

## S.S.n. 106 "Ter"

Lavori occorrenti per la realizzazione della manovra di uscita e della viabilità complanare per il collegamento funzionale tra la SS 106 "Ter" e la viabilità per l'Aeroporto di Reggio Calabria in corrispondenza dello Svincolo di "Malderiti" e Rampa in direzione Sud di immissione sulla SS106 "Ter"

### PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO



#### PROGETTISTI

Ing. Roberta Maria IANNOLO

Geom. Antonio CANNATA'

STUDIO PROGETTAZIONE



#### RUP

Ing. Antonella PIRROTTA

## RELAZIONE GEOLOGICA

PROGETTO	LIV. PROG	N. PROG.	FASE	COD. ELABORATO	REVISIONE
CZ001Z	E	2201	PE	V00GE00GEORE01_A	A

REVISIONE	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

## INDICE

<b><u>1. PREMESSA.....</u></b>	<b><u>2</u></b>
1.1. OGGETTO E SCOPO.....	2
1.2. METODOLOGIE UTILIZZATE.....	3
1.3. RACCOMANDAZIONI E NORMATIVE TECNICHE.....	4
<b><u>2. DESCRIZIONE GENERALE DEL TRACCIATO .....</u></b>	<b><u>7</u></b>
<b><u>3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....</u></b>	<b><u>9</u></b>
<b><u>4. QUADRO GEOLOGICO GENERALE .....</u></b>	<b><u>11</u></b>
4.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE ED EVOLUZIONE GEODINAMICA .....	11
4.1. ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO DEL TERRITORIO DI INTERESSE PROGETTUALE .....	14
<b><u>5. GEOMORFOLOGIA .....</u></b>	<b><u>19</u></b>
5.1. CARATTERI GENERALI .....	19
5.2. ASSETTO GEOMORFOLOGICO LOCALE .....	21
<b><u>6. VINCOLI TERRITORIALI .....</u></b>	<b><u>23</u></b>
6.1. IL PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.) ED IL PIANO GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI (P.R.G.A.) .....	23
<b><u>7. CLIMA ED IDROGEOLOGIA .....</u></b>	<b><u>30</u></b>
7.1. CLIMA.....	30
7.2. LINEAMENTI IDROGEOLOGICI DEL TERRITORIO DI REGGIO CALABRIA .....	32
7.3. CARATTERIZZAZIONE IDROGRAFICA ED IDROGEOLOGICA DELL'AREA DI STUDIO .....	34
<b><u>8. INDAGINI GEOGNOSTICHE.....</u></b>	<b><u>37</u></b>
8.1. INDAGINI GEOGNOSTICHE PREGRESSE .....	37
8.2. INDAGINI GEOGNOSTICHE PER PROGETTO ESECUTIVO - ANNO 2021 .....	38
<b><u>9. CARATTERIZZAZIONE SISMICA E CRITICITÀ CORRELATE .....</u></b>	<b><u>49</u></b>
<b><u>10. ASSETTO GEOLOGICO LUNGO IL TRACCIATO STRADALE ED INTERAZIONE OPERE- TERRENI 50</u></b>	
<b><u>11. CONCLUSIONI.....</u></b>	<b><u>55</u></b>

## 1. PREMESSA

Nella presente relazione vengono discussi gli aspetti geologici, idrogeologici, geomorfologici e sismici delle aree interessate dal Progetto Esecutivo riferito ai "LAVORI OCCORRENTI PER LA REALIZZAZIONE DELLA MANOVRA DI USCITA E DELLA VIABILITÀ COMPLANARE PER IL COLLEGAMENTO FUNZIONALE TRA LA SS 106"TER" E LA VIABILITÀ PER L'AEROPORTO DI REGGIO CALABRIA IN CORRISPONDENZA DELLO SVINCOLO DI "MALDERITI" E RAMPA IN DIREZIONE SUD DI IMMISSIONE SULLA SS106"TER"

Per la redazione del presente studio oltre a documentazione bibliografica si è fatto riferimento alla documentazione relativa a campagne di indagini pregresse (ANAS anno 1992) relativa al "Tratto Svincolo Arangea - Torrente D'armo Costruzione Svincolo di Malderiti e asta di raccordo all'aeroporto di Reggio Calabria" messa a disposizione degli scriventi.

In aggiunta, nella presente fase progettuale è stata realizzata una campagna di indagini geognostiche e geofisiche sulle quali è stata basata anche la ricostruzione del Modello Geologico di Riferimento (MGR).

La presente relazione si completa con i seguenti elaborati grafici e descrittivi, cui si rimanda per maggiori dettagli

La presente relazione si completa con i seguenti elaborati grafici e descrittivi, cui si rimanda per maggiori dettagli:

ELABORATI PROGETTO ESECUTIVO		
Codice elaborato	Titolo/sottotitolo	Scala
V00GE00GEORE01_A	Relazione geologica	-
V00GE00GEOCG01_A	Carta Geologica	1:1.000
V00GE00GEOCG02_A	Carta Geomorfologica	1:1.000
V00GE00IDRC01_A	Carta Idrogeologica	1:1.000
V00GE00GEOFG01_A	Profili Geologici	1:1.000/100
V00GE00GEOSG02_A	Sezioni Geologiche	1:1.00
V00GE00GECS01_A	Planimetria con classificazione sismica del territorio	1:1.000
V00GE00GEORE02_A	Relazione Sismica	-
V00GE00GEORE03_A	Documentazione indagini geognostiche	-
V00GE00GEORE04_A	Documentazione indagini geofisiche	-
V00GE00GEORE05_A	Certificati prove di laboratorio	-
V00GE00GEOPU01_A	Planimetria ubicazione indagini	1:1.000

**Tabella 1-1 - Elaborati Progetto Esecutivo**

Il lavoro è stato svolto in ottemperanza al DM 17/01/2018: "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni".

Per quanto concerne gli aspetti geodinamici e sismici, si rimanda alla "Relazione sismica" ed alla "Planimetria con classificazione sismica del territorio".

### 1.1. OGGETTO E SCOPO

Scopo della presente relazione è fornire, sulla base della documentazione e delle indagini disponibili, le informazioni necessarie per lo sviluppo della progettazione delle opere.

Il presente documento, redatto attraverso l'ausilio di studi mirati sul territorio permette quindi di:

- ricostruire dettagliatamente gli aspetti naturalistici del territorio ove sono collocate le opere;
- rappresentare ed illustrare le informazioni geologiche, stratigrafiche, strutturali ed idrogeologiche;

- riconoscere le principali forme di erosione, di accumulo e più in generale di pericolosità geologica, geomorfologica ed idrogeologica nelle aree limitrofe e/o direttamente interessate dai lavori;
- definire la distribuzione e la caratterizzazione delle principali falde idriche presenti nel sottosuolo;
- illustrare gli esiti dei rilievi geologici e geomorfologici realizzati, nonché delle indagini geognostiche pregresse e di quelle realizzate per la presente fase progettuale;
- fornire il modello geologico-stratigrafico, geologico-strutturale, litotecnico, idrogeologico e sismico da porre a base della progettazione;
- individuare le interazioni fra le opere ed i terreni fornendo gli elementi per una corretta progettazione geologica, idrogeologica e sismica;
- individuare la presenza di situazioni tali da determinare vincoli nell'ambito dello sviluppo della fase progettuale o durante l'esecuzione dei lavori.

## **1.2. METODOLOGIE UTILIZZATE**

Passando per le risultanze delle fasi progettuali precedenti, il lavoro è stato svolto seguendo una successione coordinata di diverse fasi propedeutiche. In particolare, alla fase preliminare di disamina, che ha visto l'acquisizione di tutte le conoscenze significative sull'area, basata sulla consultazione del materiale disponibile e sull'apposita raccolta di materiale bibliografico, è seguita una fase di studio di dettaglio, consistente in primo luogo nell'analisi foto interpretativa e nel rilevamento di superficie.

Nel dettaglio il lavoro ha previsto una prima fase di analisi, basata su:

- lo studio della documentazione redatta nel corso delle precedenti fasi progettuali;
- la consultazione di documentazione bibliografica reperita presso Enti di Ricerca e Amministrazioni;
- fotointerpretazione di fotogrammi di riprese aeree o immagini satellitari effettuate in passato.

I risultati di tale analisi sono stati quindi verificati ed integrati con quelli dall'indagine geologica, costituita dal rilevamento geologico e morfologico di campagna, oltre che dai dati emersi dalla campagna integrativa di indagini geognostiche realizzate nel 2021. Rispetto alle fasi progettuali precedenti, è stato così possibile meglio definire la distribuzione spaziale dei litotipi, l'individuazione degli elementi strutturali e morfologici, la caratterizzazione degli elementi geologici e idrogeologici significativi per la successiva descrizione litotecnica.

Di seguito sono descritte nel dettaglio le attività sopra elencate per quanto concerne l'approccio metodologico adottato.

**Studio indagine storica e bibliografica:** Le analisi hanno consentito di approfondire studi pregressi eseguiti in aree limitrofe in contesto simile a quello dell'area in esame, e di sintetizzare le previsioni relative al contesto geologico, idrogeologico, geomorfologico e geotecnico e successivamente di individuare, rispetto alle informazioni ed agli scenari in esso delineati, le principali criticità ed incertezze residue.

L'approfondimento delle conoscenze è stato eseguito anche mediante una ricerca bibliografica, condotta presso gli istituti universitari e di ricerca e presso gli enti amministrativi e territoriali interessati dall'opera. In particolare, per quanto concerne l'indagine bibliografica, il materiale consultato è stato reperito presso enti di ricerca (ISPRA, CNR, Università della Calabria, Università di Reggio), amministrazioni (Centro Cartografico della Regione Calabria, Comune di Reggio



Calabria, Città Metropolitana di Reggio Calabria) e Autorità di Bacino Distretto Idrografico Appennino Meridionale (ex Autorità di Bacino Regione Calabria); in seno a quest'ultima sono stati visionati gli elaborati del "Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico" (PAI) vigente e del Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA).

Tutte le informazioni sull'assetto geologico-strutturale, idrogeologico, geomorfologico e ambientale ricavate da questa fase di lavoro, oltre a far comprendere meglio l'assetto territoriale su cui intervenire, sono state utilizzate per calibrare la successiva fase di lavoro.

**Rilievi di campagna ed analisi fotointerpretativa:** in base alle informazioni acquisite, sono stati effettuati rilievi di campagna preliminari, per una fascia significativa, preceduti ed integrati dall'analisi fotointerpretativa. Le informazioni ed i dati raccolti hanno così permesso di approfondire la distribuzione spaziale dei litotipi, il modello geologico-stratigrafico, l'assetto geologico-strutturale e verificare gli elementi geomorfologici caratteristici del territorio; in tal modo è stato possibile definire con maggiore dettaglio, il modello geologico, geomorfologico ed idrogeologico da porre a base del progetto.

**Indagini geognostiche:** indagini geologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche integrative sono state eseguite allo scopo di verificare/integrare il modello geologico e geotecnico a base della progettazione. Con l'occasione si è anche proceduto ad una caratterizzazione ambientale delle terre e rocce da scavo.

### **1.3. RACCOMANDAZIONI E NORMATIVE TECNICHE**

La presente relazione e gli studi ad essa associati sono redatti in conformità a quanto previsto dalla normativa tecnica, fra cui di seguito sono elencati i principali riferimenti:

- R.D.3267/23: "Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani".
- L. 10/05/76 n. 319: "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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- L. 08/08/1985 n. 431: "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 27 giugno 1985, n. 312, recante disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale (G.U. 22 agosto 1985, n. 197)";
- L. 08/07/86 n. 349: "Istituzione del Ministero dell'Ambiente e norme in materia di danno ambientale";
- D.M. 11/03/88: "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce.";
- D.P.R. 24/05/88 n. 236: "Attuazione della direttiva CEE n. 80/778 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano", ai sensi dell'art. 15 della legge 183 del 16/04/1987;
- L. 18/05/89 n. 183: "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo";
- D.P.C.M. 23/03/1990: "Atto di indirizzo e coordinamento a fini della elaborazione e adozione degli schemi previsionali e programmatici di cui all'art. 31 della legge 18 maggio 1989, n. 183, recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo";

- L. 07/08/1990 n.253: "Disposizioni integrative alla legge 18 maggio 1989 n. 183, recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo";
- L. 06/12/91 n. 394: "Legge quadro sulle aree protette";
- D.P.R. 07/01/1992: "Programmazione attività conoscitive";
- D.P.R. 14/04/1993: "Criteri e modalità per la redazione dei programmi di manutenzione idraulica";
- L. 05/01/1994 n. 37: "Norme per la tutela ambientale delle aree demaniali dei fiumi, dei torrenti, dei laghi e delle altre acque pubbliche L. 5 gennaio 1994, n. 36. Disposizioni in materia di risorse idriche";
- D.P.R. 14/04/1994: "Delimitazione bacini";
- D.P.R. 18/07/1995: "Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento concernente i criteri per la redazione dei piani di bacino";
- L.R. 29/11/1996 n.35: "Costituzione dell'Autorità di Bacino Regionale in attuazione della legge 18 maggio 1989, n. 183 e successive modificazioni ed integrazioni";
- D.M. 14/02/1997: "Direttive tecniche per l'individuazione perimetrazione, da parte delle regioni delle aree a rischio idrogeologico";
- L.R. del 03/08/1998 n°267: "Programma Regionale di difesa del suolo";
- D.L. 11/06/1998, n. 180: "Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania";
- L. 03/08/1998 n. 267: "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180, recante misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania";
- D.P.C.M. 29/09/1998: "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180".
- D.L. 11/05/99 n. 152: "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della Direttiva CEE 91/271 e 91/676";
- L. 13/07/1999 n. 226 (G.U. 14.07.1999, n. 112): "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto - legge 13 maggio 1999, n.132, recante interventi urgenti in materia di protezione civile." (in vigore dal 15.7.1999);
- D.L. 18/08/2000 n. 258: "Disposizioni correttive ed integrative del D.L. 152/99";
- L. 11/12/2000 n. 365: "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 12 ottobre 2000, n. 279, recante interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato ed in materia di protezione civile, nonché' a favore delle zone della regione Calabria danneggiate dalle calamità idrogeologiche di settembre ed ottobre 2000";

- L. 23/03/2001 n. 93: "Disposizioni in campo ambientale";
- D.G.R. 31/07/2002 n.20: "Approvazione/Adozione Linee Guida PAI".
- D.P.R 6 giugno 2001 n. 380: "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia";
- D.M. 18/09/2001 n. 468: "Regolamento recante programma nazionale di bonifica e ripristino ambientale";
- L.R. 16/04/2002 n. 19: "Norme per la tutela, governo ed uso del territorio - Legge Urbanistica della Calabria";
- D.L. 03/04/2006 n. 152: "Norme in materia ambientale";
- L.R. 11/05/2007 n. 9" Provvedimento generale recante norme di tipo ordinamentale e finanziario (collegato alla manovra di finanza regionale per l'anno 2007 Art. 3, comma 4, della Legge regionale n. 8/2002)";
- O.P.C.M. 13/11/2010 n. 3907: "Contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico";
- R.R. n. 7 del 28 giugno 2012 s.m.i. "Procedure per la denuncia, il deposito e l'autorizzazione di interventi di carattere strutturale e per la pianificazione territoriale in prospettiva sismica di cui alla L.R. n. 35 del 19 ottobre 2009 s.m.i." (testo coordinato con le modifiche ed integrazioni di cui al R.R. n. 3 del 24.02.2014 approvato con delibera G.R. n° 51 del 20.02.2014 pubblicato sul BURC parte I n. 9 del 03.03.2014 ripubblicato con avviso di errata corregge sul BURC parte I n. 10 del 5.03.2014);
- L.R. 28/12/2015, n. 37: "Modifica alla legge regionale n. 35 del 19 ottobre 2009 e s.m.i. (Procedure per la denuncia degli interventi di carattere strutturale e per la pianificazione territoriale in prospettiva sismica)".
- R.R. n.15 del 29/11/2016 "Procedure per la denuncia, il deposito e l'autorizzazione di interventi di carattere strutturale e per la pianificazione territoriale in prospettiva sismica" di cui alla legge regionale n. 37 del 28 dicembre 2015".
- Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 17/01/2018 pubblicate sul Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale, n. 42 del 20 febbraio 2018;
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP."Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.(pubblicato sulla GU n.35 del 11-2-2019 – Suppl. Ordinario n. 5);
- R.R. n.1 del 04/01/2021 " Procedure per la denuncia, il deposito e l'autorizzazione di interventi di carattere strutturale e per la pianificazione territoriale in prospettiva sismica" di cui alla legge regionale n. 16 del 15 settembre 2020".

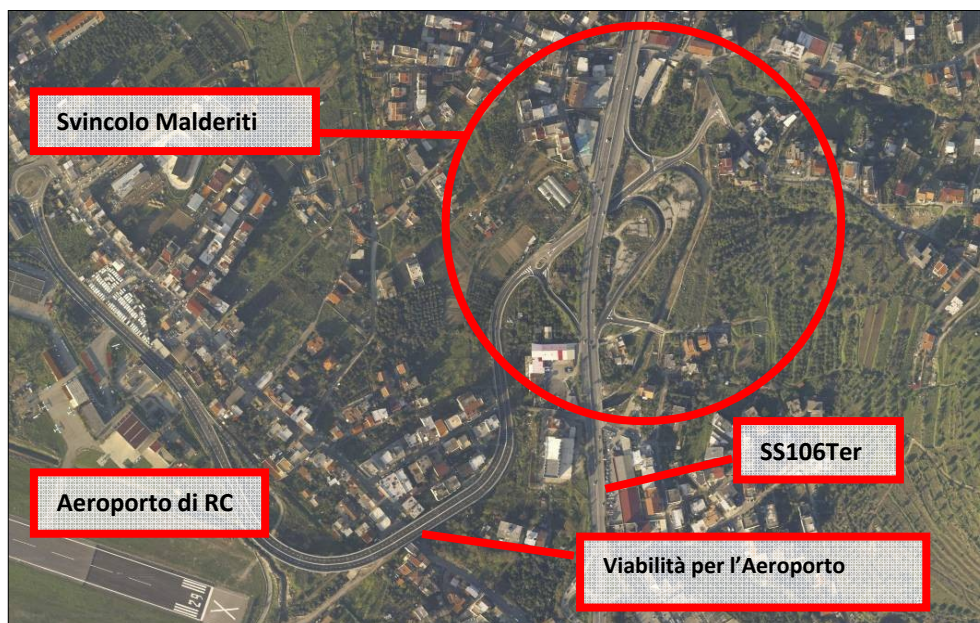
## 2. DESCRIZIONE GENERALE DEL TRACCIATO

L'oggetto della presente progettazione riguarda un intervento puntuale localizzate nel territorio della Città Metropolitana di Reggio Calabria, finalizzati alla soluzione di specifiche criticità dello svincolo denominato "MALDERITI".

Il tratto denominato "Raccordo Autostradale di Reggio Calabria che collega l'Autostrada A2 del Mediterraneo con la SS106Ter; lo stesso è sito in agro della Città Metropolitana di Reggio Calabria e risulta di competenza ANAS Spa – Struttura Territoriale Calabria.

Il tratto terminale di tale "Raccordo" rientra nelle competenze della Provincia di Reggio Calabria con la denominazione di SS106Ter.

Su tale tratto provinciale, ANAS è intervenuta, nel corso degli anni passati, realizzando, a servizio del vicino Aeroporto di Reggio Calabria, un nuovo Svincolo denominato "Malderiti", con la finalità di collegare il "Raccordo Autostradale" in oggetto con la viabilità locale esistente diretta all'Aeroporto.



**Figura 2-1 – Ortofoto area complessiva dell'area di svincolo**

Lo svincolo esistente non garantisce tutte le manovre necessarie soprattutto in direzione Aeroporto e Via del Tordo, lo stesso non consente un inserimento fruibile e in completa sicurezza in direzione TA soprattutto per la mancanza di una rampa che collega la viabilità principale alla rotatoria esistente. La soluzione progettuale proposta renderà la viabilità più sicura considerando anche gli aggiornamenti normativi, il tutto per consentire i flussi in tutte le direzioni.

E' risultato quindi opportuno prevedere la realizzazione di uno svincolo che consta di una rampa di decelerazione con una lunghezza di circa 120,00 metri una larghezza di circa 4,00 metri e con 1 metro di banchina per ogni lato, che si va ad inserire in una prima rotatoria con diametro esterno 17 metri, quest'ultima avrà due diramazioni di cui una verso la viabilità Comunale (Via del Tordo) sulla SS106Ter, mentre l'altro confluirà nella seconda rotatoria; quest'ultima di diametro esterno 25 metri si innestano 3 bracci di cui due esistenti mentre l'altra di nuova realizzazione costituisce la rampa di immissione sulla SS106. Stante l'attuale elevata pericolosità dell'innesto comunale, che raccoglie e confluisce il traffico di un'intero quartiere cittadino, e l'intenso traffico veicolare che interessa l'arteria principale, la soluzione progettuale proposta prevede la chiusura dell'attuale innesto, individuando con la realizzazione della prima rotatoria un'immissione sicura alla rampa di collegamento che, confluendo nella seconda rotatoria, avranno la possibilità di un'immissione nella



rampa di accelerazione che verrà realizzata con lo stesso progetto, garantendo una fruibilità del traffico molto più sicura.

Il nuovo tracciato è progettato in categoria stradale B in uscita su strada di categoria C.

Sono di seguito descritti, in via sintetica ed esemplificativa, gli interventi previsti:

- ✓ realizzazione di una doppia rotatoria per consentire il completamento della fruibilità dei raccordi tra viabilità principale e secondarie
- ✓ collegamento della SS106Ter alla nuova rampa di svincolo e realizzazione dei necessari raccordi planoaltimetrici con realizzazione della viabilità complanare per l'uscita in diversione dalla viabilità principale;
- ✓ realizzazione delle opere di sostegno in terra rinforzata per l'esecuzione della rampa con pendenza a norma;
- ✓ esecuzione pacchetto stradale;
- ✓ completamento impianto di barriere di sicurezza laterali e spartitraffico

### 3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il sito oggetto di intervento è situato sul territorio comunale di Reggio Calabria, in località "Ravagnese", nell'area dell'aeroporto della città.



**Figura 3-1 – Ubicazione dell'area di interesse da immagine satellitare (fonte Google Earth)**



**Figura 3-2 – Immagine satellitare con sovrapposizione del progetto dello svincolo (fonte Google Earth)**

Dal punto di vista cartografico, il sito di interesse rientra all'interno del Foglio 601 "Messina-Reggio Calabria" della nuova Carta Topografica d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare Italiano (I.G.M.I.) in scala 1: 50.000, e nella Sezione 254 III SE "Motta San Giovanni" in scala 1: 25.000.

Inoltre si è tenuto conto del Piano Strutturale Comunale (P.S.C.) (L.U.R. 16 aprile 2002, n. 19 e s.m.i.).

Con riferimento alla Carta Tecnica della Regione Calabria, l'area è individuabile negli elementi 601121 e 601122 in scala 1: 5.000.

L'area di studio si inserisce nel territorio compreso tra la piana alluvionale della Fiumara Sant'Agata, posta poco più a Nord e della Fiumara D'Armo che scorre a circa 1,5 km più a sud.

Maggiore importanza in termini progettuali riveste il T. Menga, il quale risulta attualmente inalveato per circa 800 m, scorrendo in parte proprio al di sotto della sede stradale esistente ed in parte adiacente.

## **4. QUADRO GEOLOGICO GENERALE**

### **4.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE ED EVOLUZIONE GEODINAMICA**

L'area in esame ricade nel settore meridionale dell'Arco Calabro- Peloritano (Amodio Morelli et alii, 1976), un edificio a falde di ricoprimento costituito da numerose unità tettoniche alpine prevalentemente metamorfiche, sovrascorse sulle unità carbonatiche in seguito alla chiusura del Mare Tetide, con conseguente collisione tra la Placca Europea e quella Africana. L'evoluzione tettonica dell'Arco Calabro-Peloritano, infatti, è comunemente riferita alla convergenza tra le placche continentali Eurasia e Africa-Adria, verificatasi durante la consunzione delle litosfere oceaniche Liguro-Piemontese e Ionica, attiva dal tardo Cretaceo (Dercourt et alii, 1986), che ha condotto alla formazione della cintura orogenetica Alpino- Appenninica (Dewey et alii, 1989; Bonardi, 1982).

L'Arco Calabro rappresenta, dunque, l'elemento di catena in un sistema in cui si distinguono diversi sub-domini poiché l'interazione tra le due placche coinvolge blocchi crostali minori e indipendenti tra loro. In particolare, si riconoscono zone di subduzione attiva, di collisione continentale, di margine trascorrente e anche margini di estensione (Serpelloni et alii, 2007). Il processo di subduzione e di formazione della catena è stato accompagnato dalla progressiva apertura del bacino Ligure-Provenzale a partire dall'Oligocene Inferiore e poi del bacino Tirrenico, a partire dal Langhiano (Carminati et alii, 1998) e dalla contemporanea migrazione verso Sud-Est di questa porzione della catena (Malinverno & Ryan 1986; Dewey et alii, 1989). La storia evolutiva post-oligocenica dell'Arco Calabro Peloritano è caratterizzata da una tettonica sia di tipo trascorrente che estensionale, la quale ha contribuito all'attuale conformazione e disposizione delle unità tettono-stratigrafiche dell'orogene, determinando, inoltre, l'apertura del Bacino di retro-arco Tirrenico (Malinverno & Ryan, 1986, Dewey et alii, 1989; Decandia et alii, 1988).

A partire dal Miocene Medio, l'evoluzione geodinamica dell'orogene calabro è governata da una tettonica prevalentemente trascorrente (Van Dijk et alii, 2000), legata alla progressiva migrazione dell'Arco Calabro verso SE, lungo sistemi di faglia a carattere regionale orientati NO-SE e ONO-ESE, caratterizzati da movimenti a trascorrenza sinistra e destra, rispettivamente, nel settore settentrionale e meridionale (Ghisetti & Vezzani, 1981; Knott & Turco, 1991; Tansi et alii, 2007). Durante il Neogene-Quaternario, infatti, l'individuazione di zone di taglio crostali, con aree in transtensione e transpressione, determina la dislocazione della catena a falde dell'Arco Calabro Peloritano e condiziona l'apertura e l'evoluzione dei bacini neogenici peritirrenici, determinando l'estrusione tettonica delle unità più profonde della catena. A partire dal Pleistocene Medio, movimenti estensionali sono indotti da un generale sollevamento della catena (Cello et alii, 1982; Gasparini et alii, 1982; Tortorici et alii, 1995) legati ad una diminuzione della velocità di arretramento della zona di subduzione (D'Agostino et alii, 2004; Goes et alii, 2004; Serpelloni et alii, 2007).

Sono diverse le spiegazioni proposte per giustificare questo rallentamento/arresto. Alcuni autori mettono in relazione il sollevamento quaternario con la rottura e il distacco dello slab ionico in subduzione (Wortel & Spackman 2000). Secondo un'altra interpretazione, la causa è da ricondursi all'interazione tra l'arretramento verso SE dello slab Ionico in subduzione e la convergenza tra Africa e Europa in direzione Nord-Sud, gradualmente verso l'avanfossa e l'avanpaese (Monaco e Tortorici, 2000; Bianca et alii, 2011).



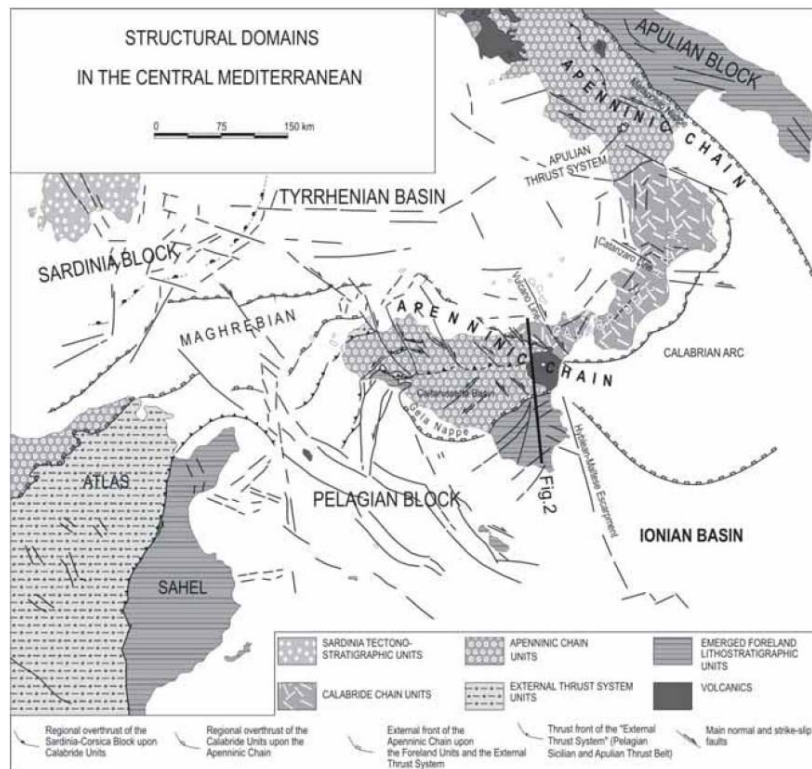


Figura 4-1 – Schema tettonico dell'orogene appenninco-maghrebide (da Lentini et alii, 1996,2006)

Per quanto riguarda l'area presa in esame, essa si sviluppa all'interno della porzione meridionale dell'Arco Calabro- Peloritano, che presenta delle differenze peculiari rispetto a quella settentrionale. Le diversità principali che caratterizzano i due settori si riscontrano nelle unità tettonostratigrafiche che le compongono (Bonardi et alii, 1982): la presenza nel settore settentrionale di unità ofiolitiche, completamente assenti in quello meridionale, di un chiaro raddoppiamento della superficie di Mohorovicic e di unità carbonatiche appenniniche sottostanti alle unità cristalline; inoltre, le principali deformazioni delle unità cristalline del settore settentrionale sono risalenti al Cretaceo sup., ed hanno polarità europea (mentre quelle del settore meridionale sono comprese tra l'Eocene sup. e l'Aquitano, con polarità africana). Il settore meridionale si estende a S dell'allineamento che da Capo Vaticano si prolunga fino a Soverato comprendendo le Serre, l'Aspromonte ed i Peloritani. È caratterizzato da una serie di unità cristalline che sopportano coperture sedimentarie di età meso-cenozoica che si sovrappongono nell'Oligocene con polarità meridionale. Questo settore rappresenterebbe il dominio più interno della catena siciliano-maghrebide (Tortorici, 1982). Il settore meridionale è costituito nella sua porzione più profonda, dall'Unità di Longi Taormina che affiora in posizione frontale lungo il margine meridionale, caratterizzato principalmente metamorfiti erciniche: semiscisti con intercalazioni di quarziti, metareniti e metacalcari (Atzori & Vezzani, 1994).

Sopra questa unità troviamo quella di Mandanici che affiora al centro dei Peloritani, composta essenzialmente da filladi con intercalazioni di quarziti e calcari. L'unità geometricamente più elevata di questa porzione è l'Unità dell'Aspromonte, formata da paragneiss e micascisti, mentre nelle Serre e nell'Aspromonte l'unità più bassa e quella di Africo e Cardeto (anche dette Unità della Madonna di Polsi, essenzialmente filladi e scisti), su cui poggia l'Unità dell'Aspromonte. In posizione apicale nelle Serre meridionali e nell'Aspromonte troviamo l'Unità di Stilo che poggia tettonicamente sull'Unità dell'Aspromonte (Bonardi et alii, 1979) ed è composta prevalentemente da paragneiss, micascisti, anfiboli e filladi con intercalazioni di metareniti e metacalcari di basso grado metamorfico.

La copertura, affiorante per lo più sulle Serre, è costituita da una successione calcareo dolomitica con età Triassica-Cretacea (Roda, 1965; Bonardi et alii, 1980). Sull'edificio a falde si deposita tra l'Aquitano e il Langhiano la Formazione arenaceo-conglomeratica di Stilo-Capo d'Orlando, che affiora quasi ininterrottamente dalle Serre fino ai Peloritani (Bonardi et alii, 1980).

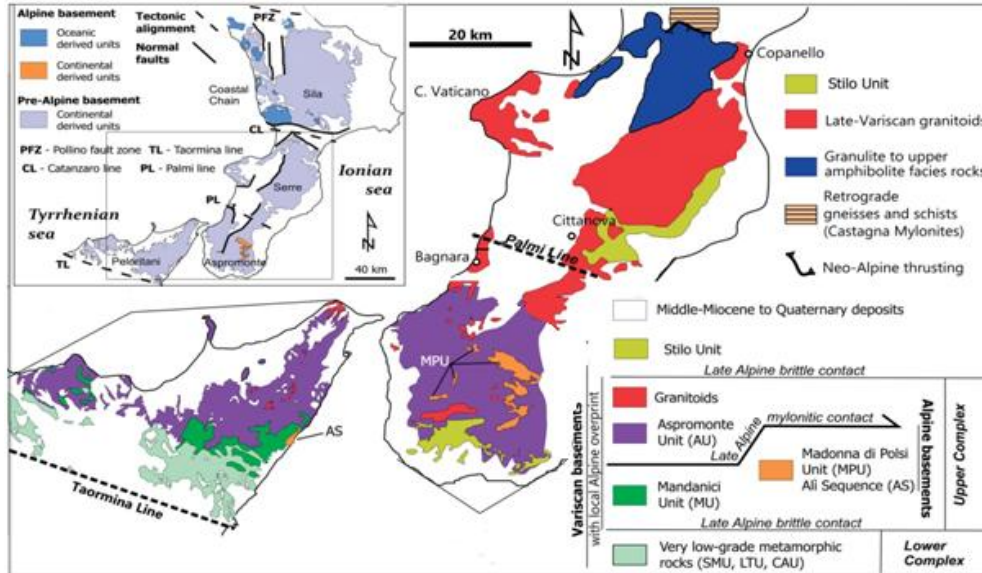
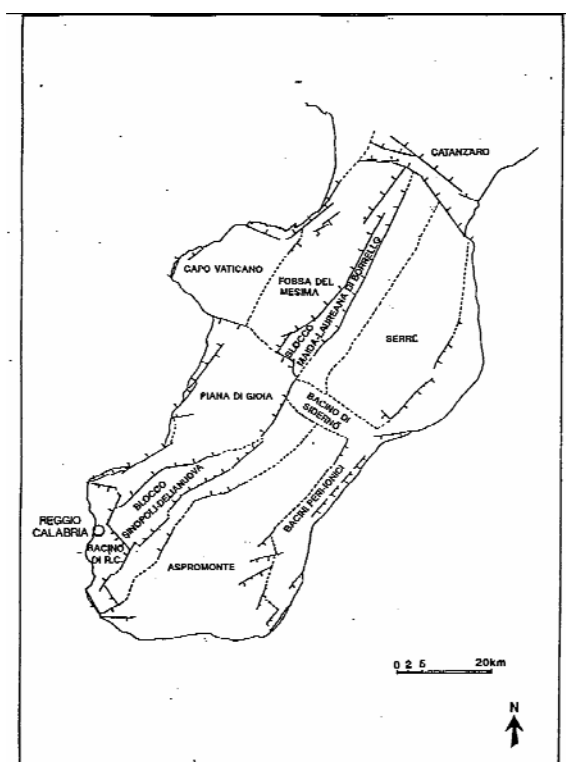


Figura 4-2 - Schema geologico-strutturale del settore meridionale dell'Arco Calabro-Peloritano (da Cirrincione et alii, 2015, modificato).

Da un punto di vista strutturale, con riferimento al settore meridionale, nella complessa architettura geodinamica del Mediterraneo la contemporanea presenza della zona di rifting continentale attivo e dell'uplift regionale appare profondamente influenzata dall'evoluzione del piano di subduzione calabrese (slab). Questo assetto geodinamico porta alla formazione di una serie di sistemi di faglie disposti longitudinalmente e trasversalmente rispetto all'Arco Calabro stesso. I sistemi organizzati trasversalmente rispetto alle direttrici strutturali della catena hanno direzioni WNW-ESE, queste interrompono la continuità della stessa, fungendo da svincolo tra le diverse porzioni dell'Arco; mentre i lineamenti strutturali con orientazione compresa tra N-S e NE-SW, sono legati all'apertura dei Tirreno meridionale (Rift Siculo Calabro, Tortorici, et alii, 2000), originatisi durante una delle ultime fasi estensionali pleistoceniche. A queste strutture sono associati forti terremoti storici con magnitudo anche maggiore di 7.0 e che spesso hanno causato fagliazione cosismica in superficie, tsunami e grosse frane (Bianca et alii, 2011, Polonia et alii, 2012).

Questi due diversi sistemi strutturali sono, i principali responsabili dell'apertura di importanti bacini sedimentari nel settore meridionale, disposti longitudinalmente (bacini del Mesima, di Gioia, di Capo Spartivento o Peri-Ionici,) e trasversalmente (stretta di Catanzaro, fossa di Siderno) all'asse della catena calabra. Tali bacini sono delimitati dagli "horst" (alti strutturali) delle Serre e dell'Aspromonte. L'insieme dei blocchi, oltre ad essere troncato in corrispondenza del suo lato occidentale, nella fattispecie dalla Fossa del Mesima, sono interessati da numerose faglie longitudinali che determinano il sollevamento della struttura cristallina Aspromonte-Serre.



**Figura 4-3 - Principali elementi strutturali dell'Arco Calabro Meridionale (da Ghisetti et alii, 1996).**

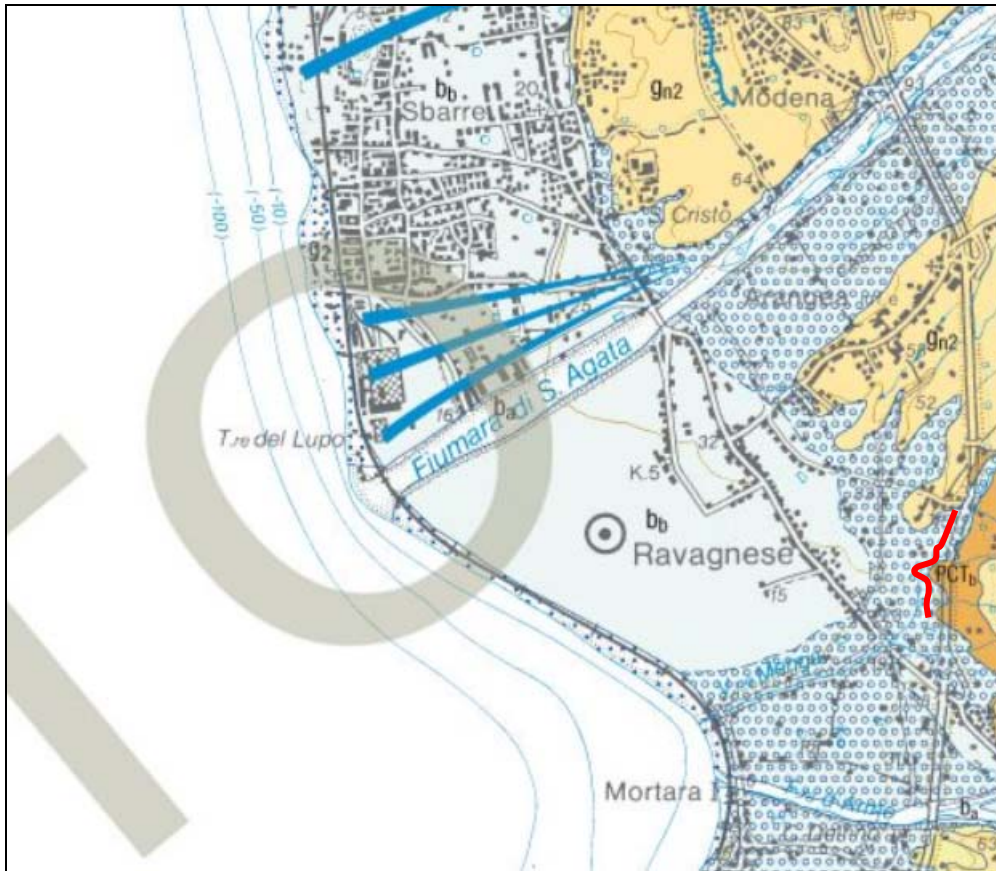
Relativamente all'area di interesse, ai fini del presente lavoro, il Complesso Post-Orogeno è rappresentato dai depositi sedimentari appartenenti al riempimento del Bacino del Mesima.

La valle del fiume Mesima separa il Monte Poro dalla Catena delle Serre, ed è impostata lungo una depressione tettonica orientata NE-SW (letto, 1975); la morfologia è rappresentata da una serie di colline degradanti verso l'asse della valle. In questa zona sono presenti superfici terrazzate marine distinte in tre ordini. Il margine orientale della fossa del Mesima è delimitato dal sistema di faglie Maida Laureana di Borrello, costituito da piani a direzione media da N 30/40°E a NS/10°E; che abbassano, rispetto al basamento cristallino, secondo meccanismi normali e con rigetti di diverse centinaia di metri, le successioni argillose-conglomeratiche- sabbiose del Pliocene medio-superiore- Calabriano ed i terreni continentali medio-suprapleistocenici del bacino del Mesima.

#### **4.1. ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO DEL TERRITORIO DI INTERESSE PROGETTUALE**

Il Foglio 601 Messina - Reggio di Calabria della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 realizzato nell'ambito del Progetto CARG, costituisce, nell'ambito del settore meridionale dell'Arco Calabro – Peloritano, un "documento" di aggiornamento scientifico sull'assetto geologico generale, che si avvale di una cartografia edita tra gli anni '80 e 2000.

Le formazioni presenti sul territorio e i rapporti stratigrafici sono illustrati nello schema della figura 4.5 definito nella Carta geologica del bordo occidentale dell'Aspromonte in scala 1:50.000 (Atzori et alii, 1983) e sostanzialmente concordante con quello della Carta Geologica al 50.000 del Foglio 601 di Messina Reggio Calabria (2008)



 **Depositi alluvionali recenti e depositi di piana litorale.** *Limi, sabbie e ghiaie, incise dagli alvei attuali, talora terrazzati, lungo i corsi d'acqua o nelle pianure costiere dei maggiori corsi d'acqua.*

Sovrassegna per i sedimenti quaternari

-  ghiaia
-  ghiaia-sabbia
-  sabbia
-  silt-sabbia

**Figura 4-4 – Stralcio fuori scala del Foglio 601 Messina - Reggio di Calabria della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 realizzato nell'ambito del Progetto CARG, con sovrapposizione del tracciato di riferimento progettuale (in rosso)**



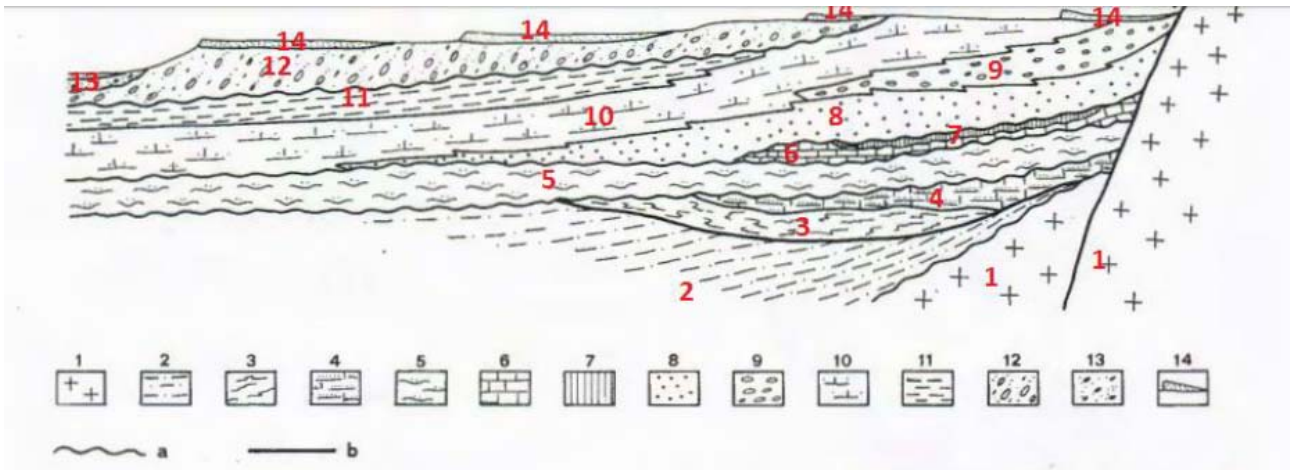


Figura 4-5 - Schema dei rapporti stratigrafici tra le diverse formazioni del bacino di Reggio Calabria (modificato da Atzori ed al., 1981).

**Legenda:**

- 1) basamento cristallino;
  - 2) Flysch di Capo d'Orlando (Oligocene superiore – Miocene inferiore);
  - 3) Argille variegata dei Peloritani (Cretaceo superiore);
  - 4) Calcareniti di Floresta (Miocene inferiore);
  - 5) Alternanza argilloso – arenacea (Tortoniano);
  - 6) Trubi (Pliocene inferiore);
  - 7) Alternanza argilloso – sabbiosa di S. Salvatore (Pliocene inferiore, parte alta);
  - 8) Sabbie di Cataforio;
  - 9) Ghiaie di Pozzi;
  - 10) Calcareniti di Vinco;
  - 11) Argille di Vito superiore (Pleistocene inf.);
  - 12) Ghiaie di Messina (Pleistocene medio);
  - 13) Sabbie di Ravagnese e Bovetto (Tirreniano) ed Argille di Spirito Santo (Pleistocene sup.);
  - 14) Depositi continentali infra – supra pleistocenici;
- a) trasgressione; b) contatto tettonico

L'area in esame è situata sul territorio comunale di Reggio Calabria, nel quartiere "Ravagnese", alle spalle dell'aeroporto.

Alla luce delle indagini pregresse ed attuali realizzate nel sito oggetto di studio e basandosi anche sulle cartografie geologiche ufficiali si può evidenziare come l'areale di interesse risulti caratterizzato da unità geologiche quaternarie corrispondente ad una piccola porzione di piana alluvionale formata dai sedimenti della Fiumara di S. Agata, del Torrente Menga e delle Fiumare D'Armo.

Tali terreni rientrano all'interno della denominazione di "**Depositi alluvionali stabilizzati**" (da).

La morfologia prevalentemente collinare montuosa e scoscesa dell'entroterra reggino, è caratterizzata da profonde vallate che terminano in una fascia costiera pianeggiante.

Se si considera l'intera successione ed estensione i depositi alluvionali stabilizzati sono quelli presenti nelle piane alluvionali più o meno estese, delle principali fiumare (da Nord verso Sud: Catona, Gallico, Archi, Annunziata, Calopinace, S. Agata, Valanidi, Macellari, Fiumarella) e nelle piane costiere attuali immediatamente alle spalle dei litorali.

Si tratta prevalentemente di depositi di conoidi alluvionali, che nella parte distale si raccordano con i sedimenti alluvionali delle piane costiere: in questi casi i depositi alluvionali sono costituiti da ghiaie poligeniche ed eterometriche, con frammiste percentuali variabili di sabbie e limi, inglobanti livelli e lenti di limi e sabbie, talora argilloso-limose e meno frequentemente livelli di torbe e terre fortemente organiche. I depositi fini sono discontinui e meno frequenti nelle conoidi prossimali,

mentre nelle conoidi distali i depositi fini che si alternano a quelli ghiaiosi in corpi tabulari estesi sono più ricorrenti.

Nelle valli, i depositi di piana alluvionale "talora terrazzati", localizzati in aree sopraelevate rispetto agli alvei fluviali attuali, sono costituiti da limi e sabbie con livelli di ghiaia (la componente ruditica è rappresentata da ciottoli poligenici, prevalentemente cristallini, arrotondati e bene elaborati con diametro medio di 4-5 cm e valore massimo di 30 cm), che sovente si interdigitano ai corpi detritici posti alla base delle pareti rocciose e in altri casi si sovrappongono ai sedimenti alluvionali che, costituiscono le alluvioni dei corsi tributari minori, da questi re-incise e ormai sospese rispetto all'alveo attuale.

Gli spessori dei depositi alluvionali sono crescenti con gradualità da monte a valle, raggiungono valori consistenti dell'ordine di 20 - 50 m nel tratto mediano delle fiumare, aumentando verso valle, man mano che ci si avvicina alla costa, raggiungendo gli 80 - 100 m in prossimità del litorale allo sbocco delle fiumare Catona e Gallico, a nord di Reggio, e delle fiumare Calopinace e Sant'Agata a sud dell'abitato.

Nel comparto di interesse risulterebbero presenti anche porzioni discontinue e lenticolari associate a **depositi d'alveo attuali**, anche se di difficile riscontro a seguito degli interventi eseguiti per la costruzione dello svincolo esistente e riferibili a T. Menga, che come precedentemente dichiarato risulta interferente con il tratto di interesse progettuale in quanto inalveato e sottostante l'attuale sede stradale per un tratto e adiacente alla stessa per un altro tratto, posto più a valle e verso l'aeroporto.

A tal riguardo si è deciso di non inserire tale unità, ovvero di farla rientrare nei depositi stabilizzati, negli elaborati geologici afferenti alla presente fase progettuale, perché ritenuti con caratteristiche litologiche simili a questi ultimi.

Diversamente, a seguito delle indagini geognostiche realizzate specificamente per il presente progetto è stato possibile evidenziare la presenza di un livello superficiale associato a terreno di natura antropica (**Riporto - r**) con granulometria prevalentemente granulare, caoticizzato, con resti vegetali e talora frammisto a terreno vegetale/agricolo. Lo stesso si presenta da sciolto a poco addensato con spessori massimi di circa 2 m.

Sottostante tale livello come precedentemente indicato, i sondaggi a carotaggio continuo più recenti (dicembre 2021) e quelli pregressi, hanno evidenziato la successione alluvionale dei depositi stabilizzati "**da**".

La caratteristica intrinseca di tali depositi si manifesta con la diffusa eteropia di facies che si esprime con una sovente interdigitazione dei livelli a granulometria differente, sia in profondità che lateralmente, così come segnalato dall'interpretazione stratigrafica dei sondaggi analizzati.

Tuttavia, se si considerano le caratteristiche litologiche, i sondaggi pregressi e in prevalenza anche quelli realizzati recentemente hanno evidenziato, al di là delle possibili distinzioni formazionali, una sostanziale omogeneità riferita alla successione irregolare dei livelli sabbiosi, sabbioso-ghiaiosi, ghiaioso-sabbiosi o ciottolosi, fino a livelli puramente sabbioso-limosi, in cui è sempre presente una matrice sabbiosa o sabbioso-ghiaiosa più fine.

Gli elementi di discontinuità nelle porzioni più grossolane, rinvenute prevalentemente nelle quote più elevate, possono essere rappresentati da sporadiche intercalazioni di lenti di sabbie limose o limi sabbiosi.

Inoltre i depositi alluvionali in questione possono presentare un elevato grado di naturale addensamento, sia per la prevalenza di elementi di forma allungata e appiattita, che per l'assortimento granulometrico che favorisce la compenetrazione degli elementi a granulometria più fine entro i vuoti lasciati dai componenti più grossolani;

Nello specifico delle caratteristiche litologiche e litotecniche, facendo riferimento alle considerazioni dedotte soprattutto dalle indagini realizzate, nell'area di interesse progettuale si è deciso di suddividere tale unità geologica (**da**) in 3 facies litologiche con caratteristiche litotecniche mediamente differenti e soggette a frequenti interdigitazioni e variazioni laterali, con maggiore evidenza procedendo verso est; a tal riguardo si possono presentare con alternanza irregolare

procedendo in profondità se si considerano i singoli tratti progettuali, con potenziali passaggi e risalite in superficie delle porzioni maggiormente grossolane.

Nello particolare, valutando un assetto litostratigrafico generale, nei tratti maggiormente indagati si riscontra la presenza di una **facies prevalentemente più superficiale associata ad una sabbia ghiaiosa debolmente limosa, facies sabbioso-ghiaiosa (da-sg)**, con terreni che risultano rappresentati da livelli puramente incoerenti con elevate concentrazioni di sabbie e sabbie con percentuali consistenti di ghiaie intercalate a livelli mediamente più fini, da moderatamente addensati ad addensati. La stessa facies solitamente sovrasta terreni a comportamento prevalente incoerente e granulare, ma con una percentuale di limo più elevata che si manifesta con una più elevata coesione in condizioni efficaci, mentre la matrice sabbiosa risulta mediamente più fine conferendo a tale livello una resistenza mediamente inferiore. Tale livello si ritrova maggiormente nel tratto indagato recentemente. Dal punto di vista granulometrico i terreni sono riferibili pertanto ad una **sabbia fine limosa alternate a sabbia limosa deb. ghiaiosa, facies sabbioso-limosa (da-sl)**. Più in profondità nel tratto indagato con le nuove indagini, ma con frequenti risalite e a luoghi sino a quote vicino al piano campagna (valutazioni derivate da indagini pregresse), si ritroverebbero terreni più grossolani riconducibili a ghiaie con **sabbie e ciottoli cristallini, caratterizzate da grosse lenti conglomeratiche e talora trovanti lapidei di origine metamorfica, facies ghiaiosa-conglomeratica (da-gc)** che risultano da addensati a molto addensati e a comportamento puramente incoerente.

In aggiunta, il rilevamento geologico di campagna, al termine del quale è stata redatta la cartografia geologica, condotto al fine di ricostruire i rapporti tra le formazioni geologiche individuate, nonché i loro limiti stratigrafici e tettonici, ha evidenziato ulteriori unità geologiche limitrofe all'area di interesse, ma che risultano di scarsa importanza progettuale in quanto non interferenti con le attività previste.

In particolare sono state cartografate le seguenti ulteriori unità geologiche:

- ✓ **Depositi alluvionali terrazzati – "dt"**: Tali terreni sono caratterizzati da prevalenti ghiaie e sabbie e limi bruno-rossastro; frequente presenza di ciottoli sub-arrotondati e/o appiattiti, rara presenza di fossili rimaneggiati. Gli stessi risultano datati tra il pleistocene superiore e olocene, con spessori dell'ordine massimo di circa 40 m.
- ✓ **Sabbie compatte e arenarie – spn1**: Arenarie arcose e sabbie grigio-giallastre medio grossolane e di colore bruno-giallastre, localmente conglomeratiche con intercalazioni di silts argillosi ed argille siltose di spessore da decimetrico a metrico, risalenti al MIOCENE SUP,

## 5. GEOMORFOLOGIA

### 5.1. CARATTERI GENERALI

Il paesaggio terrestre del territorio di Reggio Calabria è dominato dall'Aspromonte morfostruttura composita, relazionata verso l'esterno con altre morfostrutture di origine analoga (Serre e Capo Vaticano verso Nord, Peloritani verso Sud) oppure di origine profondamente diversa (Etna e isole Eolie) che ne connotano lo scenario lontano.

D'altra parte questo territorio, pur costituendo la parte più meridionale dell'Appennino calabro, ne resta differenziato sotto molti aspetti, tra cui quelli di natura tettonica e sismica, e per la velocità dei processi geomorfologici.

Sul versante dello Stretto i fenomeni di sollevamento tettonico hanno prodotto morfosculture con forti differenze altimetriche e discontinuità morfologiche, dove le discontinuità del sollevamento hanno originato, in successione ritmica, i terrazzi marini quaternari che in quest'area si osservano ad altitudini e con frequenza spettacolari.

Il dinamismo tettonico influenza anche i processi morfogenetici esogeni poiché il sollevamento rapido "ringiovanisce" il rilievo e mantiene attiva l'erosione idrica, impedendo ai versanti di conseguire il necessario equilibrio tra azioni gravitative e resistenza dei materiali, predisponendoli ai movimenti in massa.

Ne deriva uno sviluppo geomorfico variabile per estensione e con manifestazioni espresse nelle mutevoli forme del paesaggio naturale.

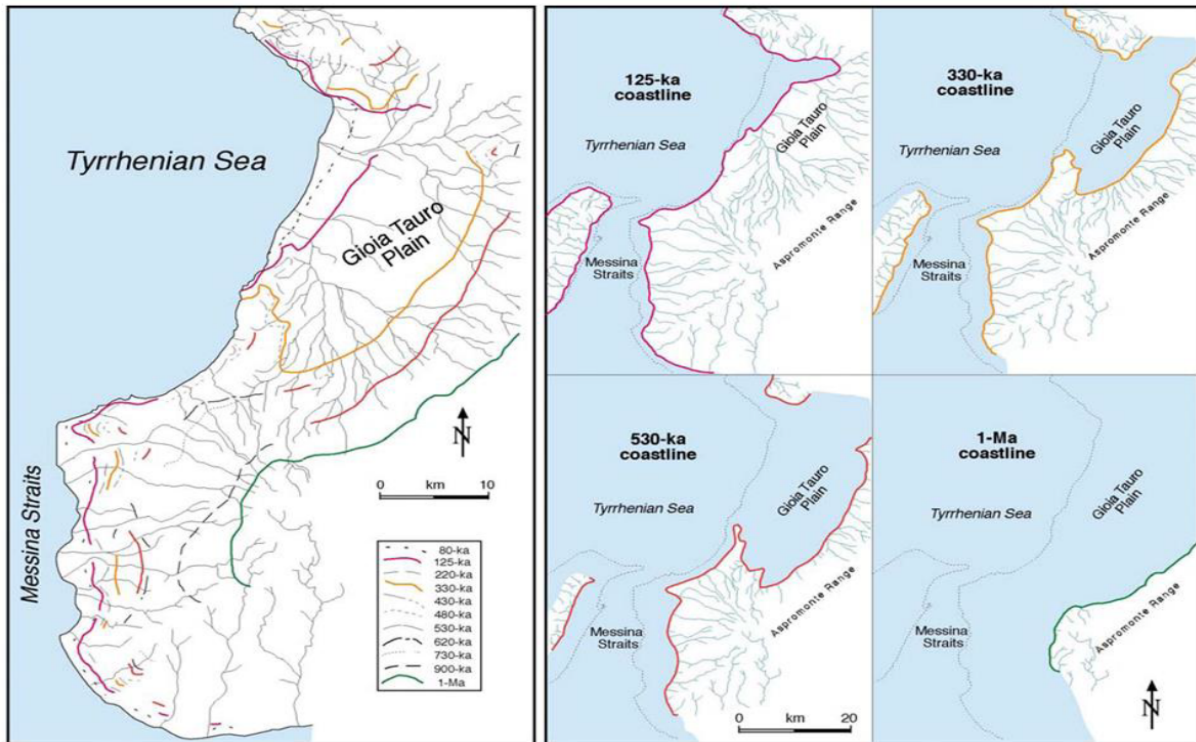
Sul versante dell'Aspromonte rivolto allo Stretto di Messina, l'evidenza che le scarpate fra i diversi ripiani possono corrispondere a piani di faglia induce a supporre che la paleosuperficie continentale che si osserva nella parte occupata dai Piani potrebbe essere stata unica. I ripiani morfologici inferiori della zona intorno a Reggio Calabria sono veri terrazzi e sono stati datati di età compresa fra il Quaternario medio e l'Olocene.

Partendo dalla ricostruzione dei sedimenti di terrazzo e delle Ghiaie di Messina affioranti sulle due sponde dello Stretto, è stata individuata la posizione delle linee di riva fossili, tra cui quella ben conservata del terrazzo tirreniano, datato a 125.000 anni fa, per arrivare ad un modello in cui l'evoluzione recente dello Stretto trova le sue cause nel sollevamento tettonico, per altro ben noto sin dalla più antica letteratura geologica.

L'evoluzione delle linee di riva associata al drenaggio superficiale evidenzia una netta variazione di direzione dei deflussi idraulici nella Piana di Gioia Tauro. Nella zona settentrionale, governata dalla tettonica delle Serre e dalla depressione del F. Mesima, il drenaggio è orientato da NE a SW e risulta attivo da almeno 330 ka- mentre nella zona meridionale, il sollevamento aspromontano - avvenuto in epoca successiva - orienta i deflussi di superficie da SE a NW, convogliandoli nel bacino del Fiume Petrace.

Studi diretti hanno dimostrato che anche il drenaggio sotterraneo segue la stessa direttrice.





**Figura 5-1 - Evoluzione della morfologia e delle linee di riva con il sollevamento regionale**

Da quanto è stato descritto in precedenza deriva che uno degli elementi morfologici più caratteristici del paesaggio dello Stretto, fortemente legato alla dinamica tardo-quadernaria, è rappresentato dalle gradinate e dalle superfici terrazzate, che si estendono soprattutto lungo la sponda calabrese. Infatti, su tutto il territorio reggino, posizionato sul bordo occidentale dell'Aspromonte, il motivo geomorfologico di fondo e caratteristico è legato alla presenza, fino alle quote massime, dell'alternanza di superfici terrazzate di origine marina e delle scarpate che le delimitano e, quindi, dall'alternanza tra superfici blandamente inclinate e versanti più o meno elevati ed acclivi.

In un siffatto contesto, un ulteriore fattore morfogenetico è rappresentato dai fenomeni di degradazione e di frana che si impostano principalmente sui versanti più incisi dall'azione fluviale. La presenza di numerose forme attive o quiescenti di origine gravitativa e, più in generale, dovute a processi di denudazione/degradazione, mette in risalto un quadro di instabilità generalizzata, in risposta al sollevamento rapido e di grande entità che ha interessato l'area nel Quaternario.

I principali fattori di dissesto nell'area possono essere sintetizzati come segue:

- Possibile occorrenza di fenomeni alluvionali, con coinvolgimento dei tratti terminali dei principali torrenti e fiumare, dove si possono avere esondazioni e/o la deiezione dell'elevato trasporto solido, di cui i coni alluvionali rappresentano la testimonianza.
- Processi di instabilità diffusi sui versanti locali e che si esplicano sia tramite processi erosivi lato sensu (degradazione) sia tramite fenomeni franosi che abbracciano un'ampia tipologia di cinematismi.
- Le aree subpianeggianti o debolmente acclivi sono quelle residue dei terrazzi, generalmente poco estese e diffuse a quote diverse, e quelle delle piane alluvionali, più o meno estese delle principali fiumare e della fascia costiera attuale in cui sboccano le fiumare.

## 5.2. ASSETTO GEOMORFOLOGICO LOCALE

L'assetto geomorfologico del territorio direttamente interessato dal presente progetto nonché delle aree limitrofe ad esso, risulta caratterizzato da tre elementi geomorfologici significativi che si susseguono e si interconnettono. Infatti, una parte si configura come area di versante, caratterizzata da debole acclività, tuttavia non di interesse progettuale, una seconda parte corrispondente al breve tratto del raccordo aeroportuale che si dispone lungo il Vallone Menga ha le connotazioni di letto fluviale ciottoloso e può essere invaso dalle acque nel periodo di maggior precipitazioni, associabile al tratto non inalveato del T. Menga e che scorre adiacente al tratto stradale esistente, con questo che possiamo ritenere non di importante rilevanza in termini di interferenza progettuale, in quanto lo stesso si trova poco più a valle rispetto all'area realmente interessata dagli interventi in progetto; e infine la terza parte manifesta le caratteristiche della pianura alluvionata essendosi formata in seguito alle attività di trasporto e deposizione che la Fiumara d'Armo e la Fiumara di S. Agata. esercitavano prima di essere arginate e regimate. La continuità spaziale di tale pianura alluvionale è limitata verso l'entroterra da una successione di colline che degradanti verso Ovest, raggiungono in sommità quote comprese fra i 160 e i 230 metri circa s.l.m.

Difatti tale parte di piana alluvionale, risulterebbe quella interferente con le attività in progetto, con interessata anche una porzione dell'inalveamento del T. Menga, avvenuto durante la costruzione dello svincolo attuale di Malderiti, attraverso un canale rivestito che si sviluppa per circa 800 m e che corre appunto in parte al di sotto della sede stradale ed in parte adiacente ad essa.



Figura 5-2 - Panoramica dell'area in studio con indicazione del progetto esistente e dell'idrografia interferente

Il tratto interessato dall'opera presenta un assetto sub-pianeggiante con quote assolute comprese tra 25 e 35 m circa sul livello marino. L'area si presenta urbanizzata con presenza di edifici abitativi ed infrastrutture urbane.

Per quanto riguarda i processi morfogenetici ad evoluzione rapida si osserva che l'instaurarsi di questi è ostacolata dall'andamento sub-orizzontale della maggior parte dell'area di attraversamento delle strutture viarie, dalla debole acclività dei versanti che verranno intercettati e dall'assenza di

cause che possano attivare i suddetti fenomeni. Sono, infatti, assenti in tutto il territorio esaminato tracce di frane o di altri fenomeni di dissesto generalizzato.

Inoltre sono assenti fenomeni erosivi attivi legati all'azione delle acque, in quanto i corsi d'acqua presenti nella zona risultano regimati con opere di arginatura, briglie ed inalveamenti, che dovrebbero permettere un deflusso delle stesse in sicurezza.

A tale condizione si aggiungono le importanti manipolazioni antropiche connesse con la costruzione della S.S. 106 che si manifestano soprattutto con le scarpate e con le opere murarie già realizzate, atte a garantire un sostanziale equilibrio geomorfologico dell'area in esame.

## 6. VINCOLI TERRITORIALI

### 6.1. IL PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.) ED IL PIANO GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI (P.R.G.A.)

Il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (in seguito denominato PAI) approvato con Delibera di Consiglio Regionale n.115 del 28.12.2001 (approvazione/adozione del PAI) e Delibera n.20 del 31.07.2002 (approvazione/adozione Linee Guida PAI), ha valore di piano territoriale di settore e rappresenta lo strumento conoscitivo, normativo e di pianificazione mediante il quale l'Autorità di Bacino Regionale della Calabria (denominata ABR e attualmente soppressa in seguito all'entrata in vigore del D.M. 294/16, con il passaggio delle competenze all'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico Appennino Meridionale) pianifica e programma le azioni e le norme d'uso finalizzate alla salvaguardia delle popolazioni, degli insediamenti, delle infrastrutture e del suolo. Il PAI persegue l'obiettivo di garantire al territorio di competenza dell'ABR adeguati livelli di sicurezza rispetto all'assetto geomorfologico, alla dinamica dei versanti, al pericolo di frana, all'assetto idraulico dei corsi d'acqua, al pericolo di inondazione, alla dinamica delle linee di rive e al pericolo dell'erosione costiera.

Per ciascuna categoria di rischio (*rischio di frana – rischio di inondazione – rischio di erosione costiera*), all'Art. 8 comma 5 delle Norme di Attuazione, vengono definiti quattro livelli di rischio:

- **R4:** rischio molto elevato
- **R3:** rischio elevato
- **R2:** rischio medio
- **R1:** rischio basso

Le Amministrazioni, gli Enti pubblici ed i soggetti privati sono vincolati al rispetto delle prescrizioni riportate nel PAI.

Nelle aree oggetto del presente studio sono censite sia aree soggette a rischio frana sia aree soggette a rischio d'inondazione; dette aree sono definite dal PAI come riportato di seguito.

Rischio frana: Il PAI negli elaborati grafici relativi alla franosità definisce "aree soggette a rischio" quelle direttamente interessate da un fenomeno gravitativo o limitrofe ad una frana ma comprese in una fascia di rispetto d'ampiezza convenzionale pari a 20 m misurata dal perimetro esterno della frana e che, nello stesso tempo, interessa elementi esposti e vulnerabili (case, strade ecc.).

Rischio d'inondazione: lo studio è rivolto alla valutazione del regime idraulico di un corso d'acqua anche in relazione ad interferenze esercitate da eventuali opere idrauliche presenti o in progetto, con particolare attenzione ai fenomeni di piena. Negli elaborati grafici relativi al rischio idraulico, il PAI oltre alle aree a rischio individua: Aree di Attenzione, Zone di Attenzione e Punti di Attenzione.

#### **RISCHIO FRANE:**

Sono stati visionati gli elaborati PAI inerenti il rischio frane del Comune di Reggio Calabria

- Carta inventario dei centri abitati instabili – Cartografia e classificazione dei fenomeni franosi
- Carta inventario delle frane e delle relative aree a rischio.



In particolare e con riferimento all'area considerata si può enunciare quanto segue:

- *Carta inventario dei centri abitati instabili*: TAV. FCI 080-063/5 – Loc. Gallina (scala 1:10000); le aree strettamente di interesse non interferiscono direttamente con fenomeni franosi.



**Figura 6-1 - Stralcio "Perimetrazione centri abitati instabili", TAV. FCI 080-063 del Comune di Reggio Calabria, Loc Gallina.**

- *Carta inventario delle frane e delle relative aree a rischio*: TAV. FCI 080-063/5 – Loc. Gallina (scala 1:10000); le aree strettamente di interesse non interferiscono direttamente con aree a rischio frana..



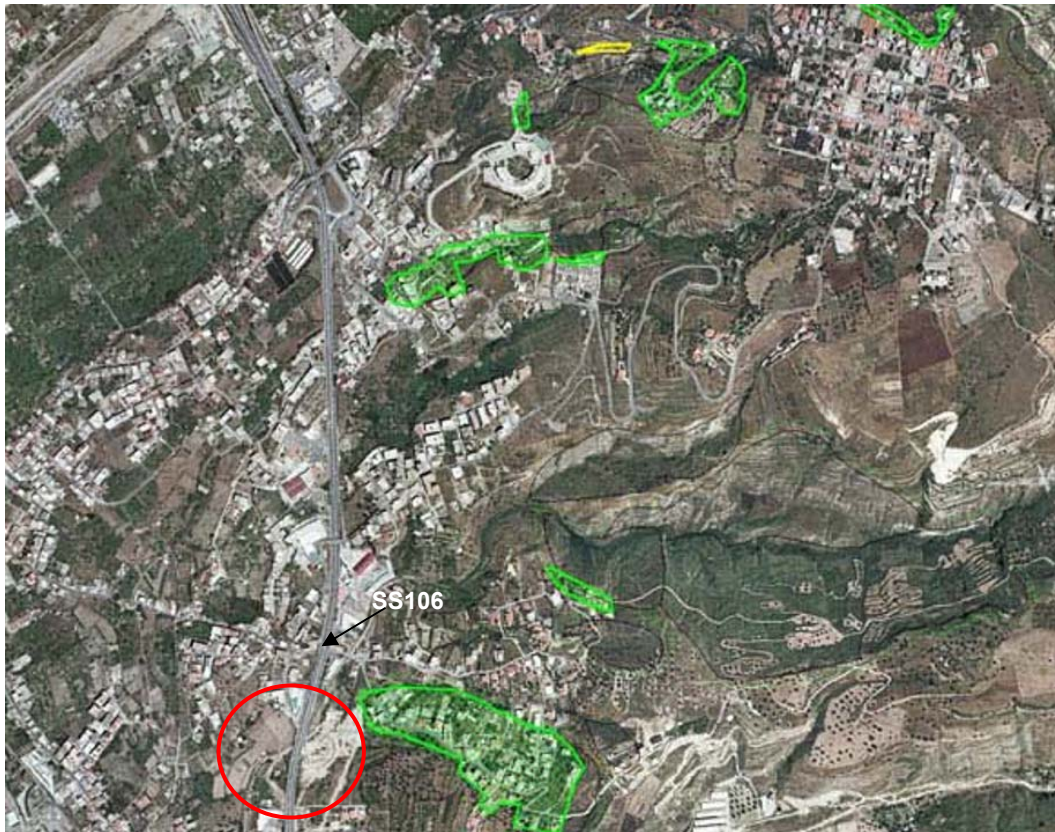


Figura 6-2 - Stralcio "Carta inventario delle frane e delle relative aree a rischio", TAV. FCI 080-063 del Comune di Reggio Calabria, Loc Gallina.

### **RISCHIO IDRAULICO:**

Sono stati visionati gli elaborati PAI inerenti il rischio idraulico del Comune di Reggio Calabria; in particolare, sono stati analizzati i seguenti elaborati:

- Aree vulnerate ed elementi a rischio: TAV. AV 080-063/B (1:25.000); nelle aree strettamente interessate dallo studio in oggetto risulta interferente un'area storicamente inondata e riferita al Vallone Menga (anno 1953)
- Perimetrazione aree a rischio idraulico: 14-C4.563b Vallone Menga. L'area strettamente in esame risulta interferente con un'area perimetrata come Zona di Attenzione. A tal proposito, per le aree di attenzione, secondo le norme di attuazione e misure di salvaguardia (testo aggiornato alla delibera C.I. n°27 del 02/08/2011) valgono le medesime prescrizioni valide per le aree con rischio R4.
- Perimetrazione Aree vulnerate: TAV. 14-C1.563b Vallone Menga – Nell'area strettamente di interesse risulta perimetrata un'area vulnerata da alluvioni del 1951-53 e ricavate da fotointerpretazione, riferibile al T.Menga.



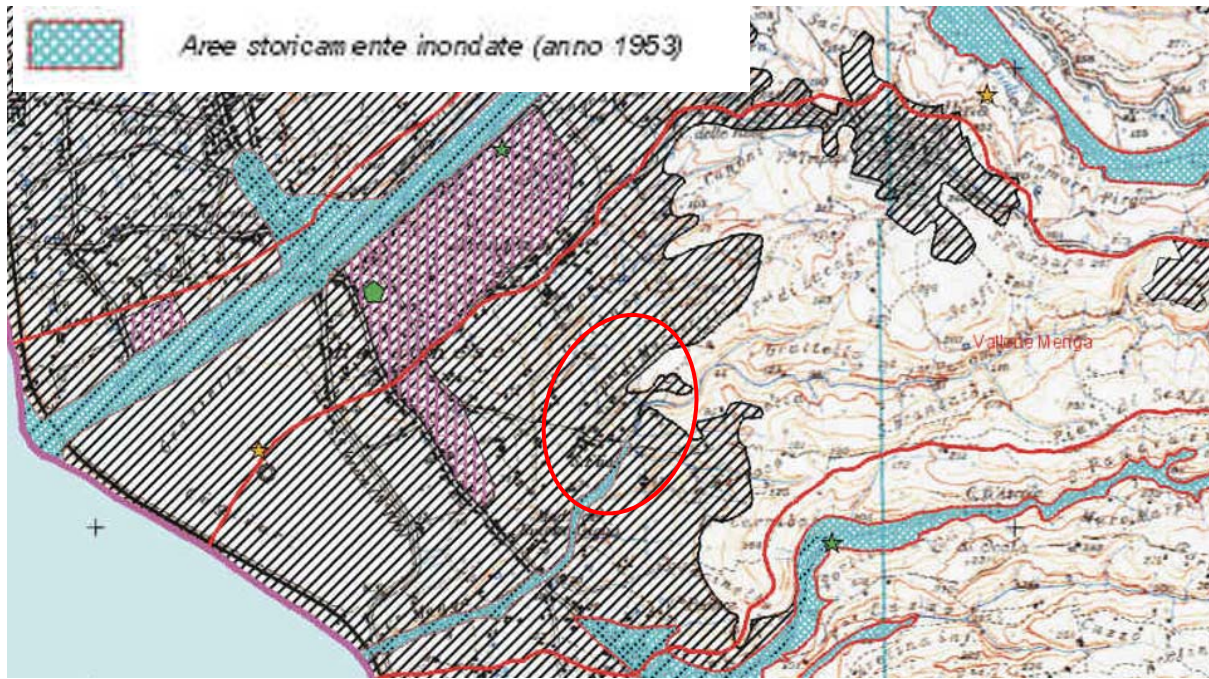


Figura 6-3 - Stralcio "Aree vulnerate ed elementi a rischio: TAV. AV 080-063/B

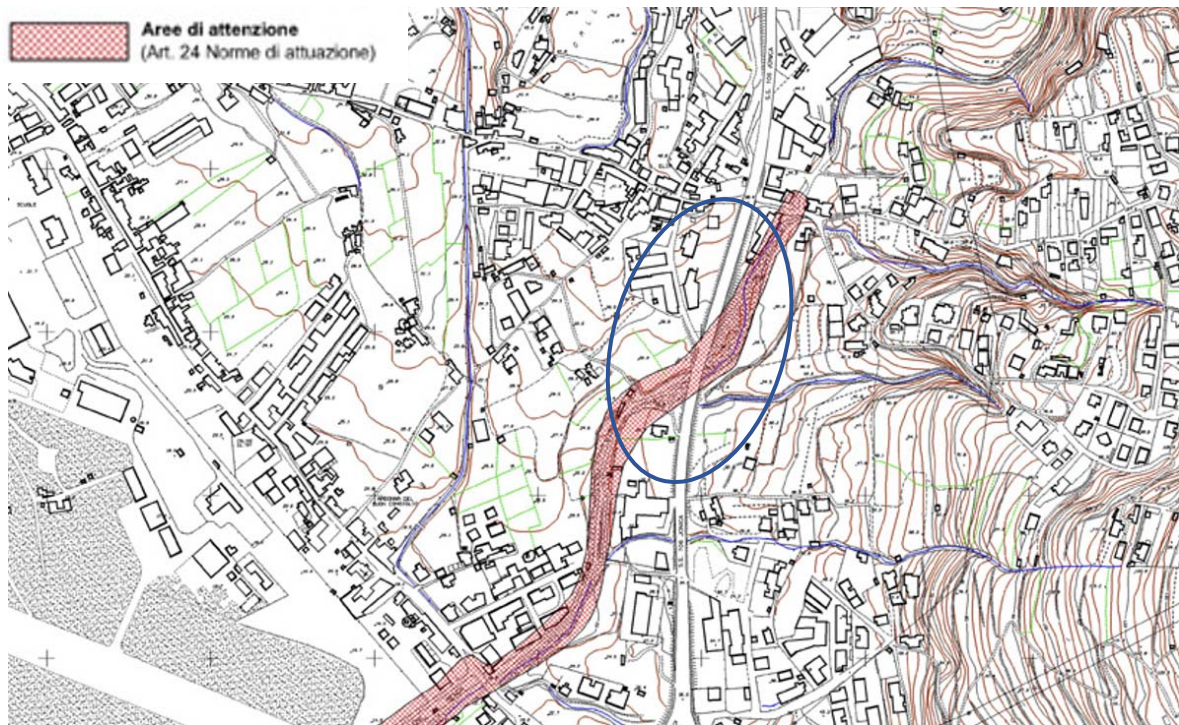
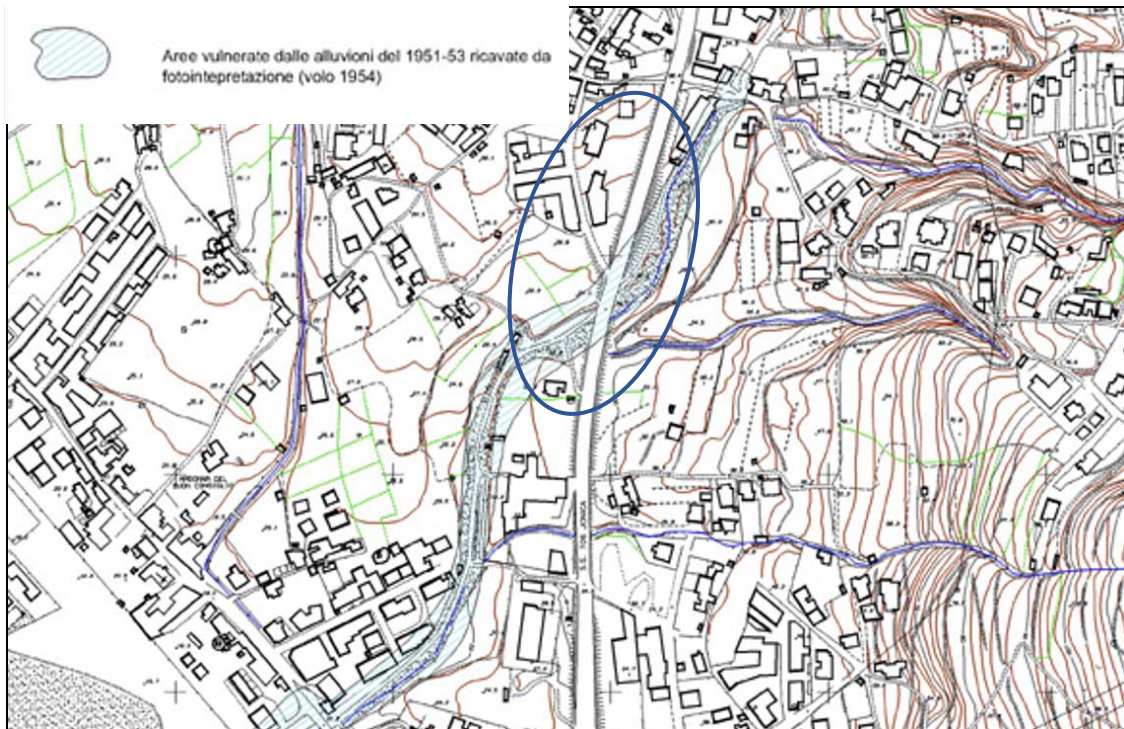
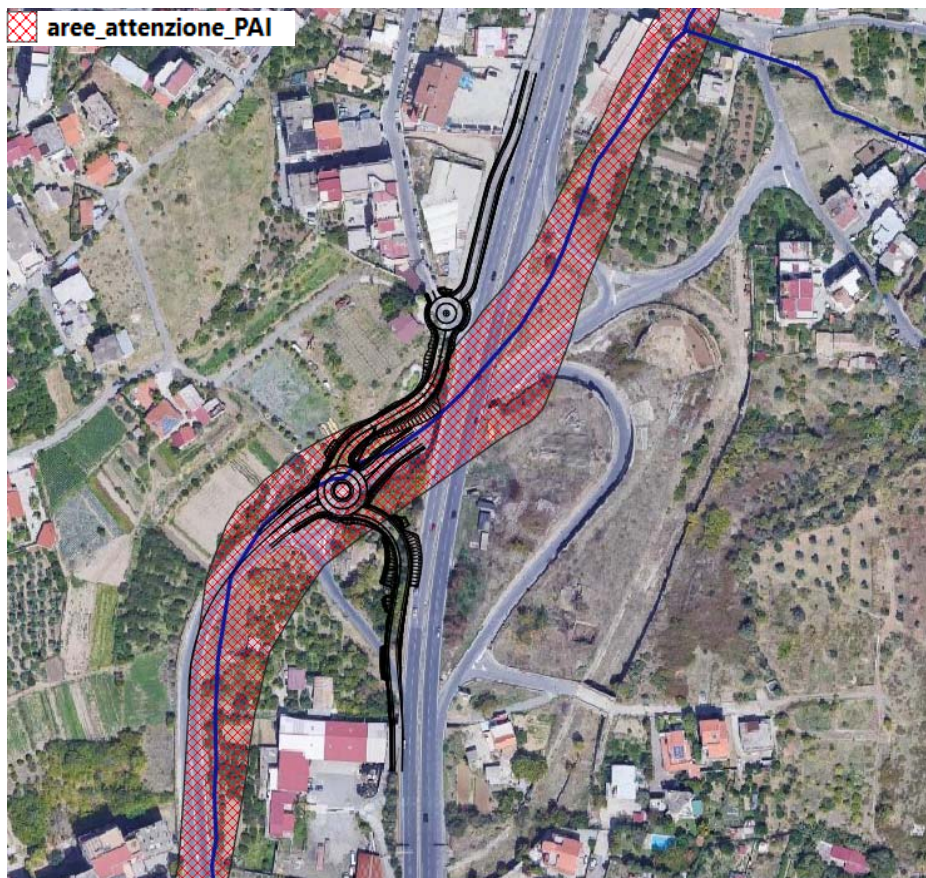


Figura 6-4 - Stralcio "Perimetrazione aree a rischio idraulico: TAV. 14-C4.563b Vallone Menga"





**Figura 6-5 - Stralcio "Perimetrazione Aree vulnerate: TAV. 14-C1.563b Vallone Menga"**



**Figura 6-6 - Sovrapposizione progetto con aree di attenzione PAI con indicazione dell'alveo del Torrente Menga"**



Recentemente l'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale ha adottato, con DS n. 540 del 13.10.2020, le Misure di salvaguardia di cui alle aree in oggetto, ovvero collegate all'adozione dei In particolare, le prescrizioni sulle misure da adottare nelle Aree di attenzione del PGRA, per come riportate all'art. 4 – Disposizioni per le aree di attenzione PGRA, sono:

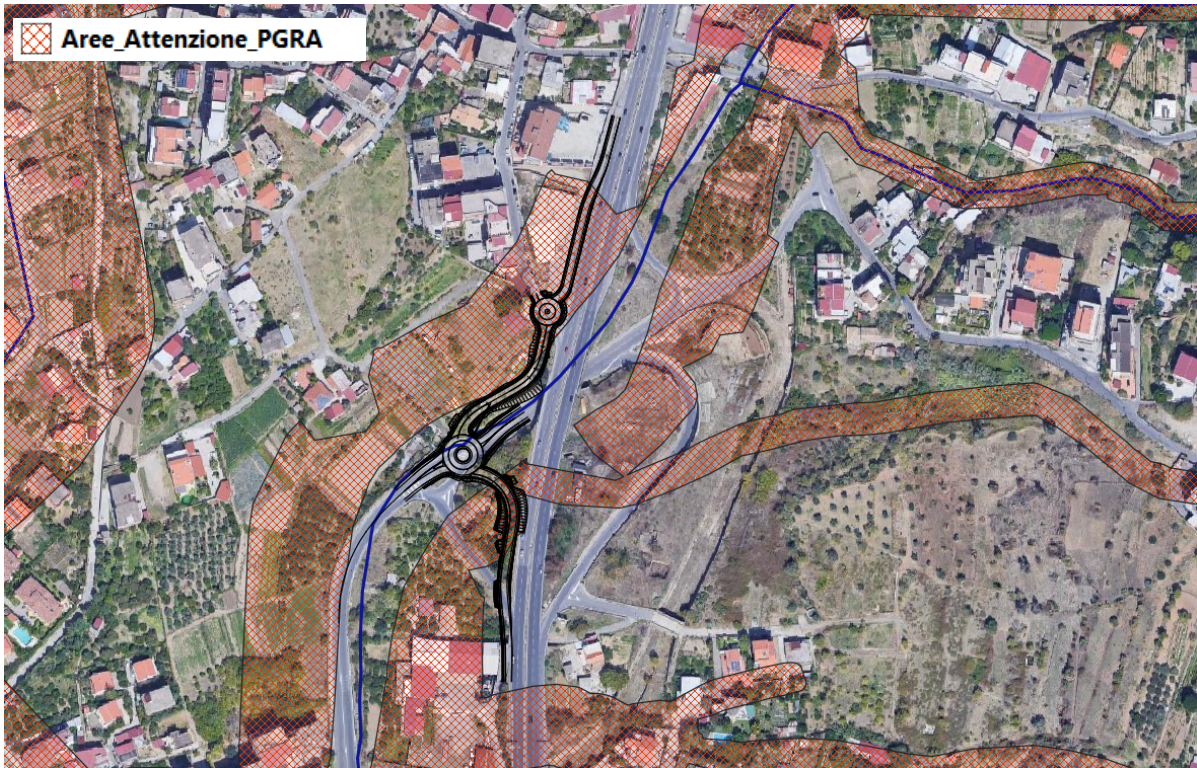
- migliorare o comunque non peggiorare le condizioni di funzionalità idraulica;
- non comportare significative alterazioni morfologiche o topografiche e un apprezzabile pericolo per l'ambiente e le persone;
- non costituire in nessun caso un fattore di aumento della pericolosità idraulica né localmente, né nei territori a valle o a monte, producendo significativi ostacoli al normale libero deflusso delle acque ovvero causando una riduzione significativa della capacità di invaso delle aree interessate;
- non costituire un elemento pregiudizievole all'attenuazione o eliminazione delle specifiche cause di rischio esistenti;
- non pregiudicare le sistemazioni idrauliche definitive né la realizzazione degli interventi individuati dalla pianificazione di bacino o dagli strumenti di programmazione provvisoria e urgente;
- garantire condizioni adeguate di sicurezza durante la permanenza di cantieri mobili, in modo che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un ostacolo significativo al regolare deflusso delle acque;
- limitare l'impermeabilizzazione superficiale del suolo impiegando tipologie costruttive e materiali tali da controllare la ritenzione temporanea delle acque anche attraverso adeguate reti di regimazione e di drenaggio;
- rispondere a criteri di basso impatto ambientale, facendo ricorso, laddove possibile, all'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica.

Nelle aree di attenzione PGRA sono consentiti esclusivamente:

- gli interventi volti a ridurre la vulnerabilità dei beni presenti nelle aree di attenzione PGRA, nonché gli interventi idraulici di regolazione, di regimazione e di manutenzione volti al miglioramento delle condizioni di deflusso e tali da non aumentare il rischio di inondazione a valle, da non pregiudicare la possibile attuazione di una sistemazione idraulica definitiva e nel rispetto delle componenti ambientali e degli habitat fluviali eventualmente presenti;
- gli interventi di demolizione dei corpi di fabbrica esistenti, anche con ricostruzione con incremento massimo di volumetria pari al 20% di volumetria utile e utilizzando criteri costruttivi volti alla riduzione della vulnerabilità;
- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 3 del D.P.R. 328/2001 e s.m. e i., con aumento di superficie o volume non superiore al 20%;
- la manutenzione, l'ampliamento o la ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico riferiti a servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché la realizzazione di nuove infrastrutture parimenti essenziali, purché non producano un significativo incremento del valore del rischio idraulico dell'area;
- l'espianto e il reimpianto di colture;
- la realizzazione di annessi agricoli purché dispensabili alla conduzione del fondo;
- tutti gli ulteriori interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio, compresi quelli di cui alle lett. b) e c), senza le limitazioni imposte, a condizione che non comportino apprezzabili alterazioni al regime idraulico dei luoghi.

In considerazione di quanto specificato, sono state verificate le perimetrazioni riguardanti le Aree di Attenzione del PGRA interferenti con il comparto territoriale di interesse; nello specifico, sovrapponendo il progetto stradale è possibile verificare l'interferenza di questo con alcune aree

perimetrare come zone di Attenzione PRGA, con particolare riferimento alla rampa di uscita con interessamento di una porzione posta tra le due rotonde, nonché alla rampa di entrata.



**Figura 6-7 – Sovrapposizione progetto con aree di attenzione PRGA**

## 7. CLIMA ED IDROGEOLOGIA

### 7.1. CLIMA

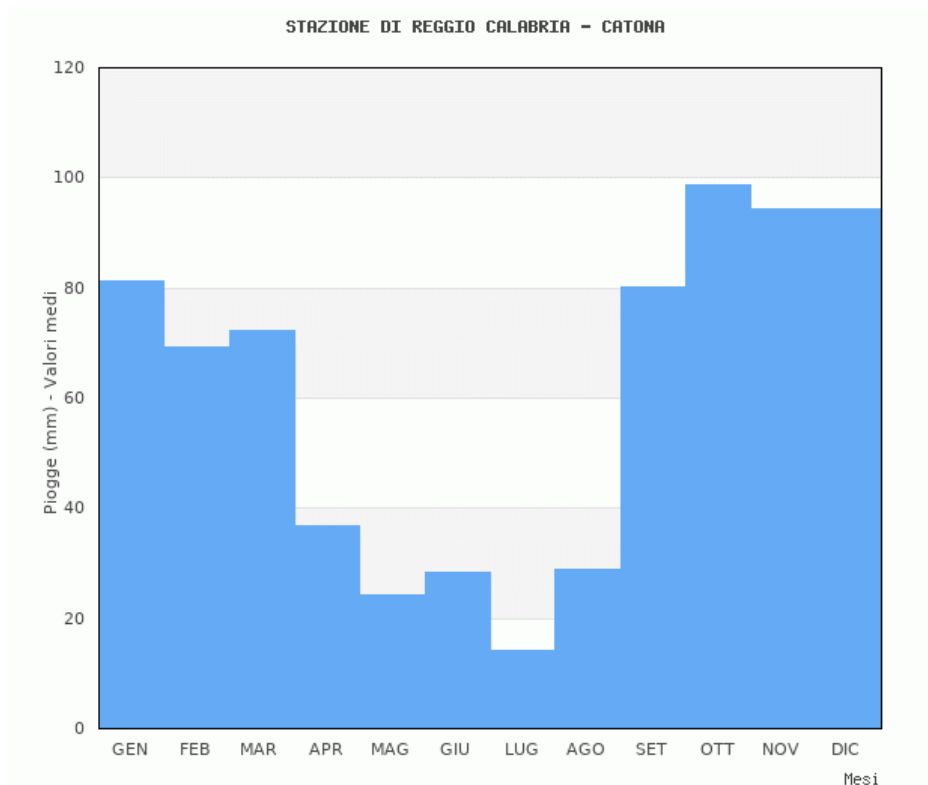
L'analisi del regime pluviometrico dell'area in studio scaturisce da dati di precipitazione, reperiti presso i database dell'ARPACAL, dalla stazione pluviometrica della vicina Catona, sempre nel comune di Reggio Calabria.

In particolare, per quest'ultima le analisi pluviometriche condotte sul periodo di osservazione 2005-2022 indicano per la precipitazione mensile media, un massimo assoluto in ottobre (98.7 mm) ed un minimo assoluto in luglio (14.3 mm); complessivamente, il periodo più piovoso va da ottobre a dicembre, mentre, il periodo più arido è compreso tra maggio e agosto; il valore della precipitazione media annua è pari a 723 mm.

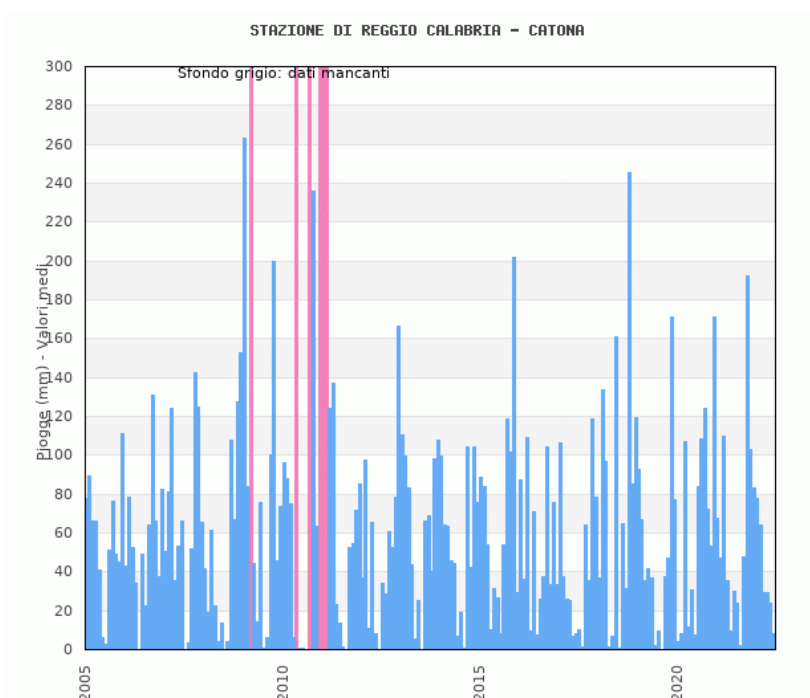
Nella tabella seguente, sono riportati i valori delle precipitazioni medie mensili e la media annuale, mentre nei grafici a seguire, sono rappresentati i valori di precipitazione media mensile, la serie mensile e la serie annuale.

Stazione	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media annua
	mm	Mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Catona (2005-2022)	81.2	69.3	72.2	36.9	24.2	28.2	14.3	29.0	80.1	98.7	94.4	94.4	<b>723.0</b>

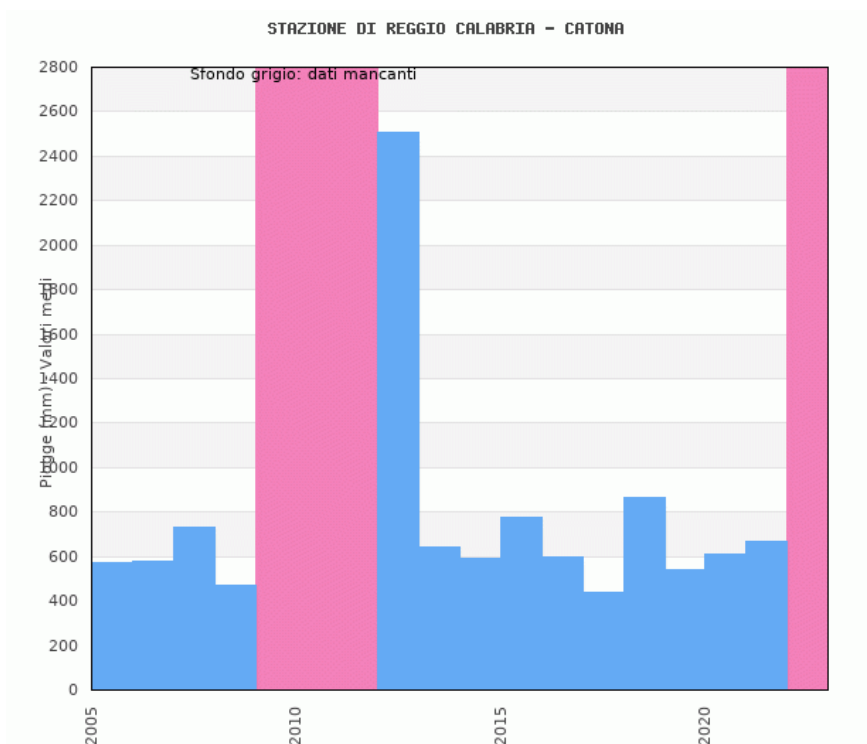
**Tabella 7-1 - Valori delle precipitazioni medie mensili e annuale per la stazione di Catona di Reggio Calabria.**



**Figura 7-1 - Valori medi mensili di precipitazione riferiti alla stazione di Catona di Reggio Calabria**



**Figura 7-2 - - Serie mensile delle precipitazioni riferita alla stazione di Catona di Reggio Calabria**



**Figura 7-3 - Serie annuale delle precipitazioni riferita alla stazione di Catona di Reggio Calabria**



## **7.2. LINEAMENTI IDROGEOLOGICI DEL TERRITORIO DI REGGIO CALABRIA**

Le formazioni acquifere (Fig. 7.4) più importanti sono sicuramente quelle delle vallate con cui i corsi d'acqua principali progrediscono nelle pianure costiere. I materiali di tali formazioni, a permeabilità elevata (da 0,2 a 0,5 x 10<sup>-3</sup> m/sec) e con Coefficiente di immagazzinamento di 5- 10%, costituiscono serbatoi importanti, alimentati dalle fiumare e dal ruscellamento dei pendii con spessori rilevanti di 20- 50 m nel corso mediano delle vallate, e 60-100 m nella zona costiera.

Le falde presenti in tali serbatoi sono state ben studiate (CASMEZ): in esse attingevano e attingono numerosi pozzi a portata elevata da cui vengono prelevate risorse notevoli per uso potabile, agricolo e industriale ancora oggi.

Nei tratti vallivi delle fiumare i depositi alluvionali sono sede di consistenti deflussi in subalveo, che alimentano le falde presenti nella fascia costiera. Le acque sotterranee, che da tempo rappresentano la principale fonte di approvvigionamento idrico per scopi civili, agricoli e industriali, sono captate mediante opere singole o collettive, sopperendo alle esigenze della zona.

I depositi alluvionali (costituiti da ghiaie, ciottoli e blocchi con frammiste percentuali variabili di sabbie e limi e presenza di lenti argilloso-limose) hanno permeabilità complessivamente alta (0,2 - 0,5 x 10<sup>-3</sup> m/s), seppure variabile in senso sia verticale che orizzontale, e una trasmissività, anch'essa variabile, il cui valore è dell'ordine di 1-6 x 10<sup>-2</sup> m<sup>2</sup>/s. Ciò consente produttività di singoli pozzi da 10 a 50 l/s, se ubicati nei siti più favorevoli.

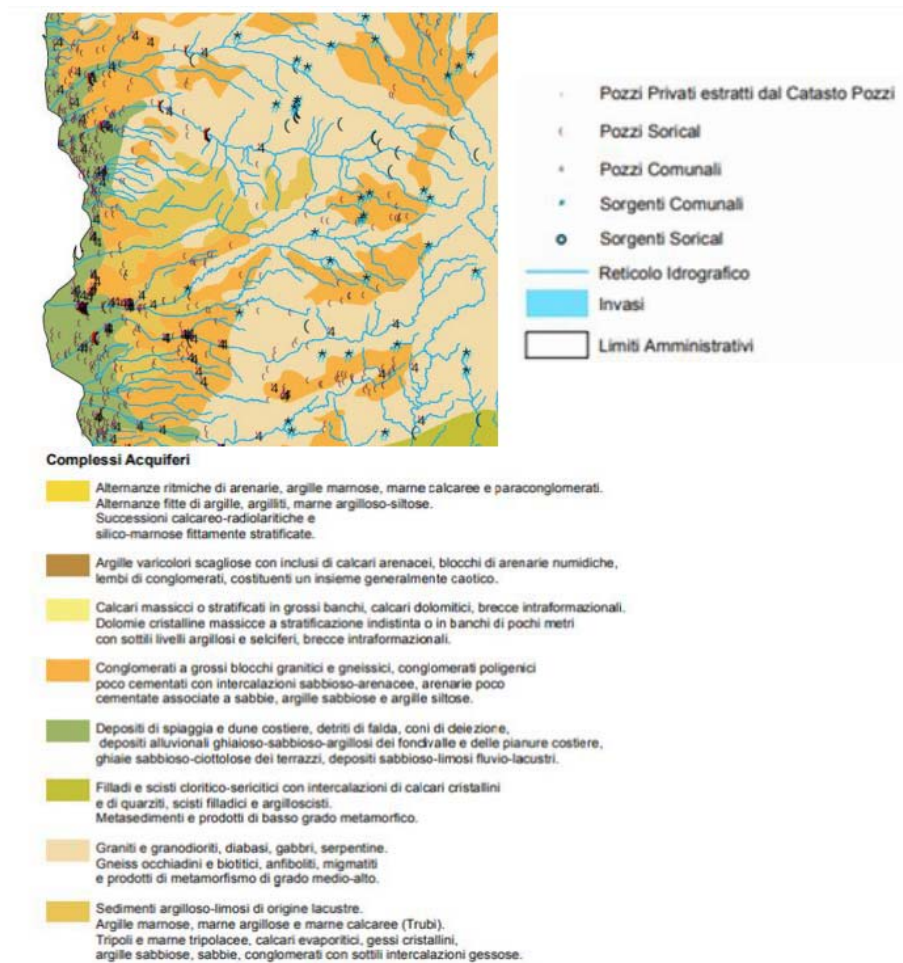
Le falde contenute in tali depositi, abbondantemente alimentate dalle fiumare i cui bacini imbriferi spingono l'area di testa nelle aree montane ricche di precipitazioni, sono talora interconnesse, ma in corrispondenza di Monte Pentimele la continuità è interrotta per l'affioramento dei terreni del substrato impermeabile.

Si individuano così due zone indipendenti, ossia a nord di detto rilievo, dove sfociano le fiumare S. Giovanni, Catona, Gallico, Scacciotti, Torbido, e a sud, dove sfociano le fiumare Annunziata, Calopinace, Sant'Agata, Valanidi, Fiumarella e altri corsi d'acqua minori. La superficie piezometrica mostra direzioni di deflusso costantemente da est verso ovest, con gradiente idraulico medio pari a 1 - 2% nelle vallate e dello 0.5 - 0.8% nella fascia costiera.

In relazione alle caratteristiche geologico-strutturali e di permeabilità dei terreni, nel resto del territorio comunale si individuano acquiferi con differenti caratteristiche e diverso significato idrogeologico rispetto alla capacità produttiva. Acquiferi permeabili per porosità si individuano nei depositi dei terrazzi marini a permeabilità medio elevata, con spessori che non superano generalmente i 20 m, ma il significato idrogeologico rispetto alla capacità produttiva resta di qualche interesse solo nei terrazzi di maggiore estensione.

Acquiferi permeabili per porosità si individuano nei terreni riferibili al Complesso conglomeratico - sabbioso - argilloso, che generalmente non contengono falde estese ma solo livelli acquiferi di estensione e spessore limitati, e generalmente di significato e di interesse strettamente locale.

Falde sospese nelle sabbie e ghiaie pleistoceniche e nei depositi di terrazzo poggianti su substrati meno permeabili sono anche ipotizzabili, ma si tratta di risorse generalmente ridotte per poca estensione, limitato spessore degli acquiferi, e modesti apporti pluviometrici. In realtà, sussistono condizioni diffuse di strutture idrogeologiche semplici in cui è possibile l'infiltrazione, la circolazione e l'accumulo di acqua, però tali strutture danno luogo ad acquiferi modesti e discontinui che possono occasionalmente alimentare emergenze temporanee.



**Figura 7-4 - Complessi acquiferi (Piano Tutela delle Acque – Regione Calabria)**

Nel complesso delle rocce ignee e metamorfiche, estesamente presente nel territorio, sono presenti acquiferi a cui si attribuisce uno scarso significato idrogeologico per le discontinue condizioni di permeabilità, dipendenti dallo stato di fratturazione e alterazione delle rocce ( $K = 10^{-6}$ - $10^{-8}$  m/sec, e ancora più bassi nel caso di rocce poco fessurate).

Il differente grado di alterazione dà luogo ad un sistema idrogeologico complesso, costituito da un acquifero di base fessurato e discontinuo, il cui limite inferiore è rappresentato dal substrato integro, relativamente impermeabile, sul quale poggia una coltre superficiale fratturato e alterato che funge da acquifero poroso, eterogeneo e anisotropo a causa dei differenti livelli di alterazione, entro cui si definiscono generalmente "strati acquiferi" superficiali, più modesti e poco profondi, con spessori esigui ed estensione laterale limitata, a produttività modesta, nel cui ambito possono stabilirsi corpi idrici normalmente interpretati come falde sospese (perched acquifers), con superfici piezometriche conformi alla morfologia dei versanti.

In definitiva l'acquifero cristallino e metamorfico non contiene falde estese ma soltanto livelli acquiferi di estensione e spessore limitato, generalmente di significato locale.

### 7.3. CARATTERIZZAZIONE IDROGRAFICA ED IDROGEOLOGICA DELL'AREA DI STUDIO

I principali corsi d'acqua che caratterizzano l'intero territorio esaminato sono rappresentati dalla Fiumara di S. Agata e dalla Fiumara d'Armo.

Trattasi di organismi che si sviluppano con percorso più o meno tortuoso dirigendosi verso lo Stretto di Messina in cui si immettono dopo aver convogliato le acque provenienti da diversi impluvi minori.

Nel tratto-più propriamente montuoso, la Fiumara di S. Agata si articola con alveo stretto, incassato fra gole assai ripide e assume una curva di fondo molto acclive, producendo intensi processi di erosione verticale. Man mano che si spinge verso la foce, il processo di gran lunga predominante diventa quello di sedimentazione, sia per l'appiattimento della curva di fondo, sia per la presenza di opere di regimazione che non consentono all'acqua di conservare la velocità sufficiente a produrre rilevanti fenomeni erosivi.

Il bacino imbrifero, per buona parte delle aree più elevate, è costituito da terreni prevalentemente impermeabili con modesta capacità di ritenzione e di accumulo delle masse idriche. Invece, procedendo verso la pianura costiera la fiumara attraversa materiali assai più permeabili che non nell'area a monte, per cui in quest'ambito è più favorita la circolazione di subalveo che non quella di superficie.

Il regime di alimentazione è prevalentemente pluviale per cui il regime idraulico non è costante e segue il ritmo stagionale delle precipitazioni, con massimi che possono essere molto potenziati in corrispondenza dei periodi di massima piovosità (nov. dic. gen.), separati da lunghe fasi di secca.

La Fiumara d'Armo, che si origina alla quota di circa 900 metri s.l.m., in prossimità dei Piani di Muramara, pur avendo un bacino imbrifero di minore estensione, presenta caratteristiche simili.

Per una caratterizzazione idrogeologica dei terreni affioranti nell'area in studio, le formazioni presenti sono state raggruppate in complessi idrogeologici, aventi grado di permeabilità omogeneo. I fattori che condizionano la circolazione idrica sotterranea sono molteplici, ma tutti riconducibili alle caratteristiche idrogeologiche dei terreni; queste ultime sono state stimate in fase di rilevamento in maniera qualitativa ed integrate sulla base dei riscontri delle prove in sito effettuate nel corso delle indagini geognostiche eseguite.

Com'è noto le proprietà idrogeologiche dei terreni valutabili qualitativamente durante le fasi di rilevamento di campagna sono: il tipo di permeabilità, identificabile nella natura genetica dei meati (primaria o per porosità, e secondaria o per fessurazione, ed il grado di permeabilità relativa definibile in prima analisi attraverso le categorie elevato, medio, scarso e impermeabile a cui sono associabili ampi intervalli di variazione del valore della conducibilità idraulica, (Civita, 1973; Bureau of Reclamation, 1985; Celico, 1988).

Nel territorio in esame la circolazione idrica sotterranea è influenzata dalla successione di terreni caratterizzati da valori di permeabilità variabili.

L'evoluzione geologico-geomorfologica dell'area in esame ha portato alla formazione dei complessi idrogeologici di seguito descritti, la cui distribuzione spaziale è riportata nella cartografia idrogeologica allegata al presente progetto.

Nell'area in esame sono stati distinti e cartografati quattro complessi idrogeologici, distinguibili sulla base delle loro differenti caratteristiche di permeabilità e del tipo di circolazione idrica profonda che li caratterizza (Celico, 1986; 2003).

**Complesso alluvionale:** Questo complesso si riferisce all'unità geologica dei depositi alluvionali stabilizzati (da) e dei depositi continentali terrazzati (dt). È prevalentemente composto da ghiaie e

sabbie, con ciottoli ed inglobanti livelli e lenti di limi e sabbie talora argilloso-limose caratterizzati da medio-elevata permeabilità per porosità. È possibile la presenza di una falda a superficie libera con spessore ed importanza da discreta a rilevante ma con estensione variabile.

Il tipo di permeabilità è per porosità/fessurazione e variabile da media ad alta. A tale complesso si può attribuire un coefficiente di permeabilità  $k$  variabile da  $1 \times 10^{-5}$  e  $1 \times 10^{-2}$  m/s, con la stessa che può diminuire sensibilmente in corrispondenza delle lenti limose-argillose. Risulta il complesso con maggiore rilevanza ai fini del presente studio, in quanto lo stesso sarà interessato dagli interventi in progetto

**Complesso sabbioso-arenaceo:** Questo complesso è associato alle sabbie compatte e arenarie della Formazione di San Pier Niceto. (Spn1). Presenta un tipo di permeabilità per porosità medio-alta. A tale complesso si può attribuire un coefficiente di permeabilità  $k$  variabile da  $1 \times 10^{-6}$  e  $1 \times 10^{-3}$  m/s, con la stessa che può diminuire nei tratti maggiormente cementati. Tale complesso non assume alcuna rilevanza ai fini del presente studio, in quanto non verrà interessato dagli interventi in progetto

**Complesso antropico:** Questo complesso è associato al Riporto di natura antropica con granulometria prevalentemente granulare, caoticizzato, con resti vegetali e talora frammisto a terreno vegetale. Tipo di permeabilità per porosità medio-alta. A tale complesso si può attribuire un coefficiente di permeabilità  $k$  variabile da  $1 \times 10^{-6}$  e  $1 \times 10^{-3}$  m/s.

Di seguito, per ognuno dei complessi idrogeologici sopra descritti, viene riportato il grado di permeabilità relativo, indicando il range di valori del coefficiente di conducibilità idraulica "K", al fine di fornire utili indicazioni in termini di potenziale deflusso e infiltrazione nell'ambito del bacino idrografico di interesse.

SINTESI DEI DATI IDROGEOLOGICI		
Complesso idrogeologico	Grado di permeabilità	Permeabilità $k$ – m/s
Complesso alluvionale	medio - alto	$10^{-2} > K > 10^{-5}$
Complesso alluvionale	medio - alto	$10^{-3} > K > 10^{-6}$
Complesso ghiaioso-sabbioso	medio - alto	$10^{-3} > K > 10^{-6}$

**Tabella 7-2 - Caratteristiche di permeabilità dei litotipi interessati dal tracciato**

Per quanto riguarda la circolazione idrica sotterranea si osserva che le acque fluviali tendono a penetrare in profondità per cui possono aversi sia falde acquifere sospese collocate a varie altezze, sia falde profonde disposte a quote di poco superiori al livello del mare.

I depositi alluvionali precedentemente descritti, interferenti con gli interventi previsti sono sede di una estesa falda acquifera a pelo libero (falda freatica) alimentata dalle acque di subalveo delle diverse fiumare che sboccano a mare.

Questa falda, secondo uno schema classico, poggia sull'acqua di mare lungo una superficie curva, inclinata verso l'entroterra (interfaccia acqua dolce/ acqua salata).

Dalle indagini geognostiche recenti, si può verificare come sia stato installato all'interno di un foro di sondaggio (S1\_pz), un piezometro a tubo aperto, posto sino a 20 m di profondità, nel quale durante il mese di Aprile 2022 è stata eseguita una misura piezometrica, dalla quale è scaturita l'assenza di un livello idrico nel sottosuolo.

Pertanto, attualmente non si hanno dati diretti circa la profondità della falda stessa associata al territorio di interesse, tuttavia, tenuto conto della permeabilità media delle alluvioni, degli studi associati (quale Piano Strutturale Comunale) e di un gradiente dell'ordine del 2- 2.5 %, nonchè della distanza del nostro sito dalla costa, la superficie piezometrica dovrebbe rinvenirsi a profondità comprese tra (-20) e (-25) dal piano campagna. In tal senso nei profili geologici e sezioni



geologiche redatte appositamente per il presente studio, si è deciso di riportare, a vantaggio di sicurezza, un livello piezometrico posto subito al di sotto dei 20 m dal piano campagna. In definitiva si può confermare che dai dati a disposizione, allo stato attuale l'area di interesse sarebbe caratterizzata da una circolazione idrica sotterranea relativamente regolare ma non interferente con le principali opere previste in progetto.

## **8. INDAGINI GEOGNOSTICHE**

Nel presente capitolo sono riassunti i risultati della campagna di indagini geognostiche eseguite specificamente per l'iter approvativo in corso e associato al progetto esecutivo, ma nel contempo saranno indicate alcune risultanze di indagini riferite alla progettazione delle opere relative alla costruzione dell'attuale svincolo che sono risultate utili alla ricostruzione del modello geologico e geotecnico.

Per l'ubicazione dei singoli punti d'indagine e per i risultati delle prove in sito e di laboratorio delle diverse campagne di indagini pregresse, si rimanda agli elaborati di riferimento.

### **8.1. INDAGINI GEOGNOSTICHE PREGRESSE**

Per la redazione del PE sono stati utilizzati anche i dati geognostici riferibili anche alla seguente campagna d'indagine pregressa:

**Indagini Geognostiche Anno 1992 (ANAS)** - Indagini eseguite dalla GEOSUD S.r.l di Roma (RM) aventi come committente ANAS Compartimento della Calabria e riferite al progetto "Raccordo autostradale di Reggio Calabria S.S. 106 ter – S.S. 106 "Jonica", Tratto Svincolo Arangea - Torrente D'armo, costruzione svincolo Malderiti e asta di raccordo all'aeroporto di Reggio Calabria;

Tali dati hanno contribuito seppure parzialmente alla caratterizzazione litologica e litotecnica relativa ai litotipi interessati dagli interventi in progetto; A tal riguardo il loro posizionamento è visibile nella planimetria di ubicazione delle indagini.

Di seguito vengono riassunte le principali caratteristiche relative alle diverse indagini eseguite nell'area di interesse e suddivise per le diverse campagne.

Per il progetto originario furono eseguiti n° 7 sondaggi geognostici, mediante sonda a rotazione, attrezzata con idoneo carotiere, anche doppio, di diametro non inferiore a nm 100, atto ad assicurare il buon carotaggio, continuo, dei terreni interessati.

Per gli stessi si sono raggiunte profondità non inferiori a metri 30 e comunque tali da assicurare un approfondimento di almeno metri 10 nella roccia di base.

Inoltre furono prelevati, in n.3 dei sondaggi campioni indisturbati e rimaneggiati (in corrispondenza dei livelli propriamente a componente litoide) ed eseguite prove penetrometriche dinamiche del tipo S.P.T. con le stesse realizzate con cadenza ogni metri 3, in corrispondenza delle tratte di sondaggio negli orizzonti allo stato sciolto.

Sui campioni prelevati dai fori di sondaggio sono state realizzate specifiche prove geotecniche di laboratorio, con particolare riferimento alla determinazione delle caratteristiche fisiche, quali peso di volume e analisi granulometrica, nonché determinazione delle caratteristiche meccaniche per le quali, per i campioni prevalentemente coesivi, furono realizzate prove triassiali di tipo C.U..

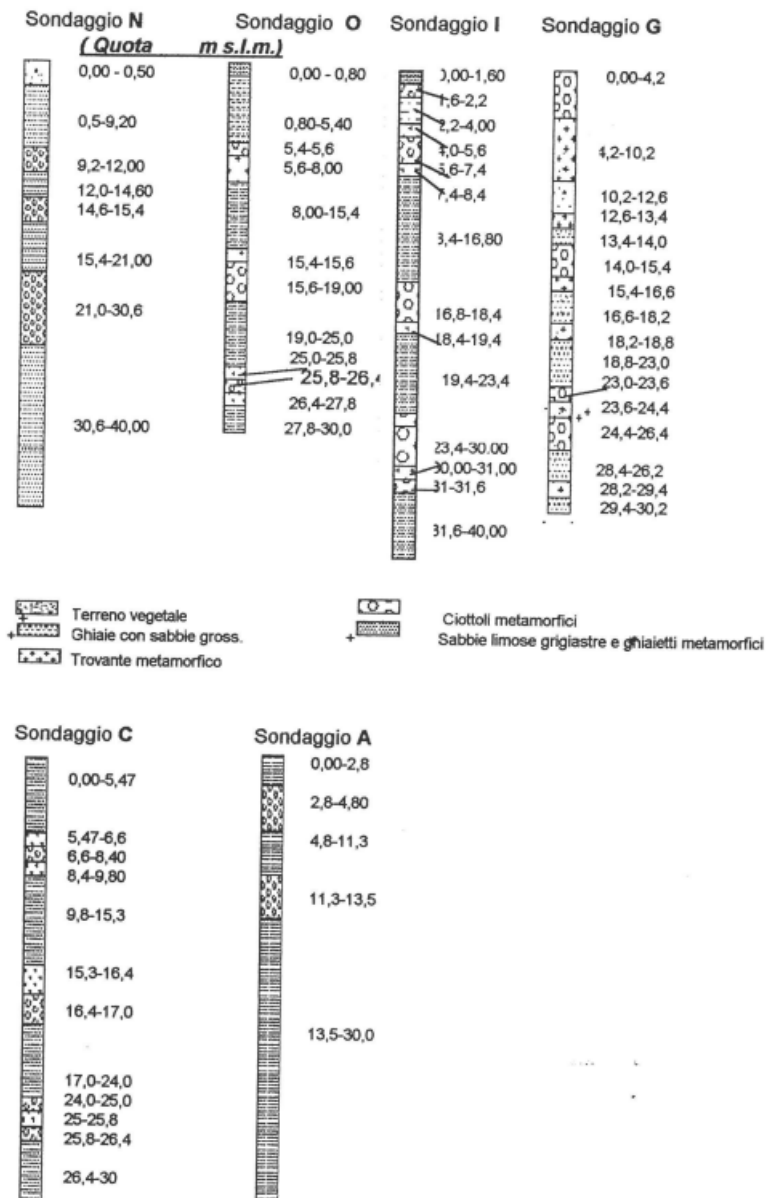


Figura 8-1 - - Colonne stratigrafiche derivate dai sondaggi pregressi – anno 1992

## 8.2. INDAGINI GOEGNOSTICHE PER PROGETTO ESECUTIVO - ANNO 2021

Ai fini della ricostruzione del Modello Geologico e Geotecnico di Riferimento associato alla presente fase progettuale, partendo dai dati derivati dalle indagini pregresse, sono state utilizzate le risultanze delle indagini riferite alle più recenti campagne geognostiche. Nello specifico, si riportano le principali caratteristiche e i dati geognostici riferibili alla seguente campagna d'indagine:

- **Indagini Geognostiche Anno 2021 (ANAS)** – Indagini realizzate da C.I.G.I.T. Soc. Coop. di San Floro, Loc. Andreotta Zona PIP (CZ) e commissionate dalla Direzione Generale dell'ANAS.

La campagna di indagini realizzata tra novembre e dicembre del 2021 è consistita in:

- N. 2 fori di sondaggio meccanici a carotaggio continuo;
- N. 6 prove SPT;
- N. 1 installazione di piezometro a tubo aperto;
- N.5 Campioni indisturbati prelevati da sondaggio e sottoposti a prove geotecniche di laboratorio
- n. 3 scavi di pozzetti esplorativi alla profondità max di 1.5 m dal p.c. con prelievo di campioni di terreno sui quali eseguire analisi chimiche per la caratterizzazione ambientale.

Sono state realizzate inoltre:

- n. 1 profilo sismico a rifrazione in onde P;
- n. 1 prove MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*);
- n. 1 prova di sismica passiva a stazione singola HVSR (*Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio o metodo di Nakamura*)

Nella tabella seguente vengono riportate le caratteristiche operative dei sondaggi realizzati nell'ambito della campagna di indagini del 2021

CARATTERISTICHE SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO ANNO 2021				
Sondaggio	Prof. (m)	Campioni	Prove in foro	Strumentazione
		Indisturbati	SPT	
S1	20.00	N.3	N.4	Piezometro
S2	15.00	N.2	N.6	

**Tabella 8-1 - Sondaggi geognostici Progetto Esecutivo - 2021. SPT: Standard Penetration**



Cassetta n° 1 - profondità da m 0,00 a m 5,00



Cassetta n° 2 - profondità da m 5,00 a m 10,00





Cassetta n° 3 - profondità da m 10,00 a m 15,00



Cassetta n° 4 - profondità da m 15,00 a m 20,00

**Foto 8-1 – Documentazione fotografica delle cassette catalogatrici del sondaggio S1**



Cassetta n° 1 - profondità da m 0,00 a m 5,00



Cassetta n° 2 - profondità da m 5,00 a m 10,00



Cassetta n° 3 - profondità da m 10,00 a m 15,00

**Foto 8-2 - Documentazione fotografica delle cassette catalogatrici del sondaggio S2**

Le terebrazioni hanno mostrato le seguenti evidenze:

#### **Sondaggio S1\_pz**

- 0.00 – 2.00 m: Riporto antropico caoticizzato con, a tratti, resti vegetali;
- 2.00 – 6.40 m: Sabbie di colore bruno-grigiastro con frazione ghiaiosa. Si rileva, altresì, variabile

#### **Sondaggio Sg16dh**

- .00 – 2.00 m: Riporto antropico caoticizzato con, a tratti, resti vegetali
- 2.00 – 8.00 m: Sabbie di colore bruno-grigiastro con frazione ghiaiosa. Si rileva, altresì, variabile

matrice limosa ed inclusi ciottolosi di varia forma e pezzatura;

- 6.40 – 7.10 m: Intercalazione sabbioso-ghiaiosa di colore brunastro a granulometria grossolana.;
- 7.10 – 9.90 m: Sabbie di colore bruno-rossastro a granulometria variabile con frequenti inclusi ghiaiosi e ciottolosi. Si rileva debole matrice limosa.;
- 9.90 – 13.40 m: Sabbie a granulometria medio-fine di colore variabile dal bruno-rossastro al bruno-giallastro. Si rileva debole componente limosa.
- 13.40 – 14.10 m: Intercalazione ghiaiosa con matrice sabbiosa.
- 14.10 – 20.00 m: Sabbie a granulometria media fine di colore variabile dal bruno grigiastro al bruno giallastro.

matrice limosa ed inclusi ciottolosi di varia forma e pezzatura.;

- 8.00 – 15.00 m: Sabbie a granulometria medio-fine di colore variabile dal grigiastro al bruno giallastro. Si rileva debole componente limosa.

**Il sondaggio è stato attrezzato con piezometro Casagrande**

All'interno dei fori di sondaggio, durante le fasi di carotaggio, a più altezze, sono state realizzate, in totale, n°6 prove penetrometriche dinamiche S.P.T. Tale tipologia di prova consente di determinare la resistenza che un terreno offre alla penetrazione dinamica di un campionatore infisso a partire dal fondo del foro di sondaggio; tale resistenza è funzione delle caratteristiche geomeccaniche e litologiche dei terreni.

Essa consiste nel far cadere un maglio dal peso di 63.5 Kg da un'altezza di 760 mm, su una testa di battuta fissa alla sommità di una batteria di aste, alla cui estremità inferiore è avvitato il campionatore RAYMOND di dimensioni standardizzate.

Il numero di colpi (N) necessario per una penetrazione della punta pari a 300 mm (dopo l'eventuale penetrazione quasi-statica per gravità e dopo 150 mm di infissione dinamica per il posizionamento) è il dato assunto come indice di resistenza alla penetrazione (N S.P.T).

Sondaggio	Prove S.P.T.			
	Cod.	Profondità dal p.c. (m)	Numero colpi (N1-N2-N3)	Valore N <sub>spt</sub>
S1pz	SPT n.1	2,70 – 3.15	16-21-30	<b>51</b>
S1pz	SPT n.2	6.00-6.45	7-30-29	<b>59</b>
S1pz	SPT n.3	10.00-10.45	9-13-10	<b>23</b>
S1pz	SPT n.4	15.00-15.45	15-18-19	<b>37</b>
S2	SPT n.1	2.60-3.05	12-12-15	<b>27</b>
S2	SPT n.2	11.00-11.45	10-13-14	<b>27</b>

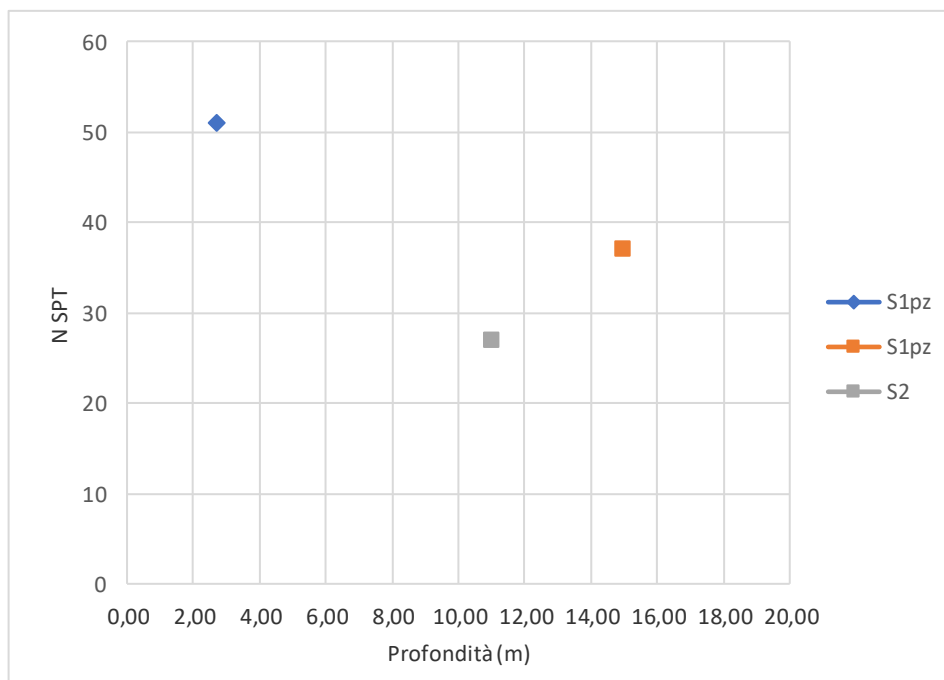
**Tabella 8-2 - Riepilogo dei dati desunti dalle prove SPT in foro di sondaggio**

A partire da tali dati si è proceduti alla validazione degli stessi, utilizzando il metodo Schmertmann (1979), per il quale il rapporto tra il numero dei colpi N2 ed N3 deve essere minore di 1 e nel contempo sempre maggiore del rapporto del numero dei colpi tra N1 e N3, con quest'ultimo che deve essere a sua volta maggiore di zero.

Validazione $0 < (N1/N3) < (N2/N3) < 1$								
Sondaggio	Profondità	N1	N2	N3	Nspt	N1/N3	N2/N3	Validità
S1_pz	2,70	16	21	30	<b>51</b>	0,53	0,70	<b>Valida</b>
S1_pz	6,00	7	30	29	<b>59</b>	0,24	1,03	<b>Non Valida</b>
S1_pz	10,00	9	13	10	<b>23</b>	0,90	1,30	<b>Non Valida</b>
S1_pz	15,00	15	18	19	<b>37</b>	0,79	0,95	<b>Valida</b>
S2	2,60	12	12	15	<b>27</b>	0,80	0,8	<b>Non Valida</b>
S2	11,00	10	13	14	<b>27</b>	0,71	0,93	<b>Valida</b>

**Tabella 8-3 - Risultati e validazione delle prove SPT**

Il grafico seguente riporta la variazione del valore NSPT (non considerando le prove ritenute non valide) con la profondità di prova. Come prevedibile, in considerazione della natura stessa del terreno indagato, la ripartizione dei livelli litologici con eterogeneità in termini granulometrici trova riscontro in una variazione e relativa dispersione dei valori di N SPT registrati.



**Figura 8-2 - Grafico riportante la fluttuazione dei valori di NSPT registrati durante le prove in foro di sondaggio rispetto alla profondità di prova**

In aggiunta sono stati realizzati pozzetti attraverso escavatore finalizzati alla caratterizzazione ambientale della coltre più superficiale nei tratti in cui è prevista la realizzazione degli interventi. I risultati delle prove menzionate precedentemente sono riportati nelle tabelle sottostanti.



POZZETTI ESPLORATIVI -ANNO 2021			
ID pozzetto (P)	Profondità (m)	Campioni	
		In busta	Ambientale (analisi chimiche)
P01	1.50	N.1	N.1
P02	1.50	N.1	N.1
P03	1.50	N.1	N.1

**Tabella 8-4 – Pozzetti esplorativi eseguiti per l'anno 2021**







POZZETTO P03

**Foto 8-3 - Documentazione fotografica dei pozzetti realizzati**

Dai sondaggi a carotaggio continuo, tenendo conto della natura litologica dei terreni indagati, sono stati prelevati campioni indisturbati sui quali sono state eseguite specifiche prove geotecniche di laboratorio.

Di seguito viene riportata una tabella riepilogativa dei campioni sottoposti ad analisi.

Campione	Prof. (m)
S1 – C1	2.20 – 2.70
S1 – C2	8.00 – 8.60
S1 – C3	14.40 – 15.00
S2 – C1	2.00 – 2.60
S2 – C2	10.40 – 11.00

**Tabella 8-5 - Tabella riepilogativa dei campioni prelevati durante l'esecuzione del sondaggio**

Sui campioni, sono state eseguite le seguenti analisi e prove:

- apertura campione e descrizione visiva
- peso dell'unità di volume;
- contenuto naturale d'acqua;
- peso specifico dei grani;

- analisi granulometrica,
- taglio diretto drenato con resistenza di picco

A tal fine di seguito si riportano in formato tabellare i principali risultati derivati dalle prove di laboratorio citate

PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO – CARATTERISITICHE FISICHE – ANNO 2021										
Sigla	Prof. (m)	Peso di volume (kN/m <sup>3</sup> )	Peso di volume saturo (kN/m <sup>3</sup> )	Peso specifico dei grani (kN/m <sup>3</sup> )	Contenuto d'acqua (%°)	Sat. (%)	Granulometria (%)			
							G	S	L	A
S1 – C1	2.20 – 2.70	17.5	19.4	26.3	14.7	54.5	13.4	66.4	17.3	2.9
S1 – C2	8.00 – 8.60	18.0	20.1	26.2	12.3	51.6	14.8	71.4	11.6	2.2
S1 – C3	14.40 – 15.00	18.3	19.9	26.4	14.6	60.2	9.7	64.6	22.3	3.4
S2 – C1	2.00 – 2.60	17.4	19.5	26.3	12.9	49.2	17.0	68.6	14.4	
S2 – C2	10.40 – 11.00	18.0	19.6	26.4	15.8	61.3	-	72.6	23.9	3.5

**Tabella 8-6 - Risultati prove di laboratorio sui campioni della campagna di indagini del 2021**

PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO – CARATTERISITICHE MECCANICHE – ANNO 2021			
Sigla	Prof. (m)	Taglio diretto	
		C' (kPa)	φ' (°)
S1 – C1	2.20 – 2.70	5.9	32.1

**Tabella 8-7 - Risultati prove di laboratorio sui campioni della campagna di indagini del 2014**

Per quanto riguarda le indagini geofisiche, eseguite nell'ambito della campagna geognostica 2021, si rammenta che sono state realizzate, n. 1 profilo sismico a rifrazione con elaborazione tomografica in onde P, n. 1 prova MASW, n. 1 prova HVSR i cui risultati sono esposti di seguito, mentre per maggiori dettagli si rimanda alla documentazione allegata al presente progetto.

La prospezione sismica a rifrazione è stata condotta con uno stendimento geofonico di 72m.

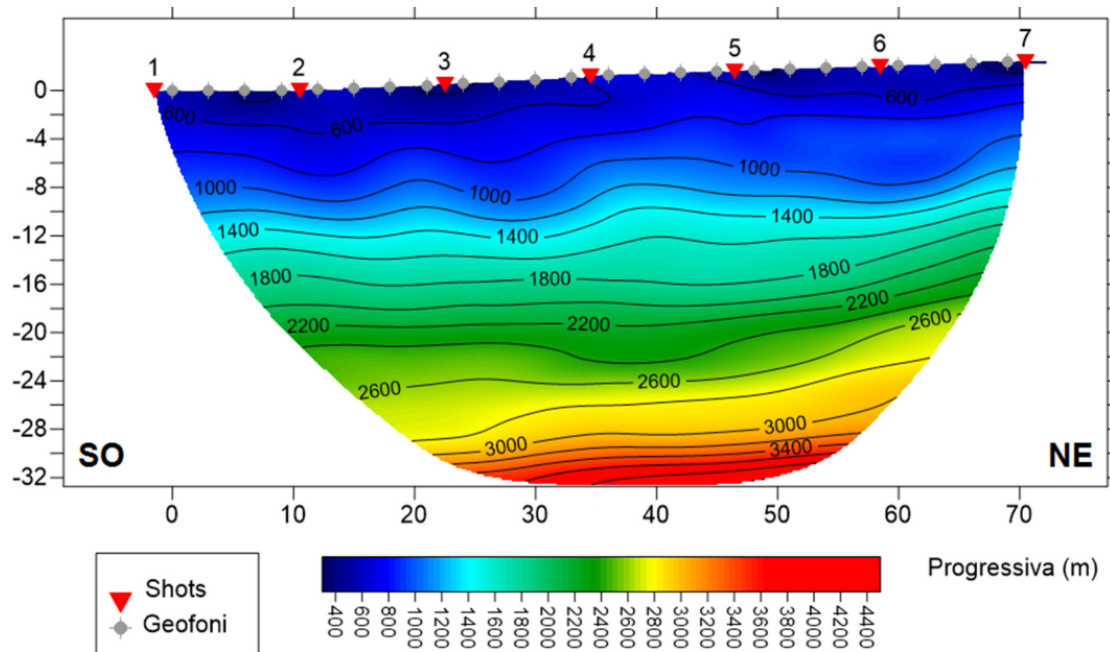
Le oscillazioni del suolo sono state rilevate da 24 geofoni verticali (Geospace – 4.5Hz) posizionati lungo il profilo di indagine con offset di 3.00m

Nella prospezione sismica a rifrazione si sfrutta la diversa velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P o "di compressione e dilatazione"), che sono le più veloci fra le diverse onde elastiche, o trasversali (onde SH o "di taglio") per determinare spessori e andamento dei livelli presenti. La prospezione consiste nel generare un'onda sismica di compressione o di taglio nel terreno attraverso una determinata sorgente di energia (colpo di mazza o di maglio, esplosivo etc.) e nel misurare il tempo impiegato da questa a compiere il percorso nel sottosuolo dal punto di energizzazione fino agli apparecchi di ricezione (geofoni) seguendo le leggi di rifrazione dell'ottica (Legge di Snell), cioè rifrangendosi sulle superfici di separazione tra due strati sovrapposti di densità (o meglio di modulo elastico) crescente. L'apparecchiatura necessaria per le prospezioni è costituita da una serie di ricevitori (geofoni) che vengono spazati lungo un determinato allineamento (base sismica) e da un sismografo che registra l'istante di inizio della perturbazione elastica ed i tempi di primo arrivo delle onde a ciascun geofono. Così, osservando i primi arrivi su punti posti a distanze diverse dalla sorgente energizzante, è possibile costruire una curva tempo-distanza (dromocrona) rappresentante la variazione del minimo percorso in funzione del tempo.

Attraverso metodi analitici si ricavano quindi le velocità delle onde elastiche longitudinali ( $V_p$ ) o trasversali ( $V_s$ ) dei mezzi attraversati ed il loro spessore.

Il metodo della tomografia sismica è una tecnica di indagine che permette l'individuazione di anomalie nella velocità di propagazione delle onde sismiche con un alto potere risolutivo, offrendo la possibilità di ricostruire anomalie e discontinuità stratigrafiche anche particolarmente complesse. Questa tecnica fornisce l'immagine della distribuzione delle onde sismiche sotto la superficie, basate sui tempi di primo arrivo (come nella normale sismica a rifrazione) e sulla geometria di acquisizione. Si ricostruisce in tal modo un modello di velocità, che può essere migliorato attraverso successive iterazioni: la fase di calcolo si conclude quando si ha la migliore sovrapposizione fra i tempi di primo arrivo calcolati e quelli misurati.

La pseudosezione elaborata per il profilo sismico **TOMO1** ha permesso di evidenziare tre sismostrati. Il primo sismostrato, la cui interfaccia si attesta ad una profondità dal piano campagna di circa 8-10 m risulta costituito da depositi prevalentemente granulari, con velocità delle onde P comprese tra 600 e 1000 m/s. In profondità, si rinvengono depositi maggiormente sabbiosi-limosi, caratterizzati da una maggiore consistenza. La velocità delle onde P è compresa tra 1.400 e 2.200 m/s. A questi seguono dei sismostrati molto addensati con velocità delle onde P oltre 2.600 m/s



**Figura 8-3 - Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo TOMO1.**

La verifica delle condizioni sismiche e la definizione della  $V_{seq}$ , così come definita dalle NTC 2018, dei terreni di fondazione, sono state definite tramite la Prospezione sismica di tipo M.A.S.W. realizzata durante la presente campagna di indagini.

Il metodo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo delle velocità delle onde di taglio  $V_s$  sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo. Con questa tecnica è possibile ottenere risultati particolarmente precisi ed affidabili per la ricostruzione sismo stratigrafica del sottosuolo e per la progettazione antisismica. Inoltre è possibile identificare le caratteristiche dinamiche dei suoli, il profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$ , la stima del  $V_{s,eq}$  e successiva assegnazione della categoria di suolo di fondazione, analisi dell'attenuazione per la determinazione dello smorzamento e l'analisi della risposta sismica

locale al fine di progettare e/o prevedere il comportamento delle opere soggette ad azioni dinamiche (sisma, vento, vibrazioni, etc.).

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano ad una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati superficiali, e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo; onde a bassa frequenza invece si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

La prospezione sismica MASW è stata realizzata lungo lo stesso stendimento della prova sismica a rifrazione con la medesima configurazione geofonica. I risultati delle indagini MASW sono riportati nelle seguenti figure, indicante anche il modello medio sismostratigrafico

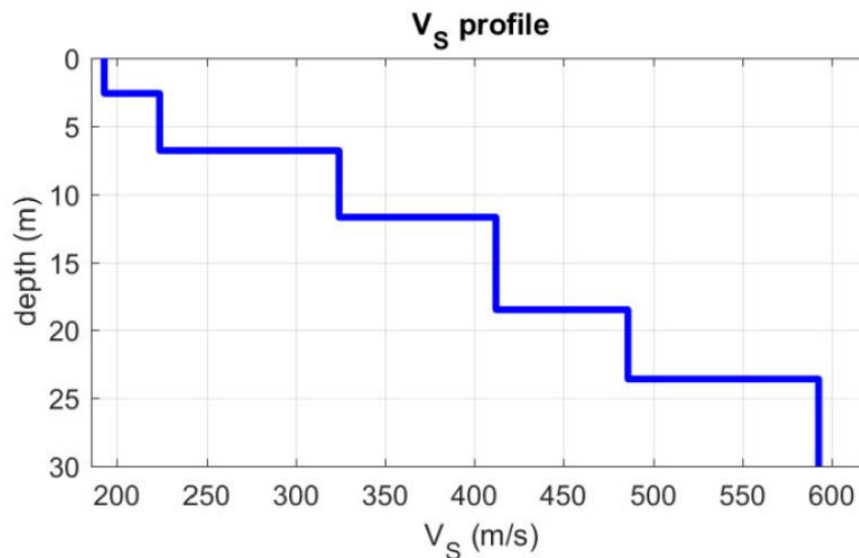


Figura 8-4 – Profilo verticale della velocità delle onde S, in funzione della profondità – MASW 1

RISULTATI MASW – ANNO 2021	
Codice indagine	Valore Vs,eq*
MAWS- MW1	325 m/s

Tabella 8-8 - Riepilogo della Vs equivalente ricavata dall'indagine MASW realizzata nella campagna di indagini 2021

\* a partire dal piano campagna

MASW – Modello medio			
Strati	Profondità(m)	Spessori (m)	Vs (m/s)
1	2.60	2.60	193
2	6.80	4.20	224
3	11.70	4.90	324
4	18.50	6.80	412
5	23.60	5.10	486



MASW – Modello medio			
Strati	Profondità(m)	Spessori (m)	Vs (m/s)
6	-	semispazio	593

Tabella 8-9 - Sismostratigrafia derivata dalla prospezione sismica MASW

In aggiunta a tali indagini si è realizzata anche una prospezione di sismica passiva a stazione singola HVSR.

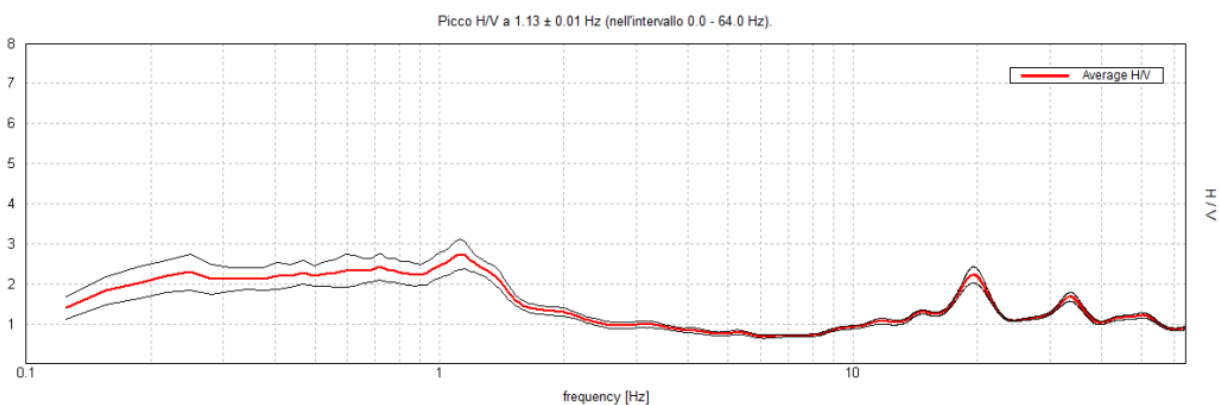
La campagna d'indagine geofisica è stata condotta nel rispetto dello stato dell'arte e delle linee guida dettate dal Progetto SESAME (Site EffectS Assessment using AMbient Excitations) che stabilisce la corretta esecuzione delle misure di microtremore ambientale in stazione singola e array. Il Progetto SESAME, ha anche fornito i criteri per valutare la bontà delle curve HVSR e la significatività dei picchi H/V eventualmente trovati. La campagna d'indagine geofisica, condotta nel rispetto dello stato dell'arte e delle linee guida dettate dalla letteratura scientifica, è conforme alla vigente normativa sismica e in particolare ai contenuti dell'O.P.C.M. 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" e s.m.i. e al D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC 2018) pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n° 42 del 20.2.2018.

La caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica di indagine passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio - Metodo di Nakamura), è finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito, correlabili ai cambi litologici presenti sia all'interno della copertura che nell'ammasso roccioso. Il metodo è basato sull'acquisizione del rumore sismico (detto anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole rispetto a quelle indotte dai terremoti), generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica.

Nell'elaborazione è possibile ottenere il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

I risultati delle indagini HVSR sono riportati nelle seguenti figure:

#### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



**Picco H/V a 1.13 ± 0.01 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

Figura 8-5 – HVSR1- Rapporto spettrale orizzontale su verticale

## 9. CARATTERIZZAZIONE SISMICA E CRITICITÀ CORRELATE

Per una trattazione di dettaglio in merito alla pericolosità sismica dell'area di progetto si rimanda a quanto esposto nella "Relazione sismica". In questo capitolo ci si limita a riepilogare le informazioni significative per la progettazione sismica delle opere.

Ai fini della sismicità e con riferimento alle NTC 2018 sono stati adottati i seguenti input:

- Vita nominale: assimilando le opere in progetto a "Costruzioni con livelli di prestazioni elevati", si considera  $VN = 100$  anni;
- Classe d'uso: le opere in progetto possono essere classificate all'interno della categoria IV "Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica." cui corrisponde un coefficiente d'uso  $C_u = 2,0$ ;
- Periodo di riferimento:  $VN * C_u = 200$  anni;
- Azione sismica su suolo rigido: si veda la seguente tabella riepilogativa generale:

Stato limite	Tr Anni	Ag (g)	Fo (-)	T*c (s)
SLO	120	0,142	2,310	0,317
SLS	201	0,183	2,347	0,331
SLV	1898	0,464	2,498	0,426
SLC	2475	0,512	2,511	0,442

Tabella 9-1 - - Parametri spettrali del sito di progetto per i diversi stati limite

- Categoria di sottosuolo: Alla luce delle indagini geofisiche disponibili ed associate alla campagna geognostica recente l'areale di progetto risulta, caratterizzato dalla 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".
- Coefficiente di amplificazione stratigrafica: è stata considerata la categoria topografica T1 "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$

## 10. ASSETTO GEOLOGICO LUNGO IL TRACCIATO STRADALE ED INTERAZIONE OPERE-TERRENI

Sulla base del modello geologico di riferimento, rappresentato graficamente nella carta geologica, carta geomorfologica, carta idrogeologica e nel profilo geologico, cui si rimanda per maggiori dettagli, vengono di seguito descritte le interazioni fra opere e terreni presenti lungo il tracciato stradale in progetto e le criticità che potrebbero presentarsi.

Così come si evince dal profilo geologico e dalla cartografia geologica, lungo il tracciato stradale in progetto affiorano unità geologiche quaternarie corrispondente ad una piccola porzione di piana alluvionale formata dai sedimenti della Fiumara di S.Agata, del Torrente Menga e delle Fiumare D'Armo. Tali terreni rientrano all'interno della denominazione di "**Depositi alluvionali stabilizzati**" (**da**), caratterizzati da successione irregolare dei livelli sabbiosi, sabbioso-ghiaiosi, ghiaioso-sabbiosi o ciottolosi, fino a livelli puramente sabbioso-limosi, in cui è sempre presente una matrice sabbiosa o sabbioso-ghiaiosa più fine, ad ogni modo nell'area di interesse progettuale si è deciso di suddividere tale unità geologica (**da**) in 3 facies litologiche con caratteristiche litotecniche mediamente differenti e soggette a frequenti interdigitazioni e variazioni laterali, i quali rapporti latero-verticali risultano espressi attraverso i profili geologici realizzati.

I depositi alluvionali in questione presentano un elevato grado di naturale addensamento, sia per la prevalenza di elementi di forma allungata e appiattita, che per l'assortimento granulometrico che favorisce la compenetrazione degli elementi a granulometria più fine entro i vuoti lasciati dai componenti più grossolani;

Generalmente lungo l'intero tracciato e fino ad una profondità di circa 8-10 m i terreni risultano rappresentati da livelli puramente incoerenti con elevate concentrazioni di sabbie e sabbie con percentuali consistenti di ghiaie intercalate a livelli mediamente più fini. A tale livello è stata associata la **facies sabbioso-ghiaiosa (da-sg)** riferibile litotecnica a livelli da moderatamente addensati ad addensati.

Quest'ultimi sovrastano terreni a comportamento prevalente incoerente e granulare, ma con una percentuale di limo più elevata che si manifesta con una più elevata coesione in condizioni efficaci, mentre la matrice sabbiosa risulta mediamente più fine conferendo a tale livello una resistenza mediamente inferiore al tratto più superficiale, confermata anche dalle risultanze delle prove S.P.T. realizzate in tale litotipo. Dal punto di vista granulometrico i terreni sono riferibili pertanto ad una **sabbia fine limosa alternate a sabbia limosa deb. ghiaiosa, facies sabbioso-limosa (da-sl)**.

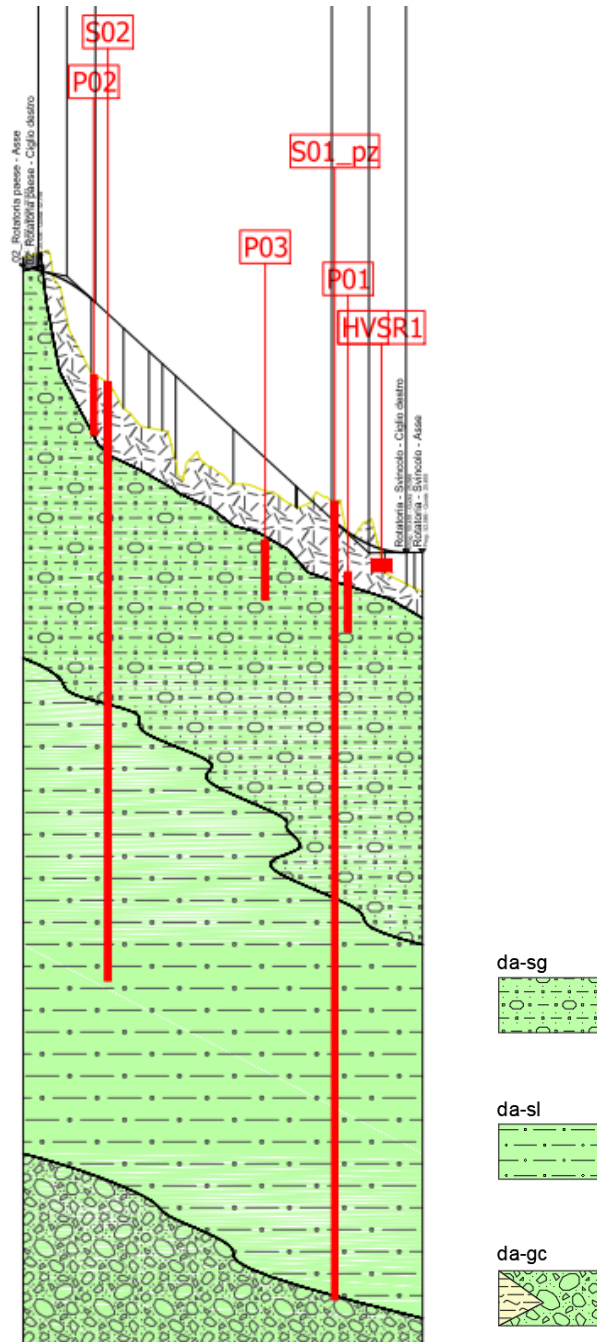
L'estensione raggiunge la massima profondità delle verticali indagate nell'ultima campagna di indagini. Diversamente nei sondaggi pregressi tali livelli sarebbero preceduti da sedimenti sabbiosi o ghiaiosi sciolti o più in generale di terreni superficiali aerati (non individuati nei sondaggi più recenti), con le prove S.P.T. che hanno evidenziato per la matrice sabbioso-ghiaiosa valori di NSPT di circa 10, appunto indicativi di terre allo stato sciolto.

Seppure gli ultimi sondaggi non hanno evidenziato ulteriori litotipi, è plausibile, considerata la maggiore profondità raggiunta da quelli pregressi riferirsi ad un'ulteriore unità litologica/litotecnica ovvero una ulteriore facies costituita da ghiaie con sabbie e ciottoli cristallini e da grosse lenti conglomeratiche, passanti lateralmente, verso i fianchi della valle, a sabbie grigiastre a tratti limose, di colore grigio-verdastre, contenenti ghiaie e ciottoli cristallini, che risultano da addensati a molto addensati e a comportamento puramente incoerente (**facies ghiaiosa-conglomeratica (da-gc)**).

Tali terreni alluvionali risultano ricoperti localmente da livelli di natura antropica (**Riporto - r**) con granulometria prevalentemente granulare, caoticizzati, con resti vegetali e talora frammisti a terreno vegetale/agricolo, non adatto dal punto di vista progettuale. Nello specifico, con evidenza derivata dalle indagini geognostiche a disposizione, tale livello sarebbe prevalentemente riscontrabile nel tratto compreso tra le 2 rotatorie di collegamento tra le 2 rampe (uscita ed ingresso), dove si prevede l'attraversamento di porzioni attualmente poste a anche a pratica agricola. In particolar modo gli spessori massimi previsti si attesterebbero intorno ai 2 m, prevedendo pertanto per i



sottofondi stradali ovvero per la loro messa in opera una preventiva bonifica di tale terreno e fino comunque al raggiungimento del litotipo inalterato.



**Figura 10-1 - Stralcio del profilo geologico riferito al tratto compreso tra le 2 rotatorie**

Diversamente, il resto del tratto di interesse progettuale, sarebbe caratterizzato, escludendo i livelli interferenti con l'asfalto e riempimento stradale attuale, dai depositi alluvionali stabilizzati.

Le opere in progetto, con particolare riferimento ai tratti riferibili alla rampa di ingresso, che rappresenta gli interventi ritenuti più significativi, risulterebbero prevalentemente interferenti con la facies alluvionale **sabbioso-ghiaiosa (da-sg)**. In questo tratto, seppure poco indagato da indagini

recenti, una ricostruzione dell'assetto litostratigrafico è stato possibile derivarlo dalle poche informazioni ricavate dalle indagini dirette riferibili alle campagne di indagini pregresse.

Nello specifico la facies **da-sg** affiorante, si estenderebbe lungo l'intero asse viario progettuale associato alla rampa di ingresso con spessori valutabili e compresi tra i 4 e 7 m.

La stessa ricoprirebbe direttamente la **facies ghiaiosa-conglomeratica (da-gc)**, la cui presenza è indicata proprio dalle indagini pregresse (sondaggio S-G), costituita appunto da terreni più grossolani riconducibili a ghiaie con sabbie e ciottoli cristallini, caratterizzate soprattutto in tale tratto da grosse lenti conglomeratiche e talora trovanti lapidei di origine metamorfica.

Pur mostrando tali livelli caratteristiche litotecniche idonee, considerando le opere in progetto, quali paratie e muri di contenimento, si dovrà tener conto della potenziale variabilità con le potenziali eteropie laterali e verticali.

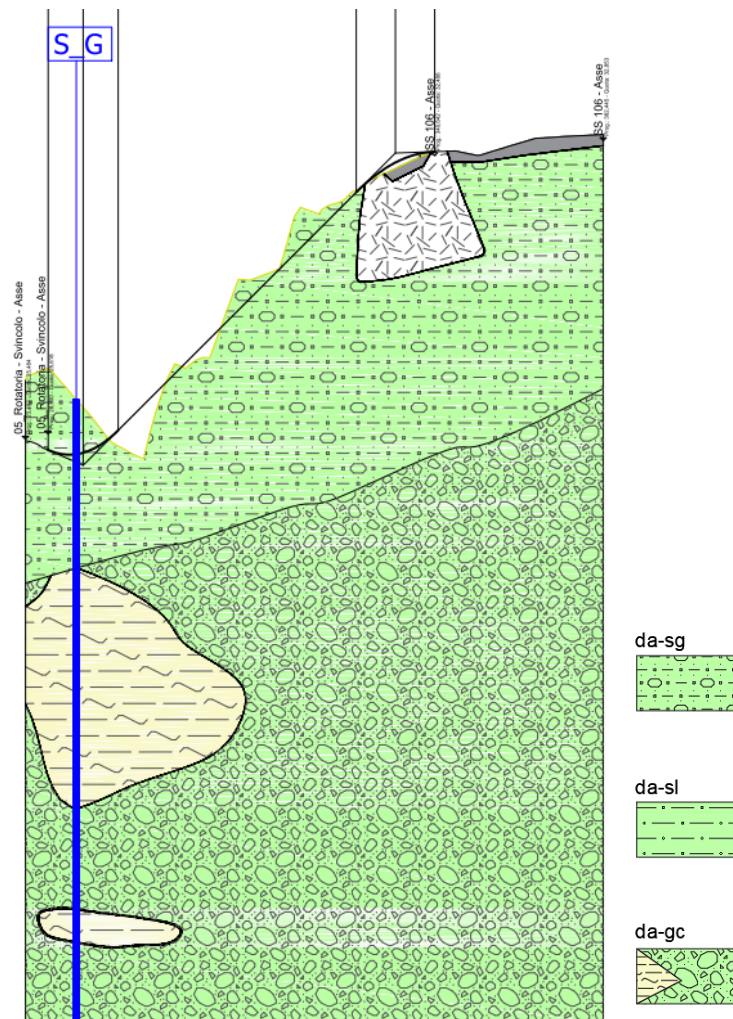
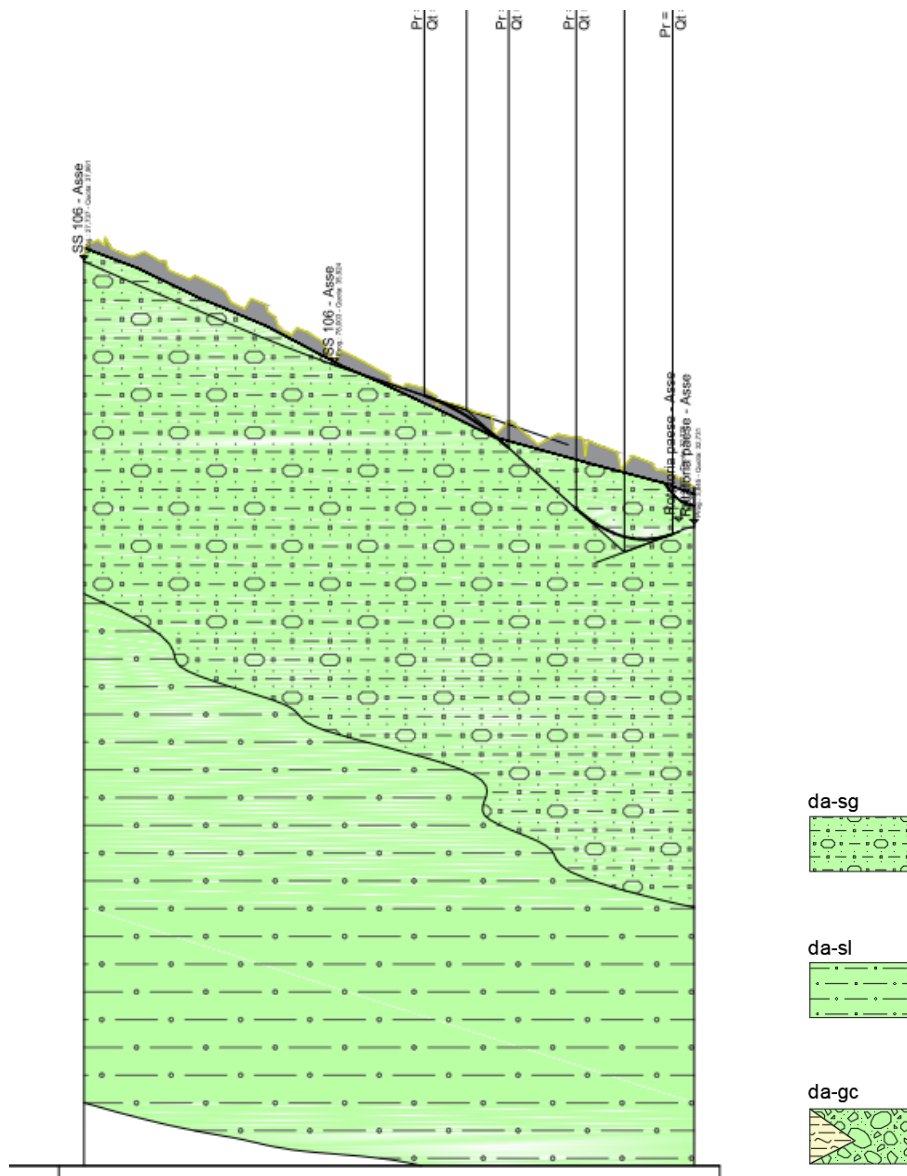


Figura 10-2 - Stralcio del profilo geologico riferito alla rampa d'ingresso

Diversamente per il tratto riferito alla rampa di uscita, si prevede un assetto litostratigrafico completo delle facies alluvionali previste ed in particolar modo, al di sotto dell'affiorante facies **sabbioso-ghiaiosa (da-sg)**, che si estenderebbe sino ai 7-8 m di profondità si ritroverebbe la **facies sabbioso-limosa (da-sl)**, con spessori relativamente consistente di oltre 8 m, che a sua volta ricoprirebbe la **facies ghiaiosa-conglomeratica (da-gc)**. In tal senso considerando gli interventi previsti e i potenziali rapporti latero-verticali tra i terreni corrispondenti, non si prevedono criticità geologiche e litotecniche rilevanti che possano pregiudicare appunto le scelte progettuali.



**Figura 10-3 – Stralcio del profilo geologico riferito alla rampa di uscita**

Passando alle caratteristiche idrologiche ed idrogeologiche, i principali corsi d'acqua che caratterizzano l'intero territorio esaminato sono rappresentati dalla Fiumara di S. Agata e dalla Fiumara d'Armo.

Trattasi di organismi che si sviluppano con percorso più o meno tortuoso dirigendosi verso lo Stretto di Messina in cui si immettono dopo aver convogliato le acque provenienti da diversi impluvi minori.

Per quanto riguarda la circolazione idrica sotterranea si osserva che le acque fluviali tendono a penetrare in profondità per cui possono aversi sia falde acquifere sospese collocate a varie altezze, sia falde profonde disposte a quote di poco superiori al livello del mare.

I depositi alluvionali precedentemente descritti, interferenti con gli interventi previsti sono sede di una estesa falda acquifera a pelo libero (falda freatica) alimentata dalle acque di subalveo delle diverse fiumare che sboccano a mare. Dalle indagini geognostiche recenti, si può verificare come sia stato installato all'interno di un foro di sondaggio (S1\_pz), un piezometro a tubo aperto, posto



sino a 20 m di profondità, nel quale durante il mese di Aprile 2022 è stata eseguita una misura piezometrica, dalla quale è scaturita l'assenza di un livello idrico nel sottosuolo.

Pertanto, attualmente non si hanno dati diretti circa la profondità della falda stessa associata al territorio di interesse, tuttavia, tenuto conto della permeabilità media delle alluvioni, degli studi associati (quale Piano Strutturale Comunale) e di un gradiente dell'ordine del 2- 2.5 %, nonché della distanza del nostro sito dalla costa, la superficie piezometrica dovrebbe rinvenirsi a profondità comprese tra (-20) e (-25) dal piano campagna.

Per quanto riguarda gli aspetti geomorfologici, il tratto interessato dall'opera presenta un assetto sub-pianeggiante con quote assolute comprese tra 25 e 35 m circa sul livello marino. L'area si presenta urbanizzata con presenza di edifici abitativi ed infrastrutture urbane. Per quanto riguarda i processi morfogenetici ad evoluzione rapida si osserva che l'instaurarsi di questi è ostacolata dall'andamento sub-orizzontale della maggior parte dell'area di attraversamento delle strutture viarie, dalla debole acclività dei versanti che verranno intercettati e dall'assenza di cause che possano attivare i suddetti fenomeni. Sono, infatti, assenti in tutto il territorio esaminato tracce di frane o di altri fenomeni di dissesto generalizzato. Inoltre sono assenti fenomeni erosivi attivi legati all'azione delle acque, in quanto i corsi d'acqua presenti nella zona risultano regimati con opere di arginatura, briglie ed inalveamenti, che dovrebbero permettere un deflusso delle stesse in sicurezza.

## 11. CONCLUSIONI

Il presente documento è stato redatto sulla base di rilievi geologici e geomorfologici di campagna, e sui risultati delle indagini geognostiche e di laboratorio eseguite in più fasi.

Per la caratterizzazione geologica e sismica riferita alla presente fase progettuale è stato fatto riferimento principalmente alla recente campagna di indagini geognostiche eseguita nel corso dell'anno 2021.

I rapporti laterali e verticali tra le singole unità geologiche sono rappresentati, nel profilo geologico, sui quali sono anche riportate le indagini eseguite nelle diverse fasi, le caratteristiche di permeabilità dei terreni e la profondità dell'ipotetica falda, stimata sulla scorta informazioni ricavate da studi pregressi.

Dal punto di vista geologico, assumono importanza progettuale i terreni associati ai **Depositi alluvionali stabilizzati** (da), caratterizzati da successione irregolare dei livelli sabbiosi, sabbioso-ghiaiosi, ghiaioso-sabbiosi o ciottolosi, fino a livelli puramente sabbioso-limosi, in cui è sempre presente una matrice sabbiosa o sabbioso-ghiaiosa più fine.

I depositi alluvionali in questione presentano un elevato grado di naturale addensamento, sia per la prevalenza di elementi di forma allungata e appiattita, che per l'assortimento granulometrico che favorisce la compenetrazione degli elementi a granulometria più fine entro i vuoti lasciati dai componenti più grossolani.

Nel tratto di interesse si evidenzia anche la presenza localizzata di una copertura di origine antropica frammista a terreno rimaneggiato, non dotato di buone caratteristiche litotecniche e pertanto si consiglia la bonifica dello stesso per la messa in opera del sottofondo stradale.

Ad ogni modo nell'area di interesse progettuale si è deciso di suddividere tale unità geologica (da) in 3 facies litologiche con caratteristiche litotecniche mediamente differenti e soggette a frequenti interdigitazioni e variazioni laterali, i quali rapporti latero-verticali risultano espressi attraverso i profili geologici realizzati.

Per quanto riguarda la circolazione idrica sotterranea si osserva che le acque fluviali tendono a penetrare in profondità per cui possono aversi sia falde acquifere sospese collocate a varie altezze, sia falde profonde disposte a quote di poco superiori al livello del mare.

I depositi alluvionali precedentemente descritti, interferenti con gli interventi previsti sono sede di una estesa falda acquifera a pelo libero (falda freatica) alimentata dalle acque di subalveo delle diverse fiumare che sboccano a mare. Dalle indagini geognostiche recenti, si può verificare come sia stato installato all'interno di un foro di sondaggio (S1\_pz), un piezometro a tubo aperto, posto sino a 20 m di profondità, nel quale durante il mese di Aprile 2022 è stata eseguita una misura piezometrica, dalla quale è scaturita l'assenza di un livello idrico nel sottosuolo.

Pertanto, attualmente non si hanno dati diretti circa la profondità della falda stessa associata al territorio di interesse, tuttavia, tenuto conto della permeabilità media delle alluvioni, degli studi associati (quale Piano Strutturale Comunale) e di un gradiente dell'ordine del 2- 2.5 %, nonché della distanza del nostro sito dalla costa, la superficie piezometrica dovrebbe rinvenirsi a profondità comprese tra (-20) e (-25) dal piano campagna.

Per quanto riguarda gli aspetti geomorfologici, il tratto interessato dall'opera presenta un assetto sub-pianeggiante con quote assolute comprese tra 25 e 35 m circa sul livello marino. L'area si presenta urbanizzata con presenza di edifici abitativi ed infrastrutture urbane. Per quanto riguarda i processi morfogenetici ad evoluzione rapida si osserva che l'instaurarsi di questi è ostacolata dall'andamento sub-orizzontale della maggior parte dell'area di attraversamento delle strutture viarie, dalla debole acclività dei versanti che verranno intercettati e dall'assenza di cause che possano attivare i suddetti fenomeni. Sono, infatti, assenti in tutto il territorio esaminato tracce di frane o di altri fenomeni di dissesto generalizzato.

In conclusione, fermo restando le indicazioni e prescrizioni fornite nel presente elaborato, si esprime parere geologico favorevole alla realizzazione del progetto.