PROPONENTE
ESE SALADINO S.R.L.
Via Lavaredo, 44/52
30174 Venezia

elettrostudio

PROGETTAZIONE E CORDINAMENTO

LAAP ARCHITECTS®
urban quality consultants
LAAP ARCHITECTS Srl
via Francesco Laurana 28
90143 - Palermo - Italy
t 091.7834427 - fax 091.7834427
laap.it - info@laap.it

Numero di commessa laap: 383

Architetto e Dottore Agrotecnico Antonino Palazzolo

Firmato digitalmente da **antonino palazzolo**
Data e ora della firma: 10/06/2024 12:30:09

ARCHITETTI E PAESAGGISTI PALERMO ANTONINO PALAZZOLO N° 3057

COLLEGIO degli AGROTECNICI e degli AGROTECNICI LAUREATI
Agrotecnico laureato
ANTONINO PALAZZOLO
n° 667
PALERMO

CONSULENTE
Dott. Geologo Salvatore Lo Verme

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DI SICILIA
Dott. Geol. LO VERME SALVATORE N. 821

N° COMMESSA
1570

PARCO EOLICO SALADINO
POTENZA EOLICA 64,8 MW + 41,6 MW SISTEMA DI ACCUMULO
LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI AGRIGENTO
IMPIANTO E OPERE DI CONNESSIONE COMUNI DI NARO (AG), CAMASTRA (AG) E LICATA (AG)

PROGETTO DEFINITIVO

ELABORATO
RELAZIONE GEOLOGICA

CODICE ELABORATO
PD.07

NOME FILE: 1570_CART_elaborato_r00.dwg

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICA	APPROVAZIONE
00	31/05/2024	PRIMA EMISSIONE	Dott. Geologo S. Lo Verme	Arch. Sandro Di Gangi	Arch. e Agr. Antonino Palazzolo

COPYRIGHT - TUTTI I DIRITTI SONO RISERVATI A NORMA DI LEGGE

INDICE

1. PREMESSA 3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO 5
3. DATI GENERALI DI PROGETTO 6
4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE 7
4.1. Riferimenti cartografici 7
5. GEOMORFOLOGIA 13
5.1. Geomorfologia generale 13
5.2. Interferenza con le Aree Vincolate ai sensi del Regio Decreto 3267/23 20
5.3. Vulnerabilità geomorfologica 22
5.4. Categoria topografica 24
6. GEOLOGIA 25
6.1. Inquadramento geologico regionale 25
6.2. Tettonica 26
6.3. Inquadramento geologico dell'area rilevata 30
7. IDROGEOLOGIA 34
7.1. Regime pluviometrico 35
7.2. Regime termometrico 36
7.3. Permeabilita' 38
7.4. Pericolosità e rischio idraulico (PAI) 39
7.5. Valutazione delle aree alluvionabili 40
7.6. Considerazioni di carattere idrogeologico locale 43
7.7. Considerazioni di carattere idraulico e di invarianza idraulica e idrologica 46
8. GEOTECNICA 48
9. SISMICITA' DEL SITO E CARATTERISTICHE DEL SUOLO DI FONDAZIONE 52
10. CONCLUSIONI 53

Allegati:

Carta geologica in scala 1:10.000
Carta geomorfologica in scala 1:10.000
Carta idrogeologica in scala 1:10.000;
Carta dei dissesti in scala 1:10.000;
Carta della pericolosità e del rischio geomorfologico in scala 1:10.000;
Carta della pericolosità e del rischio idraulico in scala 1:10.000;
Carta delle indagini in scala 1:10000.

1. PREMESSA

La società LAAP Architects Srl è stata incaricata di redigere il progetto definitivo del parco eolico denominato "Saladino" composto da nove aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 7,2 MW, per una potenza complessiva di 64,8 MW e delle opere di rete ubicate nei Comuni di Naro (AG), Camastra (AG) e Licata (AG). Il progetto è proposto dalla società ESE SALADINO SRL con sede legale in Venezia (VE) via Lavaredo 44/52 cap 30174.

Nello specifico si propone la realizzazione di:

1. **Parco eolico** con n° **9 aerogeneratori**, il cui modello selezionato avrà potenza nominale di 7,2 MW con altezza al mozzo pari a 125 m, diametro rotore pari a 162 m e altezza massima al vertice della pala pari a 206 m. Questa tipologia di aerogeneratore, allo stato attuale, è quella ritenuta più idonea per il sito di progetto dell'impianto.

   L'area interessata dal posizionamento degli aerogeneratori ricade nella contrada Saladino (T1-T2) e nella Contrada Risichittè (T5-T6) nel **Comune di Naro**, nella contrada Campofranco (T3-T7-T8) e nella Contrada Vizzino (T9) nel **Comune di Camastra** e nella Contrada Sottàfari e Marotta nel **Comune di Licata** su aree a destinazione agricola. I terreni sui quali si intende realizzare l'impianto sono tutti di proprietà privata. Il territorio è caratterizzato da un'orografia prevalentemente pianeggiante con la presenza di alcuni rilievi naturali, le posizioni delle macchine vanno da un'altitudine di 63.00 m. slm. a 202.00 m. slm.

Oltre che degli aerogeneratori, il progetto si compone dei seguenti elementi:

2. **Cavidotti interrati 36kV,** ubicati nel comune di Naro (AG), Camastra (AG) e Licata (AG), per il vettoriamento dell'energia elettrica prodotta dal campo eolico fino alla Sottostazione Utente;
3. La **Sottostazione Utente SSEU,** ubicata nel comune di Licata;
4. Una nuova **stazione elettrica SE TERNA** di smistamento con **stallo di trasformazione a 220/150/36 kV,** ubicata nel comune di Licata**,** da inserire in entra - esce sulla linea RTN a 220 kV "Chiaramonte Gulfi - Favara" con dei nuovi raccordi di progetto;

Secondo le indicazioni del D.L 199/2021 al comma 8 dell'art. 20 che disciplina l'individuazione di superfici e aree idonee per l'installazione di impianti a fonti rinnovabili"e verificata la compatibilità con:

- i beni culturali con dichiarazioni di notevole interesse pubblico ai sensi del titolo II del D.lgs 42/2004 (*VINCOLI IN RETE http://vincoliinrete.beniculturali.it/vir/vir/vir.html ed elenco beni architettonici della Provincia di Agrigento*).
- i beni paesaggistici ai sensi del D.lgs 42/2004 art. 10, art. 136 e art. 134, lett. c, estrapolati dal SITR regionale (Piano paesaggistico di Agrigento)
- il portale dei beni culturali (SITAP) e il portale della Paesaggistica (https://paesaggistica.sicilia.it/)

Si evidenzia che l'impianto eolico Saladino non rientra nella fascia di rispetto dei 3 km dei beni sottoposti a tutela ai sensi del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, né ricadono nella fascia di rispetto dei beni sottoposti a tutela ai sensi della parte seconda oppure dell'articolo 136. Pertanto l'impianto si colloca in area idonea. Si fa riferimento all'elaborato cartografico cod. SIA.14.A *"Carta delle aree non idonee ai sensi dell'art.20 comma 8 del D.lgs. 199/2021 e smi".*

La connessione alla RTN è basata sulla soluzione tecnica minima generale per la connessione STMG, con codice pratica **202400719**, ricevuta per l'impianto in oggetto da Terna - Rete Elettrica Nazionale S.p.A.

Il presente documento si propone di fornire una descrizione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche dell'area interessata dal progetto definitivo dell'impianto eolico volto al rilascio, da parte delle Autorità competenti, delle autorizzazioni e concessioni necessarie alla sua realizzazione.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per la realizzazione del presente studio geologico a supporto del progetto in oggetto si è fatto riferimento alla seguente normativa:

Piano Stralcio per l' Assetto Idrogeologico, denominato anche P.A.I., redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell'art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla 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 dal rischio idrogeologico del territorio siciliano.

Norme di attuazione sostituita dal D.P. n. 9 del 06/05/2021 - APPROVAZIONE "MODIFICHE ALLA RELAZIONE GENERALE - PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DELLA REGIONE SICILIANA" - REDATTA NEL 2004 E TABELLA ELEMENTI A RISCHIO - D.P. N. 9/ADB DEL 06/05/2021.

Circolare applicativa del 22/02/2023 Prot. N. 4036; Semplificazione e snellimento delle procedure di rilascio dei pareri di compatibilità geomorfologica e idraulica di cui gli articoli da 17 a 31 delle Norme di Attuazione del PAI – D.P. Reg. 6 Maggio 2021 n. 9

D.M. 17 Gennaio 2018

Norme tecniche per le costruzioni. Decreto del Ministro delle infrastrutture e dei trasporti.

Circolare Applicativa – norme tecniche per le costruzioni. Ministero delle infrastruttre e dei trasporti. Circolare 21/gennaio/2019, n. 7 C.S.LL.PP.

Norme Tecniche di cui al D.M. 17.01.2018 "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 12 collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione". (Capitolo 6. Progettazione geotecnica).

Circolare n. 3 del 20 Giugno 2014 "Studi geologici per la redazione di strumenti urbanistici" in particolare all'allegato D (Guida schematica alla definizione di unità litotecniche).

Compatibilità geomorfologica *ai sensi dell'art 15; legge regionale 16/16 redatto ai sensi della circolare ARTA n. 3 del 20/06/2014*

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274/2003" Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.", modificata dall'O.P. C. M. 3431 del 03/05/2005.

Delibera della Giunta Regionale della Regione Siciliana n. 408 del 19/12/2003

"Elenco dei comuni della Sicilia classificati sismici con i criteri della delibera di Giunta Regionale n. 408 del 19 Dicembre 2003" pubblicato sulla GURS n. 7 del 13/02/2004".

Aggiornamento della classificazione sismica regionale con i criteri dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 28/04/2006 n. 3519.

Linea guida **(Commissione tecnica per la microzonazione sismica (articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n. 3907).**

Deliberazione della giunta regionale 24/02/2022 n. 81 del dirigente generale del DRPC Sicilia 11/03/2022 n. 64

3. DATI GENERALI DI PROGETTO

Nella tabella seguente sono riepilogate in forma sintetica le principali caratteristiche tecniche dell'impianto in progetto.

Tabella 1. Tabella sinottica dati di progetto

ESE SALADINO SRL	
Luogo di installazione:	Parco Eolico: Contrada Saladino Località: Comuni di Naro (AG), Camastra (AG) e Licata (AG)
Denominazione impianto:	Parco eolico: Saladino
Dati area di progetto:	Parco eolico: Comuni di Naro (AG), Camastra (AG) e Licata (AG)
Potenze impianto (kW):	Parco eolico: 64.800 kW Immissione BESS: 41.600 kW Prelievo BESS + AUSILIARI: 44.100 kW
Dati generali sistema di accumulo BESS	Potenza massima in immissione in rete: 41.600 kW Potenza massima in prelievo dalla rete (AC): 41.600 kW Capacità energetica: 184,32 MWh
Informazioni generali del sito:	Zona prevalentemente rurale a basso tasso di inurbamento.
Tipologia aerogeneratore	Impianto Eolico: Aerogeneratore tripala con regolazione attiva del passo pala e dell'orientamento del rotore avente diametro di 162 m con mozzo a 125 m di altezza
Connessione:	Connessione ad uno stallo a 36 kV di una stazione TERNA
Caratterizz. -urbanistico/vincolistica:	Piano Regolatore di Naro (AG), Camastra (AG) e Licata (AG)

4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE

4.1. Riferimenti cartografici

Gli aerogeneratori (in numero di nove) dell'impianto sono denominati con le sigle T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8 e T9. Nel dettaglio si ricordi che:

- il Comune di Naro (AG) è interessato da n. 4 aerogeneratori, identificati dalle sigle T1, T2, T5, T6 e da alcuni tratti del cavidotto MT di connessione alla RTN;
- il Comune di Camastra (AG) è interessato da n. 4 aerogeneratori, identificati dalle sigle T3, T7, T8, T9 e da alcuni tratti del cavidotto MT di connessione alla RTN;
- il Comune di Licata (AG) è interessato da n. 1 aerogeneratori, identificati dalle sigle T4, dalla Sottostazione Utente, SSEU, dalla Stazione Elettrica, SE, Terna e da alcuni tratti del cavidotto MT di connessione alla RTN;

L'impianto sarà collocato in agro del Comune di Naro, Camastra e di Licata, in provincia di Agrigento, all'interno delle seguenti cartografie e fogli di mappa catastali:

– Fogli IGM in scala 1:25.000 di cui alle seguenti codifiche: 271-I-NO-Naro, 271-I-SO-Palma di Montechiaro e 271-I-SE-Favarotta

– CTR in scala 1:10.000, di cui alle seguenti codifiche: 637100, 637110, 637140, 637150, 642020, 642030.

– Fogli di mappa nn. 122, 123 e 199 del comune di Naro, fogli di mappa nn. 6, 11, 12 del Comune di Camastra (AG) e fogli di mappa nn. 1, 13 e 14 del Comune di Licata (AG).

Tabella 2. Coordinate aerogeneratori

	Inquadramento geografico					
	Coordinate Torri Eoliche (SR WGS84 DMS)		Coordinate Torri Eoliche (SR ETRS89 / UTM33)		Alt.	Comune
T1	37.230109°	13.790509°	392707.24 m E	4121084.79 m N	257 m	Naro (AG)
T2	37.237748°	13.794286°	393053.12 m E	4121928.04 m N	292 m	Naro (AG)
T3	37.234591°	13.807561°	394226.27 m E	4121562.91 m N	255 m	Camastra (AG)
T4	37.227518°	13.835500°	396694.94 m E	4120747.34 m N	277 m	Licata (AG)
T5	37.233278°	13.821033°	395419.48 m E	4121402.28 m N	228 m	Naro (AG)
T6	37.239462°	13.824312°	395718.88 m E	4122084.71 m N	247 m	Naro (AG)
T7	37.238807°	13.815092°	394900.17 m E	4122022.25 m N	240 m	Camastra (AG)
T8	37.247358°	13.814466°	394856.50 m E	4122971.61 m N	249 m	Camastra (AG)
T9	37.259226°	13.808639°	394356.22 m E	4124294.74 m N	296 m	Camastra (AG)

Tabella 3. Coordinate baricentriche SSEU

	Inquadramento geografico					
	Coordinate SSEU (SR WGS84 DMS)		Coordinate SSEU (SR ETRS89 / UTM33)		Alt.	Comune
SSEU	37.182498°	13.866641°	399397.91 m E	4115719.16 m N	359 m	Licata (AG)

Tabella 4. Particelle catastali aerogeneratori

	Inquadramento catastale				
	Foglio	Particella	Coltura	Destinazione Progetto	Comune
T1	123	48 - 49	SEMINATIVO - MANDORLETO	Piazza torre eolica	Naro (AG)
T2	122	153	ULIVETO	Piazza torre eolica	Naro (AG)
T3	12	170 - 171 – 177	SEMINATIVO	Piazza torre eolica	Camastra (AG)
T4	1	71	SEMINATIVO	Piazza torre eolica	Licata (AG)
T5	199	143	SEMINATIVO – ULIVETO	Piazza torre eolica	Naro (AG)
T6	199	70 – 71 – 72	SEMINATIVO – ULIVETO	Piazza torre eolica e servitù	Naro (AG)
T7	12	50 – 75 – 76	SEMINATIVO – PASCOLO	Piazza torre eolica e servitù	Camastra (AG)
T8	11	285	SEMINATIVO	Piazza torre eolica	Camastra (AG)
T9	6	130 – 526 – 415 – 509 – 416 – 471 - 510	SEMINATIVO – MANDORLETO	Piazza torre eolica e servitù	Camastra (AG)

Tabella 5. Particelle catastali SSEU

	Inquadramento catastale				
	Foglio	Particella	Coltura	Destinazione Progetto	Comune
SSEU	13	142 – 169 – 33 - 180	SEMINATIVO – MANDORLETO – ULIVETO - VIGNETO	Area SSEU	Licata (AG)

Figura 1. Ubicazione dell'impianto da foto satellitare

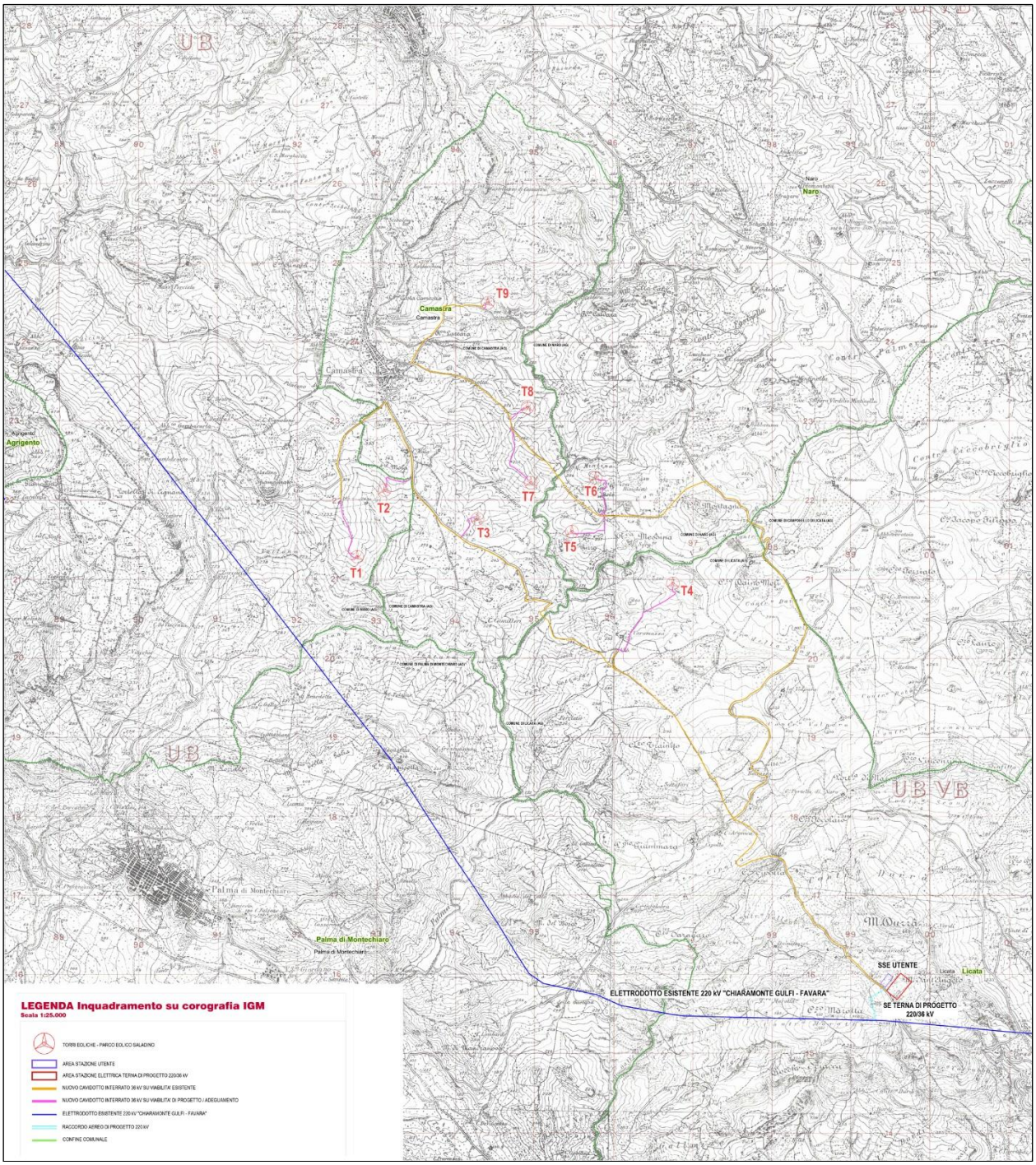


Figura 2. Ubicazione dell'impianto da cartografia IGM

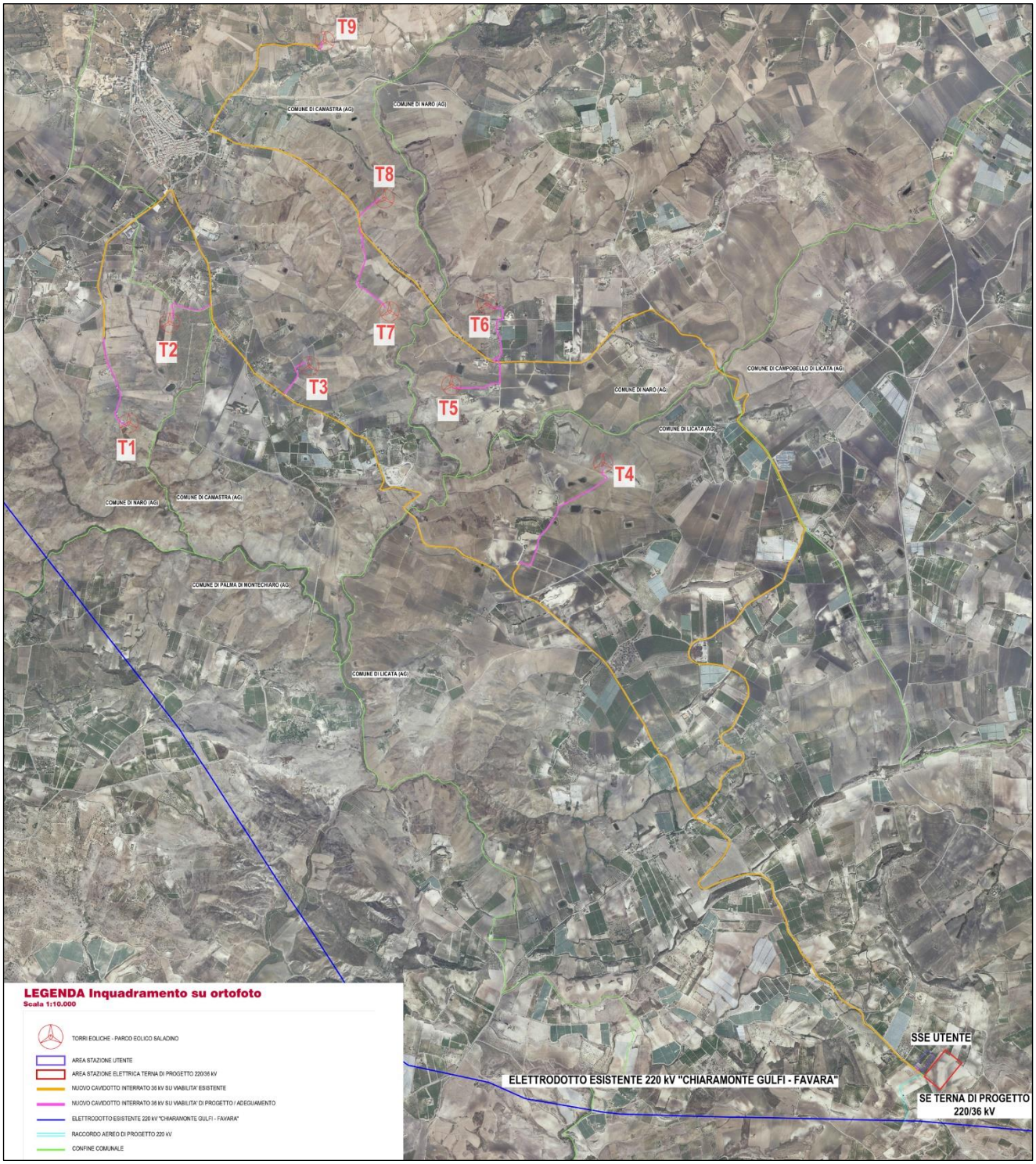


Figura 3. Inquadramento delle opere in progetto su Ortofoto

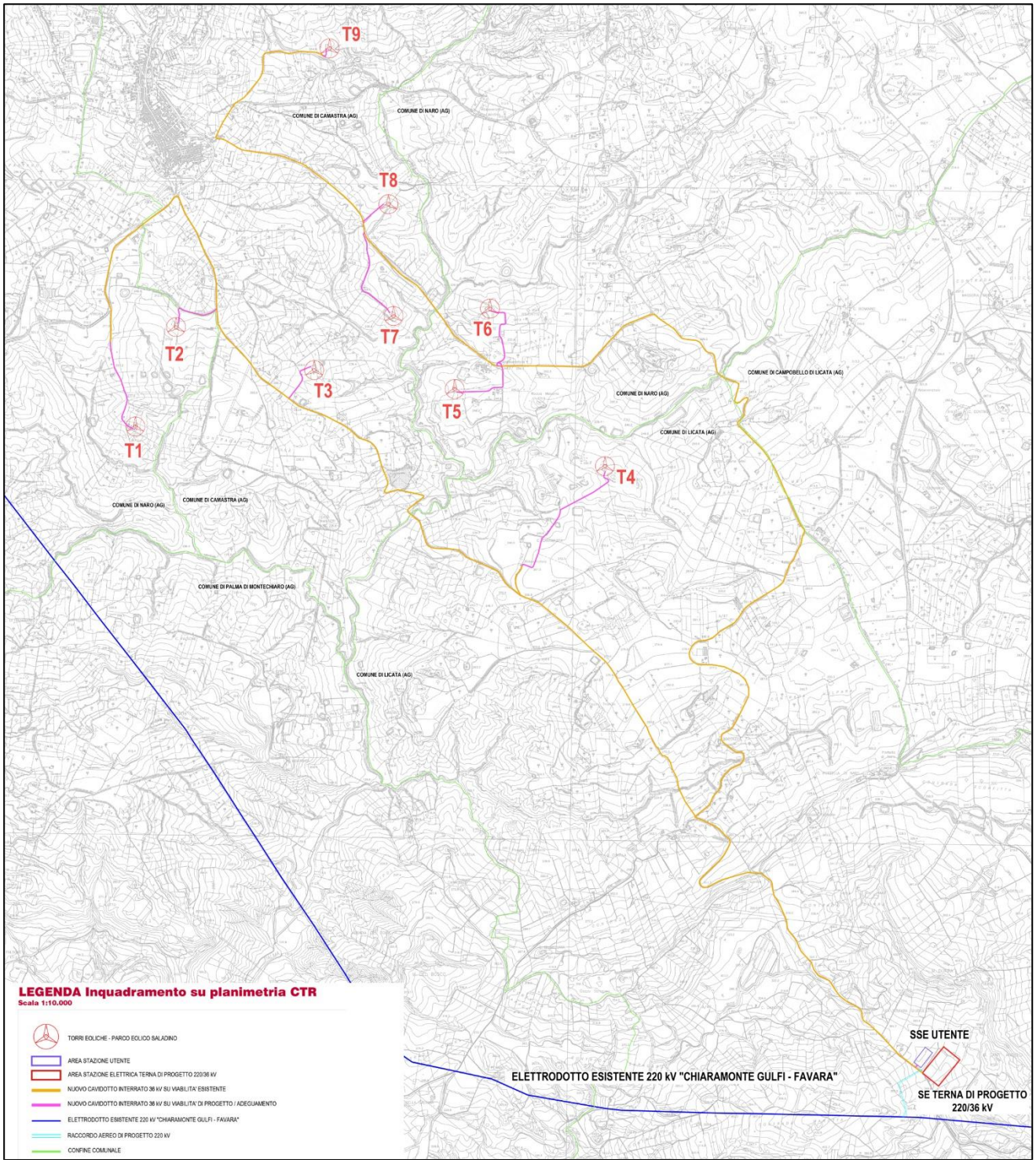


Figura 4. Inquadramento delle opere in progetto su CTR

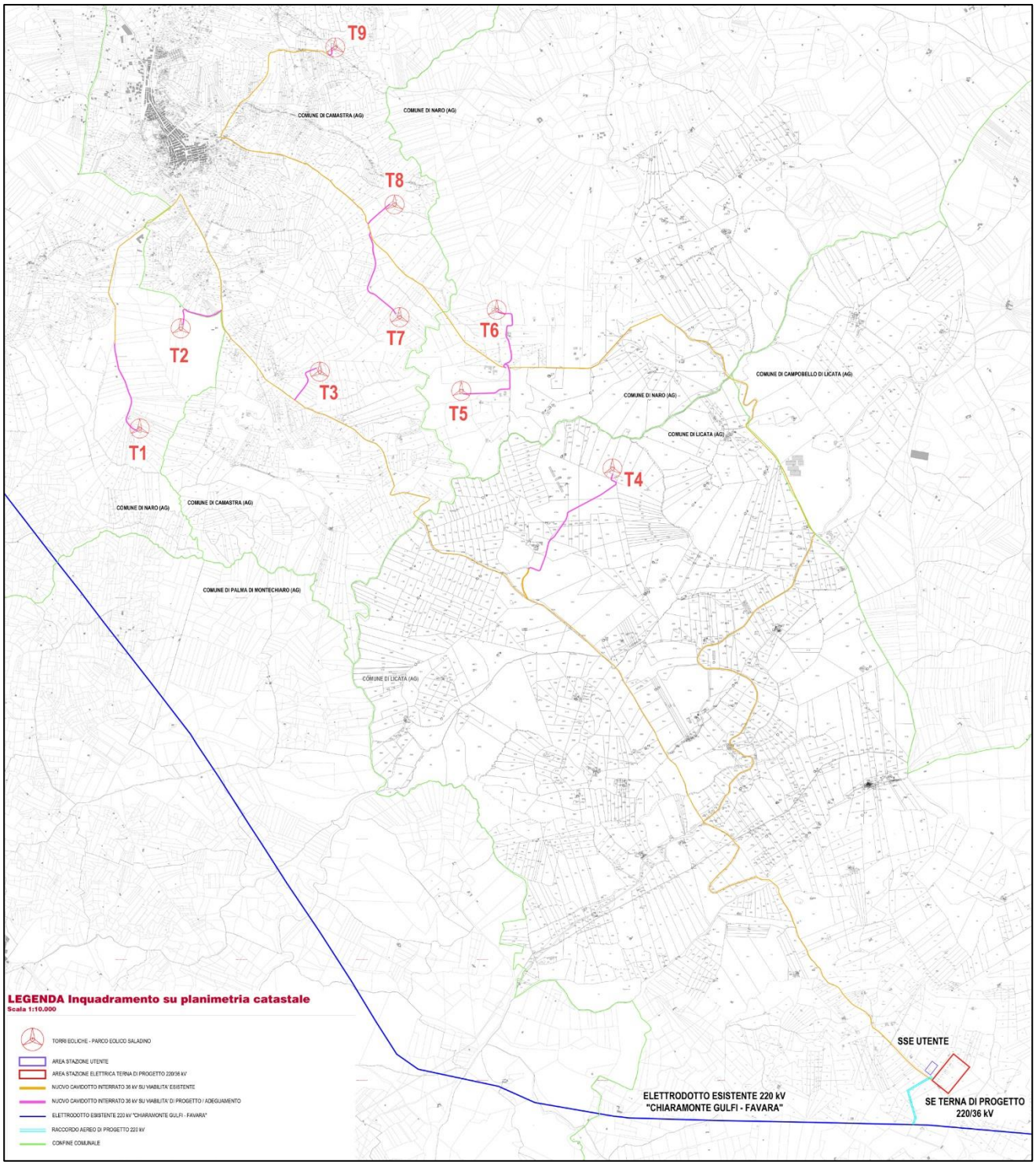


Figura 5. Inquadramento delle opere in progetto su mappa catastale

5. GEOMORFOLOGIA

5.1. Geomorfologia generale

L'impianto eolico "Saladino" e le strutture annesse e connesse (che d'ora in poi sarà semplicemente chiamato impianto) saranno realizzate all'interno dei territori comunali di di Naro, Camastra e di Licata, in provincia di Agrigento. L'impianto risulta diviso in più porzioni dislocate su aree sub-pianeggianti alla cima dei versanti o in prossimità di essi. Fa eccezione la Torre 9 che si trova quasi alla base di un versante di natura argillo-marnosa afferente alle argille azzure Plioceniche. Tutte le torrri s'impostano su terreni di natura prevalentemente argillosa ricoperta dai prodotti di alterazione dei depositi in posto. Le quote d'imposta dell'impianto variano da un massimo di 291 m. s.l.m. sulla Torre 9 un minimo di metri 221 s.l.m. sulla Torre 5.

La morfologia dell'area circostante la zona di intervento è variabile con alternanza di rilievi competenti caratterizzati da versanti molto acclivi che si alternano ad ampie vallate argillose a carattere coesivo pseudocoerente con pendenze molto blande che degradano dolcemente verso le incisioni torrentizie e dopo verso il mare. Le pendenze, che in taluni casi tendono a zero (Figura 5), in prossimità di alcune singolarità orografiche raggiungono valori prossimi al 100% (Rocca Messina – Poggio Rizzo – Monti della Caldara).

Il territorio studiato è caratterizzato dalla presenza di molti invasi artificiali che raccolgono le acque che ruscellano in superficie durante i periodi piovosi per essere impiegate nei periodi estivi per usi irrigui. Questi sono alimentati dalle acque di scorrimento che defluiscono sui versanti durante gli eventi meteorici di lunga durata.

La circolazione idrica sotterranea è scarsa e si espleta prevalentemente sui depositi calcarei e gessosi che poggiando su substrato impermeabile costituito dalle argille della Formazione Cozzo Terravecchia sono spesso sede di acquiferi. Tali acquiferi non hanno capacità di immagazzinamento elevate e riescono a soddisfare le esigenze idriche delle aziende agricole che tramite pozzi ne sfruttano le potenzialità. In taluni casi la scarsa potenzialità di questi acquiferi è sopperita dagli invasi che vengono realizzati a supporto di queste risorse,

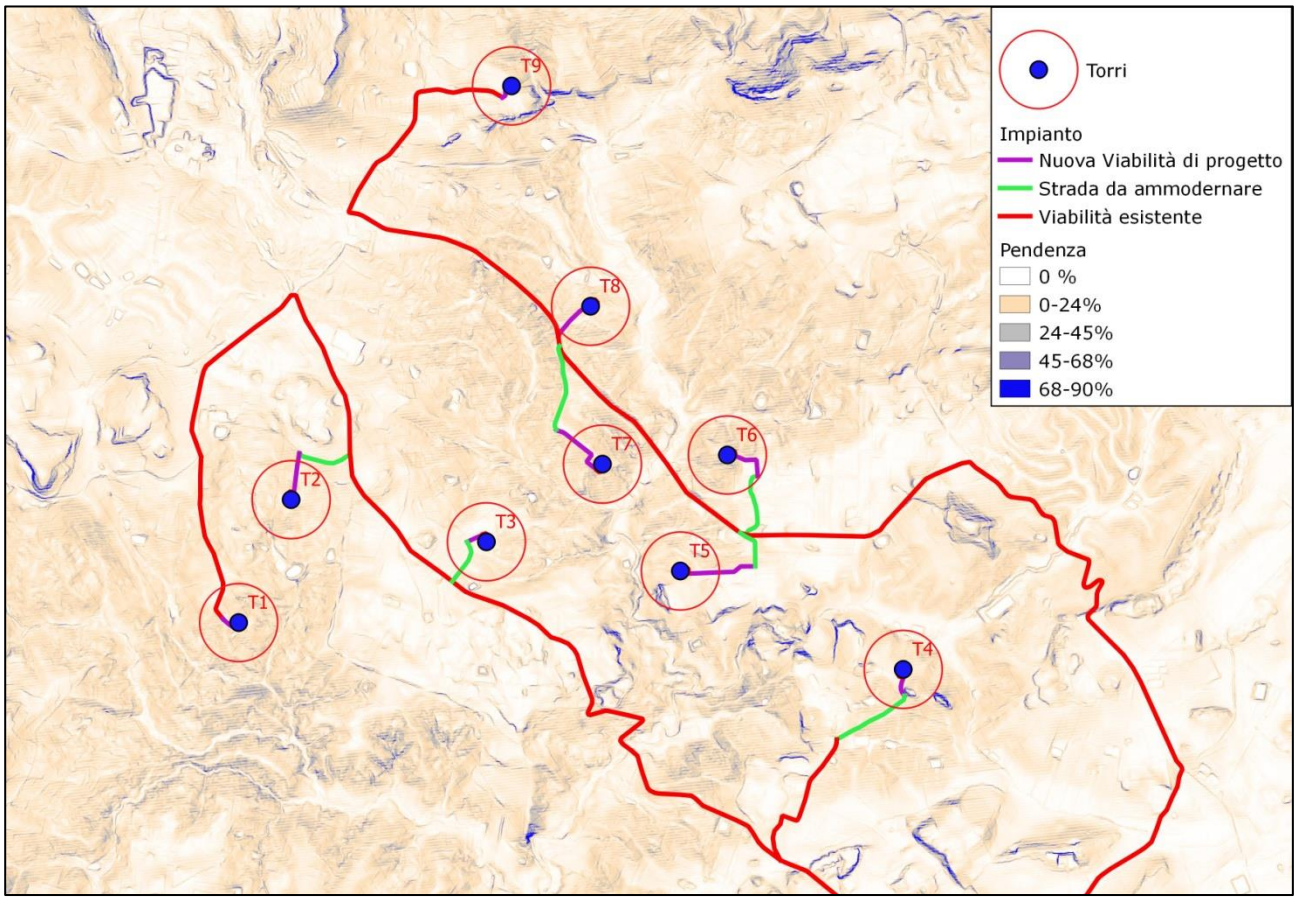


Figura 5 – Carta delle pendenze

Dal punto di vista geomorfologico, il sito di studio ricade all'interno del Bacino idrografico del Fiume Palma con codice Bacino 070 (Figura 6).

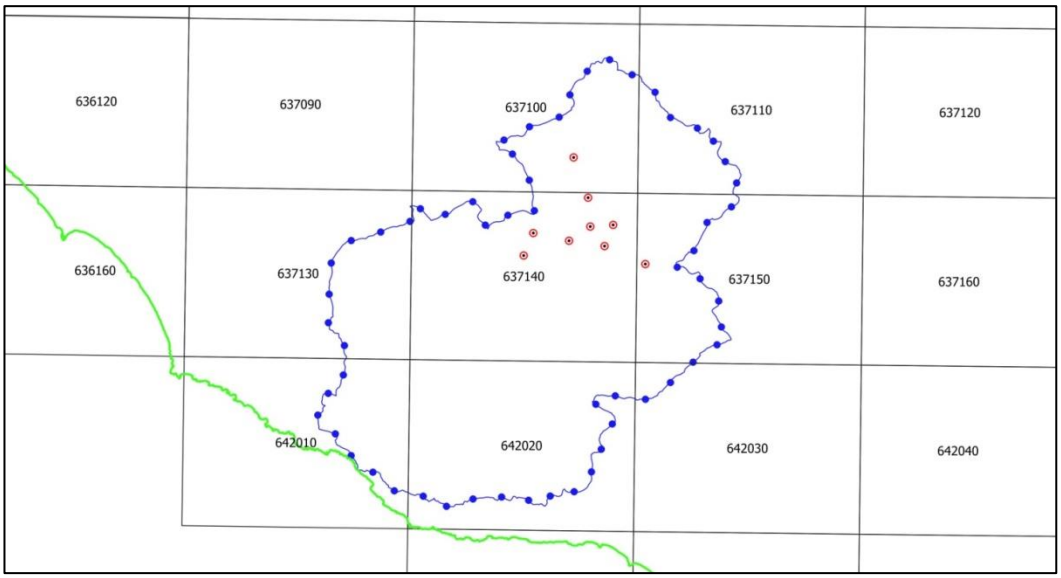


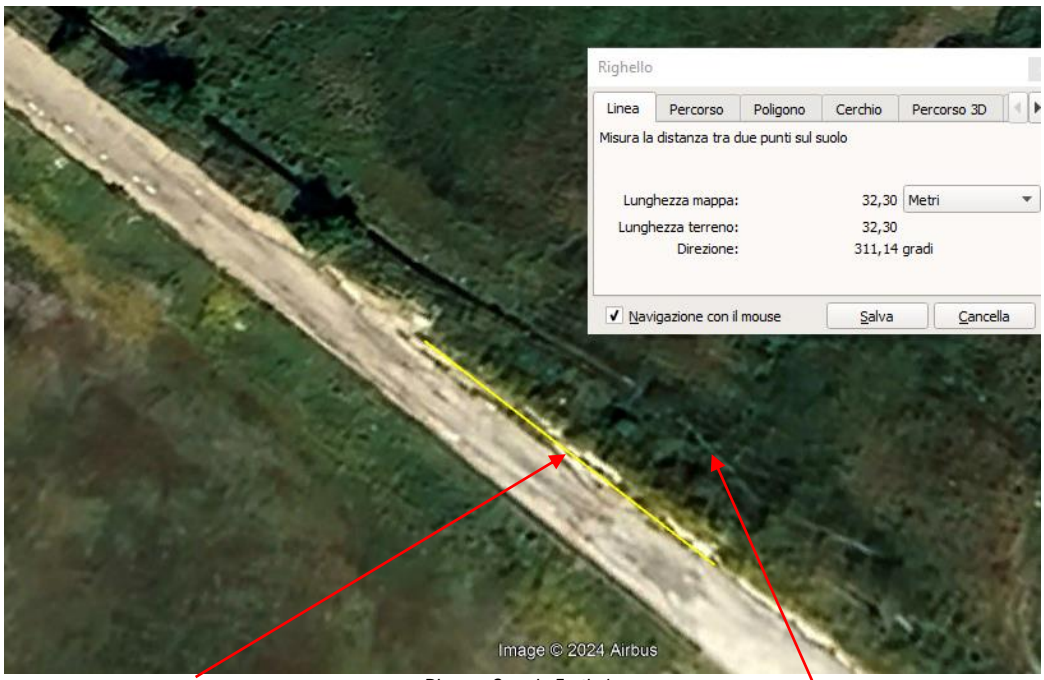
Figura 6 – Inquadramento Bacino idrografico PAI

L'assetto morfologico è prevalentemente caratterizzato dal contrasto fra gli affioramenti carbonatici che costituiscono i rilievi della zona e le ampie vallate argillose che si interpongono a questi rilievi. La morfologia di queste aree è legata sia alla disposizione e alla distribuzione areale delle formazioni rocciose affioranti, le quali oppongono una elevata resistenza all'aggressione operata dagli agenti esogeni, sia al loro assetto strutturale. Difatti l'azione di peneplanazione operata dagli agenti esogeni si espleta maggiormente sui litotipi incoerenti e/o pseudocoerenti lasciando a nudo i rilievi a carattere

prevalentemente coerente o lapideo. Per ultimo ma non di minore importanza risulta il fattore clima, il quale ha determinato delle oscillazioni di notevole importanza e di conseguenza delle variazioni nel livello di base dell'erosione attivando o inibendo i processi morfogenetici.

I corsi d'acqua principali che sono presenti nell'area d'intervento defluiscono verso il mare con andamenti a volte tortuosi condizionati dalla presenza di affioramenti litologici più resistenti all'azione erosiva. I litotipi hanno risposto alle varie sollecitazioni di disfacimento in maniera differente in funzione delle loro caratteristiche composizionali, determinando nel tempo una diversa risposta all'aggressione degli agenti esterni. Sui depositi carbonatici si sono espletate delle azioni prevalentemente di solubilizzazione lasciando quasi intatti gli affioramenti. Tali fenomenologie vengono evidenziate dalla presenza di fenomeni carsici che determinano lo smussamento dei blocchi affioranti e l'allargamento delle fratture presenti.

Dalla sovrapposizione delle strutture sulle cartografie del P.A.I. (Bacino idrografico del Fiume Palma - 070) è scaturito che l'impianto e le strutture di connessione ricadono al di fuori dalle aree in dissesto ad eccezione di un piccolo tratto di cavidotto, che collega la Torre 9 con la Torre 8, che in quel tratto attraversa un tratto di viabilità interessato dal dissesto con codice 070-1CM-030 (Figura 7). Tale dissesto, censito in occasione della Revisione del Pai del Fiume Palma nell'anno 2011 è stato classificato come una frana complessa di tipo attivo. Dalla perimetrazione eseguita dallo Staff Tecnico dell'Ufficio preposto alla revisione del PAI appare che il dissesto interessi quasi tutta la viabilità sulla quale s'intende realizzare il cavidotto per un tratto lungo 100 metri (come riportato sulla Relazione di Revisione Pai 2011). Dal sopralluogo eseguito sull'area su cui insiste il dissesto è stato possibile accertare che la strada sulla quale sarà realizzato il cavidotto è interessata da un cedimento verticale (stimato pari a 150 cm. nel punto di maggior cedimento – Foto n. 2) della sede stradale solo nel lato nord-est della strada (Ripresa Google Earth 1 e Foto n. 1) per una lunghezza di circa 33 metri.



Ripresa Google Earth 1

Punto di maggior cedimento

Muro di sostegno a valle della strada

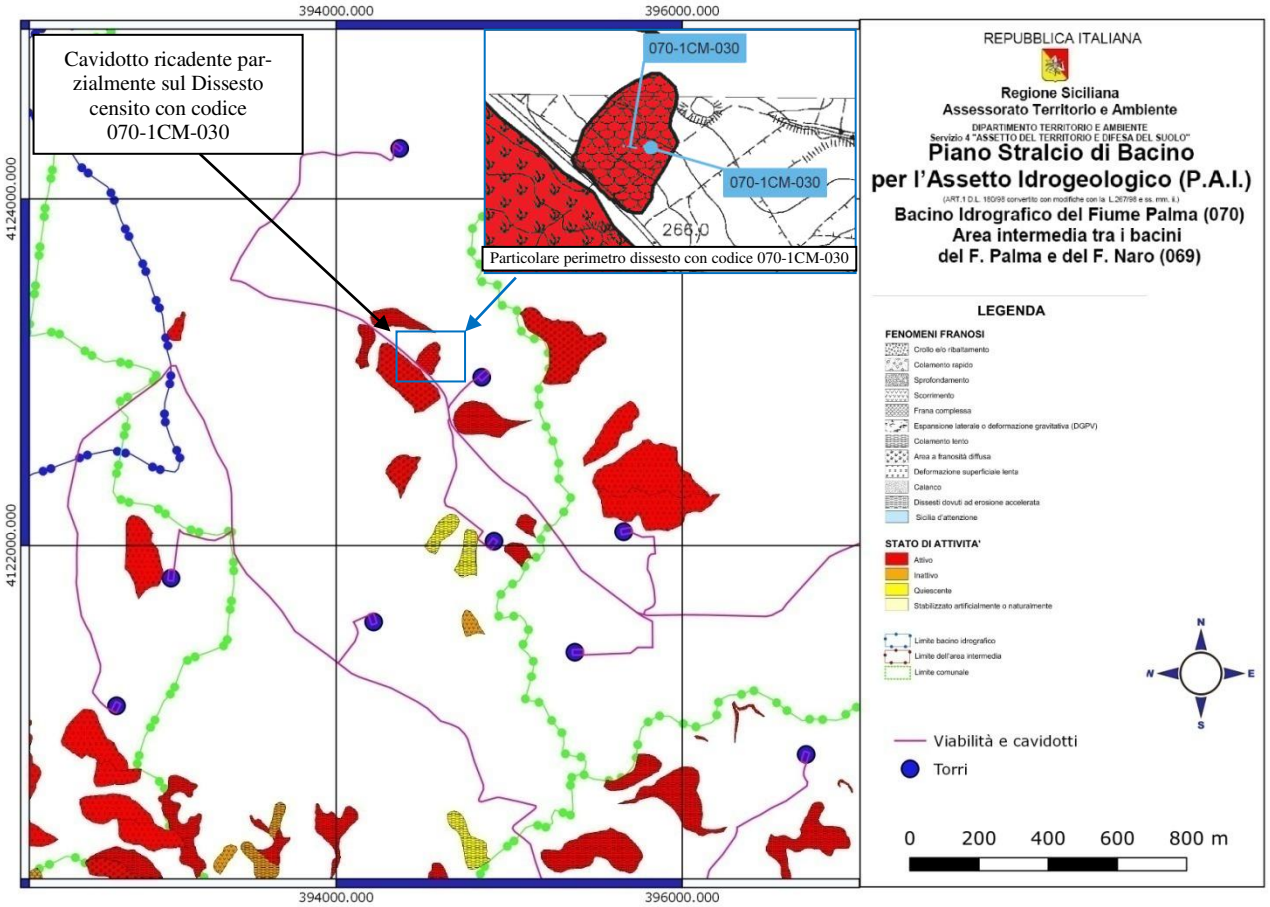


Figura 7 – Stralcio carta dei dissesti

Foto n. 1 – Ripresa fotografica sede stradale da Nord-ovest- dettaglio

Foto n. 2 – Ripresa fotografica sede stradale da Nord-ovest – Punto di maggior cedimento

Tale cedimento risulta limitato ad una piccola porzione della sede stradale ed alla sua cunetta di nord-est, esso interessa parzialmente le strutture di protezione della stessa che sono rappresentate da un muro di sostegno posto subito a valle della strada che appare spaccato, ceduto e spostato verso valle (Foto n. 3 e 4).

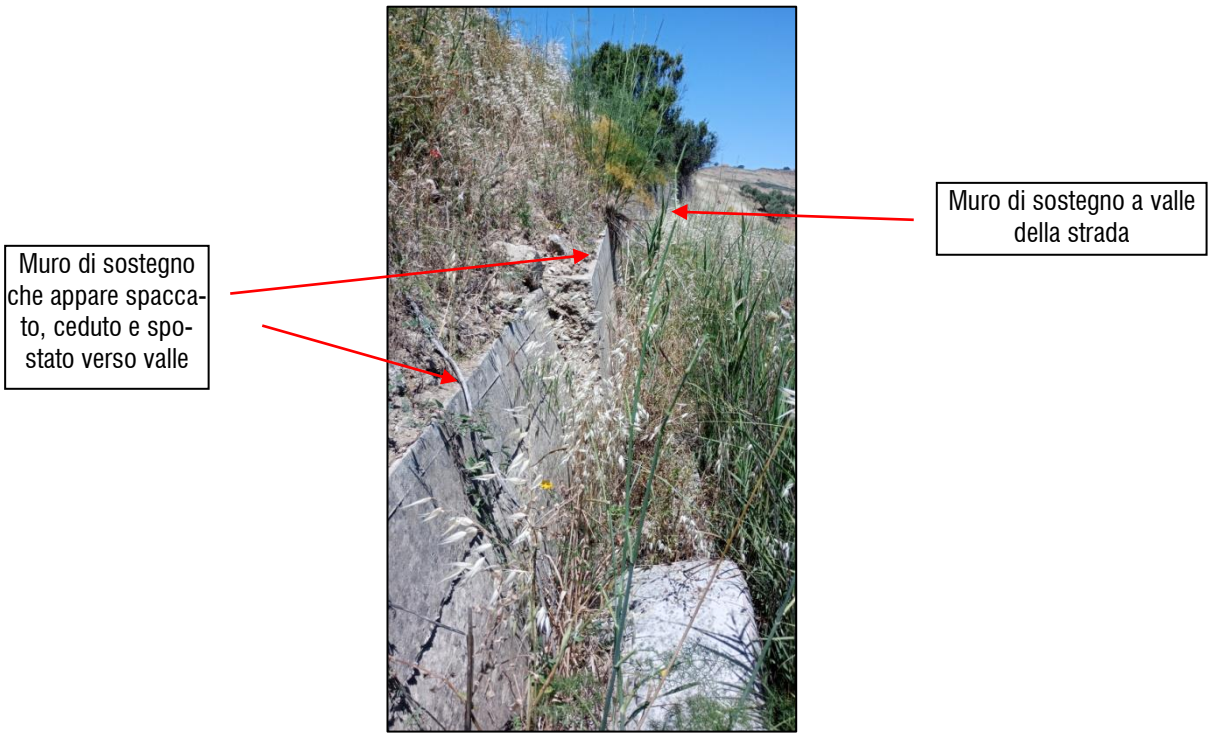


Foto n. 3 – Ripresa fotografica a valle della sede stradale (da sud-est) riportante il muro di sostegno a valle

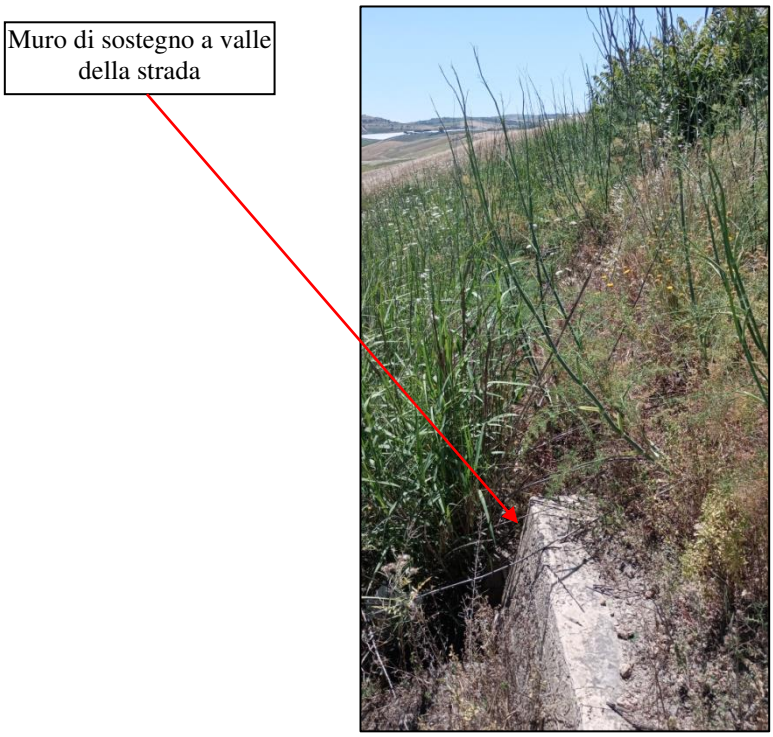
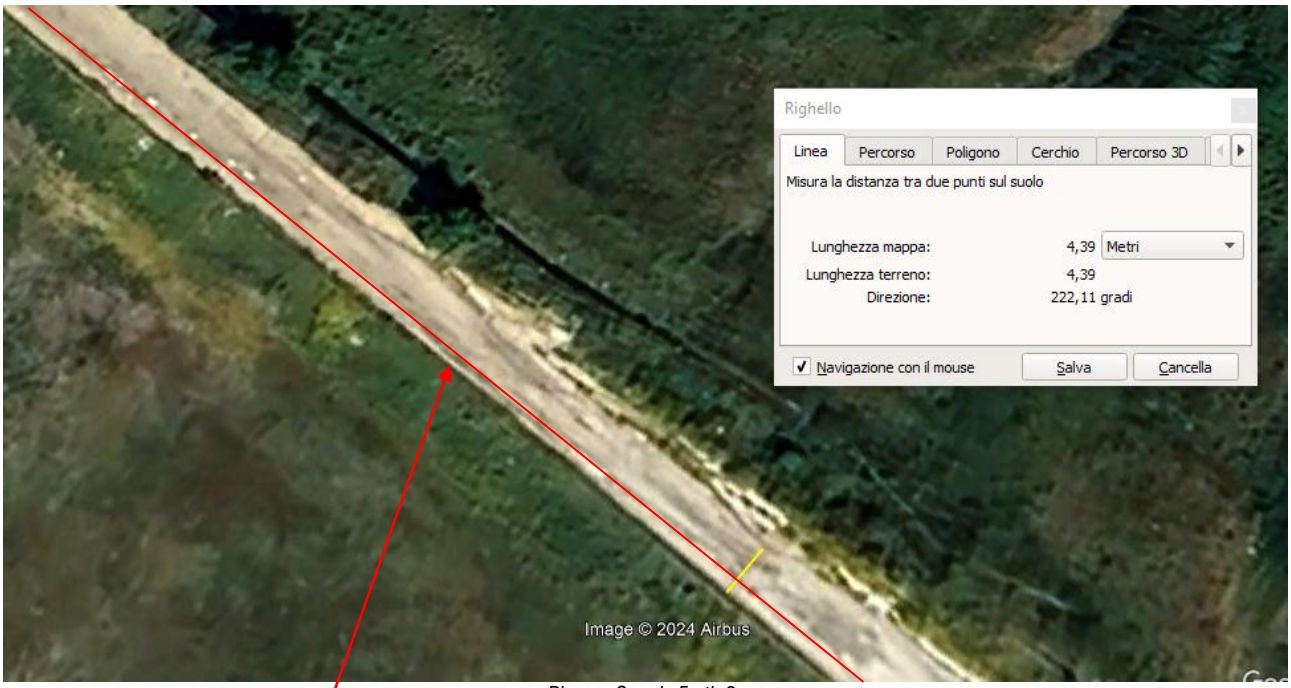
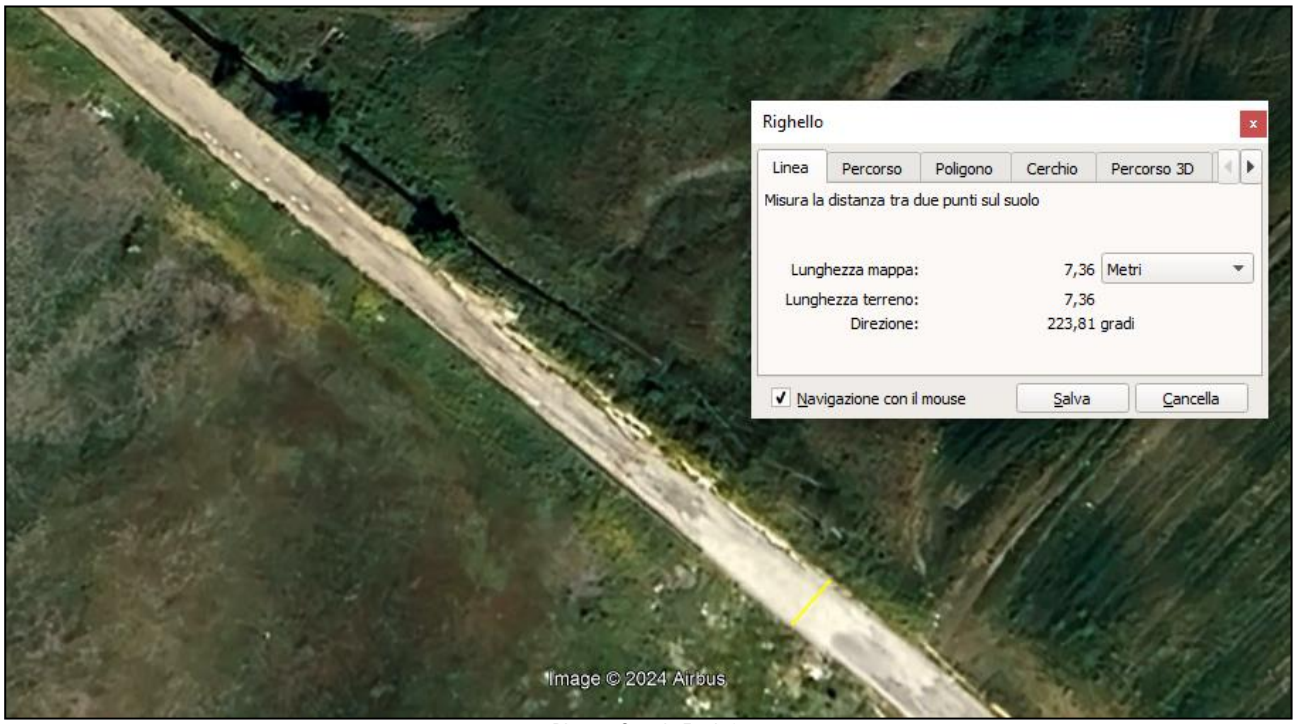


Foto n 4 – Ripresa fotografica a valle della sede stradale (da Nord-ovest) con particolare muro di sostegno ceduto

Da quanto precedentemente riportato si evince che difatti la perimetrazione del dissesto è errata probabilmente a causa di una erronea restituzione grafica in quanto non interessa tutta la sede stradale ma solo un tratto di circa 33 metri in senso longitudinale per circa 3 metri in senso trasversale (Ripresa Google Earth 1 e 2) rispetto ad una larghezza totale di 7.4 m. (Ripresa Google Earth 3).



Ripresa Google Earth 2



Ripresa Google Earth 3

Inoltre considerato che il dissesto oltre a non avere subito ulteriori movimenti dal 2011 al 2024 si ritiene che si sia stabilizzato naturalmente raggiungendo un equilibrio. Pertanto si esclude che sulla sede stradale si possano verificare ulteriori azioni di richiamo del dissesto presente a valle. Quindi sulla scorta di quanto evidenziato nelle precedenti considerazioni e argomentazioni si ritiene che il cavidotto nel tratto a tergo del dissesto possa essere collocato adottando cautelativamente una profondità di posa dello stesso non inferiore a 2 metri. Questo espediente, qualora si verificasse una ulteriore riattivazione del fenomeno con azione di richiamo verso monte, consentirà di salvaguardare il cavidotto.

Inoltre va evidenziato che rispetto a quanto indicato sulla carta della Pericolosità e Rischio geomorfologico del PAI nei tratti in cui il cavidotto ricade sull'area censita in frana si determina un fattore di Pericolosità P3 e sul tratto in cui interessa la viabilità un fattore di Rischio R3 mentre sulla restante area non in frana il cavidotto in progetto ricade sulla fascia di rispetto di 20 metri istituita con D.P. 109 del 15/04/2015 (Figura 8 e 8 bis).

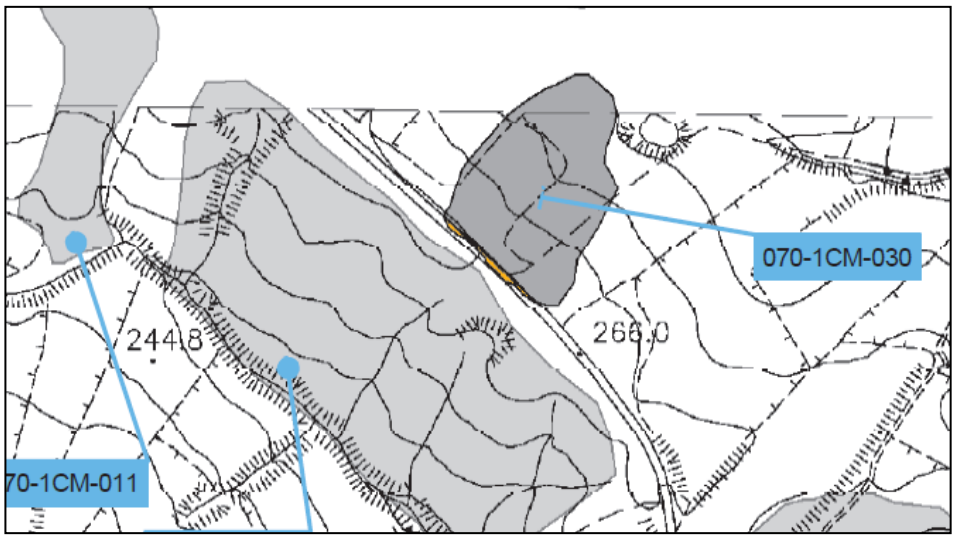


Figura 8 - Stralcio Carta della Pericolosità e Rischio geomorfologico Pai

La restante area di impianto non ricade in aree classificate a vario grado di pericolosità e rischio secondo il "Piano Straordinario per l'Assetto Idrogeologico" (DARTA n°298/41 e s.m.i.) e da aree a rischio secondo il "Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico – P.A.I." (DPR n° 284/2007) e successive modifiche ed integrazioni.

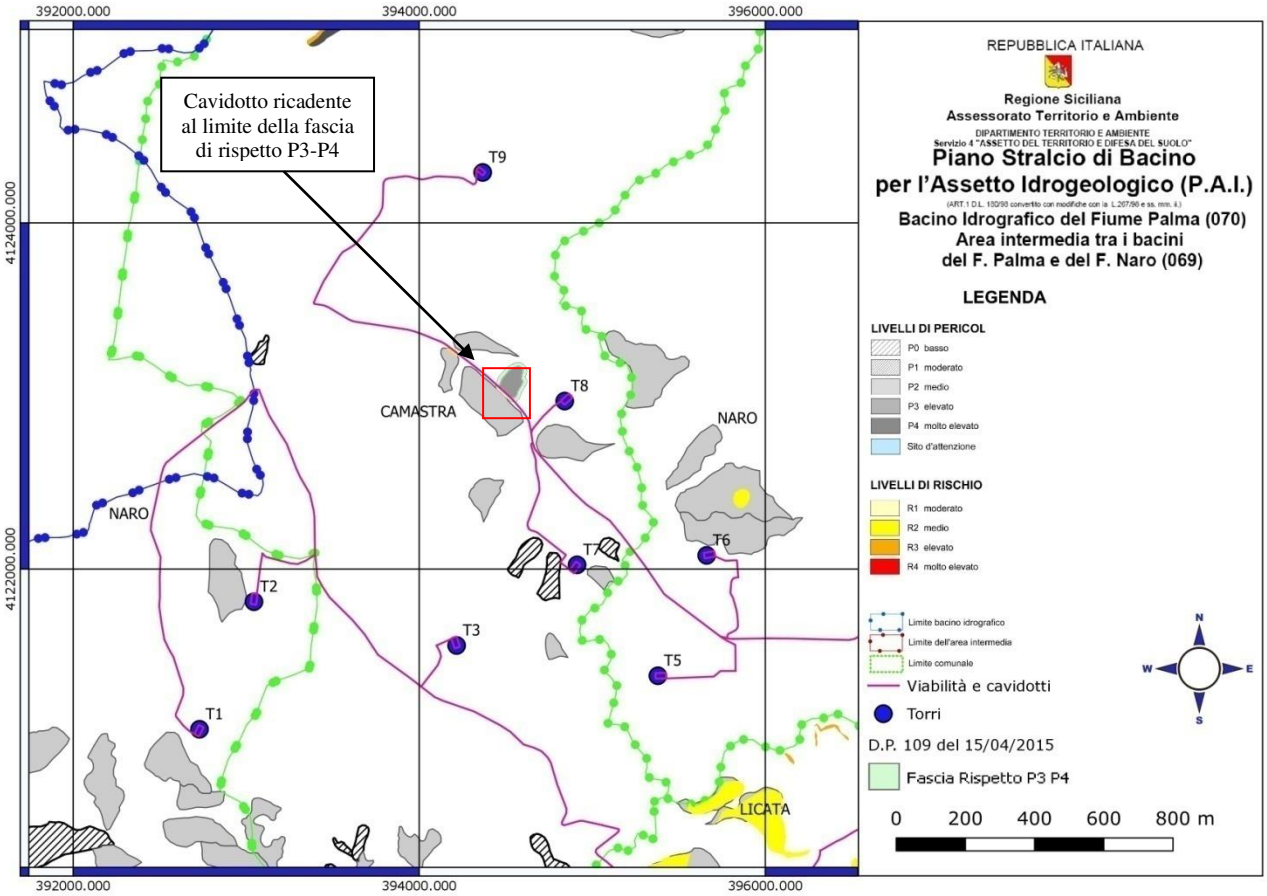


Figura 8 Bis - Stralcio carta della pericolosità e del rischio in scala 1:10.000

5.2. Interferenza con le Aree Vincolate ai sensi del Regio Decreto 3267/23

L'impianto eolico, ad eccezione della Torre 3 ed alcuni tratti di viabilità e cavidotti, ricade su aree vincolate dal R.D. 3267/23 (figura 9). A tal proposito è bene evidenziare che la realizzazione delle torri determinerà sicuramente dei movimenti terra per la realizzazione delle piste di accesso, la posa dei cavidotti e la realizzazione delle piazzole permanenti che servirà le torri negli anni di esercizio. Tuttavia considerata la morfologia delle aree d'imposta degli aerogeneratori e la tipologia di fondazione indiretta da adottare, si ritiene che non sarà stravolta l'originaria orografia dell'area.

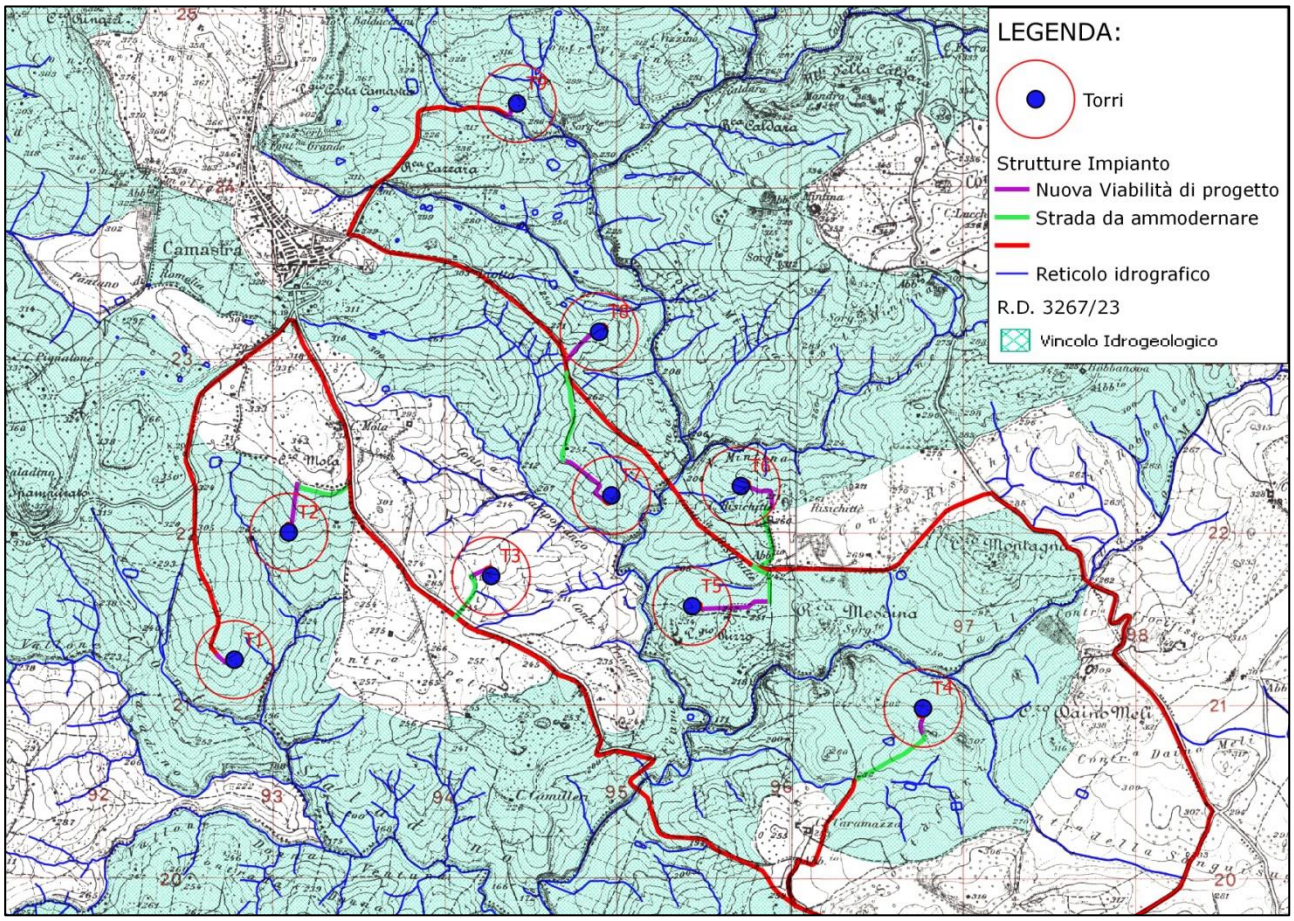


Figura 9. Stralcio IGMI con aree vincolate ai sensi del RD. 3267/23

Durante le fasi di sbancamento per la posa del cavidotto e la realizzazione delle piazzole sarà posta particolare attenzione alla gestione delle acque di precipitazione e scorrimento che saranno raccolte e canalizzate a valle lungo le linee di impluvio naturali poste a valle delle strutture. Gli scavi eseguiti saranno colmati in breve tempo al fine di evitare di alterare il deflusso idrico superficiale e profondo.

I fondi su cui saranno realizzate le strutture sono attualmente destinati alle coltivazioni cerealicole e foraggere e pertanto non è previsto nessun abbattimento alberi. I lavori prevedono la realizzazione di brevi piste di accesso che ricalcheranno in parte la viabilità esistente per arrivare alle strutture in progetto.

Il materiale di risulta dagli scavi sarà gestito secondo il Piano preliminare di utilizzo delle terre e rocce da scavo.

Considerato che le strutture in progetto saranno realizzate su terreni prevalentemente argillosi impermeabili si ritiene che la realizzazione di piste e piazzole non altererà in maniera determinate il bilancio idrico totale.

In ogni caso opportune opere idrauliche (Canali a sezione trapezia e tubi armco) sono state progettate per gestire in maniera ottimale i deflussi recapitando le acque raccolte nei recettori naturali presenti a valle delle strutture progettate senza pertanto alterare il regime idrologico ed idrogeologico delle aree. Tutti i dimensionamenti e le tavole esplicative della regimentazione delle acque trova ampia ed esaustiva digressione nella relazione idrogeologico-idraulica di settore.

Pertanto alla luce di quanto esposto si ritiene che l'opera in progetto sia compatibile con l'assetto idrogeologico del sito e che la realizzazione delle strutture non alteri in maniera determinante l'assetto idrogeologico del territorio interessato.

5.3. Vulnerabilità geomorfologica

La vulnerabilità geomorfologica di una determinata area è funzione di diverse caratteristiche che contraddistinguono la stessa in termini di regime termo pluviometrico, litologia, esposizione, giacitura, falda, tettonica ecc. La previsione spaziale, meglio conosciuta come *suscettibilità*, è volta alla localizzazione sul territorio delle aree più propense al dissesto e quindi alla realizzazione di carte di pericolosità relativa, con ripercussioni e applicazioni sia nel campo della pianificazione territoriale che in ambito di Protezione Civile.

La suscettibilità geomorfologica può essere definita come la propensione di una determinata area all'innesco di movimenti di massa in relazione alle caratteristiche intrinseche dei terreni di copertura e del substrato, delle caratteristiche morfologiche, ed alla maggiore esposizione nei confronti degli agenti climatici. La suscettibilità non considera la ricorrenza temporale, né la dimensione delle frane. In termini matematici, la suscettibilità geomorfologica è comunemente espressa come *la probabilità d'occorrenza spaziale di un dissesto, dato un insieme di condizioni territoriali e ambientali*. La zonazione della suscettibilità geomorfologica suddivide e classifica un territorio sulla base della propensione che lo stesso ha di produrre frane. Le mappe di suscettibilità da frana sono quindi propedeutiche alla zonazione della pericolosità e del rischio, e possono essere strumenti utili alla pianificazione ed alla gestione territoriale. L'analisi di suscettibilità richiede alcune assunzioni di base (Guzzetti et al., 1999):

1. Ogni evento franoso lascia sul terreno delle tracce caratteristiche che sono riconoscibili e mappabili attraverso rilievi sul campo o da remoto;
2. I meccanismi di innesco di un qualsiasi fenomeno franoso obbediscono a leggi fisiche, quindi la raccolta dei fattori di instabilità consente la definizione dei modelli di suscettibilità;
3. I dissesti futuri si verificheranno sotto le stesse condizioni che hanno causato i dissesti passati;
4. E' possibile determinare la probabilità spaziale e temporale dei dissesti attraverso l'analisi dei fattori geologico-ambientali.

Quindi, un dato territorio può essere classificato in accordo ai diversi gradi di probabilità di essere soggetto a una determinata tipologia di dissesto.

Partendo da questi presupposti è stata affrontata la tematica della suscettività dell'area studiata cercando di riconoscere e mappare le fenomenologie franose presenti in tutto il contesto progettuale. Tale censimento ha consentito di produrre la carta geomorfologica che rispecchia, in termini di elementi in frana, la carta dei dissesti del PAI. Ciò scaturisce dall'avere accertato mediante rilievi sul campo e studio delle cartografie esistenti che le uniche frane presenti nel territorio interessato dall'impianto di produzione sono riconducibili a quelle censite sul PAI (figura 7).

Successivamente si è passati all'analisi dei fattori che tendono a destabilizzare i terreni determinando l'innesco delle fenomenologie franose. L'analisi eseguita ha consentito di appurare che tali fattori, nel contesto specifico, sono da ricondurre alla natura del substrato, alla presenza di acqua ed alla pendenza.

La natura del substrato di fondazione delle torri e delle piazzole è argillosa a cui si alternano tra una torre ed un'altra affioramenti di depositi eluvio colluviali ricchi di trovanti calcarei e banchi calcarei e gessosi che occupano le cime dei versanti a maggior pendenza. Le argille della Formazione Cozzo Terravecchia sono caratterizzate da uno strato superficiale di alterazione avente spessore variabile tra 1 e 4 metri composto prevalentemente da limi argillosi debolmente sabbiosi che passano in profondità ad argille debolmente limose molto coese e dure. I calcari e i gessi sono caratterizzati da ottimi parametri geotecnici e resistono alle azioni gravitative anche per pendenze elevatissime. I depositi eluvio colluviali sebbene abbiano caratteristiche

scadenti occupano le porzioni a bassa pendenza dell'area esaminata ed hanno spessori esigui. Le frane censite occupano le aree sulle quali insiste la Formazione cozzo Terravecchia e per tale motivo si ritiene che sia l'unica formazione che abbia una suscettività al disseto. Per tale motivo si è concentrata l'attenzione su questo deposito tralasciando gli altri che non presentano forme di dissesto nemmeno per pendenze molto elevate.

In tale ottica è stata eseguita una ricerca degli elementi predisponenti al dissesto su questi terreni, primo tra tutti l'acqua. In tale ottica è stata scongiurata la presenza di falda al di sotto delle aree interessate dalle torri grazie alla esecuzione di indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo e prove penetrometriche) che hanno indagato uno spessore massimo di terreno pari a 30 metri. Grazie a questi dati è stato possibile appurare che i depositi che caratterizzano le aree d'intervento sono prive di falda e che la successione stratigrafica è rappresentata da depositi a componente argillosa i quali sono impermeabili e non possono dar luogo alla formazione di falda. Tutte le ricerche eseguite sui vari portali (SGI ecc.) hanno scongiurato l'esistenza di pozzi o sorgenti nelle aree d'intervento e in quelle prossime.

In seconda analisi si è passati alla valutazione delle interferenze delle aree d'impianto con la rete drenante esistente al fine di valutarne la possibile interazione (scalzamento al piede del versante, approfondimenti in alveo, esondazioni ecc.) e scongiurarne l'influenza. Dall'analisi eseguita (Figura 10) è stato possibile accertare che tutte le torri e le piazzole sono posizionate lontane dal reticolo idrografico e solitamente in posizioni morfologicamente esenti da reticolo idrografico tali da non destare preoccupazioni sia sotto l'aspetto strettamente geomorfologico che idrologico e idraulico (esondazioni).

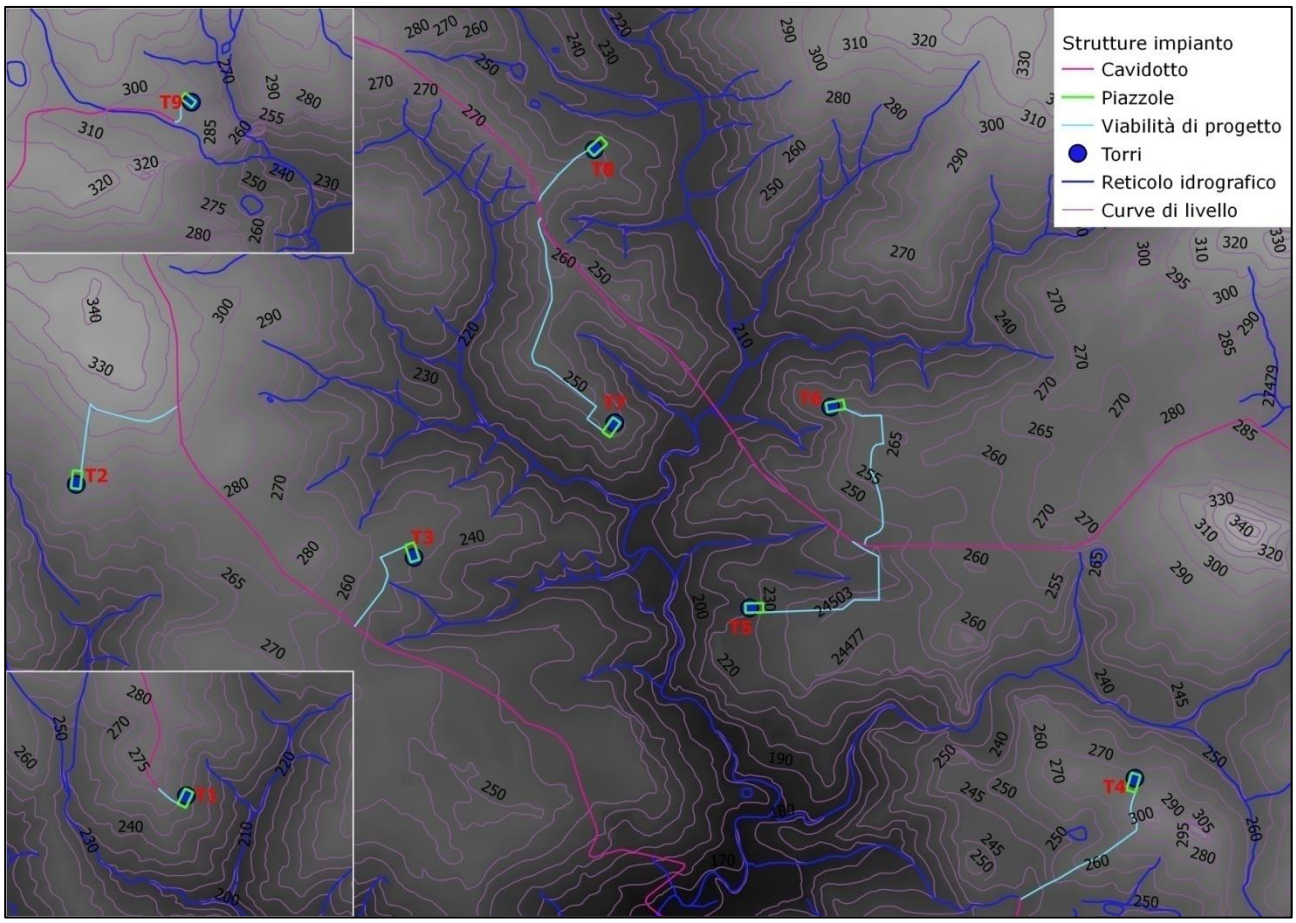


Figura 10 – Reticolo idrografico

Le uniche interferenze rilevate interessano il cavidotto sulla viabilità esistente che tra l'altro risulta dotata di adeguate opere idrauliche atte a proteggere le infrastrutture esistenti ed in progetto.

Successivamente si è passati all'analisi delle pendenze dell'area evidenziando che le frane s'innescano su terreni caratterizzati da valori di pendenza superiori ai 15° mentre le strutture d'impianto s'impostano su terreni a pendenza massima di 15°(figura 11).

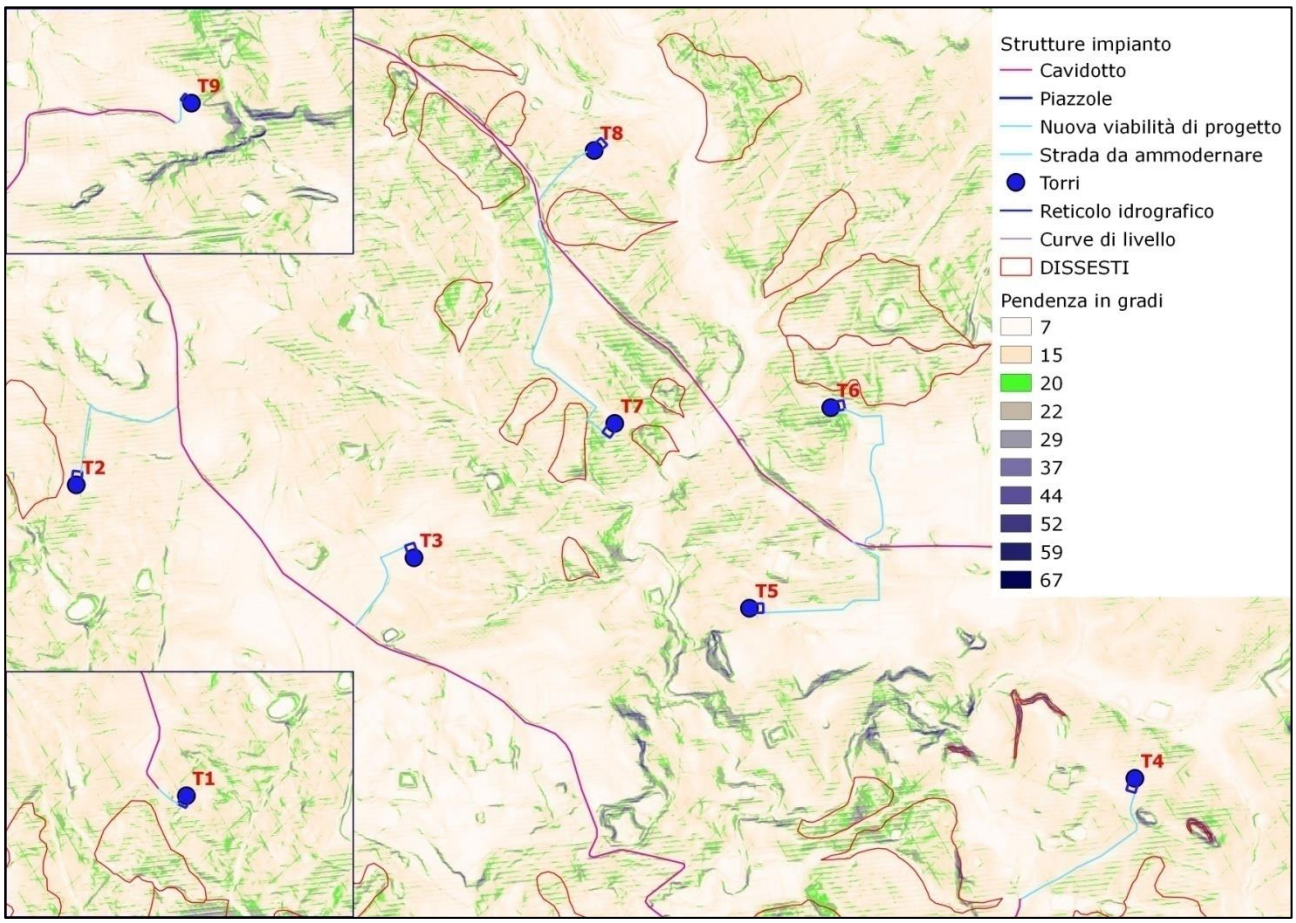


Figura 11 - Carta delle pendenze in gradi

Pertanto considerato che le aree interessate da fenomenologie franose sono quelle a pendenza superiore a 15° si esclude che le aree d'intervento siano suscettibili in termini di franosità e pertanto si deduce che le stesse sono caratterizzate da una propensione al dissesto scarsa o nulla.

5.4. Categoria topografica

Dall'analisi delle pendenze delle aree su cui saranno montati i tracker è scaturito che la pendenza media dei versanti su cui insisteranno le strutture è inferiore a 15°. Essi risultano tutti localizzati su versanti con le caratteristiche di pendenza anzi descritte e pertanto essendo inferiori a 15° la categoria topografica è **T1** – Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°.

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°
T2	Pendii con inclinazione media i > 15°
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°

6. GEOLOGIA

6.1. Inquadramento geologico regionale

Il territorio nel quale ricade l'impianto rientra nella porzione centro-meridionale della Sicilia. Nel contesto geologico regionale, l'isola siciliana rappresenta una porzione della megasutura che si sviluppa lungo il limite tra la placca africana e quella europea, con una porzione di catena che attraverso la Sicilia collega gli Appennini e la Calabria con le Maghrebidi.

La storia geologica dell'area Fig. 12 ha visto una prima fase orogenica alpina paleogenica, cui sono seguiti i movimenti compressivi legati alla rotazione antioraria oligo-miocenica del blocco sardo-corso, la cui collisione con il margine continentale africano è generalmente considerata la causa della deformazione compressiva nella catena sudappenninica-siciliana.

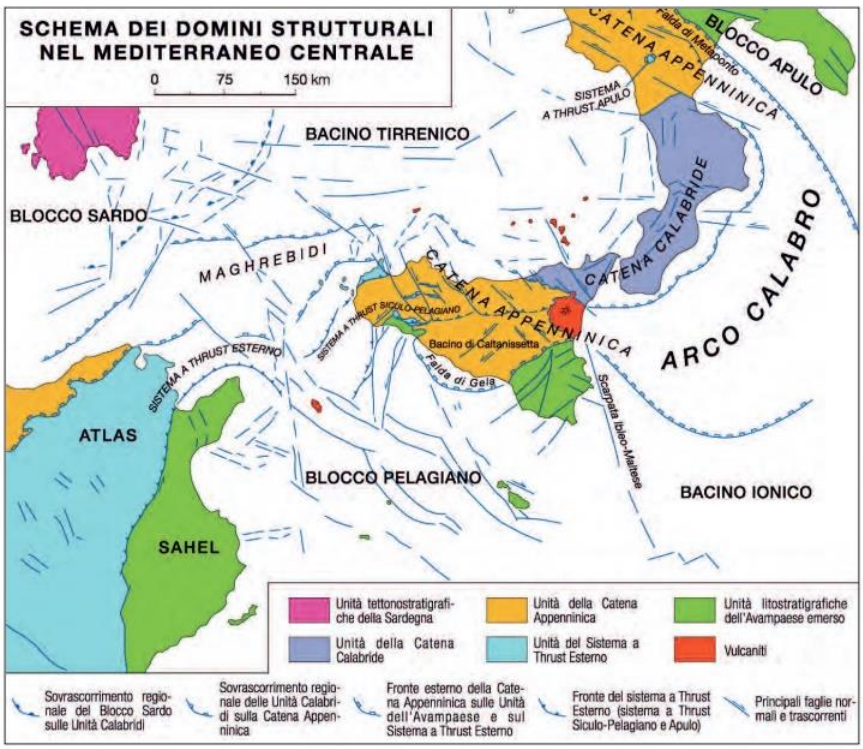


Fig. 12 – Domini strutturali del Mediterraneo Centrale (da Lentini et al., 1994 modificato)

All'interno del complesso collisionale siciliano e del suo prolungamento in mare si riconoscono tre elementi principali:

- Avampaese, affiorante nella zona sud-orientale della Sicilia e presente anche nel Canale di Sicilia a sud di Sciacca;
- Avanfossa recente, in parte sepolta dal fronte della catena nella Sicilia meridionale e nel Bacino di Gela, sita nell'offshore meridionale della Sicilia e nel Plateau Ibleo lungo il margine settentrionale dell'avampaese;
- Catena complessa con vergenza E-SE spessa anche più di 15 km, costituita dalle Unità calabro-peloritane e dalle Unità appenniniche siciliane.

Gran parte della Sicilia centrale ed occidentale rientrano nelle Unità della Catena Appenninica; Quest'ultimo si è strutturato nel periodo Miocene superiore-Pleistocene, contemporaneamente all'apertura tirrenica.

6.2. Tettonica

La Sicilia, con la sua posizione centrale nel Mediterraneo rappresenta un segmento dell'orogene Appenninico-Maghrebide, la quale collega l'Appennino al Nord Africa tramite l'Arco Calabro-Peloritano. Fig. 13.

L'area del Mediterraneo centrale è caratterizzata da un dominio di Avampaese e da uno Orogenico, a sua volta costituito da un edificio multistrato in cui si riconoscono dal basso verso l'alto un Sistema di Thrust Esterno, la Catena Appenninico-Maghrebide e la Catena Calabro-Peloritana. La fascia orogenica è caratterizzata dalla presenza di crosta oceanica ionica in subduzione e tirrenica in espansione.

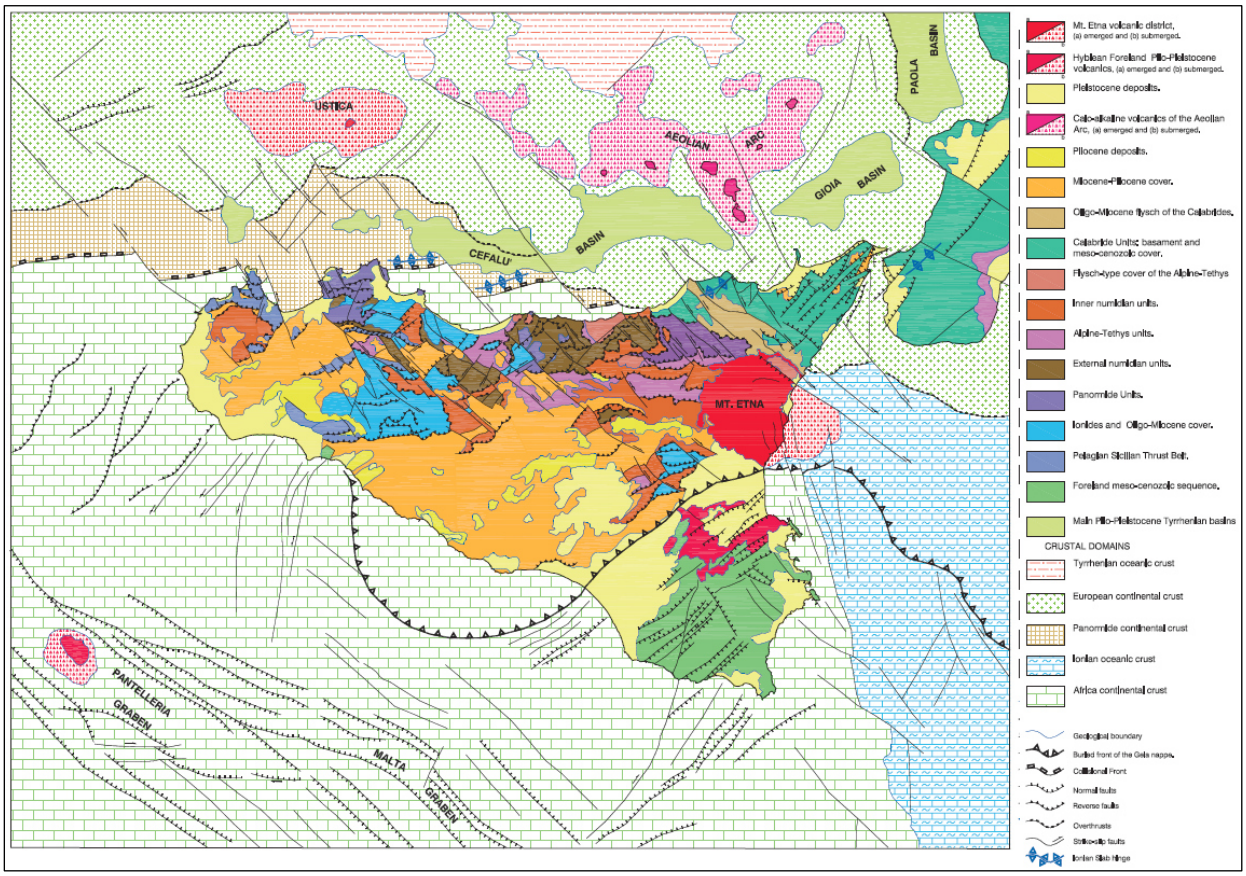


Fig.13 – Schema strutturale Sicilia (Lentini et al., 2004)

Per quanto concerne il dominio di avampaese, questo comprende le aree indeformate della Placca Nord-Africana, rappresentata dal Blocco Pelagiano e dal Bacino Ionico, mentre il dominio orogenico si è originato mediante il tipico sistema "catena-avanfossa-avampaese", con un progressivo coinvolgimento spazio- temporale delle aree via via più esterne, per cui settori con ruolo di avampaese si sono trasformati in unità tettoniche inglobate nell'edificio orogenico, è questo il caso delle unità Panormidi originariamente aree di avampaese durante il Miocene inferiore e successivamente in ricoprimento sulle Ionidi. Queste ultime a loro volta si trasferiranno in ricoprimento sul Sistema Siculo Pelagiano in contemporanea con l'apertura del Bacino Tirrenico. Inoltre studi paleomagnetici hanno contribuito ad arricchire il quadro geodinamico delle varie unità tettoniche, affette da

rotazioni orarie che hanno accompagnato il trasporto orogenico verso Sud-Est e Sud delle varie falde nell'intervallo cronologico mio-pliocenico.

Per comprendere la storia tettonica che ha portato alla formazione dell'attuale assetto strutturale e tettonico, si riporta di seguito una ricostruzione paleogeografica lungo un transetto orientato nord-sud dalla Sardegna al Canale di Sicilia, tratto dalle "Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia – Geologia della Sicilia, Cap. V Tettonica" (Figura 14).

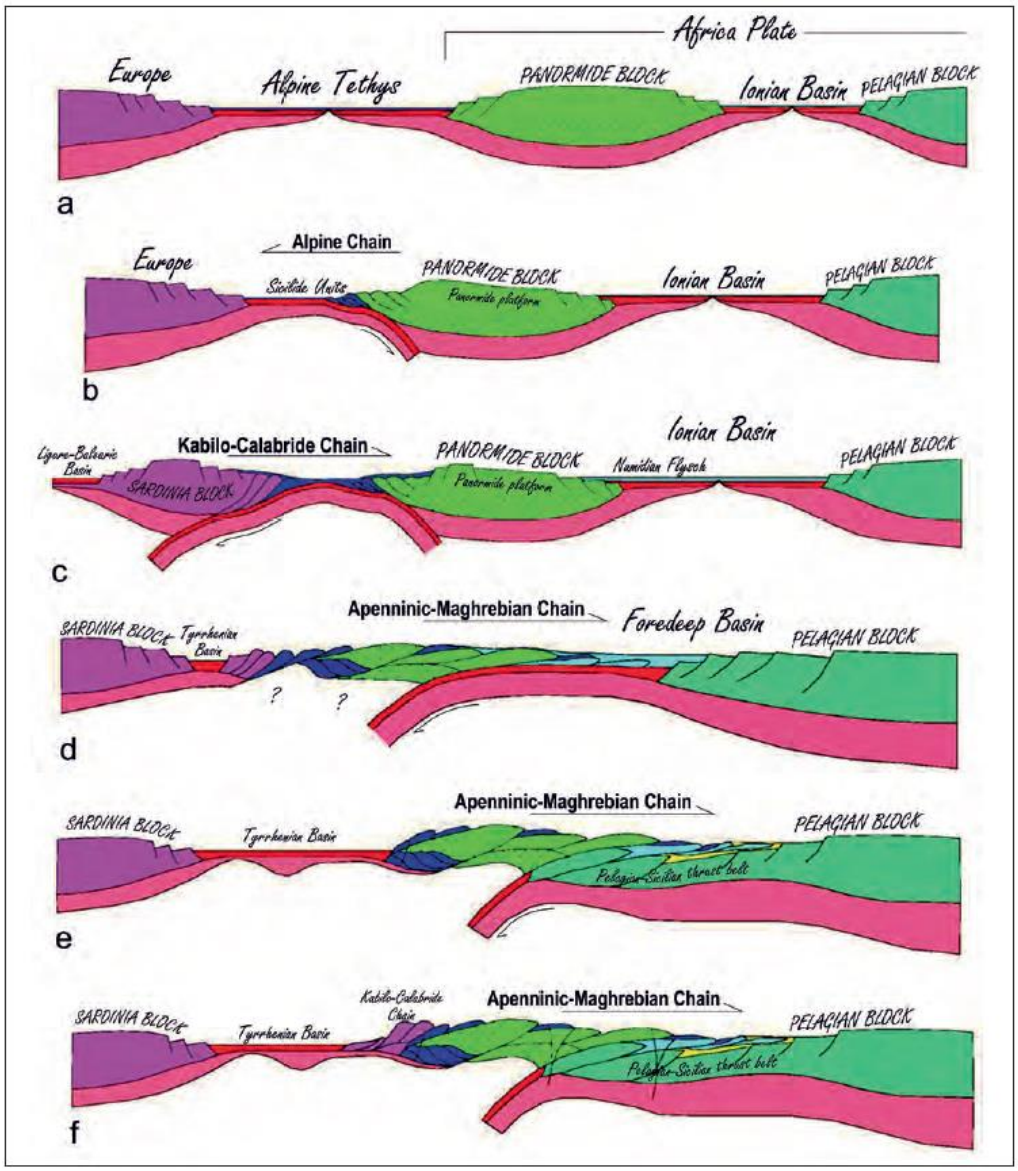


Fig.14 – Ricostruzioni paleogeografiche, transetto N-S Sardegna-Canale di Sicilia (Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia – Geologia della Sicilia)

Le fasi sopra rappresentate sono di seguito esposte:

a. Durante il Giurassico superiore le placche Europa e quella Afro-Adriatica erano separate dal bacino oceanico Alpino-Tetideo;
b. Durante lo Stadio Eo-Alpino si formò l'orogene Alpino, guidato dalla subduzione verso sud della Tetide Alpina sotto la placca Afro-Adriatica durante il Cretacico-Eocene;
c. A partire dall'Oligocene si attiva una subduzione verso nord che coinvolge ciò che rimane della crosta Alpino-Tetidea;
d. La prima evidenza dell'inizio dell'apertura tirrenica si trova nei sedimenti del Miocene medio-superiore;

e. Oceanizzazione del bacino del Vavilov a partire dal Pliocene;
f. L'arretramento dello slab ionico ha causato la migrazione verso Sud-Est del sistema orogenico, accompagnata dallo sviluppo di un sistema di faglie trascorrenti destre (Sistema Sud-Tirrenico), connesso alla contemporanea collisione tra il blocco Panormide e quello Pelagiano ad ovest e la subduzione attiva sotto l'Arco Calabro-Peloritano ad est.

L'area d'intervento si trova a cavallo di un segmento delle strutture transpressive che deformano l'avanfossa off-shore di fronte al fronte esterno della Sicilian Fold and Thrust Belt (SFTB). La SFTB costituisce la spina dorsale della Sicilia continentale e fa parte della fascia orogenica maghrebino-appenninica formando l'ampio limite di placca collisionale del Mediterraneo centro-occidentale. L'estremità anteriore di questo sistema di spinta affiora a terra nella sua porzione orientale tra Gela e Catania, sezione confinata ad est dalle strutture relative al sistema di subduzione del bacino ionico, e nella sua porzione occidentale tra Capo Granitola e Sciacca. Nella sua sezione centrale segue un ampio arco convesso verso sud che corre per la maggior parte della sua lunghezza al largo della costa siciliana meridionale (falda di Gela). Nella Sicilia occidentale, l'andamento generale del fronte di spinta esterno Plio-Quaternario SFTB vira gradualmente verso un'incursione NE-SO/NNE-SSO formando una rientranza verso nord attorno alla piattaforma carbonatica Saccense Meso-Cenozoica. Questo fronte alla fine attraversa il Canale di Sicilia lungo l'Adventure Thrust Front (ATF), collegandosi così con i fronti di spinta affioranti sulla terraferma in Tunisia. Al largo della costa della Sicilia meridionale, a est dell'ATF, due sistemi di faglie transpressionali con andamento NS attraversano le faglie di avampaese, formando i sistemi di faglie di Capo Granitola (CGFS) e Sciacca (SFS) (Ferranti et al., 2019).

Quest'ultimo, noto anche come Belice-Sciacca Wrench Fault System (Argnani et al., 1986), è interpretato per separare due settori della zona di rift del Canale di Sicilia. Questa è caratterizzata da piattaforme carbonatiche e bacini profondi interposti (dominio pelagiano), coinvolgendo nella deformazione depositi di avanfossa neogene-quaternari lungo i fronti esterni. I dati geologici e geofisici del sottosuolo mostrano che nella Sicilia occidentale l'SFTB è costituito da due livelli strutturali sovrapposti: quello meno profondo, a pelle sottile, composto da strati di spinta che coinvolgono rocce di acque profonde, sovraspinte durante il Miocene su quello più profondo, che a sua volta deforma i carbonati di piattaforma d'acqua bassa delle unità Trapanese e Saccense. Dal tardo Miocene (messiniano), le più recenti soluzioni GPS per l'ampia area siciliana, grazie ad una più fitta rete di stazioni, forniscono un maggior dettaglio per l'area compresa tra il promontorio ibleo e la catena siculo-maghrebina nella Sicilia orientale (es. Devoti et al., 2017) . A scala regionale, i dati GPS evidenziano un andamento medio N-S di convergenza tra i fronti esterni dei settori terrestri del sistema di spinta siciliano-maghrebino, in accordo con l'evidenza geologica della loro recente attività testimoniata dalla deformazione del Plio -Depositi di avanfossa quaternaria e a sud del vulcano Etna, depositi marini e fluviali del tardo Pleistocene-Olocene.

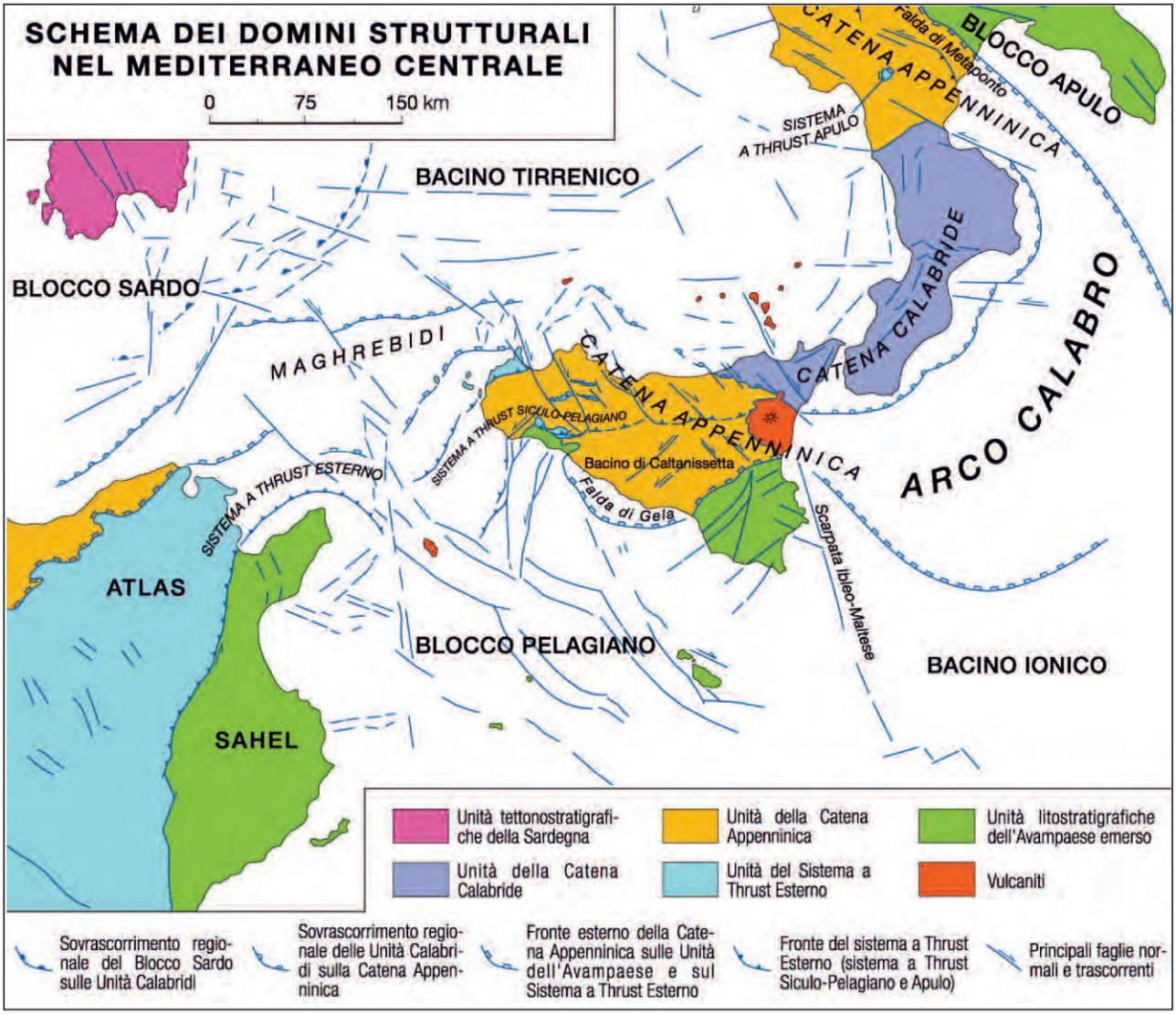


Fig. 1 – Domini strutturali nel Mediterraneo Centrale (da LENTINI *et alii*, 1994, modificato).
- Structural domains in the Central Mediterranean area (after LENTINI et alii, 1994, modified).

I cataloghi storici e strumentali mostrano che in Sicilia e nelle aree limitrofe gli eventi sismici più importanti sono localizzati in pochi settori distinti, tra cui l'area del Belice, il Tirreno Meridionale al largo della costa settentrionale della Sicilia, i monti Nebrodi e Peloritani, l'Etna e le regioni iblee, mentre solo sismicità diffusa e minore si osserva nella Sicilia centrale (bacino di Caltanissetta) e nel Canale di Sicilia. Nella Sicilia occidentale gli unici terremoti distruttivi si sono verificati durante la sequenza sismica del 1968. Il lavoro di Guidoboni et al. (2002) e Bottari et al. (2009), sulla base di un'analisi critica dettagliata e sistematica dei dati archeologici, ha evidenziato il verificarsi di almeno due forti terremoti storici che hanno prodotto danni e distruzione ai templi di Selinunte. Questi eventi sismici, datati rispettivamente tra il IV e il III secolo A.C. e tra il IV e il VI secolo D.C., non sono attualmente inclusi nei cataloghi sismici italiani. Tali eventi possono essere stati prodotti da singole sorgenti appartenenti alla SFTB contenute in questa Fonte Composita oppure possono essere collegati all'attività dei fronti di spinta che corrono tra Castelvetrano e Capo Granitola. Tuttavia, non ci sono indicazioni sulla loro entità e sulla vera ubicazione delle fonti causali.

6.3. Inquadramento geologico dell'area rilevata

Lo studio geologico d'insieme e di dettaglio è stato eseguito conducendo inizialmente la necessaria ricerca bibliografica sulla letteratura geologica esistente, la raccolta ed il riesame critico dei dati disponibili ed infine una campagna di rilievi effettuati nell'area strettamente interessata dallo studio. Il rilevamento geologico in scala 1:10.000 dell'area (Vedi Figura 15) che sarà interessata dalle strutture dell'impianto, ha evidenziato la presenza di litotipi a componente carbonatica presenti nelle aree morfologicamente più alte dall'area di impianto e da depositi a componente pelitica nell'area d'imposta degli aerogeneratori.

Tali Formazioni litologiche si sono deposte nel periodo compreso tra il Tortoniano ed oggi. Questi termini affiorano estesamente nel bacino centrale siciliano, noto come Fossa di Caltanissetta, che è allungato da NE a SW per circa 140 km ed ha una larghezza che si aggira sugli 80 km. Il Graben è riempito da un pacco di sedimenti prevalentemente plastici e da colate gravitative per uno spessore che si ritiene raggiunga un massimo di 7.500 m. tra Agrigento e Licata. Tale processo di messa in posto ha determinato la formazione di numerose pieghe che caratterizzano in modo determinante l'area considerata. A grande scala i litotipi presenti sono essenzialmente riconducibili ai depositi limo-argillosi della Formazione Cozzo Terravecchia (Tortoniano), ai termini della Serie Gessoso Solfifera (Messiniano), ai trubi, alle argille azzurre Plioceniche, alle sabbie e calcareniti Pleistoceniche, ai depositi alluvionali ed ai depositi e detriti eluvio-colluviali.

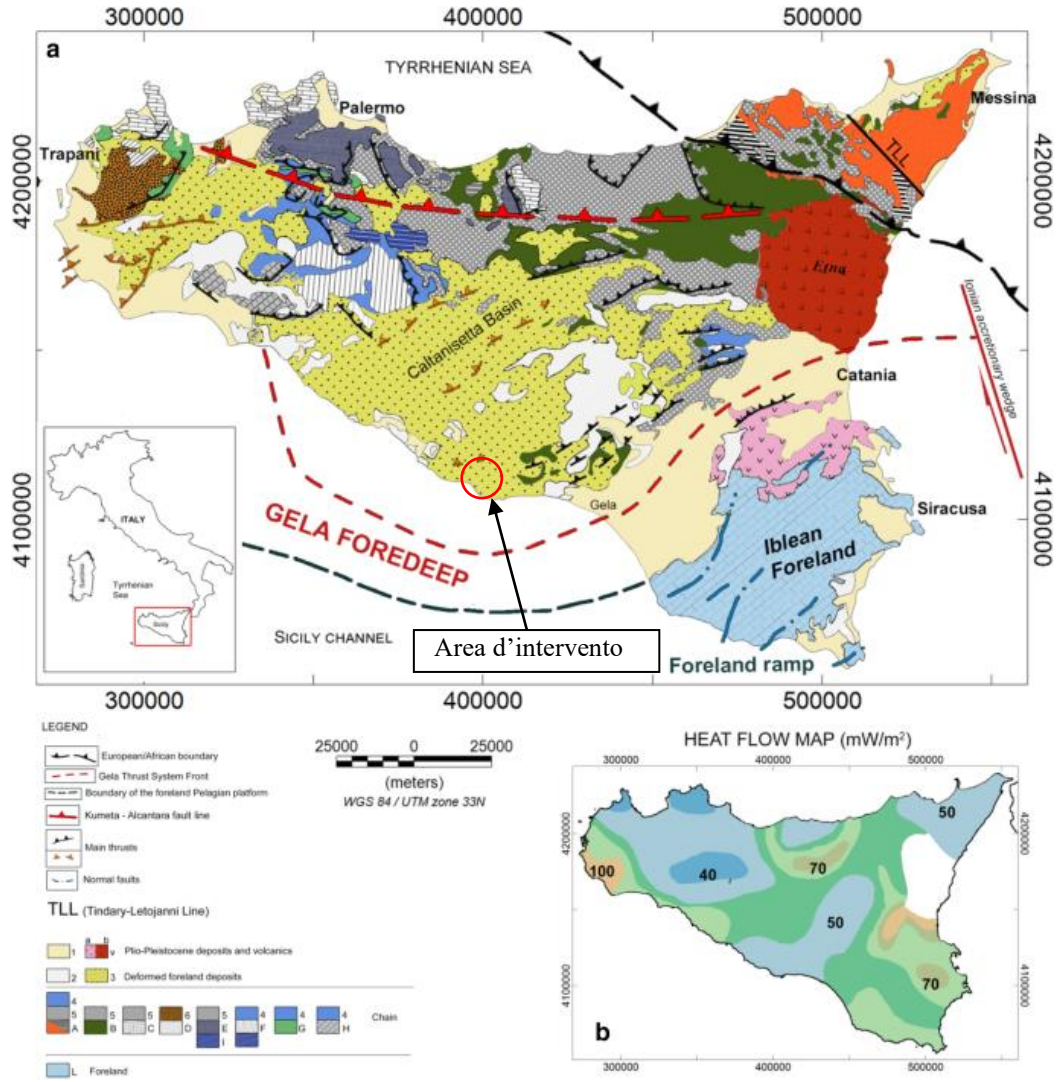


Figura 15 – Carta assetto strutturale della Sicilia

Vengono di seguito descritte le unità litologiche riscontrate durante il rilievo di campagna:

Formazione "Cozzo Terravecchia"

Questa formazione introdotta da Schimidt Di Friedberg (1962) prende il nome dalla località tipo in cui è stata studiata, ovvero il fianco settentrionale di Cozzo Terravecchia, circa 2 Km. a nord di Santa Caterina Villarmosa. La sequenza litologica presente all'interno della Formazione dal basso verso l'alto può essere suddivisa in tre litofacies tipiche:

Litofacies argillo-marnosa, che dal punto di vista batimetrico rappresenta una zona epibatiale, è costituita prevalentemente da argille e argille sabbiose o marnose di colore grigio verdastro. Data la modalità di messa in posto di questo pacco di sedimenti, caratterizzato da fenomeni di colate gravitative sottomarine, è possibile rinvenire la presenza di inclusi di varie dimensioni e natura all'interno di questa litofacies.

Litofacies arenaceo sabbiosa, costituita da una potente serie di arenarie o sabbie debolmente cementate a laminazione incrociata, di facies deltizia è caratterizzata da sabbie a prevalente composizione quarzosa talvolta ben cementate;

Litofacies conglomeratica, costituita prevalentemente da conglomerati poligenici con clasti arrotondati di varie dimensioni e immersi in una matrice sabbiosa, la quale aumenta sempre di più verso la sommità del deposito a scapito di una minor presenza di ciottoli.

Dal rilevamento geologico di superficie eseguito è scaturito che la Formazione "Cozzo Terravecchia" sia presente nell'area studiata esclusivamente con la Facies Argillo-marnosa (Complesso argilloso basale). Tale Complesso costituirà il substrato di fondazione di tutte le torri ad eccezione della Torre T9. Essa si rinviene in tutta l'area rilevata delimitando le dorsali calcaree e gessose che rappresentano gli alti morfologici dell'area. Tale deposito in affiormaneto è presente con la facies pelitica e risulta prevalentemente costituita da argille e limi argillosi, con intercalazioni di livelli sabbiosi e con inclusi di varia natura e dimensione, talvolta arrotondati e/o a spigoli smussati. Sovente è possibile riscontrare nuclei limonitici di colore giallo bruno dovuto alla ossidazione fossile presente anche internamente allo stesso nucleo e che contribuiscono, insieme alla aliquota sabbiosa, a conferire un colore giallastro a tutto l'insieme. Lo spessore di questo pacco è localmente molto forte ed è indeterminabile poiché non affiora il letto della formazione, solo dalla bibliografia a nostra disposizione, si è desunto che esso è dell'ordine di centinaia di metri. In superficie tale litofacies si presenta di colore grigio tendente al giallastro, mentre in profondità si presenta di colore azzurro e/o grigio verdastro consistente. Il litotipo è datato Tortoniano.

Serie Gessoso Solfifera

Tale Serie è una successione stratigrafica in continuità di sedimentazione con la "Formazione Cozzo Terravecchia", che vede la presenza di tre termini peculiari che la caratterizzano il tripoli, il calcare e i gessi. Tali termini si sono deposti in un bacino di sedimentazione le cui caratteristiche sono quelle di un mare chiuso. Tale evento, noto in letteratura come "crisi di salinità del Messiniano", instauratosi a seguito della chiusura dello soglia di Gibilterra, determinò l'isolamento del mare mediterraneo e di conseguenza l'instaurasi di un ambiente euxinico cui seguì l'aumento continuo della concentrazione dei sali disciolti nelle acque e la loro successiva deposizione.

Tripoli

Il tripoli rappresenta il primo termine della serie e si formò durante l'instaurarsi dell'ambiente euxinico che portò alla morte di numerose specie animali presenti nel mare. Difatti il tripoli è una diatomite candida ricca di resti di pesce con marne calcaree a globigerine e calcari più o meno dolomitici. Tale litotipo si formò in un ambiente più lagunare che marino (Ogniben 1967).

Il tripoli affiora nei pressi della Torre 4 delimitando il passaggio tra i calcari e la sottostante Formazione Cozzo Terravecchia. Il passaggio calcari tripoli argille non è netto ma è dato da una alternanza di strati di tripoli, argille, marne argillose e calcari marnosi che si frappongono tra le due facies estreme rappresentate dai calcari e dalle argille. Naturalmente tutti questi strati di transizione hanno al loro interno un elevato contenuto di gusci silicei rappresentati dalle diatomee costituenti il tripoli.
La roccia è datata come afferente al Messiniano Inferiore.

Calcare

Seguono in successione i calcari di base o solfiferi. Tale litotipo si è formato nel periodo successivo alla deposizione del tripoli con passaggi graduali ed alternanze calcari, marne tripoli.
Il calcare presenta caratteristiche composizionali che oscillano tra quelle della dolomia e quelle del calcare d'aspetto travertinoide con passaggi in profondità verso il calcare marnoso compatto. Tale litotipo è presente sempre a nord sulle dorsali che delimitano la piana di Licata. Esso si presenta talora detritico con inclusi elementi lapidei di dimensioni variabili da qualche decimetro a qualche metro. In altri casi la roccia è ben stratificata, talvolta in modo molto netto evidenziato da livelli di spessore variabile dal centimetro a qualche decimetro mal cementati ed a matrice argillosa; gli strati hanno uno spessore che raggiunge spesso i 2-3 metri e si presentano in grossi banchi con grande omogeneità e continuità laterale. Gli affioramenti sono in ogni caso intensamente fratturati a causa degli stress tettonici a cui il calcare è stato sottoposto in passato. La giacitura, a grande scala, risulta irregolare caratterizzata da pieghe sinformi e antiformi e sono presenti fratture diversamente orientate e faglie. Quando il deposito affiorante è lapideo, gli ammassi in superficie si presentano lisci e ricchi di vacuoli a causa delle acque acide che danno vita a fenomeni di dissoluzione del carbonato. Tutti gli Autori che hanno studiato tale litotipo sono concordi nell'interpretare il Calcare di base come un sedimento di acque basse. La roccia è datata come afferente al Messiniano Inferiore.

Gessi

Sovrapposti ai calcari ci sono i gessi con intercalazioni argillose (A.B. 3) che sono presenti a ridosso degli affioramenti calcarei. Il litotipo in affioramento si presenta di colore grigio scuro ed è molto alterato a causa delle reazioni di idratazione a cui va incontro. La roccia risulta costituita da due tipi di gesso, il balatino e il selenitico che si presentano in grossi banchi, con giacitura stratificata o massiva, talvolta sede di mineralizzazione solfifera. Presentano aspetti variabili da gessi macrocristallini (selenite) a gessi balatini stratificati, ad alabastrini, fino ai gessi saccaroidi; sono caratterizzati da intercalazioni argillo-marnose e sono stratigraficamente sovrastanti le formazioni saline. Talvolta presentano un elemento sommitale sabbioso-arenaceo di modesta potenza (Arenazzolo). La roccia è datata come afferente al Messiniano Superiore.

TRUBI

Seguono le marne bianche a foraminiferi del Pliocene inferiore generalmente conosciute col nome locale di "Trubi". Depositatesi in ambiente pelagico, queste marne sono di colore bianco, calcaree, scheggiose, stratificate (spessore medio di ogni singolo strato 20 cm.) ed alternate con marna argillosa grigiastra a frattura concoide, pure disposta in strati di uguale potenza. In qualche raro caso il trubo si compone esclusivamente di marna compatta a frattura concoide con diminuzione del tenore di "carbonato di calcio" dal basso verso l'alto. Gli affioramenti sono abbastanza estesi e si addossano a quelli della serie "Gessoso Solfifera". La deposizione del membro trubi, secondo "OGNIBEN" (1954), "*é caratterizzata da una continuità nella deposizione; a differenza dei calcari di base e dei gessi che sono discontinui perché si sono depositati in masse lenticolari*". Secondo il "BALDACCI" (1886) "*i trubi fanno parte dello stesso ciclo sedimentario della serie "Gessoso-Solfifera*", in quanto non possono costituire l'inizio di un ciclo sedimentario pliocenico originato da una trasgressione di secondo ordine iniziata con il deposito della parte superiore dei gessi".

Infatti "OGNIBEN" (1954) dice che "*la relativa regolarità della serie é visibile nell'andamento dei trubi che collegano e completano i discontinui affioramenti dei piani sottostanti, cioè si ha una relativa concordanza e continuità nella costituzione della serie fino a comprendere i trubi*". La roccia affiora nei pressi della Torre 9 ed è datata come afferente al Pliocene inferiore.

ARGILLE AZZURRE –ARGILLE SABBIOSE – CALCARENITI E SABBIE

In successione troviamo gli ultimi termini depositati in ambiente marino che affiorano nella porzione più a nord dell'area in esame. Tali termini sono rappresentati dal basso verso l'alto dalle argille e argille marnose, dalle argille sabbiose, dalle calcareniti, arenarie e sabbie afferenti al Pliocene Superiore Pleistocene Inferiore. La loro deposizione è da ricondurre ad una fase re gressiva dell'area, in cui gli apporti terrigeni continentali fanno risentire la loro influenza in modo preponderante. Studiando attentamente la successione si osserva come le argille abbiano avuto prima un'apporto carbonatico quindi uno sabbioso per poi passare ad un calcare organogeno presumibilmente associato ad acque poco profonde e quindi alle calcareniti, sabbie ed arenarie.

Le argille marnose, le argille e le argille sabbiose in affioramento hanno un aspetto poco plastico, sono alterate ed hanno una giacitura che rispecchia sempre quella dei termini sovrapposti. Il loro colore varia dal grigio chiaro all'azzurro intenso al giallo, in funzione della maggiore quantità di sabbia o di carbonato presente. Il loro spessore non è costante in quanto la meccanica della messa in posto di questi sedimenti è presumibilmente quella associata a trasporto e deposizione nelle depressioni presenti nell'area, pertanto gli spessori variano molto da punto a punto e comunque nell'area studiata si presume che non superino i 100 m.

A questi termini seguono le calcareniti, arenarie le sabbie e le argille sabbiose con alla base livelli di calcare organogeno che si presentano di colore giallastro con alternanza di livelli stratificati o lentiformi sabbiosi talora cementati con grana grossa e molto porosi e di argille sabbiose con spessori centimetrici cui sono frapposti livelli calcarei fratturati anch'essi dello stesso spessore (foto n.1). Questi termini sono sempre associati in affioramento e sono caratterizzati da una grande omogeneità. La roccia è datata come afferente al Pliocene Medio-Pleistocene.

Foto n.1 – Affioramento di calcareniti a Nord-ovest dell'impianto

DEPOSITI ALLUVIONALI

I depositi alluvionali sono costituiti da depositi fluviali di fondovalle più recenti lungo l'alveo e terrazzati in ordine crescente dall'alveo verso le sponde, sino alle aree golenali. Sono costituiti da depositi sciolti ghiaoso-sabbiosi in matrice limosa, sabbioso-limosi e limo-argillosi variamente distribuiti in livelli sia verticalmente che orizzontalmente. Affiorano nell'area in esame ai bordi degli alvei a carattere torrentizio che solcano le vallate argillose e sono costituiti prevalentemente da depositi sciolti a granulometria limo-sabbiosa e argillosa. La loro composizione granulometrica non è uniforme e presenta delle anisotropie composizionali sia in senso verticale che orizzontale. Lo spessore del deposito è molto variabile da circa 1 metro a oltre 2 metri. Tali depositi sono sede di una circolazione idrica superficiale che s'interrompe al contatto con le sottostanti argille.
La loro datazione è recente.

DETRITI ELUVIALI E COLLUVIALI

Si tratta di terreni di copertura, a deposizione continentale, presenti alla base dei depositi calcarei gessosi e trubacei. Sono depositi detritici residuali di copertura legati all'azione chimico-fisica erosiva in posto degli agenti esogeni. Sono prevalentemente costituiti da depositi eluviali i quali presentano una componente limosa a scheletro ruditico-arenitico. Bordano conformemente i rilievi carbonatici da cui si originano e sono prodotti dall'azione di degradazione sullo stesso affioramento. Affiorano nei pressi della torre 2 e la loro datazione è recente.

7. IDROGEOLOGIA

Nel presente paragrafo avente come oggetto "l'idrogeologia" sono stati evidenziati i caratteri di permeabilità degli affioramenti litologici, lo sviluppo del reticolo idrografico e la presenza di eventuali falde ed il loro andamento. A tal proposito è stata redatta apposita carta tematica in scala 1: 10.000 sulla quale sono stati rappresentati graficamente gli elementi desunti.
Dal punto di vista idrologico l'area in esame ricade all'interno di un sottobacino del Fiume Palma, nella sua porzione settentrionale. L'impianto ricade in prossimità della confluenza del Fiume "Camastra" con alcuni piccoli affluenti, Vallone "Mintina", Vallone "Daino Meli" ed il Vallone di c. da "Campofranco". Sono inoltre presenti nell'area d'impianto il Vallone "Donna Ventura" ed il Vallone "Saladino" presso c. da "Saladino".
Lo sviluppo della rete idrografica all'interno del sottobacino è senza dubbio abbastanza simmetrico influenzato principalmente dalla topografia e in maniera secondaria dalla litologia.
In linea di massima, la rete idrografica si presenta piuttosto sviluppata sull'intera area, con incisioni talora marcate ed in fase di approfondimento; ciò indica la presenza di terreni scarsamente permeabili o impermeabili e facilmente erodibili. Il reticolo idrografico di tipo dendritico è abbastanza gerarchizzato ma ancora in via di sviluppo con aste del primo ordine che si immettono in aste di terzo ordine.
Dal punto di vista idrogeologico è stata approntata una accurata indagine al fine di verificare le caratteristiche di permeabilità, le condizioni di deflusso superficiale e la circolazione e distribuzione delle acque nel sottosuolo, che sono determinate dalle diverse condizioni chimico-fisiche delle rocce presenti.
Il regime idrologico, così come il regime idrogeologico, sono direttamente correlati al regime climatico della zona che condiziona in maniera inequivocabile i coefficienti di infiltrazione e di ruscellamento. Ciò regola le velocità di rimpinguamento delle falde nonché le quantità e le modalità di scorrimento delle acque di superficie. Naturalmente le componenti climatiche (precipitazioni e temperatura) non sono le uniche variabili che entrano in gioco nei regolari deflussi ed infiltrazioni, ma va considerata anche la componente suolo ed orografia con la quale le componenti esogene vengono a contatto.

Uno dei fattori principali che determina e condiziona sia lo sviluppo che l'entità dei processi erosivi nonché l'evoluzione del paesaggio é senza dubbio rappresentato dal clima, almeno in ciò che concerne i suoi fenomeni essenziali.

Ogni tipo di roccia infatti può dar luogo a un insieme di forme diverse, ognuna delle quali corrisponde a ben determinate condizioni climatiche. La determinazione delle condizioni climatiche è quindi molto importante nello studio dei processi erosivi di un bacino di drenaggio e diventa essenziale allorché si voglia giungere ad una definizione del suo regime idrologico.

Per la determinazione delle caratteristiche climatiche del sito in esame sono stati utilizzati i dati registrati dalle stazioni termo-pluviometriche e pluviometriche ricadenti nel settore esaminato ed elaborati per il periodo 2001-2018 (tabella 3).

Vengono di seguito riportate le tabelle 4 e 5 con i dati della stazione termometrica e pluviometrica ricadente all'interno del bacino del Fiume Palma.

Stazione	*Bacino*	*Strumento*	*Quota (m s.l.m.)*
Canicattì	*F. Naro*	*Termometro registratore*	*470*
Cipolla Sottano	*F. Palma*	*Pluviometro registratore*	*270*

Tabella 3 - Stazione pluviometrica e termometrica

7.1. Regime pluviometrico

L'analisi del regime pluviometrico è stata effettuata attraverso gli annali idrologici pubblicati dalla Regione Siciliana; in particolare, sono stati presi in considerazione i dati inerenti al periodo 2001-2018 e registrati dalla stazione di rilevamento di Cipolla Sottano ricadente all'interno del bacino del Fiume Palma.

Stazione di Cipolla Sottano

DATI PLUVIOMETRICI

Anno	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	Media annua
2018	42.2	166.8	59.8	11.6	36.6	91.8	*0.4*	46.8	36.6	**237.8**	172.8	25.2	**928.4**
2017	**186.4**	118.8	9.6	45.8	0.4	2.0	3.0	—	48.8	32.6	128.6	34.0	**610.0**
2016	57.0	45.2	108.4	49.0	21.2	25.2	*0.2*	14.8	33.6	51.2	**205.2**	57.4	**668.4**
2015	130.8	**317.8**	103.8	0.4	9.2	21.0	—	15.2	56.2	139.6	82.6	1.8	**878.4**
2013	159.0	79.0	173.6	73.0	7.6	—	—	28.0	66.6	32.4	142.2	84.0	**845.4**
2012	99.4	138.2	60.4	38.8	3.6	—	1.0	—	48.2	100.2	**165.4**	45.8	**701.0**
2011	83.4	138.0	**177.2**	18.2	25.0	0.4	—	—	16.6	158.6	125.0	72.4	**814.8**
2010	212.0	143.2	133.4	30.2	2.8	2.8	3.0	—	70.4	129.2	60.0	20.6	**807.6**
2009	279.2	97.6	102.8	71.8	6.2	—	—	0.4	94.8	142.0	56.4	40.0	**891.2**
2008	27.8	33.6	81.2	35.0	2.6	1.2	—	—	15.2	74.6	64.6	**231.8**	**567.6**
2007	5.6	47.4	139.8	33.8	0.6	32.6	—	—	94.4	69.8	82.2	200.4	**706.6**
2006	120.8	100.4	21.4	7.4	*0.4*	3.8	12.6	[11,0]	121.6	88.4	56.4	**129.6**	[673,8]
2005	94.4	109.4	51.6	46.8	4.6	6.6	—	5.2	7.2	11.6	78.4	**141.6**	**557.4**
2004	50.8	15.2	70.4	89.4	7.2	1.8	1.4	—	94.0	68.2	**298.2**	275.8	**972.4**
2003	114.6	75.2	34.0	84.2	2.2	4.2	—	4.8	[108,2]	[94,8]	**153.6**	143.0	[818,8]
2002	45.2	18.2	11.6	38.8	33.0	*1.8*	2.2	2.8	27.0	61.2	**103.2**	103.0	**448.0**
2001	**142.4**	77.2	27.8	57.2	11.2	1.2	—	2.2	10.0	1.6	81.6	44.0	**456.4**
MEDIA	100.5	96.7	78.8	39.7	9.6	11.5	1.4	6.9	48.9	82.2	116.2	94.5	**611.6**

Tabella 4-Dati Pluviometrici della stazione di Cipolla Sottano registrati nel periodo 2001-2018

I dati pluviometrici raccolti evidenziano che nel periodo considerato i valori medi mensili più alti si concentrano nei mesi di gennaio e febbraio con picchi medi mensili di 317.8 mm. (Febbraio 2015) mentre si riducono notevolmente nei mesi estivi, dati questi correlabili con l'andamento termico del settore. Le variazioni riscontrate rientrano nell'andamento climatico di tipo temperato-mediterraneo, tipico della Sicilia centrale, caratterizzato da precipitazioni di maggiore entità nel periodo ottobre-febbraio e quasi assenti in quello maggio-settembre, mesi in cui si raggiungono le temperature più elevate.

Carta delle precipitazioni medie annue

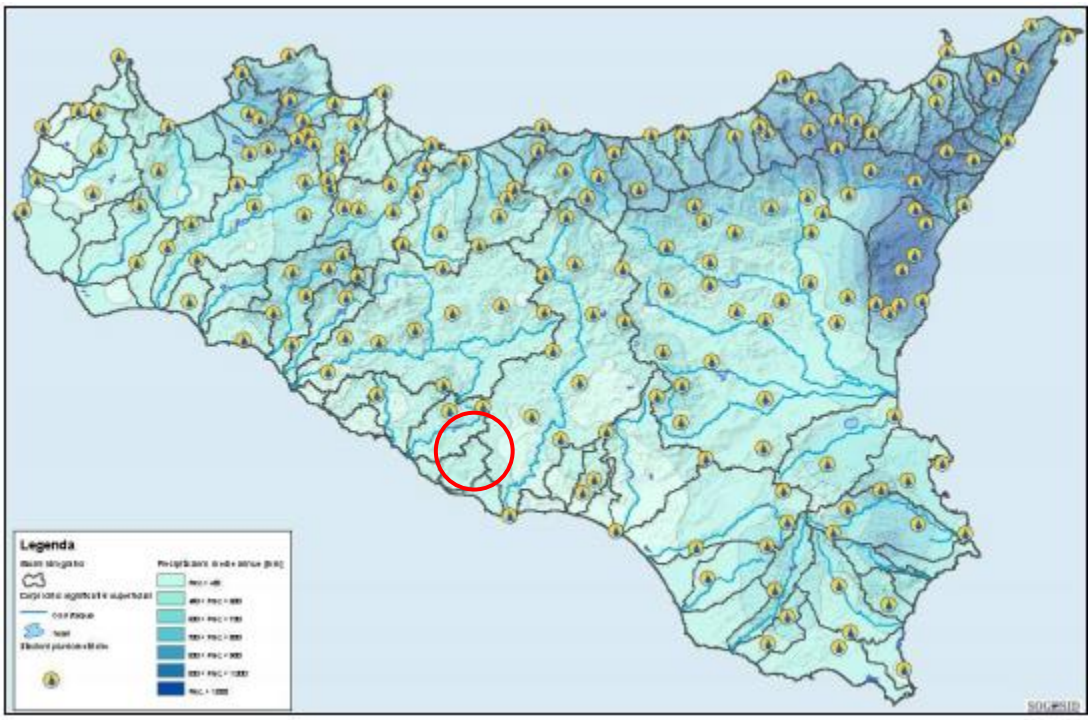


Fig. 5 - Carta delle precipitazioni medie annue

7.2. Regime termometrico

Per l'analisi delle condizioni termometriche si è fatto riferimento ai dati registrati dalla stazione di Canicattì essendo, prossima all'impianto, dotata di termopluviografo e ricadente all'interno del bacino del Fiume Naro.

Prendendo in considerazione i dati rilevati nel periodo compreso tra il 2000 ed il 2018 e confrontando i valori relativi alle escursioni termiche annuali o a quelle mensili, il territorio in esame mostra un andamento termico piuttosto regolare. Inoltre, riferendosi alle medie stagionali si ottengono valori nella norma se si calcola l'escursione tra la temperatura media diurna e quella notturna mentre forti differenze si ricavano dal confronto, per un mese specifico, fra la temperatura massima diurna e quella minima notturna.

L'analisi dei dati mostra che nei mesi più caldi (luglio e agosto) la temperatura media nel periodo considerato è pari a 27.2°C e si raggiungono temperature medie massime di circa 28.9°C; invece, nel mese più freddo (gennaio) la temperatura media nel periodo considerato è pari a 8.7°C e i valori medi minimi mensili si attestano intorno a pochi gradi centigradi sopra lo zero. La temperatura media annua per l'intero periodo in esame è pari a 16.4 °C.

Stazione di Canicattì

DATI TERMOMETRICI

Anno	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	Media annua
2018	10.4	8.0	11.4	16.0	18.8	22.4	26.7	24.8	22.8	17.3	13.8	10.0	**16.9**
2017	8.2	12.0	14.3	16.0	21.7	26.5	26.6	28.6	21.3	17.8	12.7	8.9	**17.9**
2016	10.4	12.8	11.7	17.0	18.8	24.3	27.8	26.8	23.5	21.5	15.2	10.6	**18.4**
2015	9.8	7.6	11.0	14.4	20.3	23.4	28.6	27.2	24.8	19.8	15.9	12.6	**17.9**
2014	10.3	11.1	11.3	14.2	18.0	23.7	25.8	27.2	24.7	20.6	16.2	11.6	**17.9**
2013	8.6	7.5	11.3	15.7	18.9	22.5	25.9	26.4	22.6	21.0	13.6	10.8	**17.1**
2012	8.1	7.2	12.2	15.2	18.9	25.9	28.4	28.9	23.4	20.0	15.2	9.4	**17.7**
2011	9.9	9	10.7	15.5	18.1	23.8	27.1	27.6	24.9	17.5	14.2	10.5	**17.4**
2010	8.7	9.8	11.5	15.3	17.9	22.1	26.2	27.2	21.7	17.6	14.2	10.6	**16.9**
2009	8.7	6.7	10.3	13.6	20.1	23.2	27.8	27.4	22.5	17.3	14	11	**16.9**
2008	11.1	9.9	10.9	14.2	18.7	23.6	26.8	27.1	22.8	18.4	13.9	9.3	**17.2**
2007	12.5	10.1	12.7	16.5	20	26.3	28.5	28.4	23.2	19.4	13.7	10	**18.4**
2006	8.3	9.6	11.7	16.7	21.6	24.9	27.8	27.1	23.3	20.6	15.2	12.9	**18.3**
2005	6.9	5.6	12.4	13.9	21.6	25.2	28.8	26.5	24.3	19.7	14.4	9.7	**17.4**
2002	7,2	10.7	12.7	13.9	18.2	24.4	26	24.7	20.5	16.8	13.8	9,2	**16.5**
2001	9.7	8.9	14.5	11.5	-	22.2	26.5	26.9	22.3	21.1	13.1	7.7	-
2000	7.1	8.6	11.1	14.5	20.1	23.3	26.3	27.8	22.6	-	14.4	11.4	**-**
MEDIA	8.7	9.1	11.9	14.9	18.3	24.0	27.2	27.1	23.0	18.0	14.3	9.8	**16.4**

Tabella 5 -Dati Termometrici della stazione di Canicatti registrati nel periodo 2000-2018

Carta delle temperature medie annue

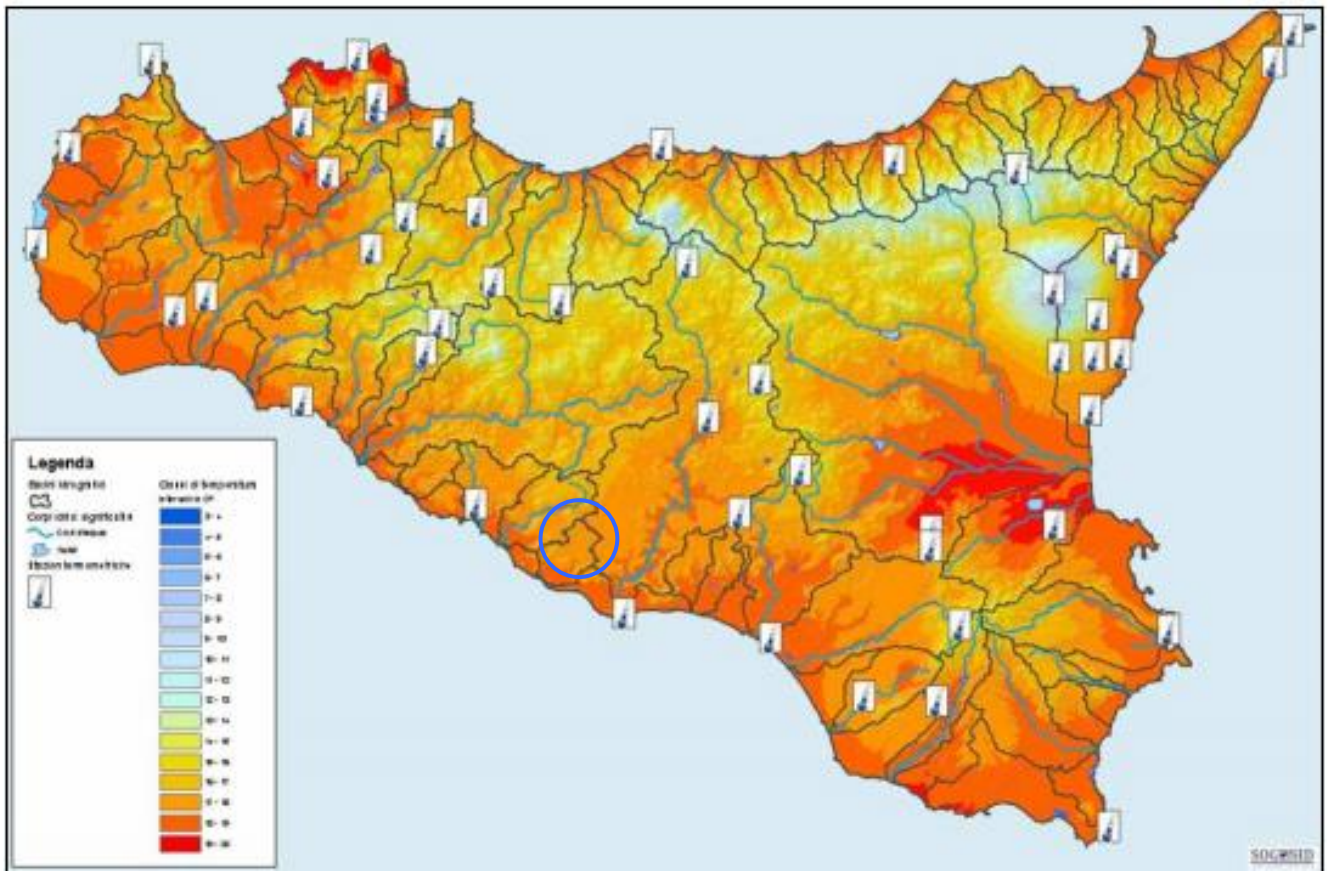


Fig. 6 - Carta delle temperature medie annue

7.3. Permeabilita'

Una delle caratteristiche principali per un'accurata indagine idrogeologica, soprattutto per ciò che concerne la penetrazione, la circolazione e la distribuzione delle acque nel sottosuolo è rappresentata dalle diverse condizioni chimico-fisiche delle rocce presenti nella zona in esame.

A tal fine si sono analizzate alcune caratteristiche fisiche delle rocce presenti nel bacino: la porosità e la permeabilità.

La porosità è quella caratteristica per la quale le rocce possono contenere spazi vuoti. L'origine di questi spazi vuoti, i *MEATI,* può essere primaria o secondaria, a seconda che gli interstizi si siano generati durante o dopo i processi litogenetici.

I meati di origine primaria essendosi creati durante la formazione della roccia stessa fanno parte della struttura e tessitura della roccia.

I meati di origine secondaria, invece, essendosi creati dopo la formazione della stessa roccia, sono dovuti a fessurazioni, fratturazione, dissoluzione chimica ecc.

La Permeabilità, invece, è la capacità che la roccia ha di lasciarsi attraversare dall'acqua. Essa, quindi, dipende dalla porosità della roccia, ma soprattutto dai reciproci rapporti che i meati hanno all'interno della stessa: meati isolati o intercomunicanti tra loro.

Nel primo caso si avranno delle rocce impermeabili; nel secondo caso, se i pori raggiungono e superano le dimensioni in cui si manifestano esclusivamente fenomeni di capillarità, si avranno rocce permeabili.

All'interno della nostra area vi sono termini che presentano una estrema variabilità sia nella porosità che nella permeabilità, così come suggerisce la seguente tabella 6:.

	POROSITÀ														
TIPO	primaria			secondaria			Tipo			grado				Evoluz.	
GRADO	**B**	**M**	**A**	**B**	**M**	**A**	**P**	**F**	**C**	**IM**	**SP**	**MP**	**AP**	**CR**	**DR**
Calcari						*		*	*				*	*	
Argille			*				*			*					
Detriti eluviali e alluvioni			*				*					*			

Tabella 6 – Caratteristiche di permeabilità e porosità dei deposti

In quest'ultima tabella sono stati riportati:

Grado di porosità
(**primaria o secondaria**)
(A): ALTO per n> 15%
(M): MEDIO per 5< n < 15%
(B): BASSO per n< 5%

Tipo di permeabilità

(P): POROSITÀ
(F): FESSURAZIONE
(C): CARSISMO

Evoluzione nel tempo

(CR): PERMEAB. CRESCENTE
(DC): PERMEAB. DECRESCENTE

Grado di permeabilità

(IM): IMPERMEABILE
(SP): SCARSAMENTE PERMEABILE
(MP): MEDIAMENTE PERMEABILE
(AP): ALTAMENTE PERMEABILE

Al fine di individuare i caratteri della circolazione idrica sotterranea, si riporta di seguito una distinzione dei vari litotipi in base al grado di permeabilità. In particolare, si sono distinti quattro gradi di permeabilità, di seguito descritti:

In base a questi presupposti si è proceduto ad una classificazione idrogeologica delle rocce distinguendoli in:

Terreni ad elevata permeabilità per fessurazione e/o carsimo

Sono dei terreni che permettono una circolazione idrica sotterranea elevata per la fitta rete di fratture e faglie sub verticali. A questo gruppo appartengono le litologie gessose relative alla Formazione di Cattolica ed i Calcari di base della Serie Solfifera, con un valore di permeabilità compreso nell'intervallo $10 > k > 10^{-1}$cm/sec.

Terreni permeabili per porosità

Terreni in cui il grado di permeabilità varia in funzione della percentuale di frazione argillosa, limosa, sabbiosa o di elementi a granulometria maggiore. A questo gruppo appartengono le alluvioni fluviali, depositi di frana e i detriti eluvio-colluviali.

I detriti eluvio colluviali sono caratterizzati da valori di permeabilità compresi nell'intervallo $10^{-7} > k > 10^{-8}$ cm/sec.

I depositi di frana sono caratterizzati da valori di permeabilità compresi nell'intervallo $10^{-3} > k > 10^{-8}$ cm/sec.

I depositi alluvionali sono caratterizzati da valori di permeabilità compresi nell'intervallo $10^{-1} > k > 10^{-5}$ cm/sec.

Terreni a permeabilità bassa

Sono dei terreni che hanno una circolazione idrica nulla che si registra solo laddove la componente pelitica raggiunge diametri tali da conferire una intercomunicazione tra i pori costituenti il deposito. A questo gruppo appartengono le argille della Formazione Cozzo Terravecchia (membro pelitico argilloso) e le argille della Formazione Monte Narbone.

Valori di permeabilità compreso nell'intervallo $10^{-7} > k > 10^{-11}$cm/sec.

7.4. Pericolosità e rischio idraulico (PAI)

Il sito oggetto di studio ricade all'interno del bacino idrografico del Fiume Palma, esso non ricade fra le zone censite a vario grado di Pericolosità e Rischio idraulico. Tutte le aree a vario grado di pericolosità perimetrate nel PAI Idraulica ricadono in zone esterne all'area di studio molto distanti dal sito d'intervento e pertanto non possono interagire con gli elementi vulnerabili. Ricade all'interno dell'area d'impianto, senza interessare direttamente nessuna delle strutture in progetto, un sito d'attenzione segnalato in concomitanza di un ponte sul Vallone "Mintina" in c. da "Risichettè".

Inoltre considerato che i siti d'impianto sono posizionati in posizioni morfologicamente più alta rispetto alle linee d'impluvio si esclude che possano verificarsi fenomeni di alluvionamento o esondazioni di alcun tipo (Figura 18).

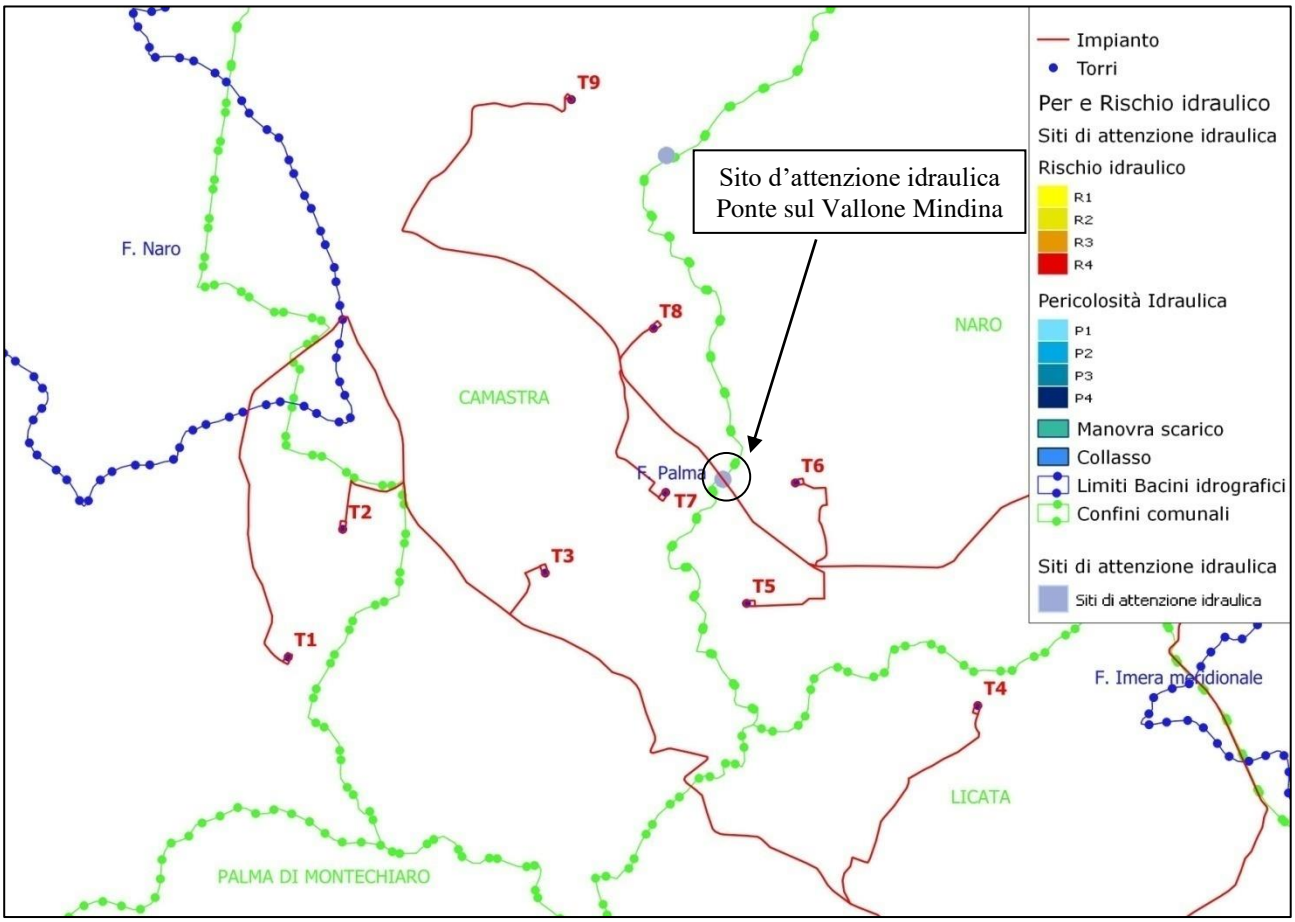


Figura 18 – Stralcio carta della Pericolosità e del rischio idraulico

Pertanto si ritiene che sul sito non siano presenti fattori di pericolosità e rischio idraulici ostativi alla realizzazione delle opere in progetto.

7.5. Valutazione delle aree alluvionabili

Il seguente studio di compatibilità idraulica, in riferimento a quanto previsto dalle "Linee guida del D.A. 117/2021, è stato articolato in due distinte fasi.

Nella prima fase è stato ricostruito il bacino idrografico all'interno del quale ricadono le aree di impianto ed è stato accertato che l'impianto ricade tutto all'interno del Bacino idrografico del Fiume "Palma".Alla scala dell'impianto è stato possibile individuare diversi sottobacini per l'impianto su cui sono state eseguite diverse verifiche idrauliche al fine di dimensionare le strutture idrauliche di raccolta e convogliamento delle acque.

Individuati i micro bacini è stato sovrapposto il perimetro d'impianto alle cartografie del PAI Idraulica sulle quali sono riportate le aree a pericolosità e rischio idraulico al fine di accertare la presenza di aree già censite. Grazie a ciò è stato possibile verificare che le aree d'impianto non ricadono all'interno di aree censite a vario grado di pericolosità e rischio idraulico, ricade invece all'interno dell'area d'impianto un sito d'attenzione segnalato in concomitanza di un ponte sul Vallone "Mintina" in c. da "Risichettè" (Figura 18). Tale sito è ubicato fra le torri T6 e T7, ma comunque occupa una posizione morfologicamente bassa rispetto alle torri e non interessa direttamente nessuna struttura in progetto ad eccezione del cavidotto che sarà ancorato sul ponte o attraverserà il corso d'acqua in sub-alveo mediante perforazione teleguidata.

Successivamente è stato approfondito lo studio eseguendo una analisi storica del territorio ricadente all'interno dei bacini in esame, al fine di valutare, con l'ausilio delle aerofotogrammetrie, la presenza di aree che sono state in passato oggetto di esondazioni o alluvionamento. Il periodo preso in considerazione, grazie alle aerofotogrammetrie messe a disposizione su vari portali della Regione Siciliana, di Google Earth e del Ministero dell'Ambiente va dal 1985 ad oggi. Grazie a queste cartografie e allo studio della morfologia dei luoghi eseguito tramite analisi del DTM ed alle notizie acquisite dall'intervista eseguita ai proprietari dei fondi è stato possibile escludere la presenza di aree "suscettibili di allagamento".

Va precisato che i siti d'intervento sono posizionati al di fuori o nelle porzioni più alte del reticolo idrografico (alle scaturigini) (figura 19) e pertanto si esclude che si possano innescare fenomeni di esondazione e/o alluvionamento delle strutture dell'impianto;

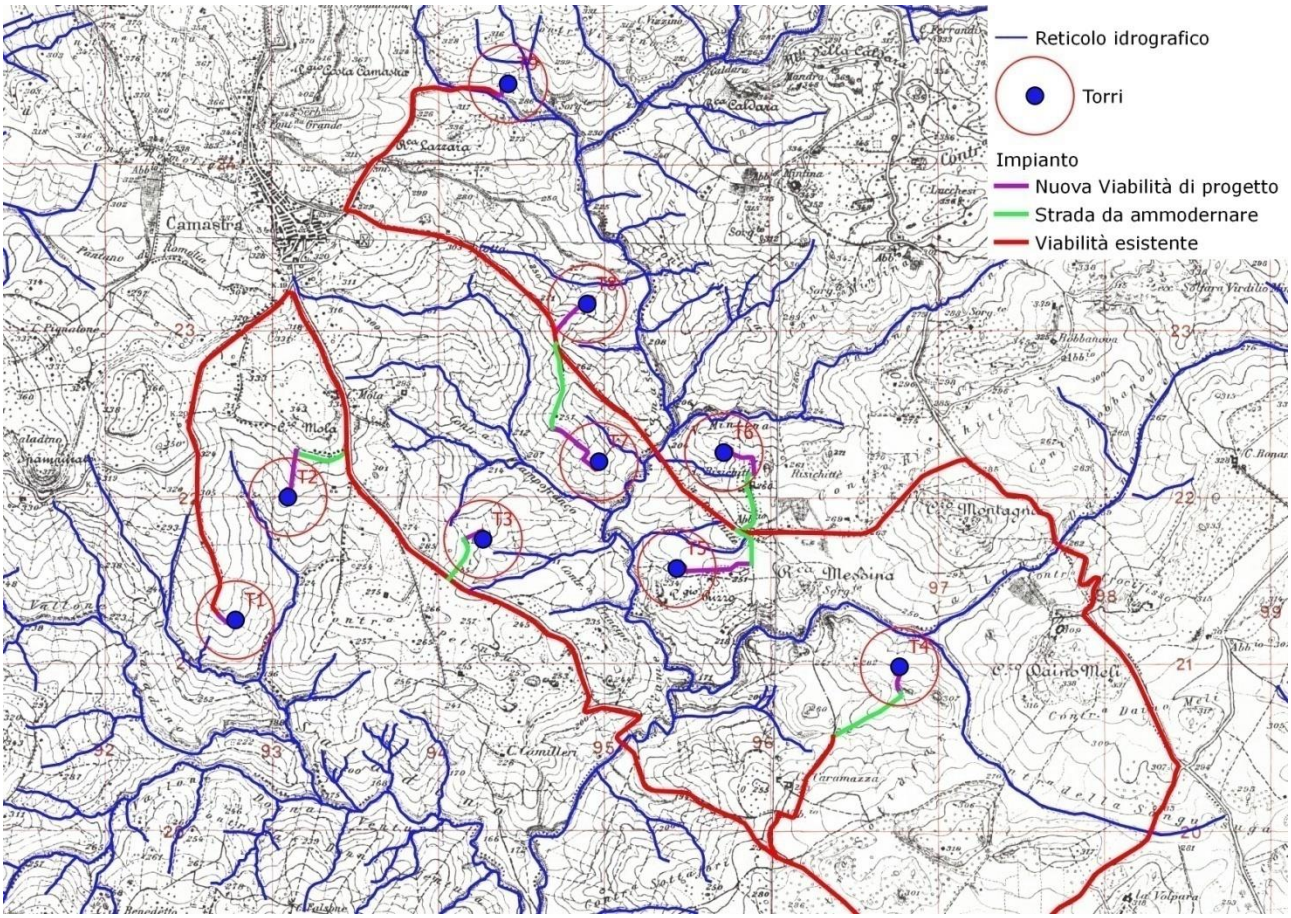


Figura 19 – Carta del reticolo idrografico

Il reticolo idrografico non intercetta le aree d'impianto, ad eccezione della strada esistente che conduce alla torre T9, nella strada esistente tra la torre T5 e T6 in c.da "Risichettè", lungo la strada che conduce alla SE TERNA presso C. "Aronica" e presso Abb. lo "Boccazza" ed infine lungo la strada esistente che porta alle torri T5 e T6 in c. da "Crocifisso". Le interferenze con il reticolo idrografico (Figure 20 e 21), sono state gestite in modo da non ostacolare il loro naturale e regolare deflusso verso valle. Laddove è stato necessario prevedere degli attraversamenti sono stati progettati appositi tubi "armco" dimensionati per fare defluire le acque provenienti da monte.

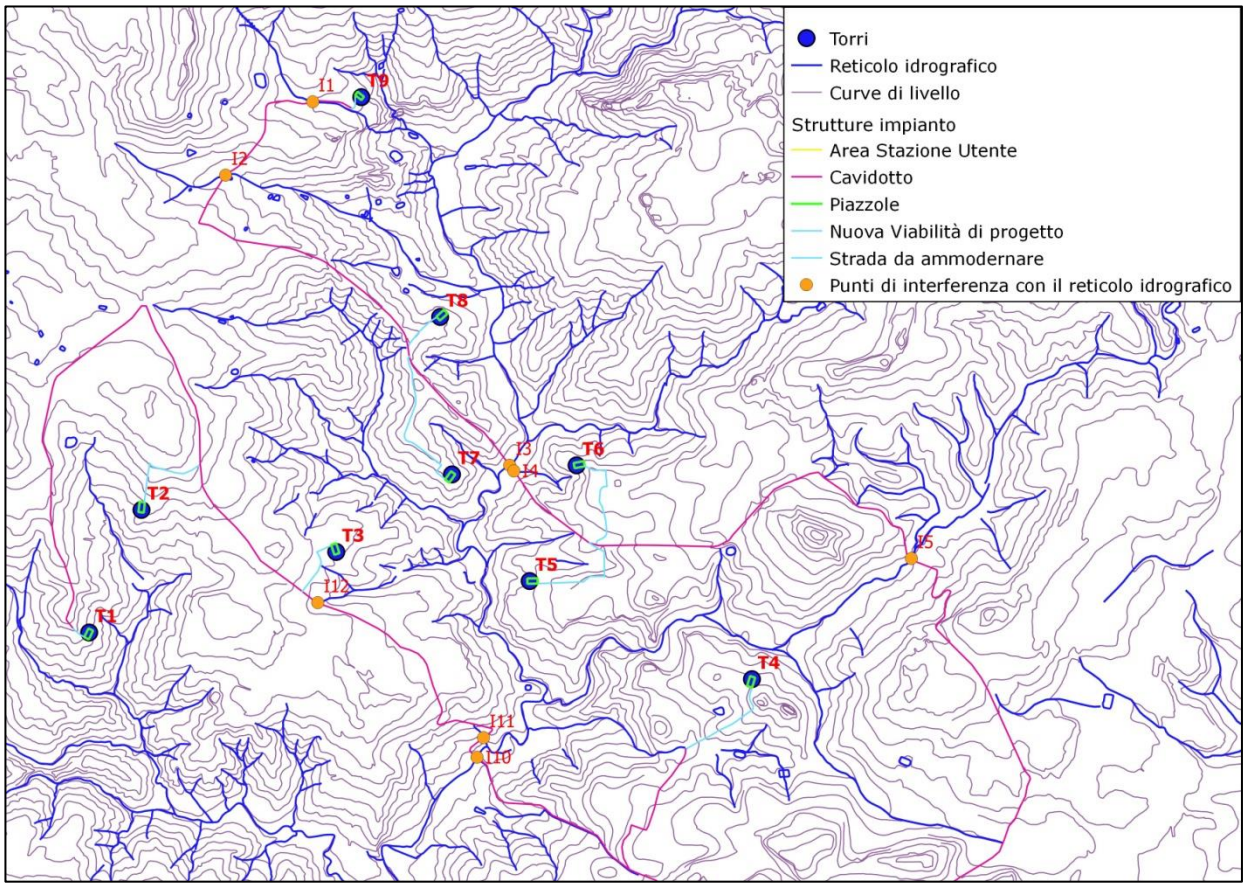


Figura 20 – Carta delle interferenze con il reticolo idrografico – Area impianto

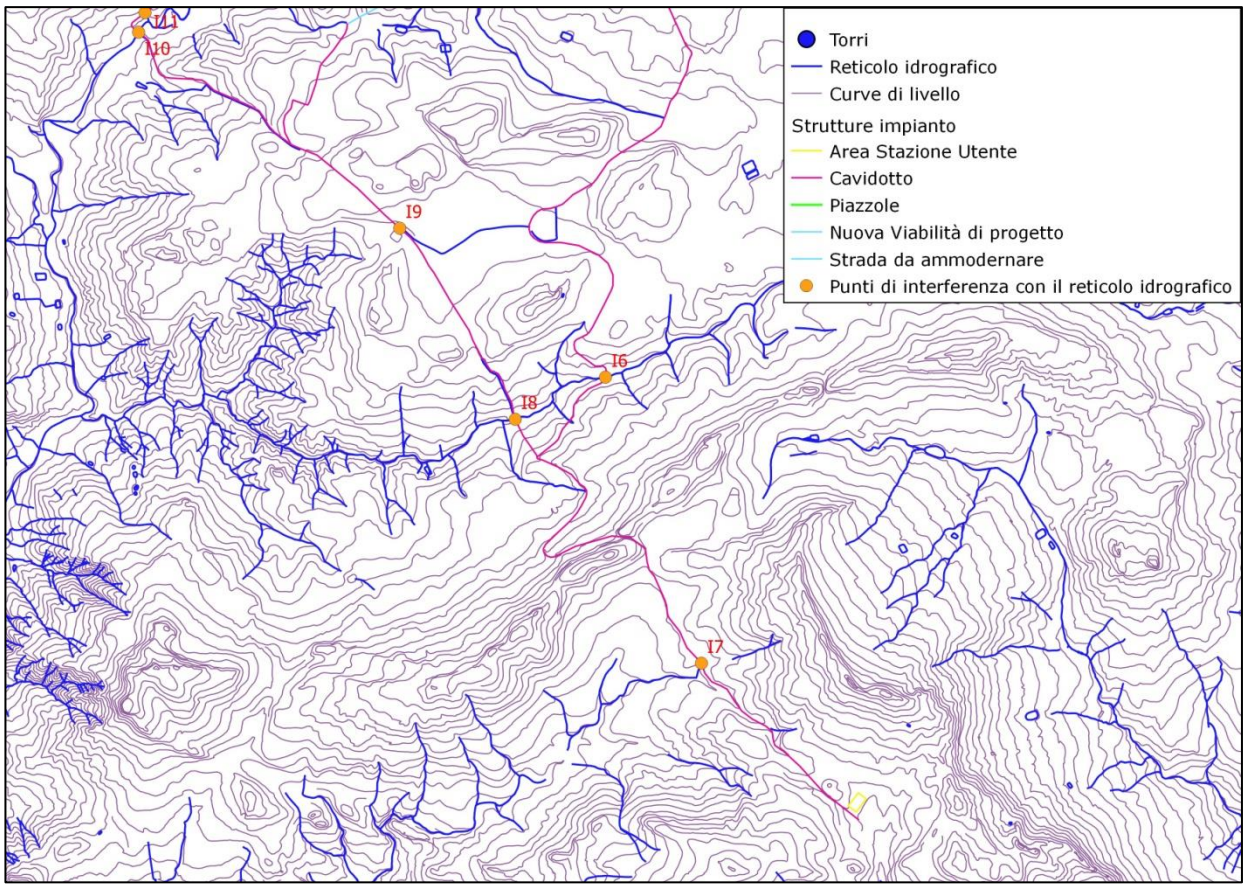


Figura 21 – Carta delle interferenze con il reticolo idrografico – Area di collegamento dell'impianto con con la stazione Utente

In ogni caso si tratta di attraversamenti di fossi o canali di modesta entità a decorso stagionale che drenano le acque di bacini idrografici aventi superfici molto modeste.

Pertanto si ritiene che le strutture in progetto non interferiscano in modo significativo con la rete drenante dell'area non modificando le attuali vie di scorrimento e non interferendo al normale deflusso delle acque verso valle. Inoltre la realizzazione di fossi di guardia e di deflusso sul margine della viabilità in progetto consentirà una migliore regimentazione delle acque. Per tutti gli attraversamenti viari sono stati eseguiti appositi calcoli di dimensionamento dei tubi armco con tempi di ritorno di 200 anni.

Tutte le verifiche idrauliche condotte per eseguire il dimensionamento dei canali di raccolta delle acque superficiali che sono successivamente convogliate a valle delle strutture dell'impianto hanno consentito di escludere qualsiasi rischio di esondazione o alluvionamento sul sito di progetto. Questo ha permesso di escludere la possibilità che queste acque possano interferire con le aree di progetto.

7.6. Considerazioni di carattere idrogeologico locale

Da quanto esposto si evince che nell'area in studio la circolazione idrica sotterranea risulta limitata a quelle porzioni di territorio su cui insistono terreni permeabili quali calcari, gessi e sabbie alternate a calcareniti. Nelle aree ove insistono gli aerogeneratori, la nuova viabilità ed i cavidotti sono presenti per lo più depositi a carattere impermeabile (argille) che non consentono la formazione di falde ma che permettono cospicui deflussi. Come si evince dalla carta idrogeologica allegata (Figura 22) quasi tutta l'area di studio, a causa dell'assetto geologico-stratigrafico, è caratterizzata da una prevalenza di terreni pelitici da poco permeabili a praticamente impermeabili in cui è favorito il ruscellamento a scapito dell'infiltrazione che avviene solo nei depositi a permeabilità alta o medio alta.

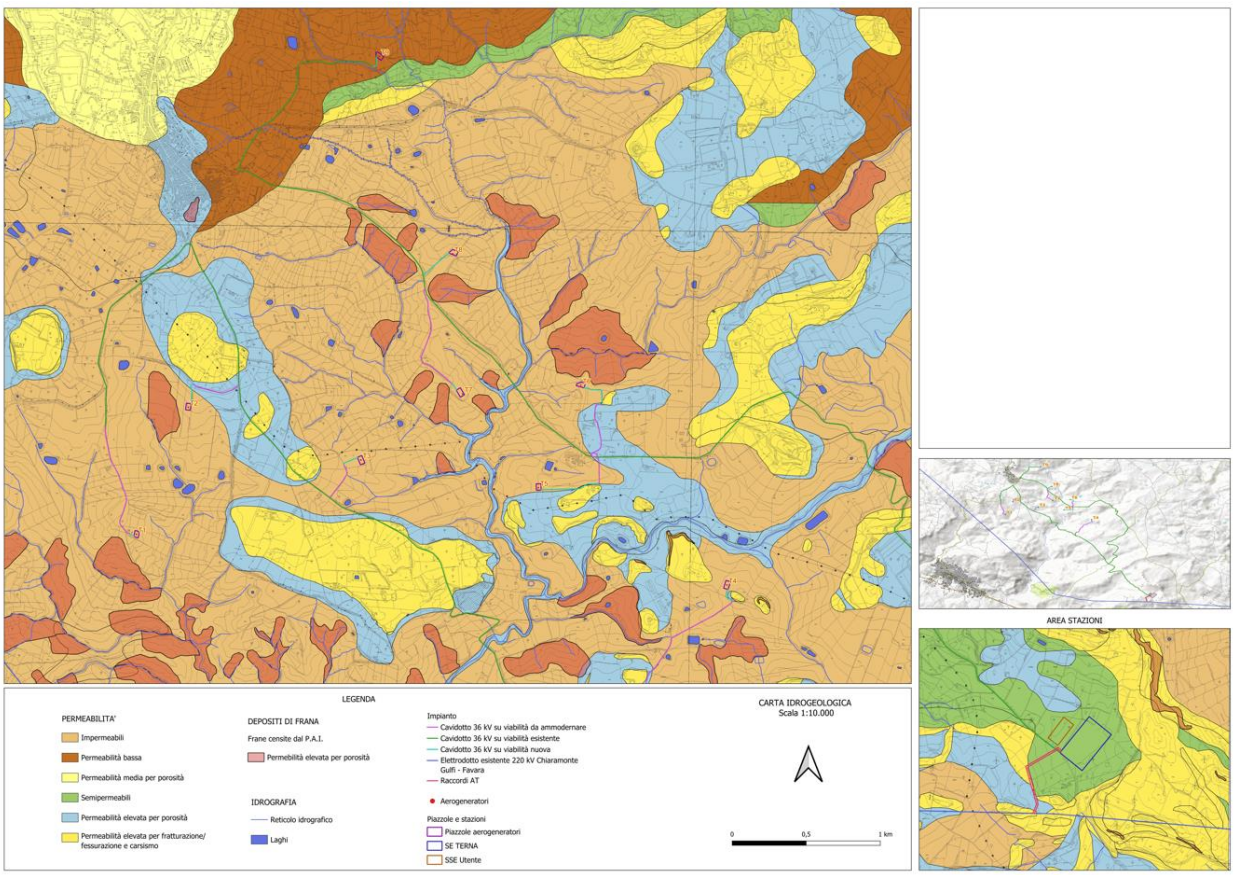


Figura 22 – Carta idrogeologica

I depositi più permeabili presentano una permeabilità per fratturazione (calcari, calcareniti e gessi) e per porosità (sabbie) da media ad elevata in funzione del grado di fratturazione e della distribuzione granulometrica dei sedimenti e sono sede di falde idriche, in genere comprese tra i 30 ed i 150 metri di profondità di consistenza discreta per usi irrigui. Le falde presenti sui depositi della Serie Gessoso Solfifera possono essere talora mineralizzati in zolfo e pertanto acide e ricchi in Sali disciolti. Quelle presenti sulle calcareniti sono solitamente buone ed utilizzali per usi domestici.

Non si rilevano emergenze idriche di alcun tipo probabilmente a causa delle ridotte precipitazioni che non hanno consentito una cospicua ricarica delle falde.

In definitiva i terreni che affiorano nell'area in esame presentano una condizione di permeabilità poco variabile sia in relazione alla varietà dei termini costituenti le varie successioni stratigrafiche, sia alla frequente variabilità degli aspetti litologici e strutturali riscontrabili all'interno delle singole unità che compongono tali successioni.

Infine da rimarcare che dai rilievi condotti e dallo studio dei terreni affioranti che comprendono sia l'area in esame che quella dell'immediato intorno, non sono state rilevate strutture idrogeologiche significative né la presenza di una falda idrica in senso stretto tale da potere interferire con le aree d'intervento.

Dal punto di vista idraulico, l'area oggetto di intervento non ricade in aree vincolate come si evince dalle allegate cartografie del PAI-Idraulica.

Pertanto considerato che:

I siti d'intervento sono posizionati al di fuori o nelle porzioni più alte del reticolo idrografico (alle scaturigini) (figure 20 e 21), si esclude che si possano innescare fenomeni di esondazione e/o alluvionamento degli impianti;

Il reticolo idrografico non intercetta le aree d'impianto, ad eccezione di alcuni tratti di viabilità su cui sono presenti opportune opere di difesa idraulica e di attraversamento. La regimentazione delle acque di deflusso attraverso il dimensionamento di opportuni canali a sezione trapezia ha consentito (vedi relazione idrogeologica) di non ostacolare il loro naturale e regolare deflusso verso valle. Laddove è stato necessario prevedere degli attraversamenti sono stati progettati appositi tombini "armco" dimensionati per fare defluire le acque provenienti da monte.

Pertanto si ritiene che le strutture in progetto non interferiscano in modo significativo con la rete drenante dell'area non modificando le attuali vie di scorrimento e non interferendo al normale deflusso delle acque verso valle. Inoltre la realizzazione di fossi di guardia e di deflusso sul margine della viabilità in progetto consentirà una migliore regimentazione delle acque.

Durante il rilievo di campagna non sono stati censiti pozzi nelle aree d'intervento e le uniche fonti di approvvigionamento appaiono rappresentate dagli invasi artificiali che raccolgono le acque defluenti durante i periodi piovosi per essere riutilizzate nel periodo estivo;

Dalle ricerche eseguite sul portale SGI dell'Ispra (Figura 23) e sul PRGA della Regione Sicilia – Provincia di Agrigento (Figura 24) è scaturito che non esistono pozzi o sorgenti nelle aree d'intervento. L'unica interferenza con strutture del PRGA è rappresentata dall'attraversamento dell'acquedotto in un punto della viabilità che conduce alla stazione elettrica. In questo caso si procederà ad eseguire l'attraversamento mediante perforazione teleguidata o con scavo a cielo aperto secondo prescrizioni eventualmente impartite dal gestore di rete.

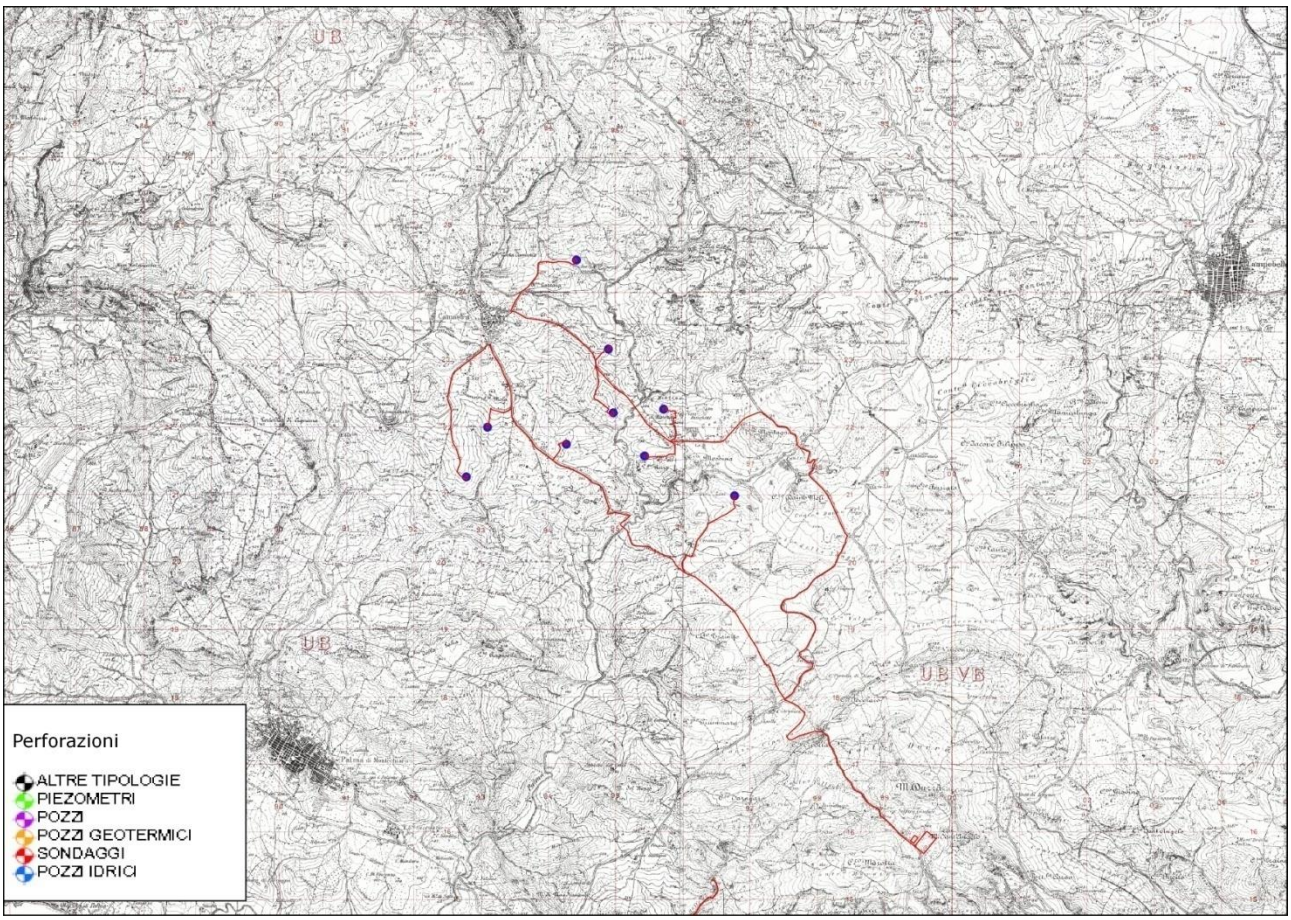


Figura 23 - Pozzi per acqua – Fonte dati SGI

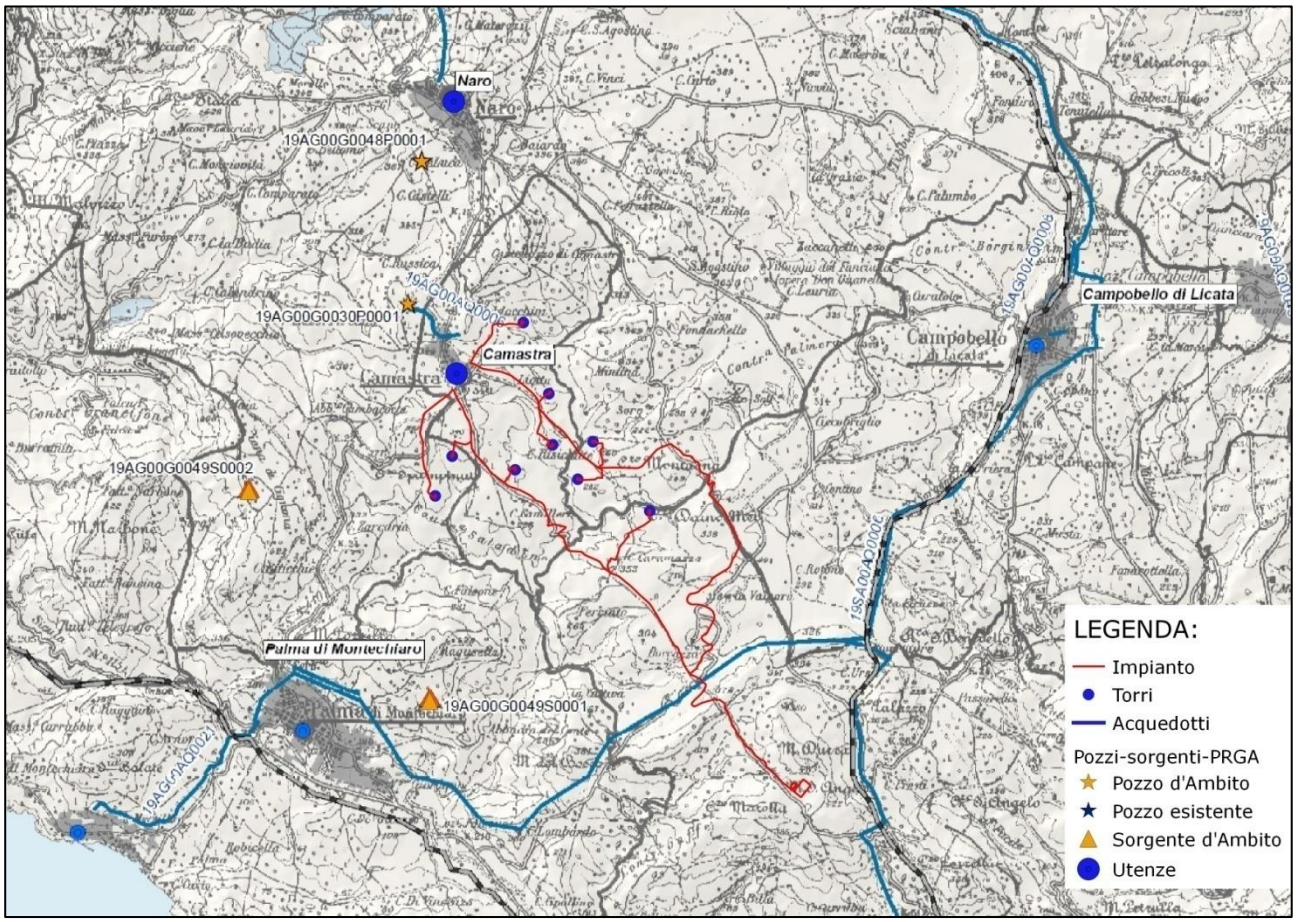


Figura 24 – Stralcio PRGA - Regione Sicilia - Provincia di Agrigento

Si ritiene che le strutture fondali degli impianti non possano interagire con alcuna falda o con il reticolo idrografico e che pertanto quanto in progetto non interferisca con il contesto idrogeologico nel quale s'inserisce.

7.7. Considerazioni di carattere idraulico e di invarianza idraulica e idrologica

La Legge Regione Siciliana 13 Agosto 2020, n. 19 "Norme per il governo del territorio" all'art. 22 comma 6 prescrive che in fase di pianificazione urbanistica venga redatto, così come previsto dalla Lettera d), tra tutti gli elaborati anche uno studio di compatibilità idraulica (invarianza idrologico e idraulica) redatto secondo i dettami del vigente Piano di Gestione del Rischio alluvioni.

Lo studio è stato sviluppato in accordo a quanto previsto dalle NTA del PAI aggiornate con D.P. Regione Siciliana 06/05/2021 ed ha valutato la presenza di aree alluvionabili a causa dell'esondazione di corsi d'acqua e canali artificiali. Il fine ultimo è stato di valutare la presenza di eventuali livelli di pericolosità che possono determinare fattori di rischio a seguito della realizzazione delle infrastrutture dell'impianto sull'area di territorio studiata con l'obiettivo di valutarne l'idoneità dello stesso alle trasformazioni in progetto. Nei precedenti paragrafi è riportata la carta della pericolosità e del rischio idraulico (Figura 18) dove si evidenzia che le aree interessate dalle strutture non sono perimetrale con nessun livello di pericolosità e rischio.

Lo studio di compatibilità idraulica, in riferimento a quanto previsto dalle "Linee guida del D.A. 117/2021, è stato articolato in due distinte fasi.

Nella prima fase sono stati ricostruiti i bacini idrografici all'interno dei quali ricadono le aree di impianto ed è stato accertato che le strutture dell'impianto ricadono all'interno del Bacino idrografico del Fiume Palma.

Individuati i macro ed i micro bacini è stato sovrapposto il perimetro d'impianto alle cartografie del PAI sulle quali sono riportate le aree a pericolosità e rischio idraulico al fine di accertare la presenza di aree già censite. Grazie a ciò è stato possibile verificare che l'impianto e le strutture a servizio dello stesso non ricadono all'interno di aree censite a vario grado di pericolosità e rischio idraulico e nemmeno all'interno di siti d'attenzione.

Si è approfondito lo studio verificando se le strutture in progetto interferiscono con il reticolo idrografico ed è stata eseguita una analisi storica del territorio ricadente all'interno dei bacini in esame, al fine di valutare con l'ausilio delle aerofotogrammetrie, la presenza di aree che sono state in passato oggetto di esondazioni o alluvionamento. Il periodo preso in considerazione, grazie alle aerofotogrammetrie messe a disposizione su vari portali della Regione Siciliana, di Google Earth e del Ministero dell'Ambiente va dal 1985 ad oggi. Grazie a queste cartografie e allo studio della morfologia dei luoghi eseguito tramite analisi del rilievo ed alle notizie acquisite dall'intervista ai proprietari dei fondi è stato possibile escludere del tutto la presenza di aree "suscettibili di allagamento". Va precisato che sui fondi sui quali saranno realizzate le strutture non esiste un reticolo idrografico che li attraversa o li lambisce. Le uniche strutture che possono interferire con la rete idrografica sono i cavidotti sulle strade esistenti che sono protette da opportune opere di difesa e regimentazione idraulica.

Il reticolo idrografico interseca la viabilità/cavidotto esistente in 13 punti (Figure 20-21) interessando la viabilità esistente sui quali sarà realizzato solo il cavidotto e che saranno attraversate mediante perforazione teleguidata.

Nell'ambito dei lavori sono state previste delle opere di protezione e regimentazione idrauliche al fine di salvaguardare il reticolo idrografico presente nei luoghi.

Le scelte progettuali sono state condotte in modo tale da avere opere ad "impatto zero" sull'esistente reticolo idrografico, recapitando le acque superficiali convogliate dai fossi di guardia presso gli impluvi ed in solchi di erosione naturali esistenti.

L'obiettivo che si è voluto raggiungere è stato quello di intercettare e allontanare tempestivamente le acque di scorrimento superficiale all'interno della zona oggetto di intervento, al fine di garantire la vita utile delle opere civili, riducendo le operazioni di manutenzione al minimo indispensabile.

In tale ottica sono stati dimensionati a protezione delle strutture (Piazzole, viabilità ed aree stazioni) canali e opere di attraversamento idraulico che consentano di smaltire efficientemente le acque di ruscellamento senza causare fenomeni di esondazione ed alluvionamento nelle aree circostanti. Tali opere, nel rispetto della Normativa vigente (NTC 2018) sono stati dimensionati adottando tempi di ritorno di 30 anni per i canali e di 200 anni per i tubi armco.

Successivamente si è passati a valutare gli effetti che la nuova urbanizzazione delle aree agricole determina nei confronti del principio dell'invarianza idraulica e idrologica di cui al DPCM del 7 marzo 2019. Lo studio ha consentito di progettare e dimensionate apposite opere di laminazione (trincee) che attraverso il loro sviluppo volumetrico hanno consentito di abbattere le eccedenze idriche date dai differenti coefficienti di deflusso.

In questo modo è stato possibile mantenere inalterati i tempi di corrivazione delle acque superficiali e compensare la riduzione della infiltrazione efficace. Inoltre considerato che non è presente alcuna falda a causa della presenza di terreni argillosi di elevato spessore non è stato alterato il rimpinguamento di una eventuale falda idrica. Grazie a questi interventi mitigatori si è riusciti a raggiungere l'invarianza idrologico-idraulica dei siti così come previsto dalla Normativa vigente.

Tutte le presenti considerazioni trovano ampie ed esaustive spiegazioni, calcolazioni ed illustrazioni nella relazione idrogeologico idraulica e nella relazione degli interventi di invarianza idraulica allegati al progetto.

8. GEOTECNICA

Per la caratterizzazione dei luoghi costituenti l'area dell'impianto, in accordo con quanto previsto dalle NTC 2018 e Circolare Applicativa n° 7 del 21/01/2019, in prima istanza è stato eseguito un lavoro di ricerca e censimento dei dati di carattere geologico esistenti (sondaggi meccanici, prove di laboratorio e indagini penetrometriche).

E'stato elaborato un programma quali-quantitativo delle indagini necessarie a caratterizzare il substrato delle aree d'intervento. Sono state eseguite 7 prove penetrometriche dinamiche di tipo leggero (DL 030) che hanno consentito di caratterizzare stratigraficamente e geotecnicamente le aree d'intervento in quanto costituite da terreni coesivi. Inoltre sono stati eseguiti 2 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 30 metri dal piano di campagna durante i quali sono stati prelevati 3 campioni per sondaggio successivamente sottoposti a prove ed analisi di laboratorio. Tali sondaggi sono stati eseguiti sulle due litologie tipo che rappresenteranno il substrato di fondazione ovvero le argille della Formazione Cozzo Terravecchia (Torre 8 – Sondaggio S1) e sulle Argille Azzurre Pliocениche (Torre 9 – Sondaggio S2)

Le indagini dislocate come in figura 25, sono identificate con il seguente riferimento prova:

PROVE PENETROMETRICHE			
DIN 1	Profondità	6.20 m	Torre n. 1
DIN 2	Profondità	4.20 m	Torre n. 2
DIN 3	Profondità	7.80 m	Torre n. 3
DIN 4	Profondità	5.80 m	Torre n. 4
DIN 5	Profondità	5.50 m	Torre n. 5
DIN 6	Profondità	10.50 m	Torre n. 6
DIN 7	Profondità	7.50 m	Torre n. 7
SONDAGGI			
S1	Profondità	30.0 m	Torre n. 8
S2	Profondità	30.0 m	Torre n. 9

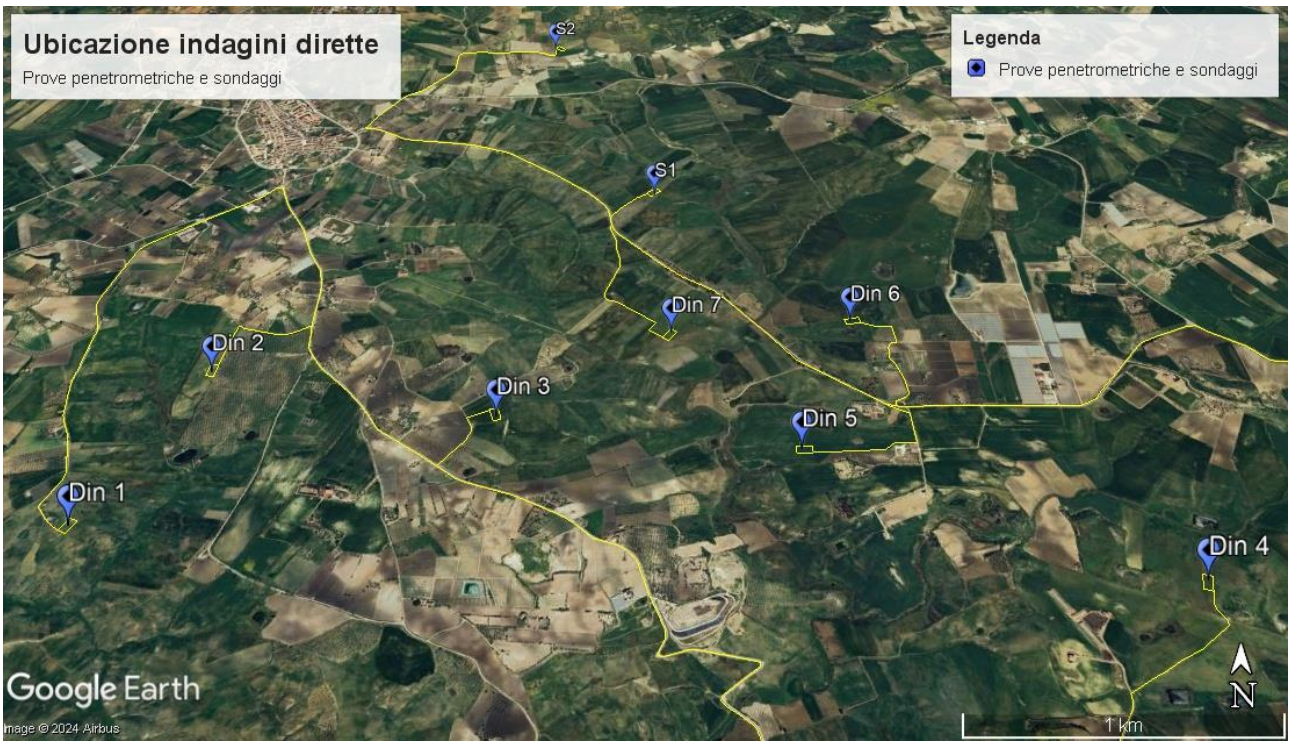


Figura 25 - Carta delle indagini dirette (prove penetrometriche e sondaggi)

Si riportano di seguito le tabelle riassuntive dei parametri geotecnici desunti dalle indagini eseguite in prossimita' delle torri da adottare per il calcolo delle strutture fondali.

Prova 07-91 Din 1 – Torre 1

Profondità (m.)	Peso di volume Secco (γd) T/m^3	Peso di volume saturo (γsat) T/ m^3	gamma naturale T/ m^3	Angolo di attrito (ϕ)°	Coesione Drenata (C') Kg/cmq	Coesione Non drenata (Cu) Kg/cmq
Da 0,0 a 2.9	1.45	1.9	1.68	18.8	0.15	0.44
Da 2.9 a 4.4	1.53	1.96	1.75	21.2	0.29	0.88
Da 4.4 a 5.1	1.46	1.91	1.685	19.2	0.17	0.5
Da 5.1 in poi	1.56	1.98	1.77	22.1	0.35	1.06

Descrizione	Modulo elastico Kg/cmq	coeff. di Poisson (Adimensionale)	Coeff. di lambe (Adimensionale)	Modulo Edometrico Kg/cmq	Grado Sovraconsolidamento (Adimensionale)
Limi argillosi	264	0.35	0.25	245	1
Limi sabbiosi	528	0.36	0	299	1
Limi argillosi	300	0.33	0	253	1
Argille limose	636	0.3	0	322	1

Prova 07-91 Din 2 - Torre 2

Profondità (m.)	Peso di volume Secco (γd) T/m^3	Peso di volume saturo (γsat) T/ m^3	gamma naturale T/ m^3	Angolo di attrito (ϕ)°	Coesione Drenata (C') Kg/cmq	Coesione Non drenata (Cu) Kg/cmq
Da 0,0 a 1.2	1.36	1.85	1.61	16.8	0.04	0.13
Da 1.2 a 2.8	1.34	1.84	1.59	16.4	0.02	0.06
Da 2.8 in poi	1.63	2.01	1.82	24.2	0.50	1.5

Descrizione	Modulo elastico Kg/cmq	coeff. di Poisson (Adimensionale)	Coeff. di lambe (Adimensionale)	Modulo Edometrico Kg/cmq	Grado Sovraconsolidamento (Adimensionale)
Limi argillosi	78	0.35	0.25	207	1
Limi sabbiosi	36	0.36	0	199	1
Argille limose	900	0.33	0	376	1

Prova 07-91 Din 3 – Torre 3

Profondità (m.)	Peso di volume Secco (γd) T/m^3	Peso di volume saturo (γsat) T/ m^3	gamma naturale T/ m^3	Angolo di attrito (ϕ)°	Coesione Drenata (C') Kg/cmq	Coesione Non drenata (Cu) Kg/cmq
Da 0,0 a 1.0	1.36	1.85	1.61	16.8	0.04	0.13
Da 1.0 a 1.5	1.38	1.86	1.62	17.2	0.06	0.19
Da 1.5 a 3.1	1.5	1.93	1.715	20	0.21	0.63
Da 3.1 a 6.5	1.46	1.91	1.69	19.2	0.17	0.5
Da 6.5 in poi	1.6	2.03	1.82	21.3	0.44	1.31

Descrizione	Modulo elastico Kg/cmq	coeff. di Poisson (Adimensionale)	Coeff. di lambe (Adimensionale)	Modulo Edometrico Kg/cmq	Grado Sovraconsolidamento (Adimensionale)
Limi argillosi	78	0.35	0.25	207	1
Limi sabbiosi	114	0.36	0	214	1
Limi argillosi	378	0.33	0	268	1
Argille limose	300	0.3	0	253	1
Argille limose	786	0.25	0	353	1

Prova 07-91 Din 4 – Torre 4

Profondità (m.)	Peso di volume Secco (γd) T/m^3	Peso di volume saturo (γsat) T/ m^3	gamma naturale T/ m^3	Angolo di attrito (ϕ)°	Coesione Drenata (C') Kg/cmq	Coesione Non drenata (Cu) Kg/cmq
Da 0,0 a 0.3	1.34	1.84	1.59	16.4	0.02	0.06
Da 0.3 a 2.8	1.39	1.87	1.63	17.6	0.08	0.25
Da 2.8 a 5.1	1.52	1.94	1.73	20.6	0.25	0.75
Da 5.1 in poi	1.69	2.14	1.92	22.1	0.40	1.2

Descrizione	Modulo elastico Kg/cmq	coeff. di Poisson (Adimensionale)	Coeff. di lambe (Adimensionale)	Modulo Edometrico Kg/cmq	Grado Sovraconsolidamento (Adimensionale)
Limi argillosi	36	0.35	0.25	199	1
Limi sabbiosi	150	0.36	0	222	1
Limi argillosi	450	0.33	0	284	1
Argille limose	720	0.3	0	423	1

Prova 07-91 Din 5 – Torre 5

Profondità (m.)	Peso di volume Secco (γd) T/m^3	Peso di volume saturo (γsat) T/ m^3	gamma naturale T/ m^3	Angolo di attrito (ϕ)°	Coesione Drenata (C') Kg/cmq	Coesione Non drenata (Cu) Kg/cmq
Da 0,0 a 1.0	1.41	1.88	1.65	18	0.10	0.31
Da 1.0 a 2.2	1.41	1.88	1.65	18	0.10	0.31
Da 2.2 in poi	1.5	1.9	1.7	20	0.21	0.63

Descrizione	Modulo elastico Kg/cmq	coeff. di Poisson (Adimensionale)	Coeff. di lambe (Adimensionale)	Modulo Edometrico Kg/cmq	Grado Sovraconsolidamento (Adimensionale)
Limi argillosi	186	0.35	0.25	230	1
Limi sabbiosi	186	0.36	0	230	1
Limi argillosi	378	0.35	0	268	1

Prova 07-91 Din 6 – Torre 6

Profondità (m.)	Peso di volume Secco (γd) T/m^3	Peso di volume saturo (γsat) T/ m^3	gamma naturale T/ m^3	Angolo di attrito (ϕ)°	Coesione Drenata (C') Kg/cmq	Coesione Non drenata (Cu) Kg/cmq
Da 0,0 a 0.4	1.38	1.86	1.62	17.2	0.06	0.19
Da 0.4 a 9.3	1.45	1.9	1.68	18.8	0.15	0.44
Da 9.3 in poi	1.59	2.02	1.805	21	0.42	1.25

Descrizione	Modulo elastico Kg/cmq	coeff. di Poisson (Adimensionale)	Coeff. di lambe (Adimensionale)	Modulo Edometrico Kg/cmq	Grado Sovraconsolidamento (Adimensionale)
Limi argillosi	114	0.35	0.25	214	1
Limi sabbiosi	264	0.36	0	245	1
Argille limose	750	0.28	0	346	1

Prova 07-91 Din 7 – Torre 7

Profondità (m.)	Peso di volume Secco (γd) T/m^3	Peso di volume saturo (γsat) T/ m^3	gamma naturale T/ m^3	Angolo di attrito (ϕ)°	Coesione Drenata (C') Kg/cmq	Coesione Non drenata (Cu) Kg/cmq
Da 0,0 a 0.6	1.41	1.88	1.65	18	0.10	0.31
Da 0.6 a 4.2	1.43	1.89	1.66	18.4	0.13	0.38
Da 4.2 in poi	1.53	1.95	1.74	21.2	0.29	0.88

Descrizione	Modulo elastico Kg/cmq	coeff. di Poisson (Adimensionale)	Coeff. di lambe (Adimensionale)	Modulo Edometrico Kg/cmq	Grado Sovraconsolidamento (Adimensionale)
Limi argillosi	186	0.35	0.25	230	1
Limi sabbiosi	228	0.36	0	238	1
Argille limose	528	0.28	0	299	1

I parametri geotecnici ricavati dalle prove eseguite sui campioni prelevati durante l'esecuzione dei sondaggi S1 ed S2 (Torre 8 e 9) e le relative stratigrafie sono riportate sui report d'indagine e sui certificati di prova emessi dal Laboratorio Geosearch del Dott. Giuseppe Abbate titolare di Concessione Ministeriale ai sensi dell'art. 59 del DPR 380/01 per l'esecuzione di prove e analisi geotecniche di Laboratorio allegati alla relazione geotecnica e sismica.

9. SISMICITA' DEL SITO E CARATTERISTICHE DEL SUOLO DI FONDAZIONE

La normativa nazionale sulla nuova classificazione sismica del territorio nazionale, di cui all'O.P.C.M. n. 3274 del 20.03.2002 e la riclassificazione sismica Regionale proposta con la Deliberazione della Giunta Regionale n. 81 del 24/02/2022 adottata con D.D.G. n. 64/S.03 del 11/03/2022 colloca il territorio in esame ricadente nei territori di Naro, Camstra e Licata nella "Zona sismica 3".

Zona sismica	*Descrizione*	*accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [a_g]*	*accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [a_g]*	*numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)*
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$0,25 < a_g \leq 0,35$ g	0,35 g	740
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < a_g \leq 0,25$ g	0,25 g	2.367
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < a_g \leq 0,15$ g	0,15 g	3.014
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$a_g \leq 0,05$ g	0,05 g	1.788

Zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (ag) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Al fine di valutare la velocità delle onde S nei primi 30 metri sono state eseguite delle indagini sismiche di tipo MASW che analizzando la dispersione delle onde di Rayleigh hanno consentito di determinare il profilo verticale della VS e di conseguenza del parametro Vs equivalente sul sito dell'impianto.

Le indagini sono state eseguite sulla future area di imposta di ogni aerogeneratore (Figura 26) ed hanno restituito i seguenti valori di Vs equivalente e categoria di suolo di fondazione:

MASW 1	Vseq 289 m/sec	Categoria sottosuolo C	Torre n. 1
MASW 2	Vseq 396 m/sec	Categoria sottosuolo B	Torre n. 2
MASW 3	Vseq 319 m/sec	Categoria sottosuolo C	Torre n. 3
MASW 4	Vseq 284 m/sec	Categoria sottosuolo C	Torre n. 4
MASW 5	Vseq 304 m/sec	Categoria sottosuolo C	Torre n. 5
MASW 6	Vseq 266 m/sec	Categoria sottosuolo C	Torre n. 6
MASW 7	Vseq 347 m/sec	Categoria sottosuolo C	Torre n. 7
MASW 8	Vseq 349 m/sec	Categoria sottosuolo C	Torre n. 8
MASW 9	Vseq 415 m/sec	Categoria sottosuolo B	Torre n. 9

Pertanto in accordo con le norme tecniche per le costruzioni (DM 17/01/2018) le aree che saranno interessate dal presente studio fig. 16 ricadono su terreni ascrivibili alla seguente Categoria di sottosuolo ***C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina 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 m/s e 360 m/s.*** (MASW 1 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 - 8). Fanno eccezione le torri 2 e 9 che ricadono su terreni di

categoria **B -** Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

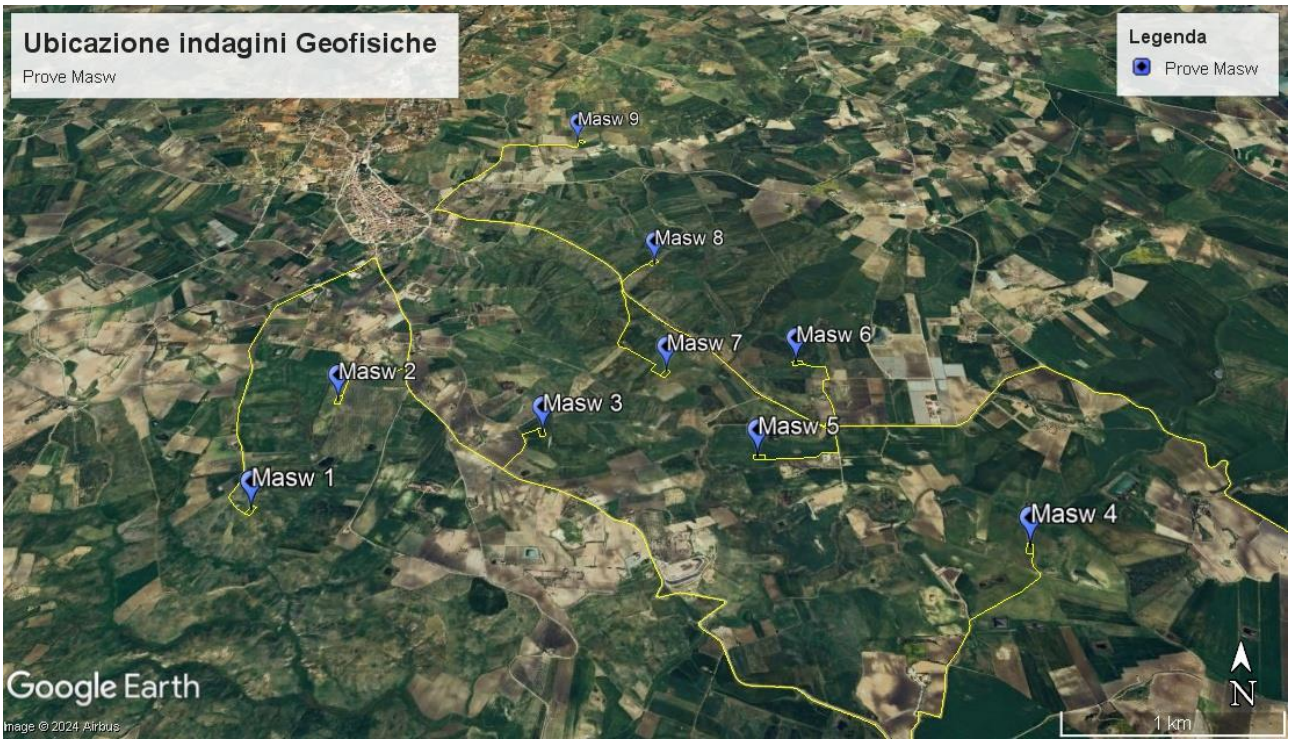


Fig. 26 - Indagini MASW

Per I dettagli sulle interpretazioni e sui parametri desunti vedasi Relazione Geotecnica e sismica

10. CONCLUSIONI

L'impianto in progetto ricade all'interno dei territori comunali di Naro, Camastra e Licata in Provincia di Agrigento.

L'area dell'impianto di produzione è posizionata su un'area caratterizzata per lo più da litotipi coesivi con buone caratteristiche geotecniche, che per la conformazione morfologica dei luoghi non destano problemi di stabilità.

Non si rilevano dissesti interferenti con le strutture in progetto né tanto meno evidenze che lascino presagire dei dissesti potenziali. Si ritiene che i siti d'intervento siano geomorfologicamente idonei ad accogliere le strutture progettate e che le stesse non interferiscano negativamente con l'assetto geomorfologico del territorio.

Le opere di connessione saranno realizzate in un'area priva di dissesti in cui le condizioni morfologiche sub-pianeggianti sono ostative all'innesco di fenomenologie morfo-degradanti.

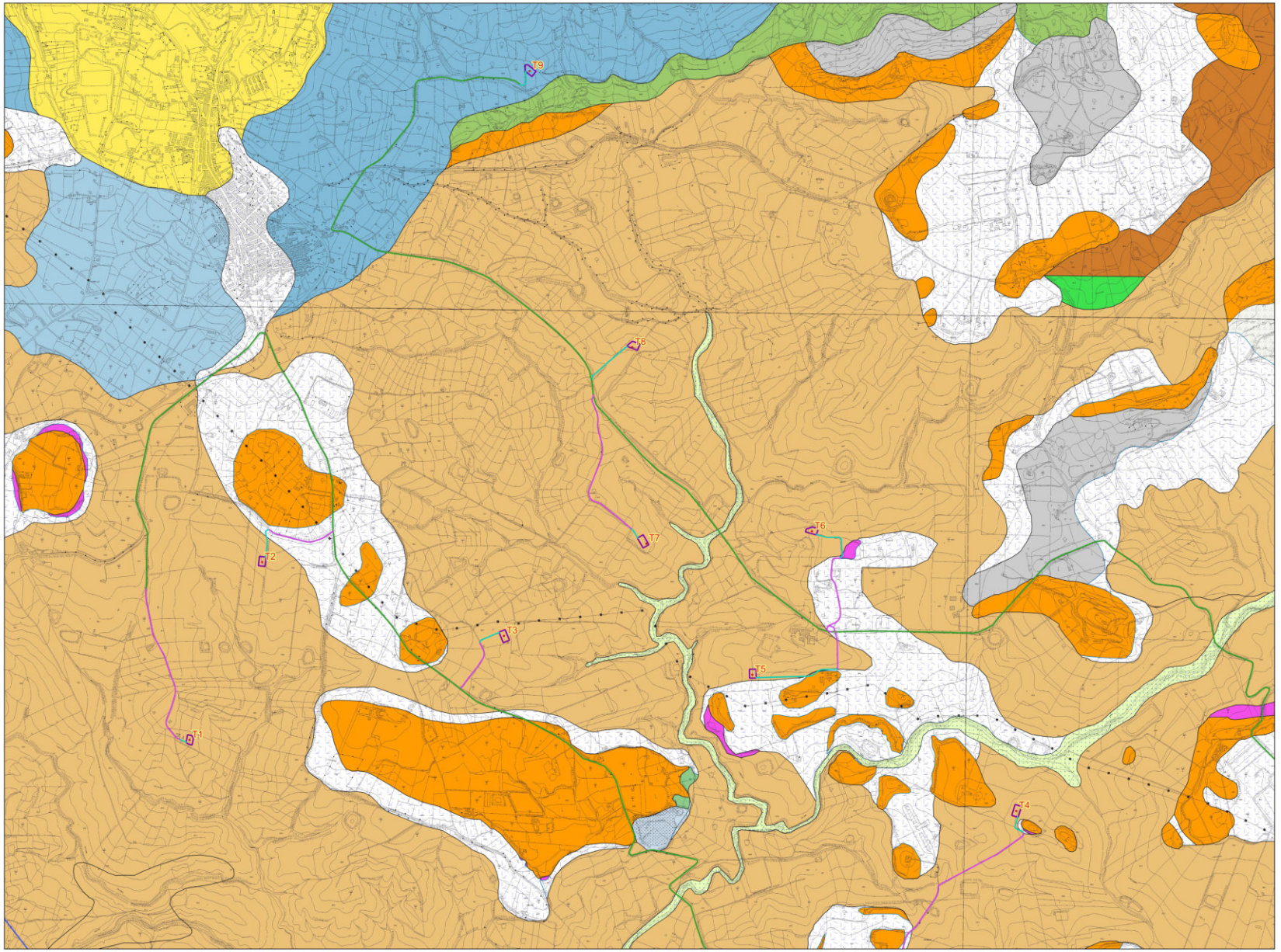
Tutto ciò permette di dedurre che nelle sedi d'intervento vi siano condizioni geomorfologicamente favorevoli alla realizzazione delle strutture dell'impianto eolico e che le stesse non pregiudichino l'assetto geomorfologico del territorio.

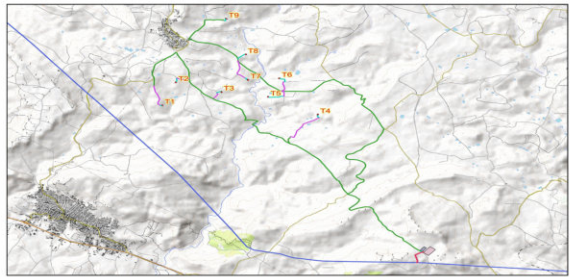
Dal punto di vista sismico viste le considerazioni fatte ai precedenti paragrafi, la mancanza di elementi che possano indurre fenomeni di liquefazione, nonché di condizioni che possano indurre fenomeni di amplificazione sismica rilevanti sui siti d'intervento, si ritiene che non ci siano condizioni pregiudizievoli o limitanti nei confronti delle strutture in progetto. Dal punto di vista geotecnico e sismico si è cercato di analizzare i contesti sito-specifici per fornire gli elementi numerici utili alla progetta-

zione di livello definitivo. Le indagini eseguite hanno consentito di appurare che le strutture dell'impianto ricadono su terreni a comportamento coesivo-pseudocoerente (argille). Tutti i siti sono caratterizzati da parametri geotecnici e sismici discreti, con spessori delle coperture assenti e profondità del substrato al piano di campagna. In ogni caso nella fase esecutiva si dovrà approntare una campagna di indagini in situ e laboratorio che accerti i parametri geotecnici desunti durante la campagna di indagini attualmente eseguita per accertare puntualmente le caratteristiche geotecniche dei vari depositi e dimensionare correttamente le strutture di fondazione.

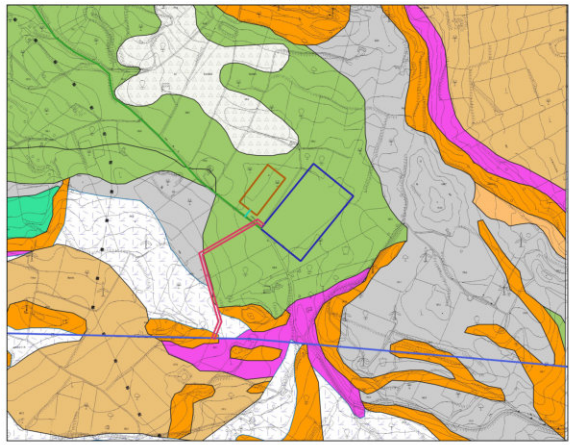
Anche dal punto di vista sismico sono stati forniti i dati di input per calcolare le sollecitazioni attese desunte dallo studio della morfologia dei luoghi e dalla tipologia di categoria di suolo di fondazione. Quest'ultima calcolata attraverso l'ausilio di indagini specifiche (Masw) ha consentito di ricavare la categoria di suolo di fondazione per tutte le varie aree interessate dalle strutture.

Tanto doveva il sottoscritto a seguito dell'incarico ricevuto ed espletato.





AREA STAZIONI



LEGENDA

DEPOSITI NEOGENICI
- Depositi lacustri e palustri (Olocene)
- Calcareniti e sabbie (Pleistocene medio)
- F. M. Narbone Argille e marne argillose (Pleistocene medio)
- Trubi (Pliocene inf)
- Brecce argillose intercalate ai Trubi (Pliocene inf)
- Calcare di base (Messiniano Sup)
- Gessi del II Ciclo (Messiniano Sup)
- Argille gessose (Messiniano sup)
- Tripoli Messiniano inf)
- F. C. Terravecchia Argille marnose grigio azzurre (Tortoniano Sup)
- Complesso argilloso basale (Miocene medio)

DEPOSITI ANTROPICI
- RSU (Recente)
- Rosticci di zolfo (Recente)
- Disfacimento cava (Recente)
- Detrito di falda (Recente)

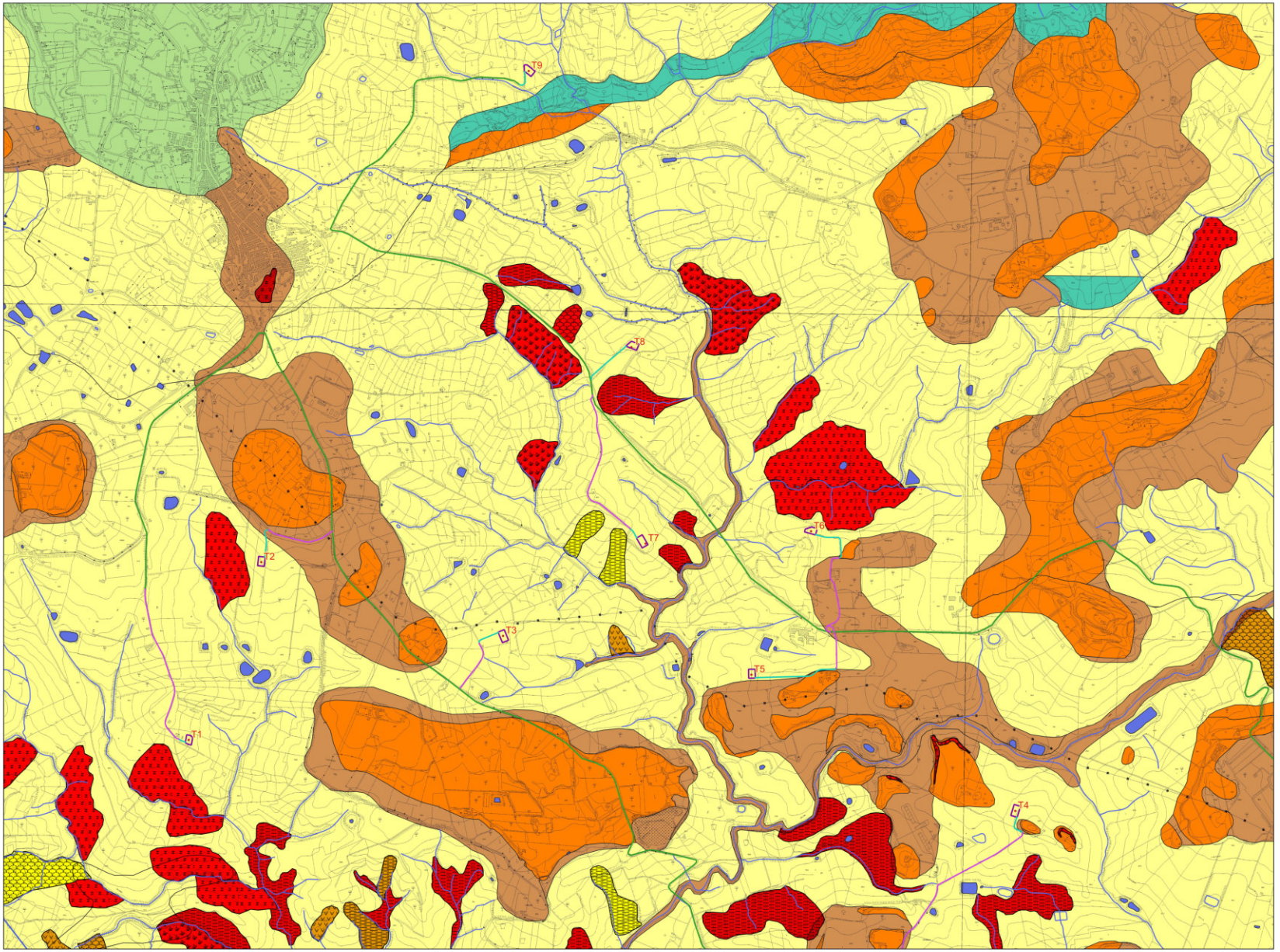
DEPOSITI QUATERNARI
- Depositi eluvio colluviali (Recente)
- Depositi alluvionali e Terrazzi Fluviali (Recente)
- Depositi lacustri e palustri (Olocene)

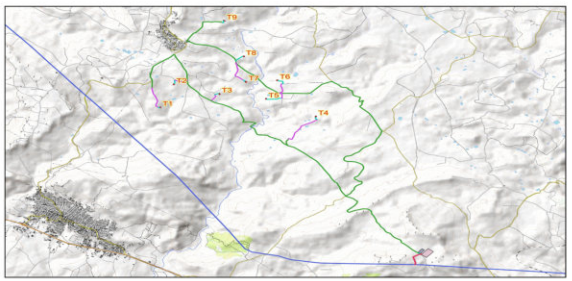
Impianto
- Cavidotto 36 kV su viabilità da ammodernare
- Cavidotto 36 kV su viabilità esistente
- Cavidotto 36 kV su viabilità nuova
- Elettrodotto esistente 220 kV Chiaramonte Gulfi - Favara
- Raccordi AT
- Aerogeneratori

Piazzole e stazioni
- Piazzole aerogeneratori
- SE TERNA
- SSE Utente

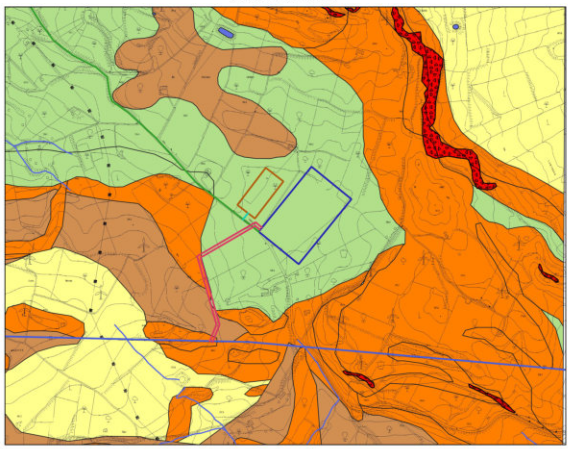
CARTA GEOLOGICA
Scala 1:10.000

0 0,5 1 km





AREA STAZIONI



LEGENDA

GEOMORFOLOGIA

- Rocce Coerenti
- Alternanza rocce coerenti ed incoerenti
- Incoerenti alternati a lenti e/o strati coerenti
- Rocce incoerenti
- Rocce pseudocoerenti

Frane censite dal P.A.I.

DISSESTI PER TIPOLOGIA

- Crollo e/o ribaltamento
- Colamento rapido
- Sprofondamento
- Scorrimento
- Frana complessa
- Espansione laterale o deformazione gravitativa (DGPV)
- Colamento lento
- Area a franosità diffusa
- Deformazione superficiale lenta
- Calanco
- Dissesti dovuti ad erosione accelerata

DISSESTI PER ATTIVITA'

- Attivo
- Inattivo
- Quiescente
- Stabilizzato artificialmente o naturalmente

- Limite bacino idrografico
- Limite comunale

IDROGRAFIA

- Reticolo idrografico
- Laghi

Impianto

- Cavidotto 36 kV su viabilità da ammodernare
- Cavidotto 36 kV su viabilità esistente
- Cavidotto 36 kV su viabilità nuova
- Elettrodotto esistente 220 kV Chiaramonte Gulfi - Favara
- Raccordi AT

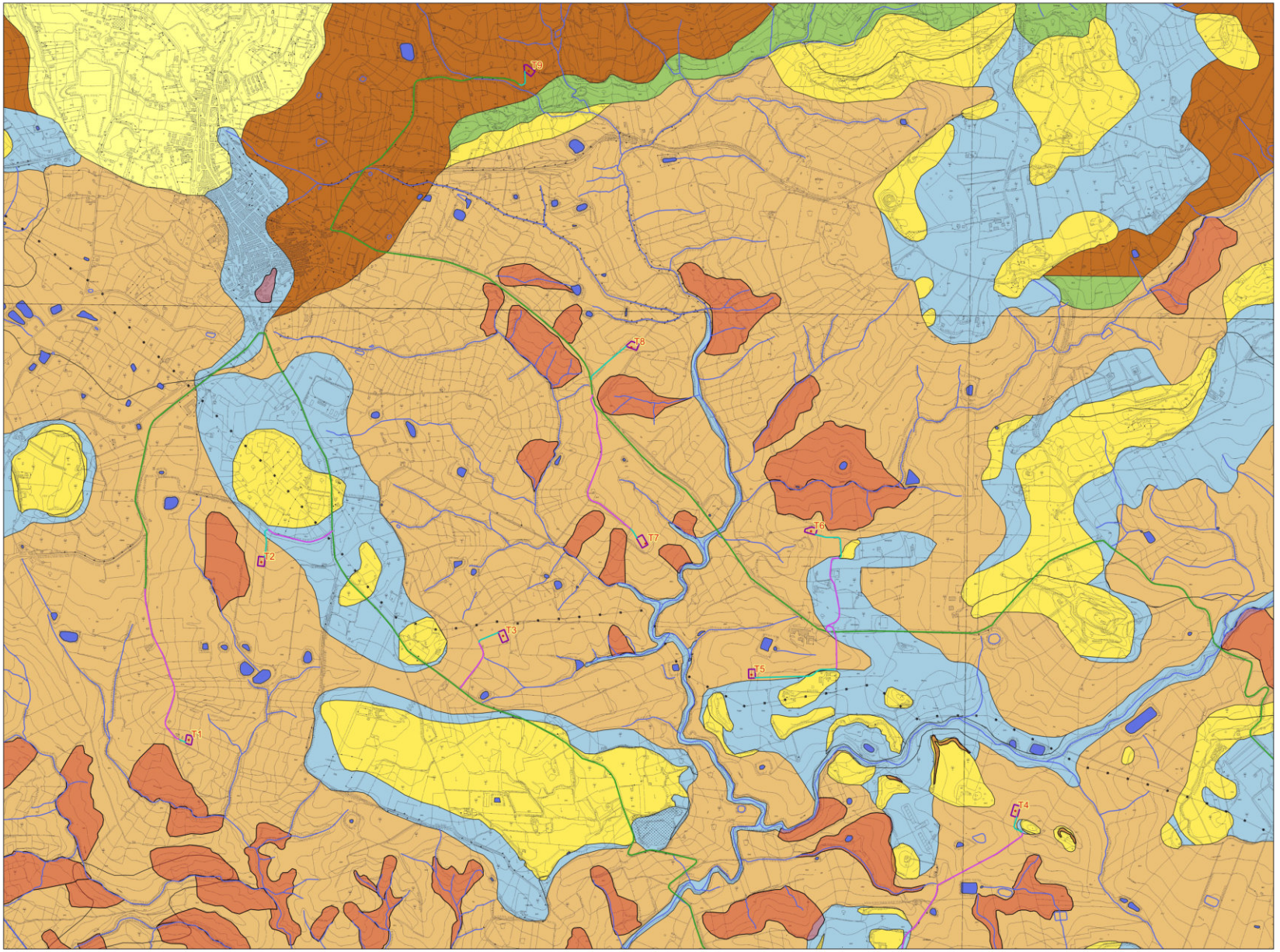
- Aerogeneratori

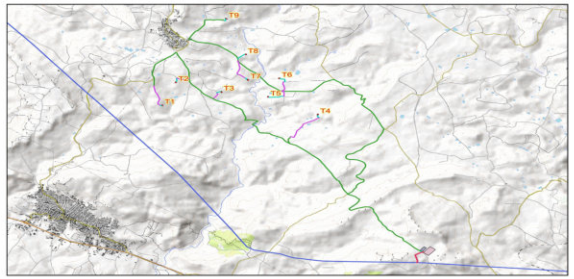
Piazzole e stazioni

- Piazzole aerogeneratori
- SE TERNA
- SSE Utente

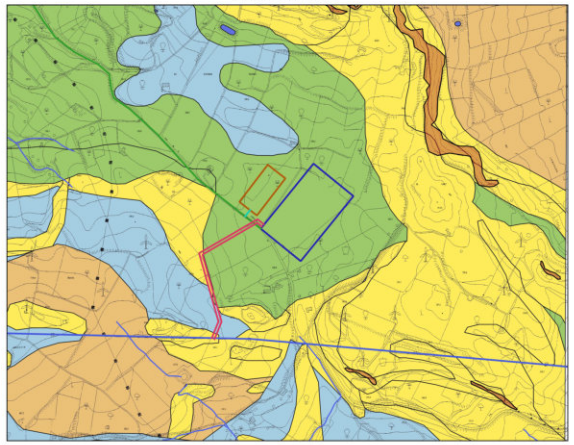
CARTA GEOMORFOLOGICA
Scala 1:10.000

0 0,5 1 km





AREA STAZIONI



LEGENDA

PERMEABILITA'

- Impermeabili
- Permeabilità bassa
- Permeabilità media per porosità
- Semipermeabili
- Permeabilità elevata per porosità
- Permeabilità elevata per fratturazione/ fessurazione e carsismo

DEPOSITI DI FRANA

Frane censite dal P.A.I.

- Permebilità elevata per porosità

IDROGRAFIA

- Reticolo idrografico
- Laghi

Impianto

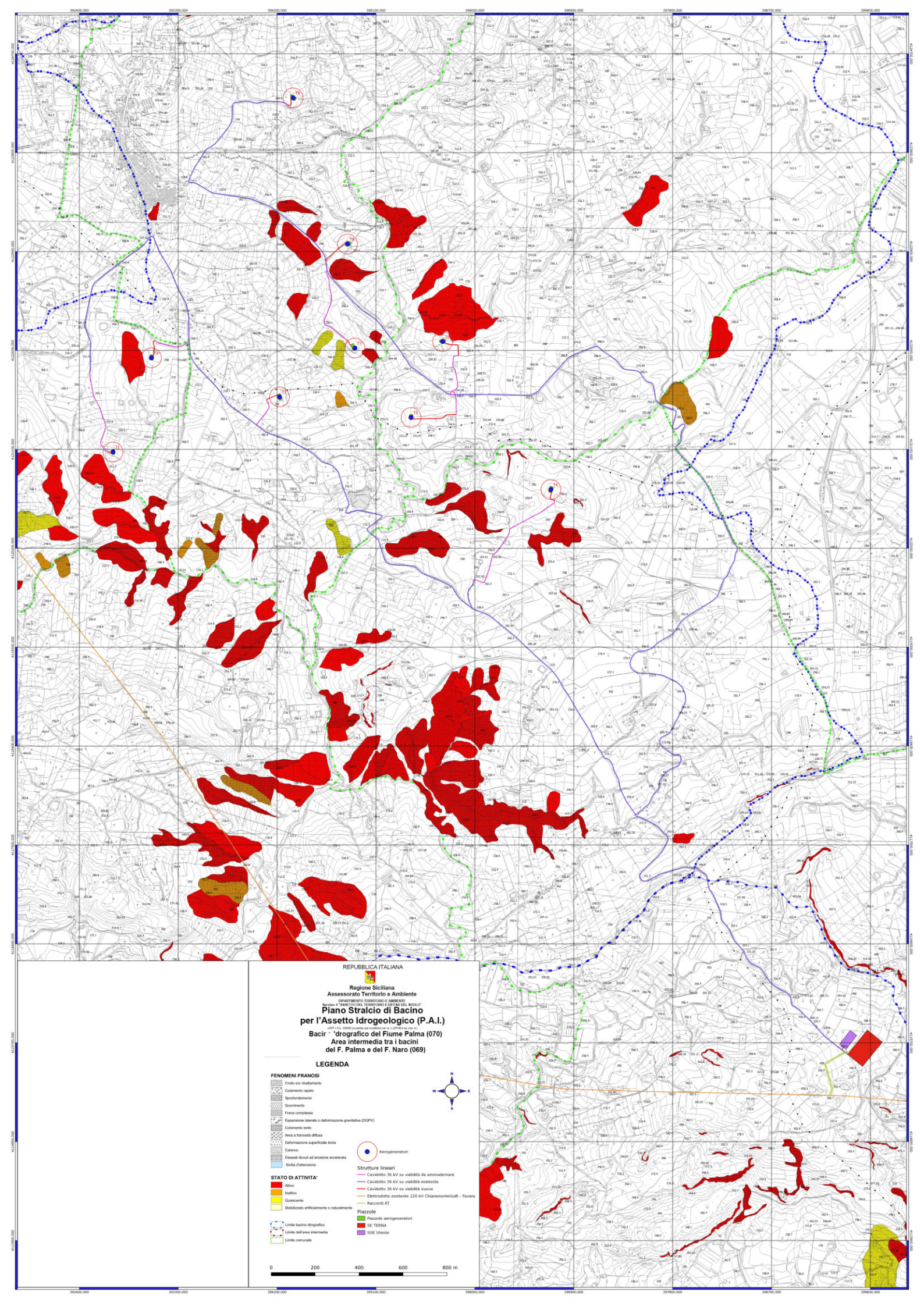
- Cavidotto 36 kV su viabilità da ammodernare
- Cavidotto 36 kV su viabilità esistente
- Cavidotto 36 kV su viabilità nuova
- Elettrodotto esistente 220 kV Chiaramonte Gulfi - Favara
- Raccordi AT
- Aerogeneratori

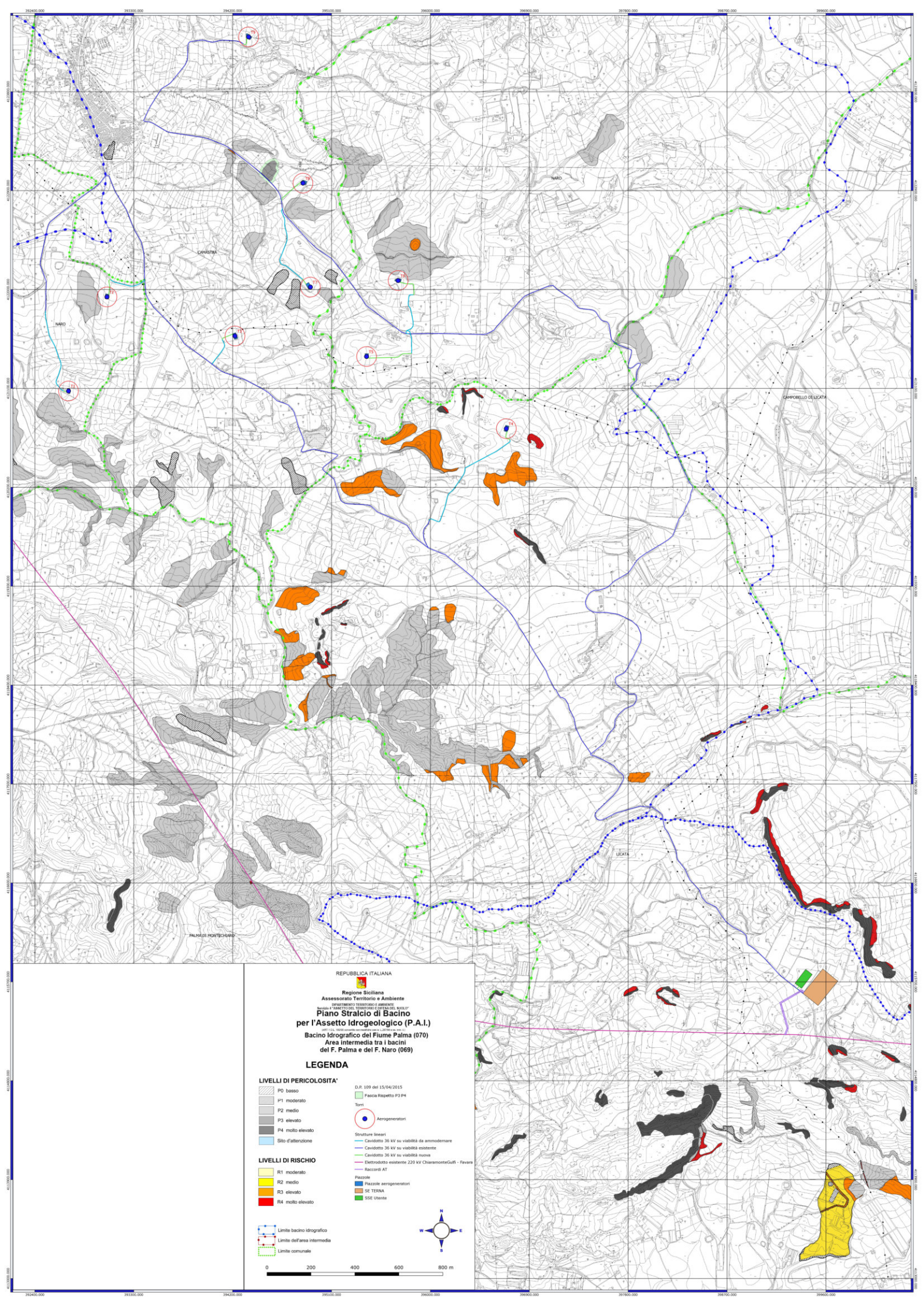
Piazzole e stazioni

- Piazzole aerogeneratori
- SE TERNA
- SSE Utente

CARTA IDROGEOLOGICA
Scala 1:10.000

0 0,5 1 km


REPUBBLICA ITALIANA
Regione Siciliana
Assessorato Territorio e Ambiente
DIPARTIMENTO TERRITORIO E AMBIENTE
Servizio 4 "ASSETTO DEL TERRITORIO E DIFESA DEL SUOLO"
Piano Stralcio di Bacino
per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)
(ART.1 D.L. 180/98 convertito con modifiche con la L.267/98 e ss. mm. ii)
Bacin - 'drografico del Fiume Palma (070)
Area intermedia tra i bacini
del F. Palma e del F. Naro (069)
LEGENDA
FENOMENI FRANOSI
Crollo e/o ribaltamento
Colamento rapido
Sprofondamento
Scorrimento
Frana complessa
Espansione laterale o deformazione gravitativa (DGPV)
Colamento lento
Area a franosità diffusa
Deformazione superficiale lenta
Calanco
Dissesti dovuti ad erosione accelerata
Sicilia d'attenzione
STATO DI ATTIVITA'
Attivo
Inattivo
Quiescente
Stabilizzato artificialmente o naturalmente
Limite bacino idrografico
Limite dell'area intermedia
Limite comunale
N
W
E
S
Aerogeneratori
Strutture lineari
Cavidotto 36 kV su viabilità da ammodernare
Cavidotto 36 kV su viabilità esistente
Cavidotto 36 kV su viabilità nuova
Elettrodotto esistente 220 kV ChiaramonteGulfi - Favara
Raccordi AT
Piazzole
Piazzole aerogeneratori
SE TERNA
SSE Utente
0
200
400
600
800 m



REPUBBLICA ITALIANA

Regione Siciliana
Assessorato Territorio e Ambiente

DIPARTIMENTO TERRITORIO E AMBIENTE
Servizio 4 "ASSETTO DEL TERRITORIO E DIFESA DEL SUOLO"

Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

(ART. 1 D.L. 180/98 convertito con modifiche con la L.267/98 e ss. mm. ii.)

Bacino Idrografico del Fiume Palma (070)
Area intermedia tra i bacini del F. Palma e del F. Naro (069)

LEGENDA

LIVELLI DI PERICOLOSITA'

- P0 basso
- P1 moderato
- P2 medio
- P3 elevato
- P4 molto elevato
- Sito d'attenzione

LIVELLI DI RISCHIO

- R1 moderato
- R2 medio
- R3 elevato
- R4 molto elevato

- Limite bacino idrografico
- Limite dell'area intermedia
- Limite comunale

D.P. 109 del 15/04/2015
- Fascia Rispetto P3 P4

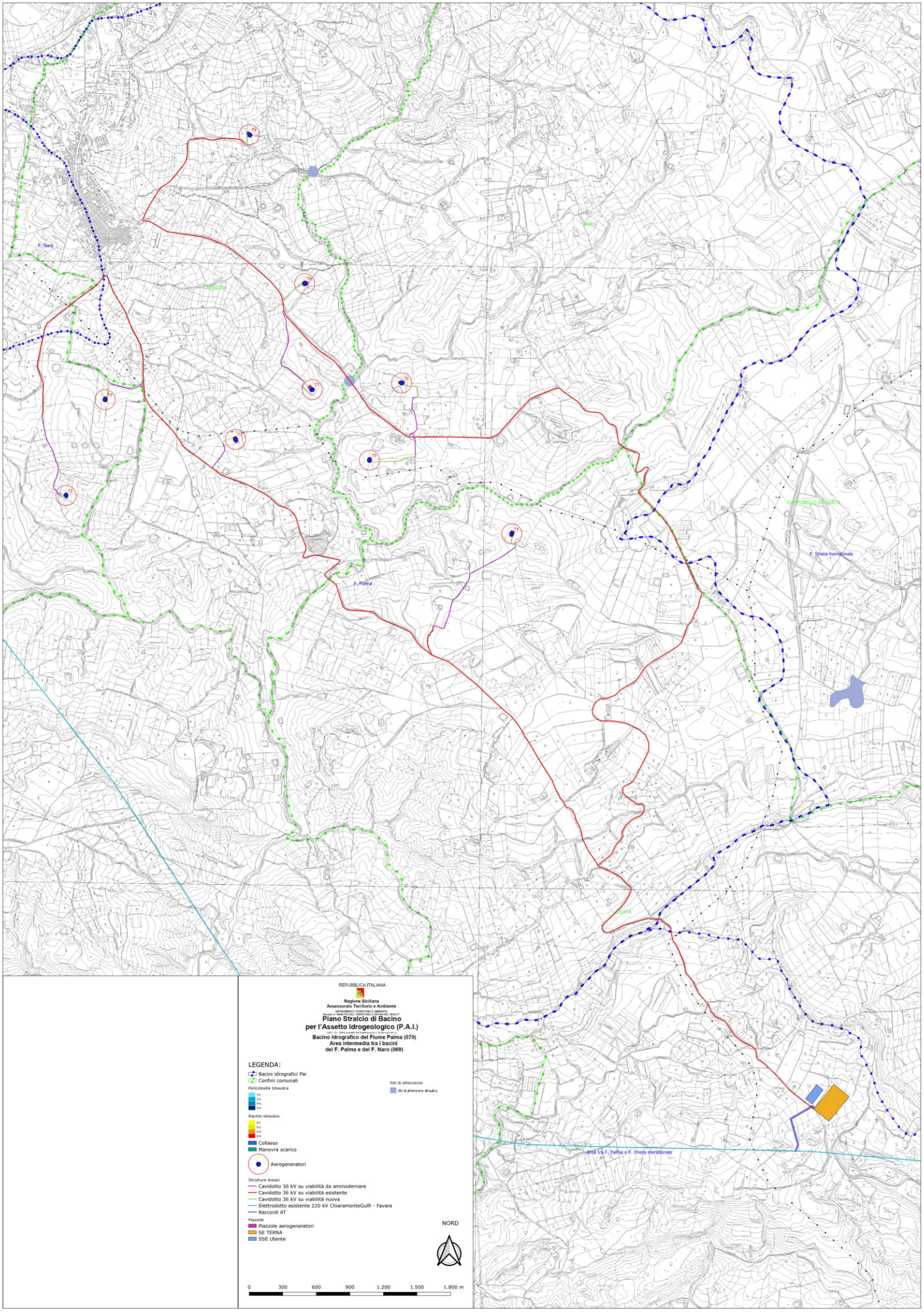
Torri
- Aerogeneratori

Strutture lineari
- Cavidotto 36 kV su viabilità da ammodernare
- Cavidotto 36 kV su viabilità esistente
- Cavidotto 36 kV su viabilità nuova
- Elettrodotto esistente 220 kV ChiaramonteGulfi - Favara
- Raccordi AT

Piazzole
- Piazzole aerogeneratori
- SE TERNA
- SSE Utente

N W E S

0 200 400 600 800 m



REPUBBLICA ITALIANA

Regione Siciliana
Assessorato Territorio e Ambiente

Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

Bacino Idrografico del Fiume Palma (070)
Area intermedia tra i bacini del F. Palma e del F. Naro (069)

LEGENDA:

- Bacini idrografici Pai
- Confini comunali

Pericolosità Idraulica

- P1
- P2
- P3
- P4

Rischio idraulico

- R1
- R2
- R3
- R4

- Collasso
- Manovra scarico
- Aerogeneratori

Siti di attenzione

- Siti di attenzione idraulica

Strutture lineari

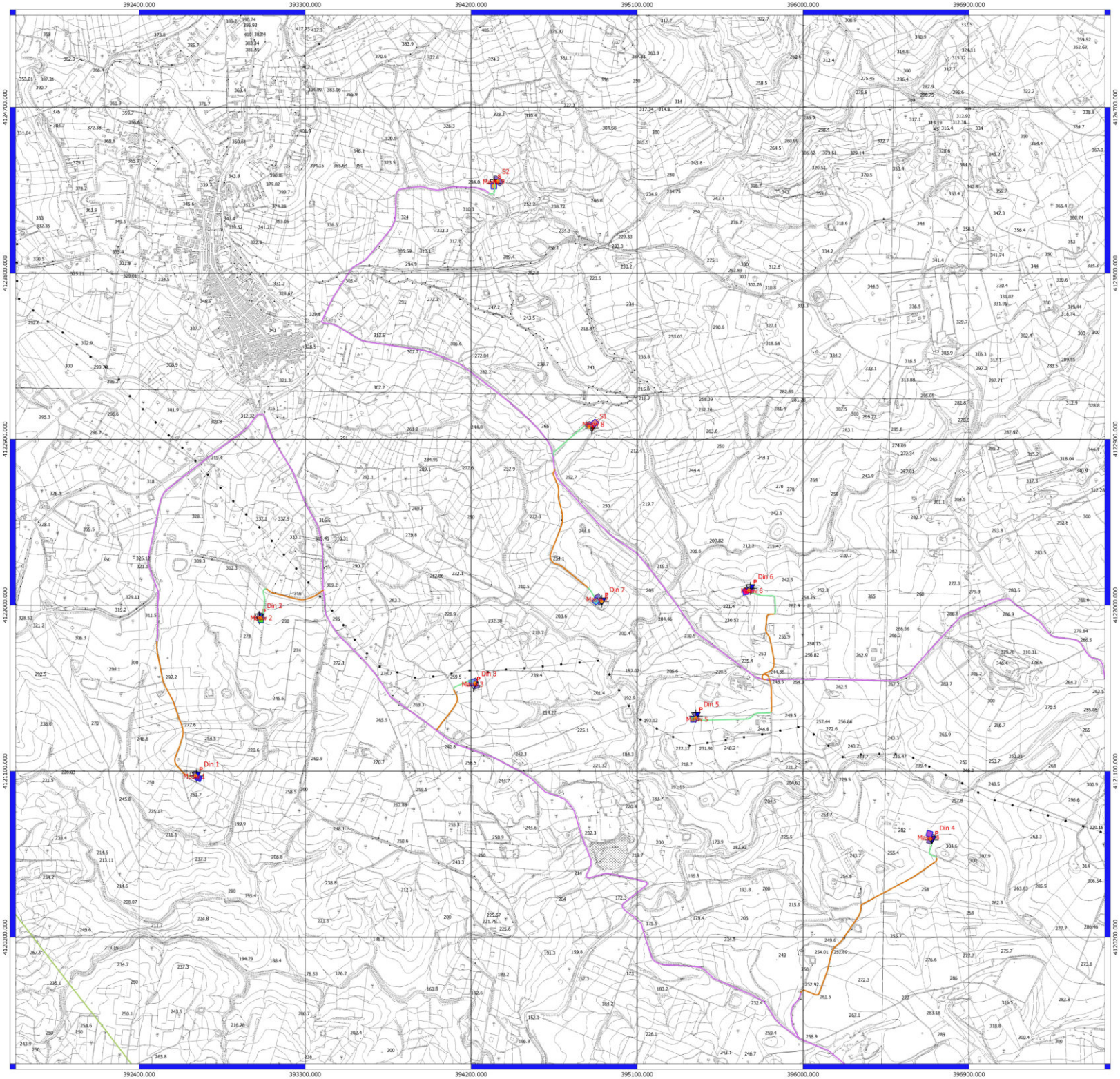
- Cavidotto 36 kV su viabilità da ammodernare
- Cavidotto 36 kV su viabilità esistente
- Cavidotto 36 kV su viabilità nuova
- Elettrodotto esistente 220 kV ChiaramonteGulfi - Favara
- Raccordi AT

Piazzole

- Piazzole aerogeneratori
- SE TERNA
- SSE Utente

NORD

0 300 600 900 1.200 1.500 1.800 m



CARTA DELLE INDAGINI
Scala 1:10.000

LEGENDA

- Aerogeneratori

Impianto Ok
- Cavidotto 36 kV su terreno agricolo
- Cavidotto 36 kV su viabilità da ammodernare
- Cavidotto 36 kV su viabilità esistente
- Cavidotto 36 kV su viabilità nuova
- Elettrodotto esistente 220 kV ChiaramonteGulfi - Favara
- Raccordi AT

Piazzole
- Piazzole aerogeneratori
- SE TERNA
- SSE Utente

Indagini Masw
- Masw 1
- Masw 2
- Masw 3
- Masw 4
- Masw 5
- Masw 6
- Masw 7
- Masw 8
- Masw 9

Indagini puntuali
- Prova penetrometrica Din 1
- Prova penetrometrica Din 2
- Prova penetrometrica Din 3
- Prova penetrometrica Din 4
- Prova penetrometrica Din 5
- Prova penetrometrica Din 6
- Prova penetrometrica Din 7
- Sondaggio S1 (T8)
- Sondaggio S2

N
W
E
S

0 500 1.000 1.500 m