di molto superiore ad 800 m/s, questa decade drasticamente per le vulcaniti scoriacee, con valori compresi tra 180 e 360 m/s, mentre per le lave fessurate e per quelle vacuolarizzate è compresa tra 360 ed 800 m/s, per cui è in un valore compreso in quest'ultimo intervallo che deve essere individuata la $V_{s,EQ}$ dei diversi siti di installazione.

Anche per i depositi carbonatici la velocità sismica è certamente compresa tra 800 e 360 m/sec, per cui possono essere ricondotti alla categoria di suolo B, per l'adozione della categoria B appare congrua anche qualora la potenza della formazione vulcanica superiore fosse inferiore a trenta metri. L'amplificazione delle azioni sismiche risente, oltre che dell'assetto litostratigrafico, anche di quello topografico, e per conto di tali si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nelle seguenti tabelle in funzione delle categorie morfologiche e dell'ubicazione dell'intervento.

Per quanto riguarda l'amplificazione topografica, secondo la più recente revisione delle Norme Tecniche in vigore, per configurazioni superficiali semplici si può adottare la classificazione seguente.

CATEGORIA	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tali categorie si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se i rilievi possiedono dislivelli maggiori di 30 m.

CATEGORIA TOPOGRAFICA	UBICAZIONE DELL'OPERA E DELL'INTERVENTO	S_T
T1		1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4



Per tener conto delle condizioni topografiche si utilizzano i valori del coefficiente topografico ST riportati nella tabella soprastante, in funzione delle categorie topografiche definite nella tabella precedente e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Per il caso in esame tutte le installazioni sono previste in aree pianeggianti o con una inclinazione del piano di campagna sempre notevolmente inferiore a 15°, per cui la categoria topografica di riferimento è la T1, cui corrisponde un coefficiente di amplificazione $ST = 1,0$ ma, tenendo conto della posizione di alcune installazioni, individuate a breve distanza da versanti acclivi, come i siti n° 1 e n°11, in questo caso il coefficiente amplificativo più corretto sarebbe $ST = 1,2$.



CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Nella presente relazione, parte integrante del progetto di un campo eolico costituito da undici aerogeneratori su torre, proposto dalla società IVPC Power 8 e da realizzare nei terreni di Bessude, Bonnannaro e Borutta, nella località "Monte Pelao", sono illustrate le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e strutturali dell'area vasta in cui l'intervento deve essere attuato.

Il sedime è stato individuato sull'altopiano di genesi vulcanica posto immediatamente ad est dell'abitato di Bessude, a ovest del centro urbano di Bonnannaro, a nord del paese di Borutta, a nordest di quello di Thiesi e a sudest di quello di Siligo, in provincia di Sassari.

Si tratta di una superficie tendenzialmente pianeggiante che rappresenta l'estradosso di una sequenza vulcanica effusiva Plio-Pleistocenica a composizione basaltica con tendenza da alcalina a tholeitica, che oltre alle facies francamente lavica lapidea e compatta, presenta è rappresentata anche da prodotti vulcanoclastici a costituzione scoriacea e carattere terrigeno, più o meno compatto e coerente, originariamente ad elevatissima coesione per processi di saldatura termica singenetica.

E' contraddistinta da un basso livello di articolazione morfologica, per lo più legata a dinamiche relativamente antiche e riconducibili già al termine del cenozoico, ripresa e rielaborata nel quaternario antico, mentre nelle condizioni odierne la morfogenesi può essere considerata come fossile.

Dall'altopiano si elevano anche rari rilievi collinari, poco elevati e fortemente arrotondati quali il monte Pelau e il monte Pizzinnu, che di fatto costituiscono due apparati vulcanici di tipo centralizzato nei quali i magni hanno raggiunto la superficie non attraverso strutture planari e lineari, come accade quasi sempre nel vulcanesimo Plio-Pleistocenico, bensì tramite veri camini.

Modesto maggiore dinamismo ed articolazione contraddistingue le fasce periferiche dell'altopiano, orlato da superfici da mediamente a molto acclivi per quasi tutto il suo perimetro, dove le dinamiche fluviali hanno agito formando superfici subverticali in seguito addolcite da processi di versante che hanno generato quasi sempre versanti di raccordo al fondovalle a pendenza da media a medio alta ma sostanzialmente stabili.

In tutti i siti di installazione, come nei loro dintorni vasti per un raggio sempre superiore a trenta metri, infatti, sono del tutto assenti processi instabili attivi o quiescenti, né è possibile che se ne possano generare a seguito dell'attuazione dell'intervento proposto.

I terreni in affioramento nei diversi siti sono sempre rappresentati da litologie vulcaniche basaltiche, prevalentemente in facies litoide franca, solo in pochi casi da prodotti scoriacei vulcanoclastici, ma il cui spessore è sempre inferiore a due metri e mezzo, per cui il basamento lapideo stabile subsuperficiale è sempre facilmente raggiungibile senza necessità di ricorrere a scavi particolarmente approfonditi.



Nonostante la fessurazione e diaclasizzazione superficiale relativamente intense dello strato superiore della bancata lavica litoide, la caratterizzazione tecnica dei terreni di imposta si conserva molto elevata.

In definitiva il modello geologico che si può definire rappresentativo dell'area di progetto può essere descritto da uno schema a due strati entrambi riconducibili a litologie della copertura terziaria e quaternaria, una plioquaternaria, quella rappresentata dalle vulcaniti basaltiche, ed una miocenica, quella sedimentaria calcarea e calcarenitica, mentre è del tutto assente il basamento stabile, granitoidale o metamorfico, per lo meno per profondità che possano influenzare gli interventi in progetto.

L'assetto idrogeologico vede i basalti dotati di permeabilità molto bassa, per cui si verifica un drenaggio superficiale relativamente basso ed una modesta infiltrazione efficace, ma il carattere lapideo prevalente dei terreni in affioramento che limita lo sviluppo e l'articolazione del reticolo idrografico, quasi sempre assente o di tipo areico, manifesto con maggiore evidenza solo nelle aree periferiche dove le strutture tettoniche antiche hanno favorito la formazione di vallecole e valli anche pronunciate.

Nei siti di specifico interesse del progetto l'articolazione idrografica è del tutto assente e si manifesta solo a distanze di oltre trenta metri, pur con forme poco accentuate, mentre l'assetto idrogeologico porta ad escludere assolutamente qualsiasi forma di interferenza con le acque sotterranee, per cui anche dal punto di vista idrogeologico ed idraulico la fattibilità e la sicurezza dell'intervento in progetto possono essere definite come assolute.

L'inclusione dell'area vasta entro la zona 4 in base alla classificazione nazionale, decreta la bassa sismicità del sito e esclude la possibilità che ipotetici elementi di pericolosità sismica possano inficiare la fattibilità o compromettere la sicurezza dell'opera in progetto.

In definitiva, quindi, l'intervento proposto con il progetto cui ci si riferisce dimostra assoluta fattibilità dal punto di vista geologico, geomorfologico ed idrogeologico, permettendo di escludere categoricamente l'insorgenza, o anche solo la predisposizione, di alcuna interferenza negativa tra i terreni di sedime e le strutture da porre in essere, per cui la loro installazione non determinerà alcun incremento della pericolosità per frana o idraulica di alcuna delle undici aree di installazione, né comporterà la necessità di adottare misure di mitigazione o di compensazione del rischio.

Nuoro, Dicembre 2022

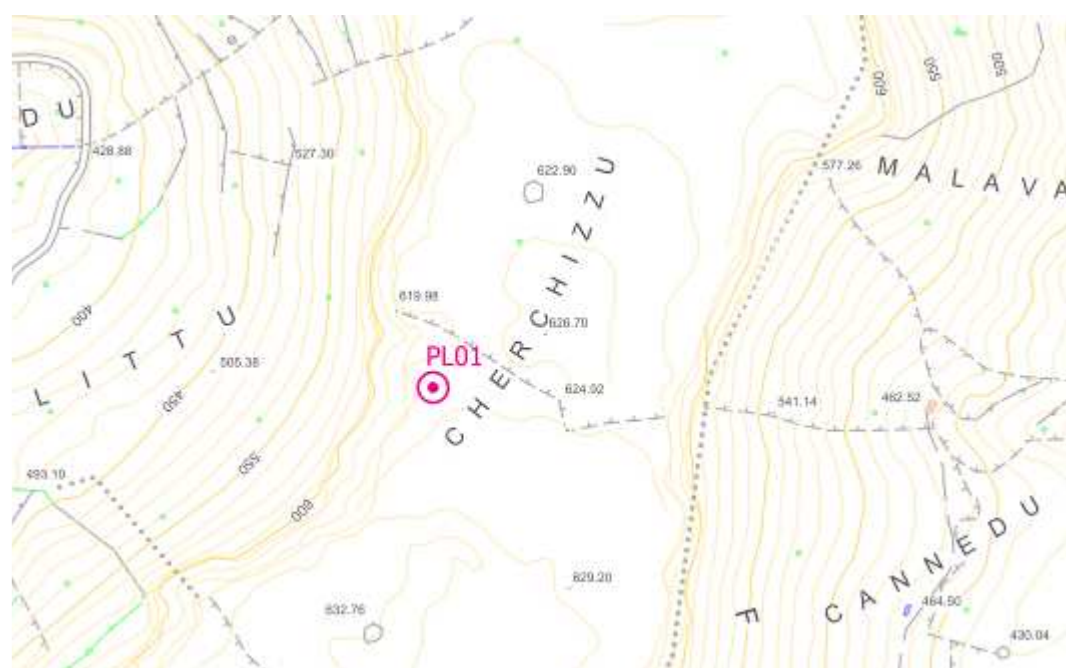
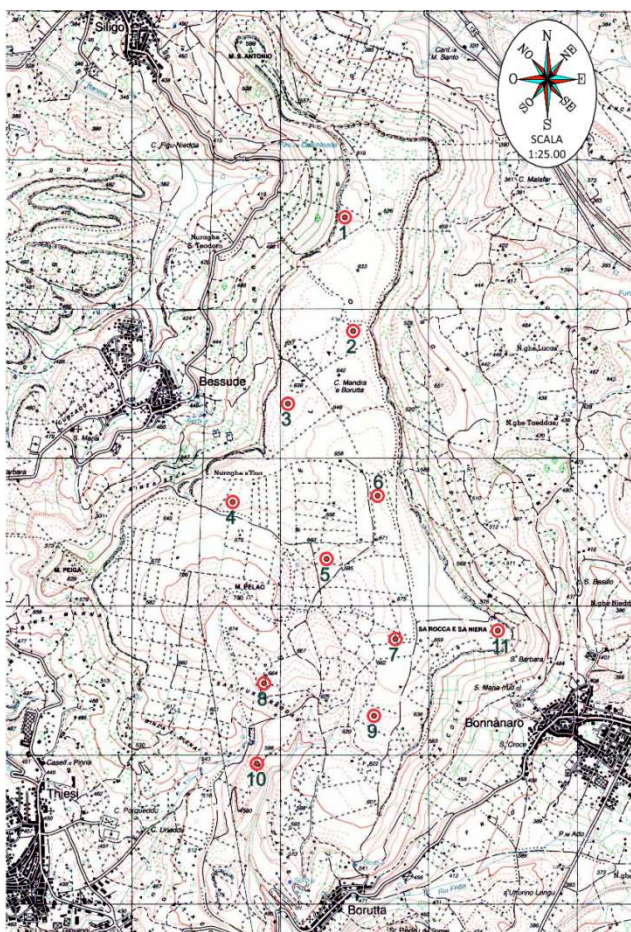
Il tecnico

Dott. Geol. Gianfranco Mulas

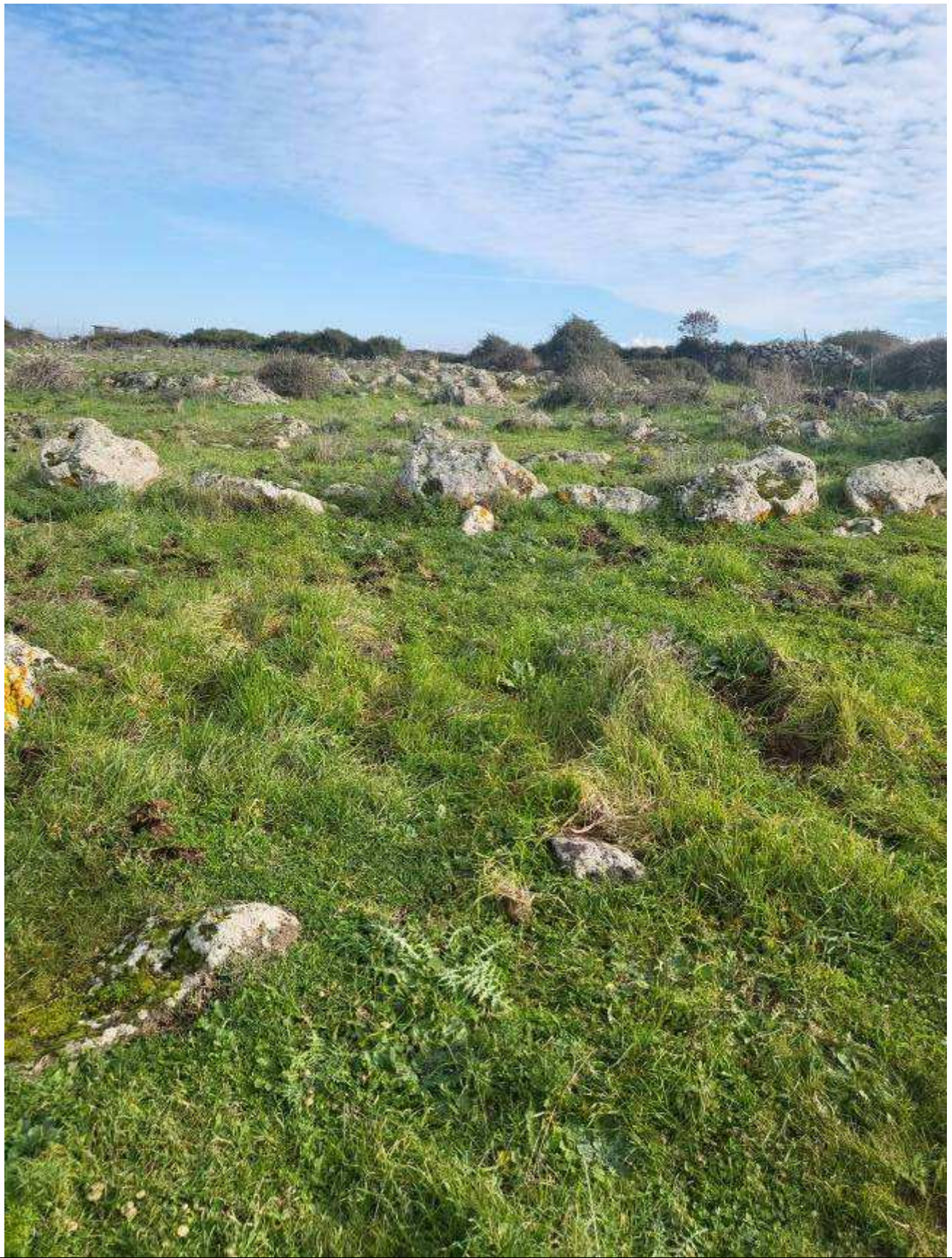


SCHEDE
MONOGRAFICHE
SITI
WGT

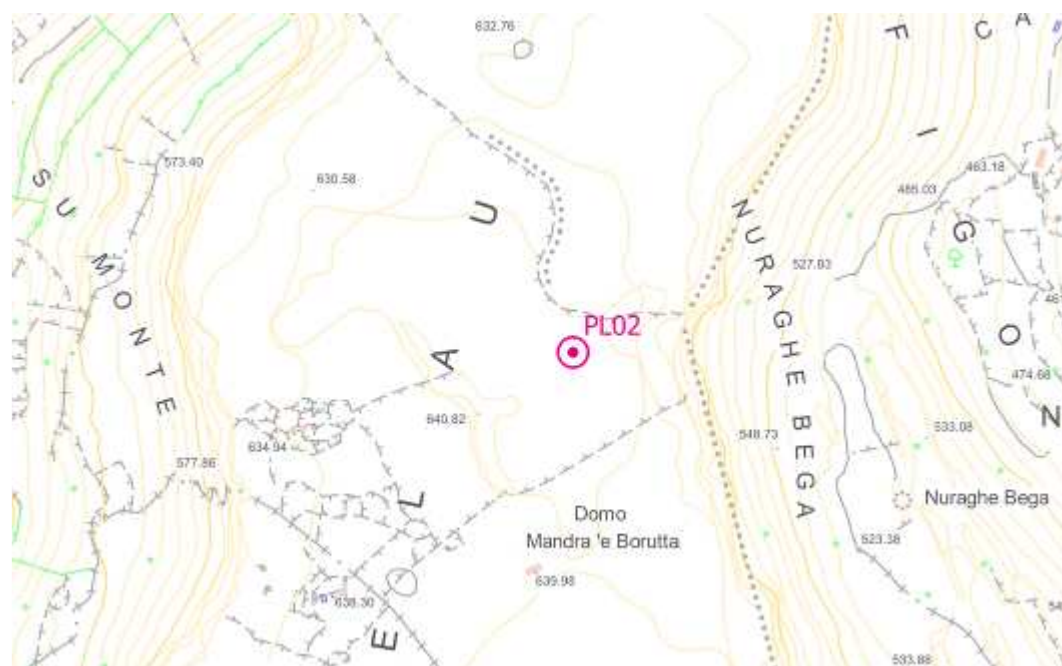
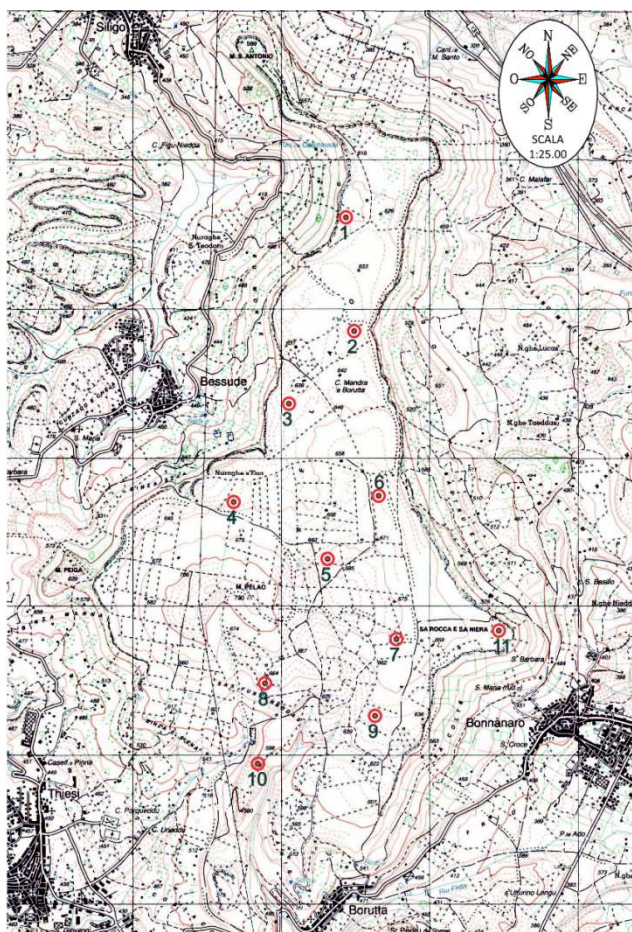
WGT n°	01
Quota (m.s.l.m.)	613
Coordinata	Est 33 Wgs84 14 78 398
Coordinata	Nord 33 Wgs84 44 90 378
Viabilità	Del tutto assente per oltre 600 metri
Morfologia	Piana
Litologia	Lapidea – copertura 10 cm







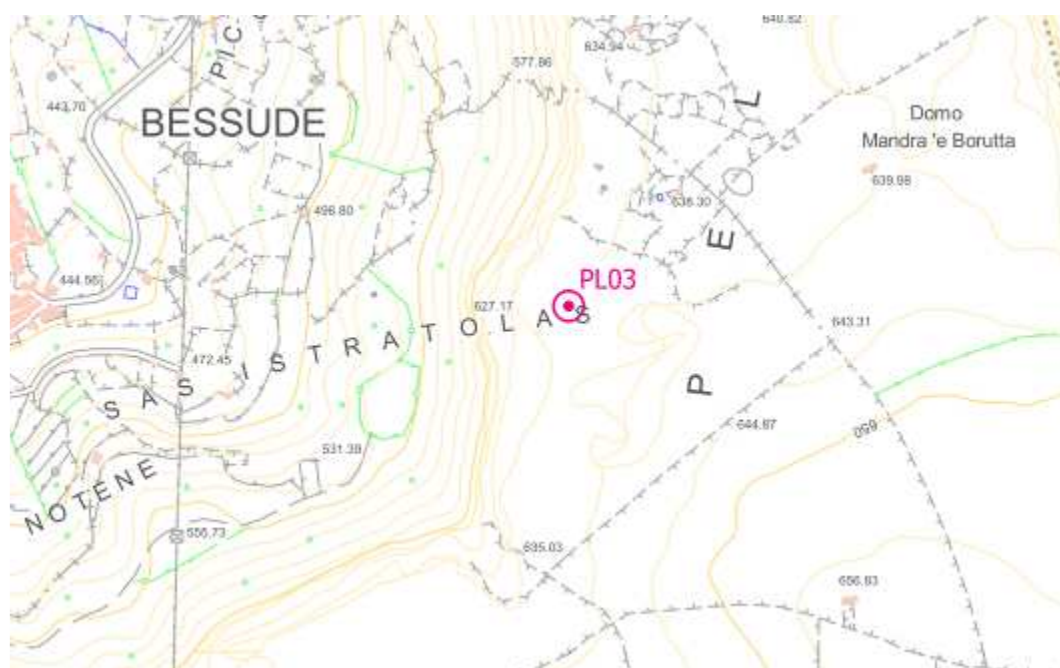
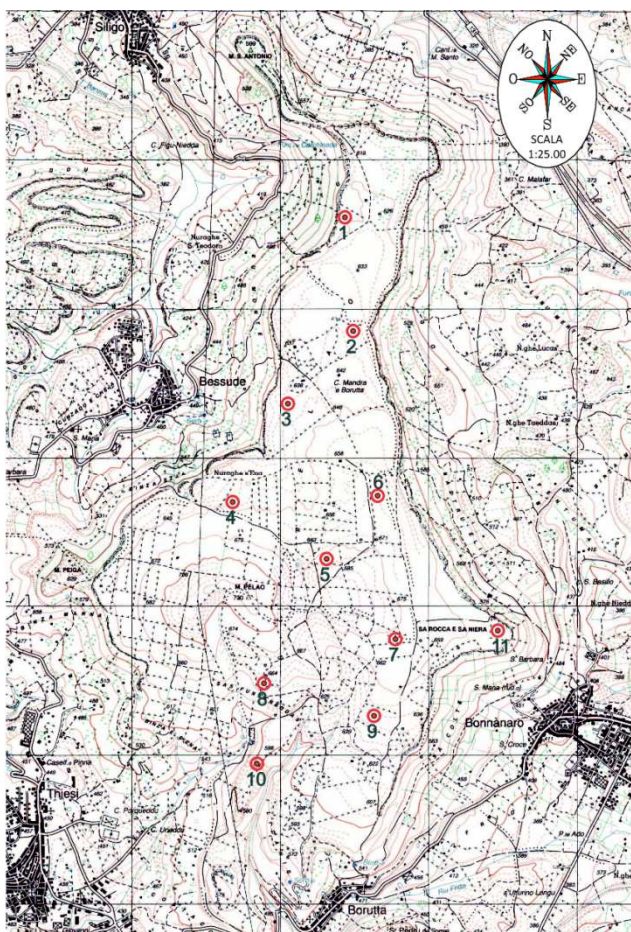
WGT n°	02
Quota (m.s.l.m.)	635
Coordinata	Est 32 Wgs84 14 78 385
Coordinata	Nord 32 Wgs84 44 89 652
Viabilità	Assente – a 400 metri strada vicinale in disuso
Morfologia	Piana
Litologia	Lapidea – copertura 20 cm



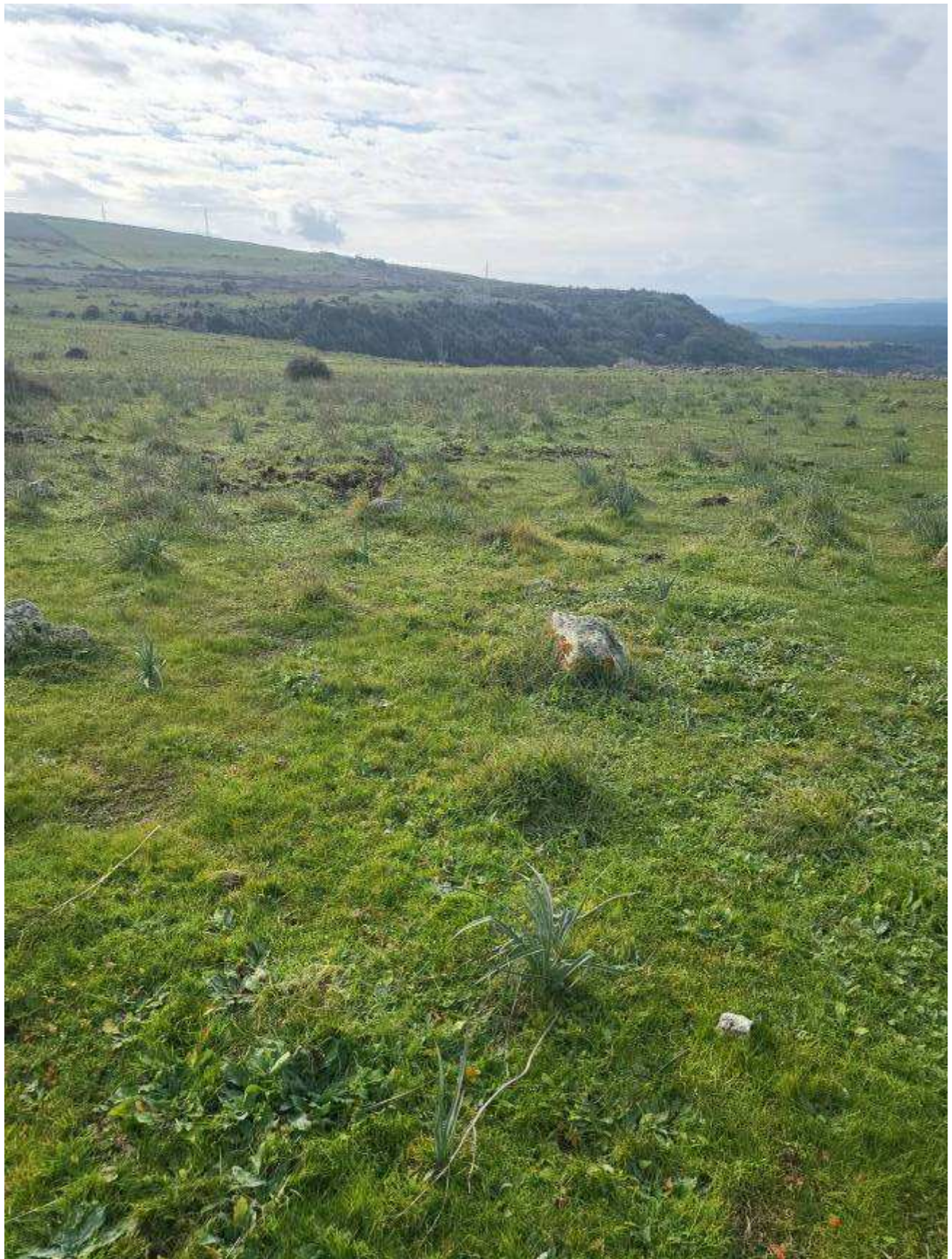




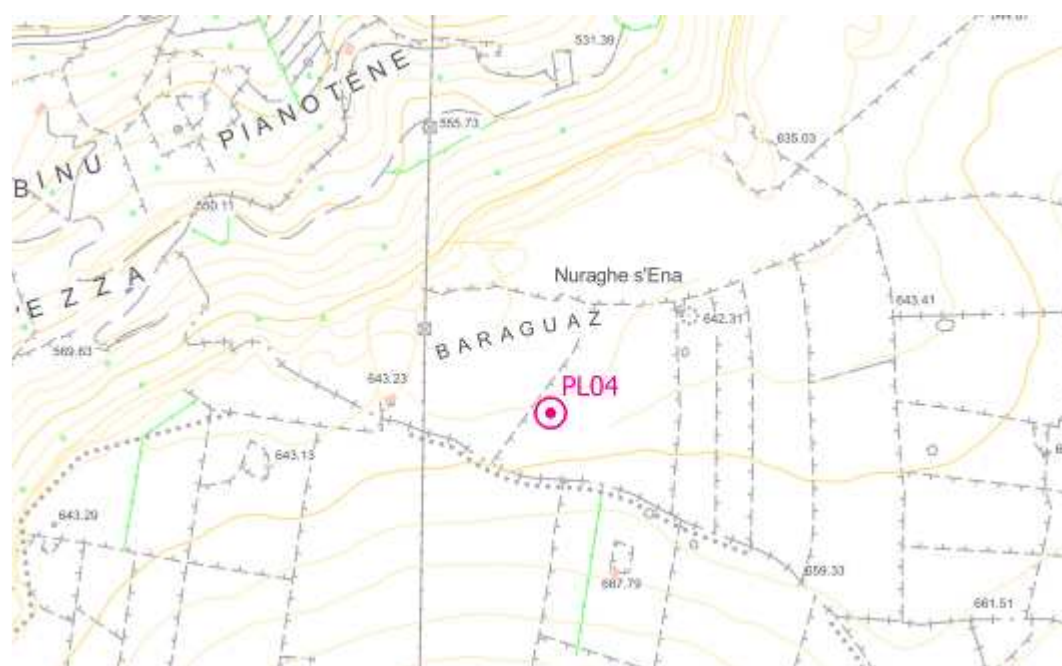
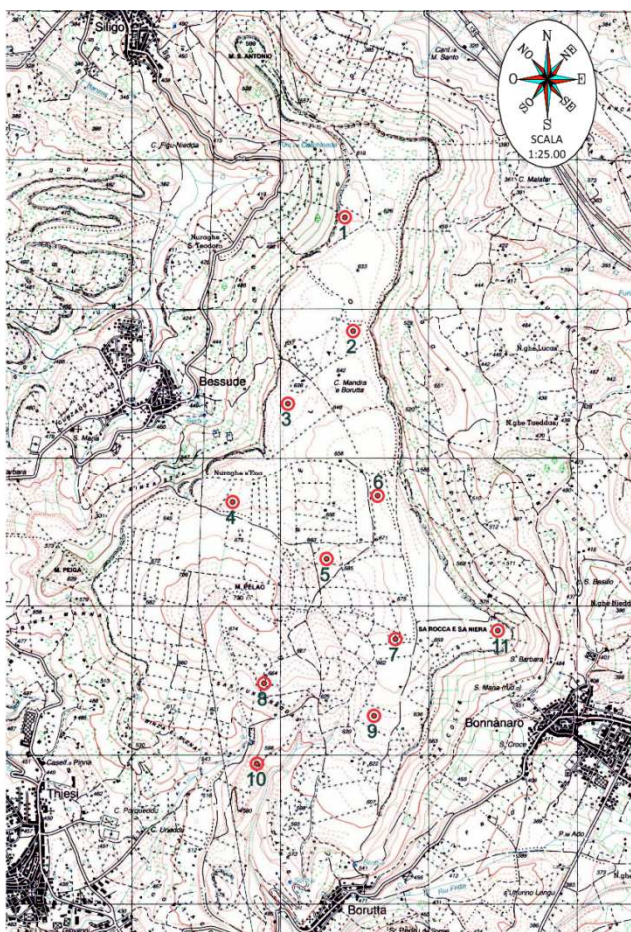
WGT n°	03
Quota (m.s.l.m.)	635
Coordinata	Est 32 Wgs84 14 77 934
Coordinata	Nord 32 Wgs84 44 89 183
Viabilità	Assente a 500 metri strada vicinale in disuso
Morfologia	Piana
Litologia	Lapidea – copertura 20 cm







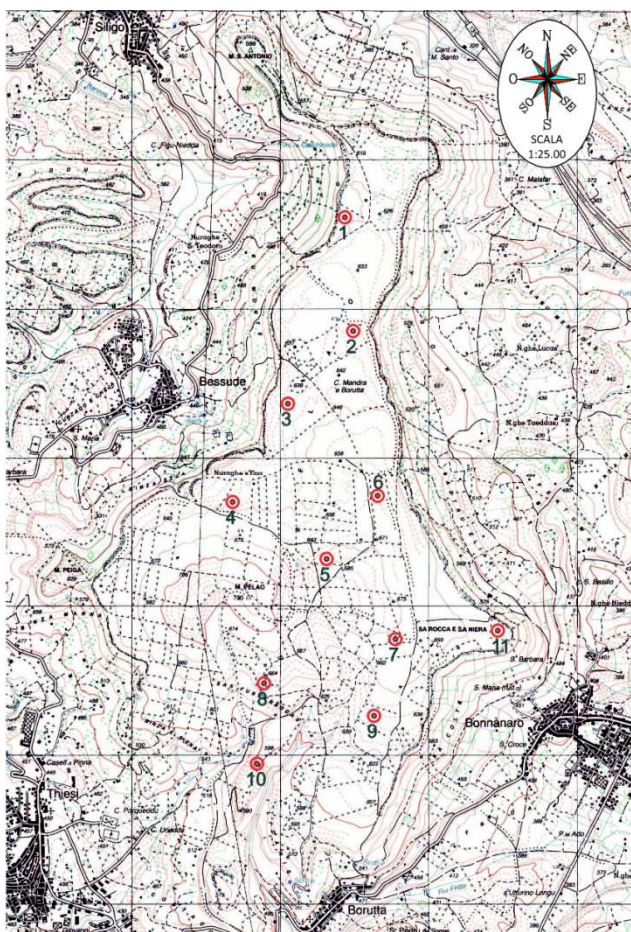
WGT n°	04
Quota (m.s.l.m.)	643
Coordinata	Est 32 Wgs84 14 77 575
Coordinata	Nord 32 Wgs84 44 88 500
Viabilità	Interpodereale a 200 metri – Vicinale poco praticabile a 350 metri
Morfologia	Inclinata < 20 %
Litologia	Terrigena – copertura 80 cm







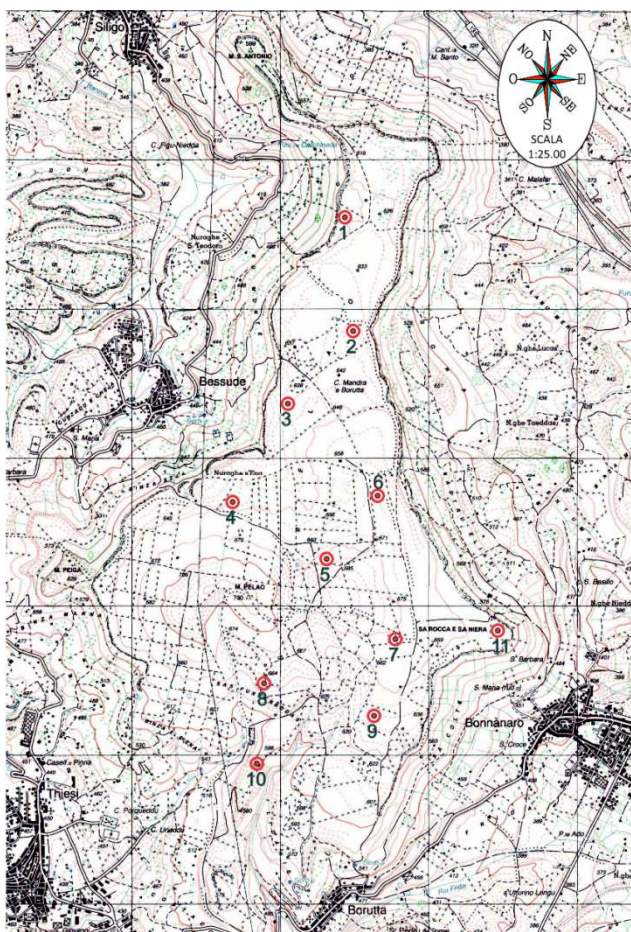
WGT n°	05
Quota (m.s.l.m.)	686
Coordinata	Est 32 Wgs84 14 78 254
Coordinata	Nord 32 Wgs84 44 88 034
Viabilità	A 150 metri vicinale poco praticabile – a 400 metri vicinale praticabile
Morfologia	Inclinata < 15%
Litologia	Terrigena – copertura 120 cm



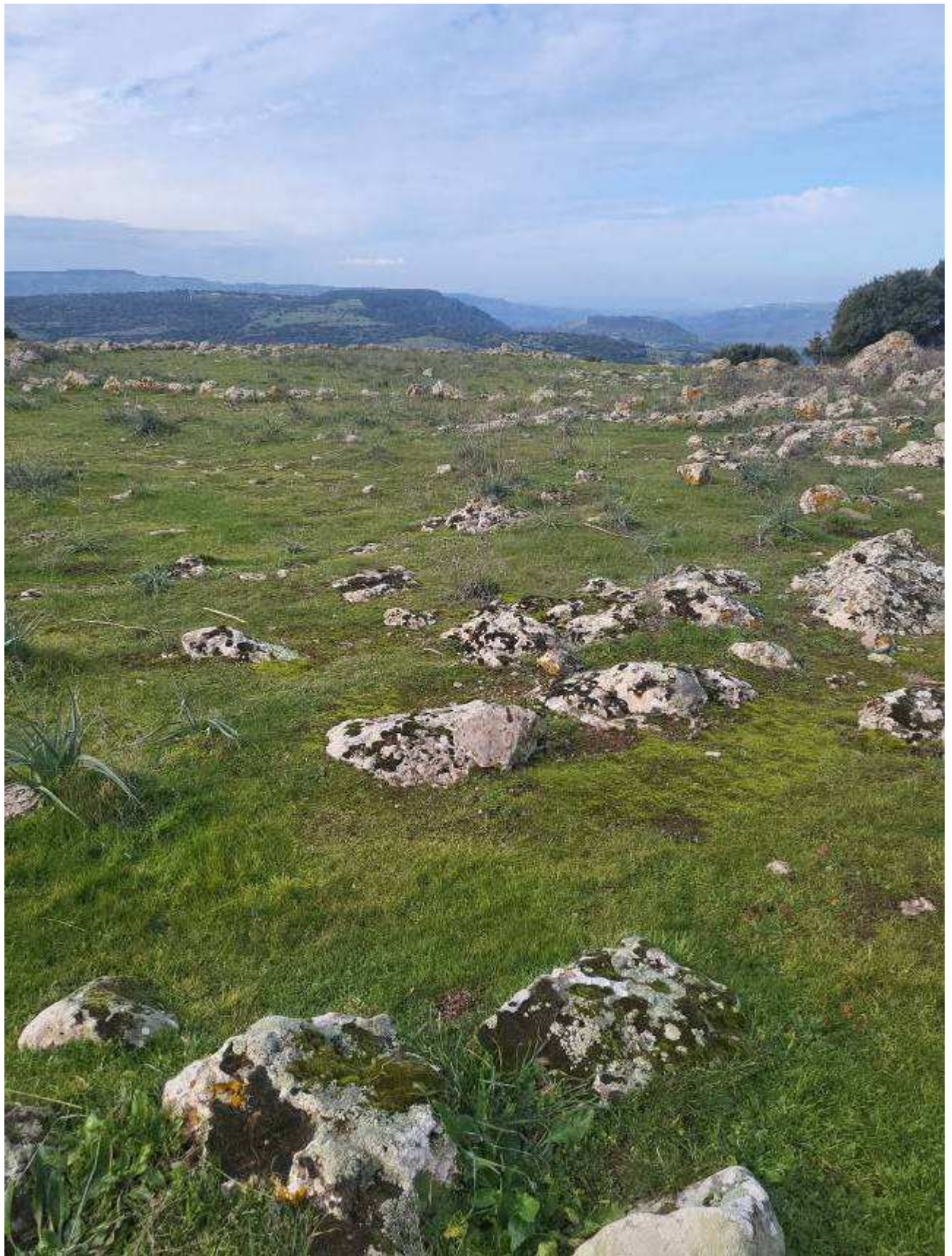




WGT n°	06
Quota (m.s.l.m.)	649
Coordinata	Est 32 Wgs84 14 78 665
Coordinata	Nord 32 Wgs84 44 88 573
Viabilità	Assente – a 300 metri vicinale praticabile
Morfologia	Piana
Litologia	Lapidea – copertura 30 cm



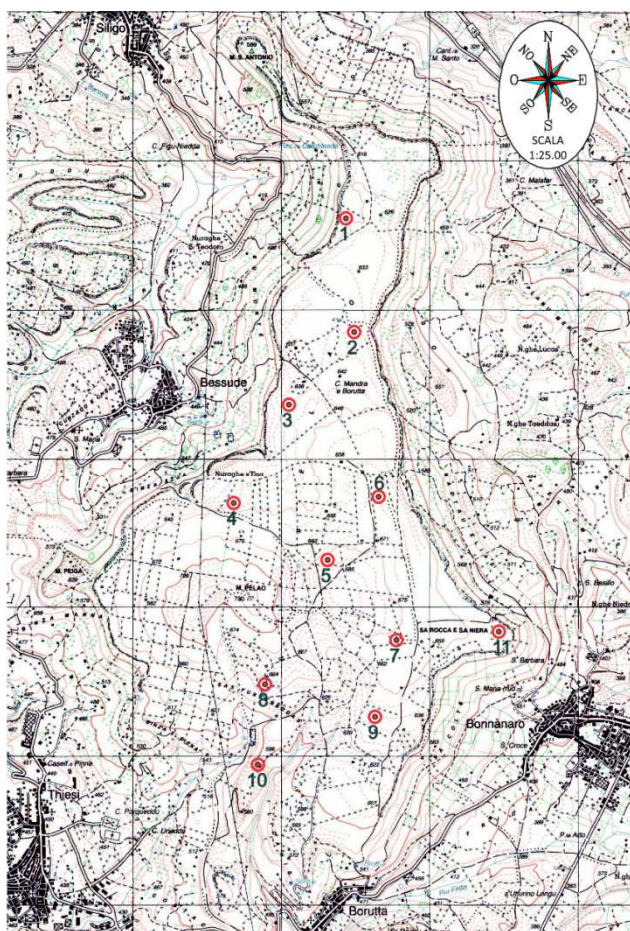




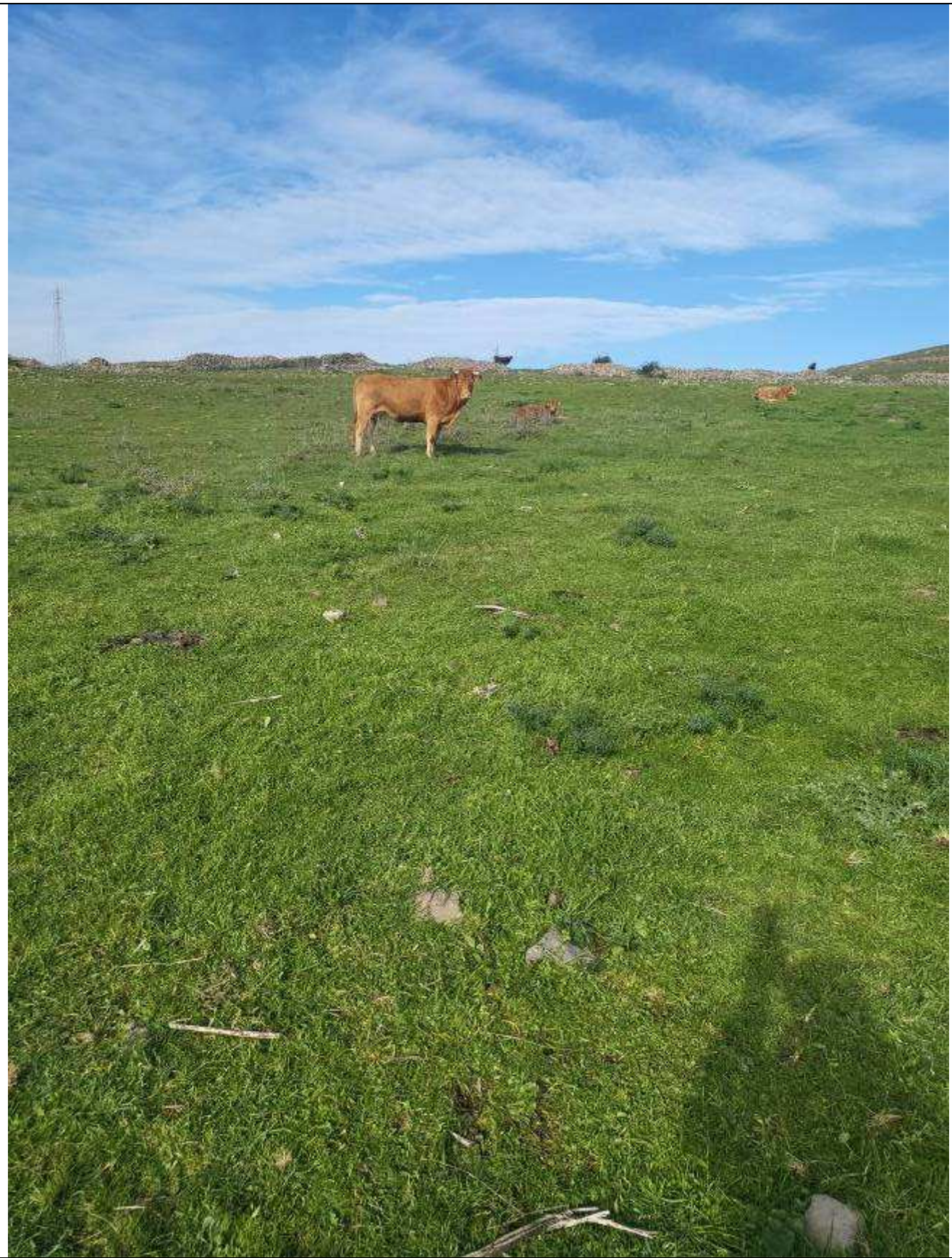




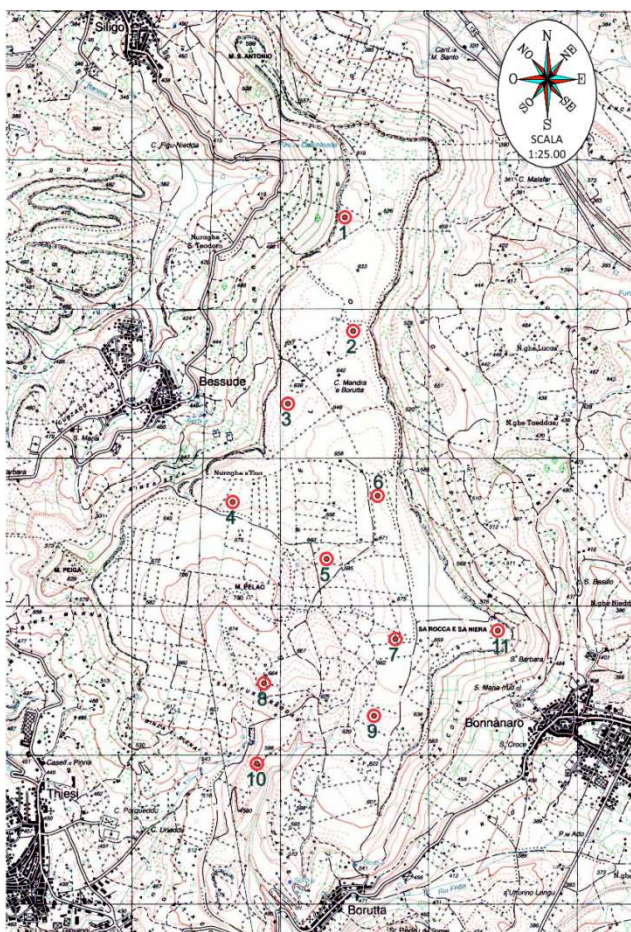
WGT n°	08
Quota (m.s.l.m.)	663
Coordinata	Est 32 Wgs84 14 77 854
Coordinata	Nord 32 Wgs84 44 87 379
Viabilità	a 50 m. poderale privata – a 100 m. comunale buono stato -praticata
Morfologia	Poco inclinata < 10%
Litologia	Lapidea – copertura 100 cm







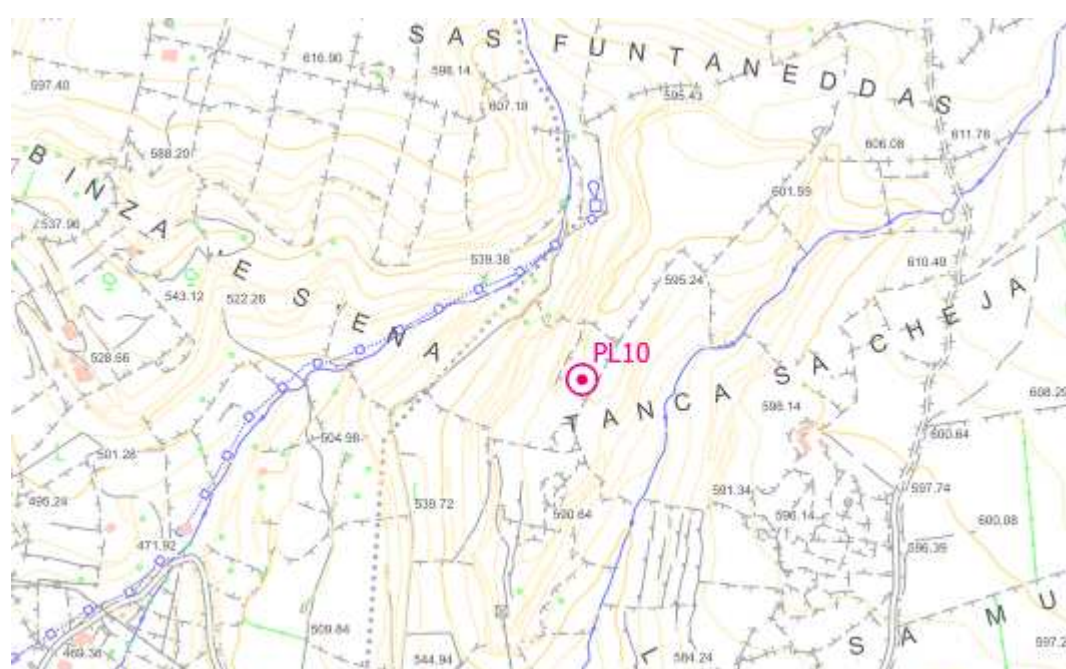
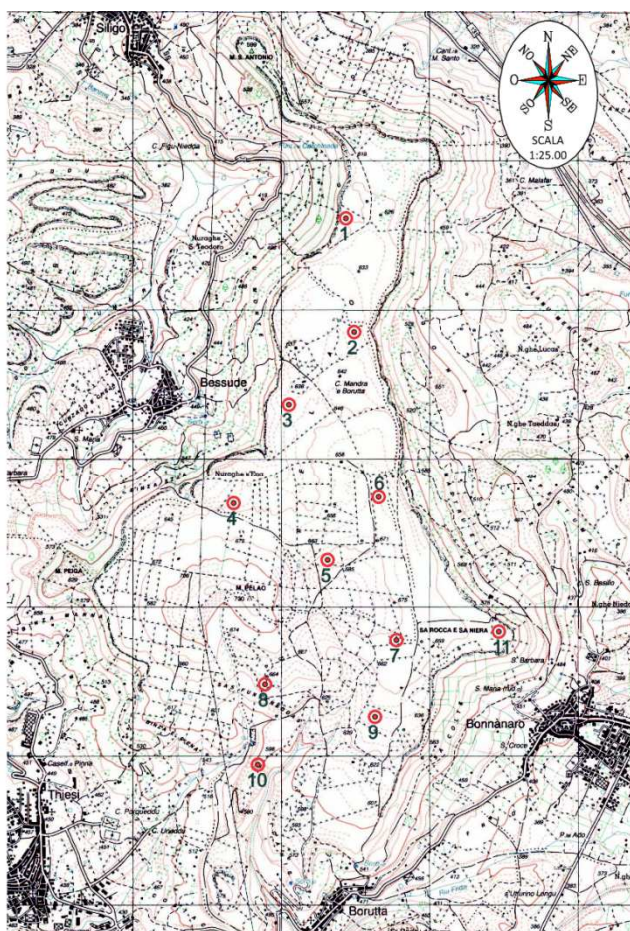
WGT n°	09
Quota (m.s.l.m.)	640
Coordinata	Est 32 Wgs84 14 78 581
Coordinata	Nord 32 Wgs84 44 87 070
Viabilità	A 100 metri comunale buono stato praticata
Morfologia	Poco inclinata < 10%
Litologia	Terrigena – copertura 80 cm







WGT n°	10
Quota (m.s.l.m.)	594
Coordinata	Est 32 Wgs84 14 77 733
Coordinata	Nord 32 Wgs84 44 86 668
Viabilità	Assente – a 500 metri comunale buono stato - praticata
Morfologia	Piana
Litologia	Lapidea – copertura 10 cm







WGT n°	11
Quota (m.s.l.m.)	630
Coordinata	Est 33 Wgs84 14 79 429
Coordinata	Nord 33 Wgs84 44 87 634
Viabilità	Assente – a 400 m. comunale praticata – a 50 m vicinale abbandonata
Morfologia	Poco inclinata < 5%
Litologia	Lapidea – copertura 20 cm

