

COMUNE DI PRATOLA PELIGNA

PROVINCIA DI L'AQUILA



**“MESSA IN SICUREZZA DAI DISSESTI DELLA STRADA
COMUNALE VECCHIA PER SULMONA-VIA SANTA BRIGIDA”**

RELAZIONE GEOLOGICA IDROLOGICA ED IDRAULICA

Dott. Geol. Domenico TROTTA

Via dei Piccolomini nr. 14

67100 L'AQUILA

Giugno 2021 (REV.2023)

INDICE DEGLI ARGOMENTI

1. PREMESSA	2
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	3
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	5
4. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE DEL TRACCIATO STRADALE.....	8
SETTORE A-B (CHIESA SANTA BRIGIDA).....	9
SETTORE B-C (LOC. COLLEGRANIERO).....	10
SETTORE C-D (LOC. ATREVOICE)	13
5. INQUADRAMENTO TETTONICO E PERICOLOSITA' SISMICA.....	14
6. P.A.I. E P.S.D.A.	18
7. MICROZONAZIONE SISMICA	20
8. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO.....	23
9. ANALISI IDROLOGICA ED IDRAULICA.....	28
CALCOLO DELLE GRANDEZZE IDROLOGICHE.....	28
DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DI MASSIMA DELLE OPERE IDRAULICHE	33
10. INDICAZIONI PER LA PROGETTAZIONE SECONDO NTC 2018.....	35
11. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	38
BIBLIOGRAFIA.....	40

1. PREMESSA

La presente relazione è stata redatta dal sottoscritto, Domenico Trotta iscritto all'albo dei Geologi Regione Abruzzo, con numero di iscrizione 442, su incarico del Comune di Pratola Peligna (AQ) con Determinazione del Servizio LLPP e Manutenzioni N.312 del 30.11.2020, in qualità di committente per il progetto di **“Lavori di messa in sicurezza dai dissesti strada comunale via Vecchia per Sulmona- Via Santa Brigida”**.

Lo scopo principale dello studio è stato la valutazione delle caratteristiche geologiche, idrologiche ed idrauliche di un settore di territorio ubicato a sud- est del comune di Pratola Peligna (AQ) a confine con l'ambito comunale di Sulmona (AQ). In questo settore di territorio ricade il tracciato stradale oggetto di intervento e definito negli elaborati progettuali redatti a cura dell'Ing. Rocco Di Cioccio.

In considerazione delle finalità della progettazione e delle condizioni generali della zona, la metodologia d'indagine adottata ha previsto, nell'ordine:

- ricognizione preliminare necessaria per prendere visione dello stato dei luoghi;
- ricerche bibliografiche e consultazione dei rilevamenti e risultati delle prove in sito in settori adiacenti a quello in esame;
- analisi dei dati pluviometrici contenuti negli annali idrologici del Servizio Idrografico Regione Abruzzo e stima delle portate di massima pioggia;
- esame della documentazione inerente agli studi di Microzonazione Sismica di 1° livello ai fini delle valutazioni inerenti agli aspetti sismici delle microzone (MOPS);
- rielaborazione di quanto emerso dal rilevamento geologico-geomorfologico e dallo studio idraulico, con redazione della presente relazione tecnica.

Nella stesura della presente relazione sono state tenute nel debito conto, la recente normativa sulle costruzioni in zone sismiche (Eurocodici 7 e 8) ovvero il D.M. 17 Gennaio 2018 Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” ; D.M. 11/03/1988 - *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.* Si è consultato, inoltre, il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico PAI (LL.RR. Abruzzo 16.09.1988 n.81- 24.08.2001 n.43) e il Piano Stralcio Difesa Alluvioni PSDA- *Studi idraulici per la mappatura delle aree inondabili nei Bacini Aterno-Pescara e Fiume Sangro.*

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area di studio ricade nel settore centro-occidentale dell'insero di mappa topografica, relativo al Foglio 369 E della Cartografia Ufficiale della Regione Abruzzo a scala 1: 25.000(Fig.1), ed è inquadrata principalmente nell'elemento 36911 della Carta Tecnica Regionale, a scala 1: 5.000(Fig.2).

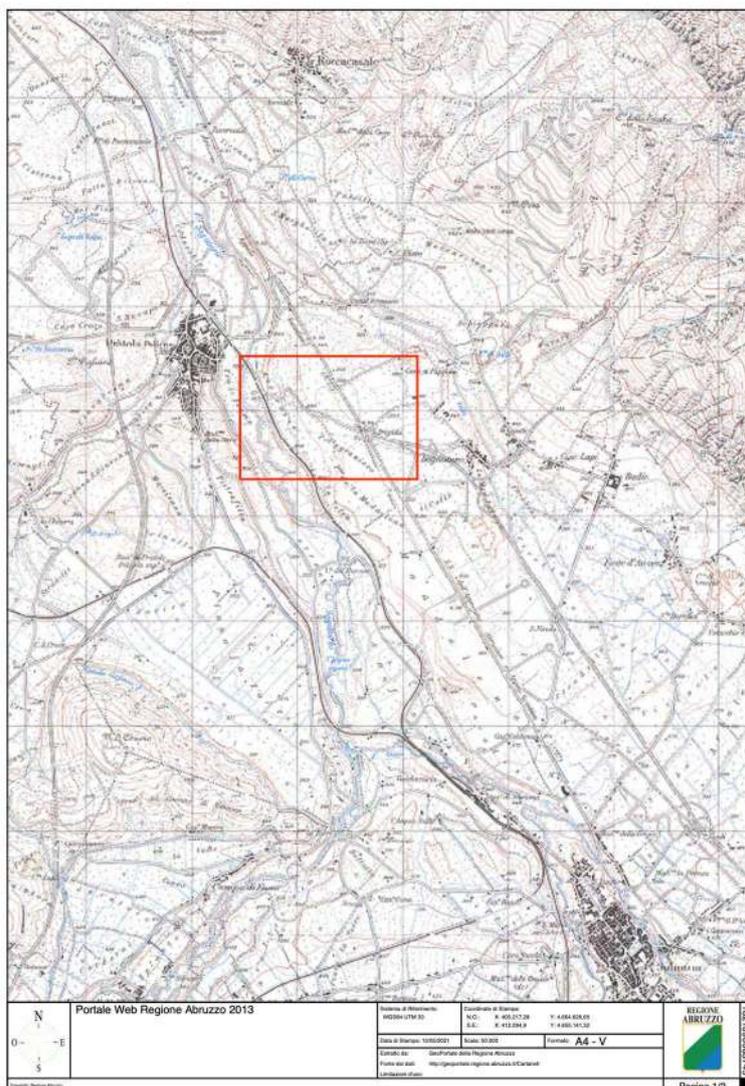


Figura 1. Stralcio IGM 1:25.000. Con il rettangolo di colore rosso è individuata l'area in cui ricade il tracciato stradale. (Immagine non in scala)

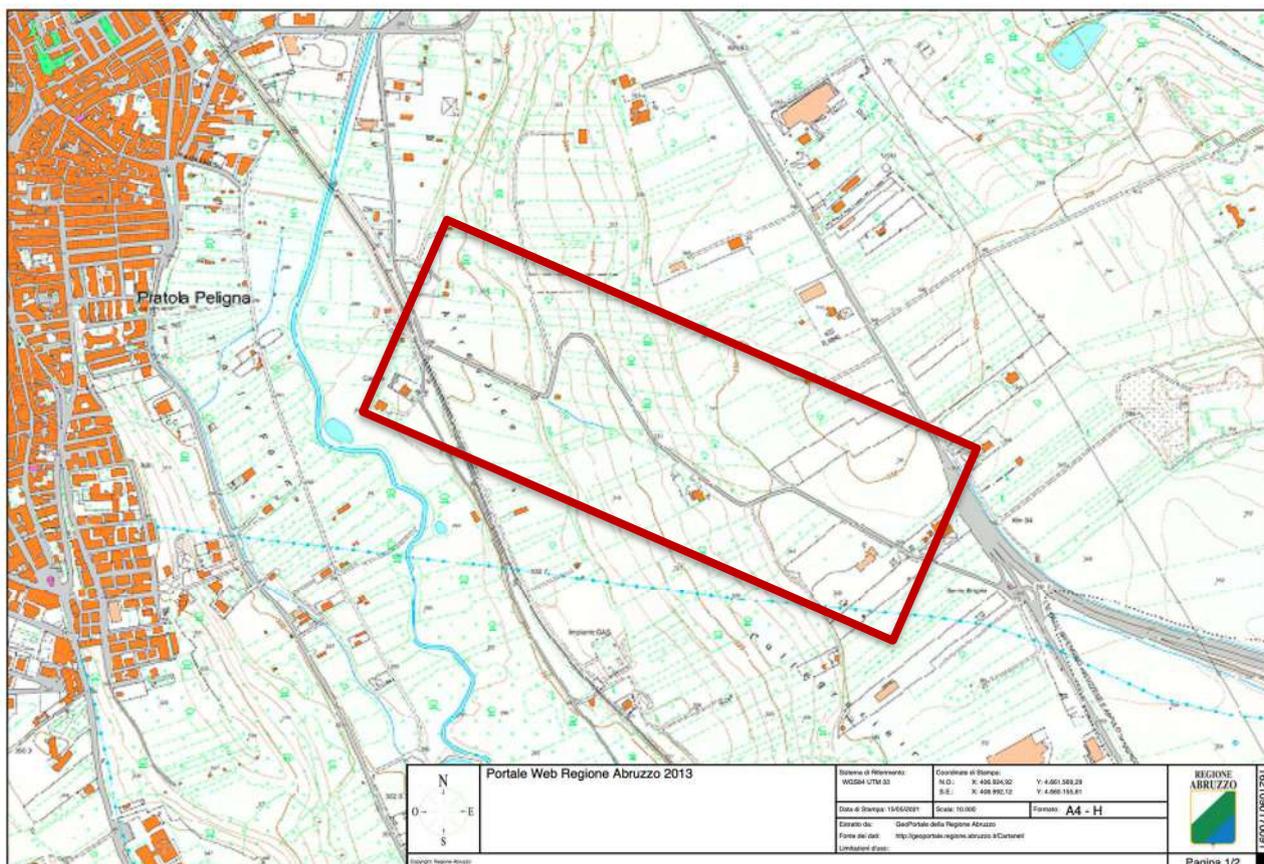


Figura 2. Stralcio Carta Tecnica 1:5.000. Con il rettangolo di colore rosso è individuata l'area di studio. (immagine non in scala)

Da un punto di vista cronologico il sottoscritto ha condotto una serie di sopralluoghi speditivi, anche congiuntamente al tecnico progettista; i sopralluoghi si sono svolti in 3 fasi giornaliere distinte, rispettivamente nei mesi di dicembre 2020-febbraio 2021- aprile 2021. Durante i sopralluoghi si è presa visione delle principali criticità che presenta l'attuale tracciato stradale che nel corso del tempo ha visto aumentare il transito del veicolo e ad oggi esso rappresenta un importante arteria di collegamento extraurbano. Dai sopralluoghi è emerso che gran parte del tracciato stradale necessita di aggiustamenti, a causa dei molteplici avvallamenti e lesioni dovute principalmente alla mancanza di un idoneo sottofondo stradale ma anche all'assenza di un vero e proprio sistema di smaltimento delle acque superficiali e di prima pioggia.

Altre problematiche evidenziate a seguito dei sopralluoghi sono riconducibili alla ridotta dimensione della sede stradale, sottostimata rispetto all'attuale traffico stradale; inoltre, si è rilevata anche la vetustà di un muro di contenimento in c.a., ubicato in prossimità di una curva a gomito nel tratto più critico della strada di Santa Brigida.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di studio ricade nel **Foglio geologico n°369 (Sulmona, 2006)** in scala 1: 50.000 (Fig.3) e nel **Foglio geologico n°146 (Sulmona)** (RUG, 1942) in scala 1: 100.000.

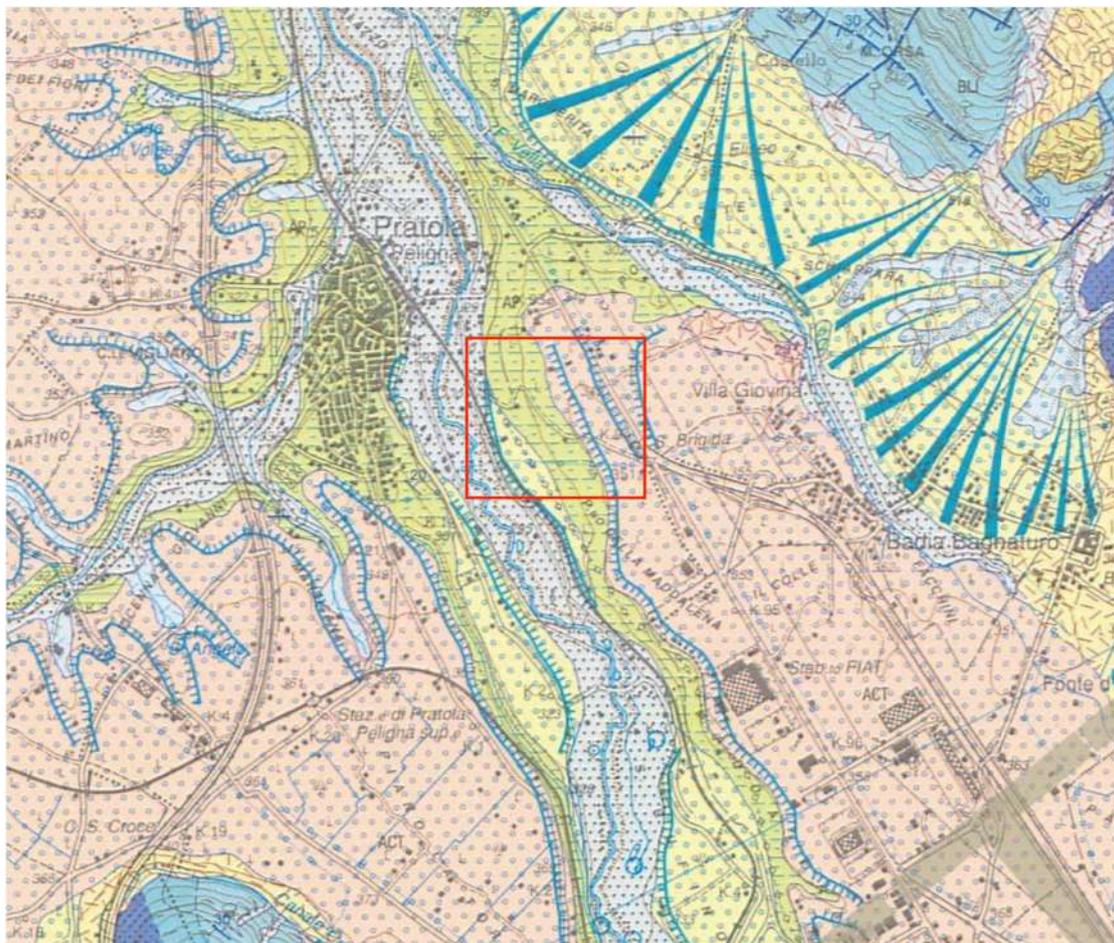


Figura 3. Stralcio Foglio Geologico 369 'Sulmona' (1:50.000).
Nel riquadro l'area di Pratola Peligna in cui ricadono gli interventi.

Il comune di Pratola Peligna (AQ) si trova nel settore centrale della Catena Appenninica, denominata Conca di Sulmona o piana di Sulmona, che si è sviluppata in seguito a fasi compressive con messa in posto secondo di tipo catena-avanfossa-avampaese a vergenza orientale durante il Neogene, Miocene-Pliocene inferiore, a cui sono seguite fasi a carattere distensivo. Dal Pliocene superiore, si assiste ad un generale sollevamento dell'area con lo sviluppo di importanti sistemi di faglie normali, a cui si lega lo sviluppo di importanti bacini intramontani, all'interno dei quali si instaura un'abbondante sedimentazione continentale di tipo fluvio-lacustre. La Conca

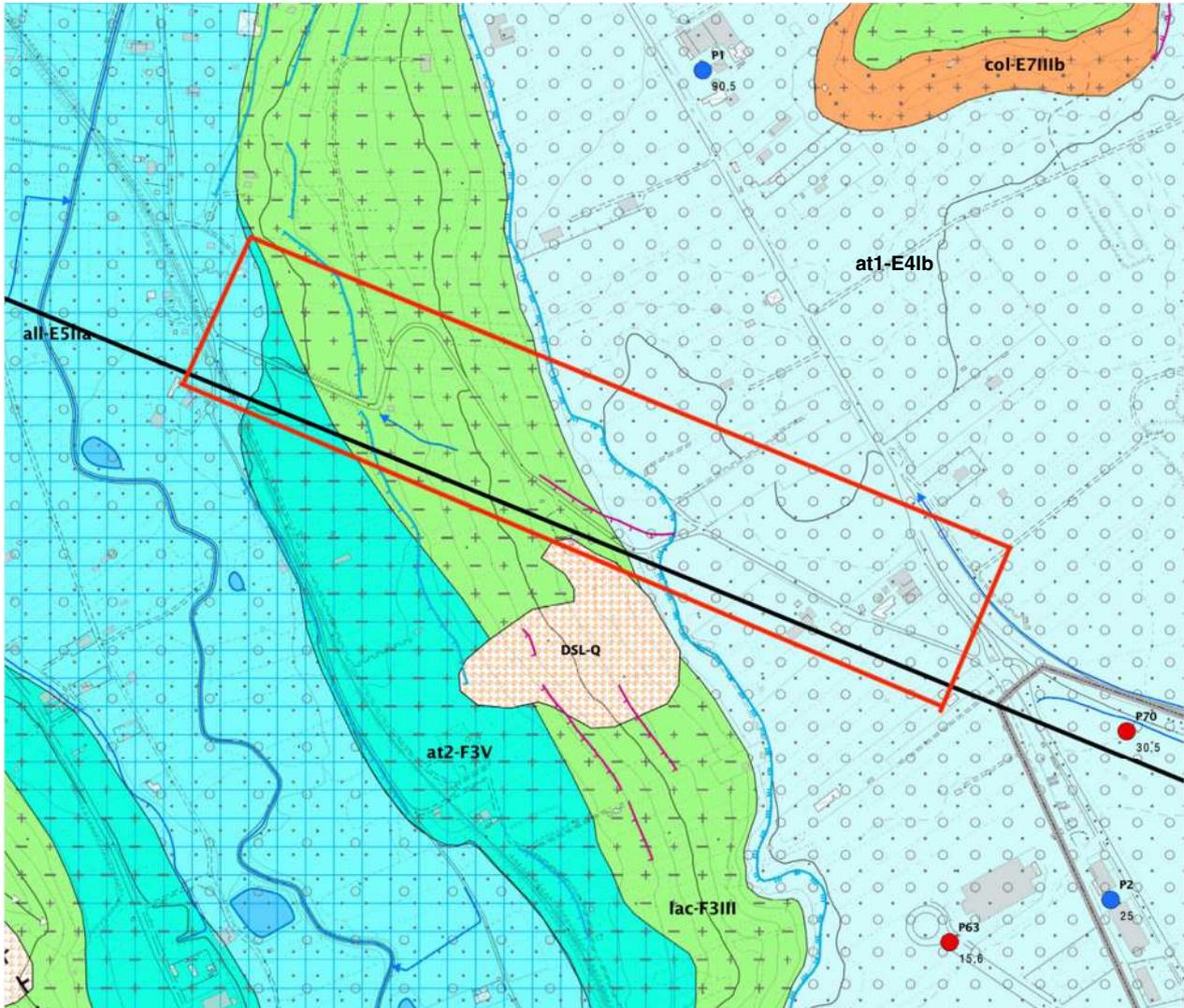
intramontana di Sulmona costituisce un'area di incontro tra gli ambienti di piattaforma carbonatica (Lias inferiore-Paleocene) ad E e SE, e litotipi di ambiente di transizione e profondo a N e a W. I depositi continentali quaternari, tranne quelli olocenici, sono dislocati da faglie disposte NW-SE e NNE-SSW ed E-W, con testimonianze almeno fino Pleistocene superiore.

In dettaglio, l'area in studio si trova nella zona centrale della Conca intramontana di Sulmona, costituita da un'ampia depressione allungata in direzione NNO-SSE, questa si sviluppa come un bacino di tipo half graben, con il *master fault* coincidente con il sistema di faglie del Morrone, questa risulta colmata da successioni continentali di età Pleistocene medio - Pleistocene inferiore fino all'Olocene, lo spessore della successione continentale è stimato tra 100-150 metri e 450-500 m s.l.m. La successione stratigrafica nell'area di Pratola Peligna-Sulmona è costituita da depositi fluviali al tetto (Terrazza alta di Sulmona), seguiti da depositi lacustri (limi di Pratola) a cui si intercalano subordinatamente depositi fluviali, livelli di torba e orizzonti vulcanoclastici; nelle aree bordiere (settore occidentale del Morrone, Bagnaturo) si intercalano depositi di conoide sia in eteropia alle facies fluviali che più giovani.

In particolare, possiamo osservare come dallo stralcio del **Foglio geologico n°369 (Sulmona)** (Fig.3) la zona oggetto di studio si trova maggiormente sui depositi del Supersintema di Aielli – Pescina (AP) e del Sintema di Catignano (ACT), così descritti:

- **Supersintema di Aielli – Pescina (AP)** *depositi alluvionali prevalentemente ciottoloso-sabbiosi, anche poco elaborati, alternati a depositi detritici di versante anche molto grossolani; si intercalano a depositi lacustri sabbioso-siltosi anche a composizione prevalentemente carbonatica, ed a depositi palustri siltosi e argillosi; giacciono in discordanza angolare sul substrato. PLIOCENE (?) - PLEISTOCENE MEDIO.*
- **Sintema di Catignano (ACT)** *depositi alluvionali ghiaioso-sabbiosi e sabbioso-siltosi alterati da suoli fersialitici; depositi detritici di versante separati da discordanze angolari minori associate o meno a suoli sepolti; giacciono in discordanza angolare sul Sintema più antico.*

Analizzando la cartografia geologica più recente e relativa alla **Carta Geologico-Tecnica (CGT) in scala 1:5.000**, redatta nell'ambito dello studio di microzonazione sismica (livello 1) l'area oggetto di intervento è inserita all'interno di un'area con litologie afferenti principalmente alla unità litotecniche **lac** (deposito lacustre e palustre), **at1 "Terrazza alta di Sulmona"** e **at2 "Terrazza bassa di Sulmona"** (Fig.4).



LEGENDA

ELEMENTI TETTONICO-STRUTTURALI

- Giacitura degli strati (il numero indica l'inclinazione)
- Strati orizzontali e suborizzontali

CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

(Fonte: PAJ - Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico "Fenomeni gravitativi e processi erosivi" della Regione Abruzzo)

- Deformazioni superficiali lente, Quiescenti (DSL-Q).
- Corpo di frana di scorrimento rotazionale, Quiescente (FSR-Q).
- Conoida alluvionale
- Orlo di scarpata < 10m
- Orlo di scarpata 10-20m
- Orlo di terrazzo fluviale < 10m
- Orlo di terrazzo fluviale 10-20m
- Orlo di terrazzo fluviale > 20m
- Cresta

CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

- Specchio lacustre
- Area con falda a profondità dal p.c. < 15 metri

UNITA' GEOLOGICHE (Fonte: Progetto CARG - Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000)

Unità geologiche Continentali

- ant terreni di origine antropica
- col Coltre eluvio colluviale: Coperture eluvio-colluviali recenti e attuali, costituite da limi argillosi marroni chiaro poco consistenti e poco addensati (Olocene).
- all Deposito alluvionale: sabbie limose, limi e ghiaie in matrice sabbiosa limosa (Olocene).
- all2 Deposito alluvionale "terrazza bassa di Sulmona": Conglomerati e ghiaie fluviali con lenti livelli di sabbie (Pleistocene superiore).
- all1 Deposito alluvionale "terrazza alta di Sulmona": Conglomerati e ghiaie fluviali in matrice sabbioso-limosa (Pleistocene medio - superiore).
- lac Deposito lacustre e palustre: limi argillosi, limi sabbiosi, argille limose da marroni scuri a grigi, con sostanza organica (Pleistocene inferiore - medio).

UNITA' LITOTECNICHE

Terreni di copertura a comportamento Granulare

- E4 Ghiaia-sabbiosa
- E5 Sabbia-ghiaiosa.
- E7 Limo-sabbioso.

Terreni di copertura a comportamento Coesivo

- F3 Limo - argilloso.
- F4 Argilla - limosa

Depositi a granulometria mista

- ZZ Depositi caratterizzati da una forte variazione granulometrica sia verticale che orizzontale per i quali non è possibile stabilire una "tessitura rappresentativa" tra quelle sopra riportate
- G Terreni contenenti resti ed attività antropiche (es. riporti, colmate, strati archeologici etc.) con diverso grado di addensamento.

ALTRI ELEMENTI

Traccia di sezione geologica

Area di Studio

Limiti Comunali

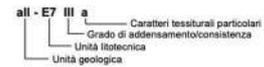
Sondaggi e Pozzi

- PA - Pozzi per acqua (il numero indica la prof.del pozzo)
- S - Sondaggi (il numero indica la prof. del fondo foro)

Cavità isolata sepolta

Area con Cavità Sepolte

Significato delle sigle delle Unità geologico-tecniche:



Grado di addensamento dei terreni granulari:

- I - Addensato
- II - Moderatamente addensato
- III - Poco addensato
- IV - Sciolto

Grado di addensamento dei terreni coesivi:

- I - Estremamente consistente
- II - Molto consistente
- III - Consistente
- IV - Moderatamente consistente
- V - Poco resistente
- VI - Privo di consistenza

Caratteri tessiturali particolari:

- a - Presenza di inclusi ghiaiosi, talora abbondanti
- b - Presenza di frazione fine interstiziale limoso-argillosa, talora abbondante

Figura 4. Stralcio della Carta Geologico-Tecnica con relativa legenda.
La zona di intervento è indicata con il rettangolo di colore rosso.
(fonte: Microzonazione sismica Comune di Pratola Peligna)

Dal raffronto delle due cartografie, seppur con un dettaglio maggiore, la CGT ripropone esattamente i limiti geologici definiti nella carta geologica al 50.000. Nella CGT però si definiscono alcuni aspetti di natura geotecnica e sismica tra i quali lo stato di addensamento o consistenza del sottosuolo, gli spessori delle coltri antropiche e colluviali, la profondità della falda freatica, tipologie e natura degli orli di scarpata, ed inoltre vengono definiti con più precisione gli areali di frana e il loro stato di attività.

4. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE DEL TRACCIATO STRADALE

I caratteri morfologici del territorio di Pratola Peligna sono diretta conseguenza della complessa evoluzione geologico-strutturale della Conca di Sulmona, a partire dai fenomeni orogenetici mio-pliocenici, alla successiva modificazione morfologica e tettonica dal Pleistocene ad oggi. Dal punto di vista geomorfologico le forme presenti nel territorio oggetto di studio, sono strettamente legate all'evoluzione tettonica che ha coinvolto l'area, risultano particolarmente importanti i processi erosivi prodotti dallo scorrimento delle acque superficiali che hanno dato origine ad un articolato reticolo

idrografico. L'abitato di Pratola Peligna è posto su di un rilievo collinare dalla forma allungata con direzione N-S, con una superficie sommitale sub-pianeggiante, tale rilievo è delimitato da una serie di scarpate di origine alluvionale non più in grado di generare pericolosità.

Nello specifico, l'area oggetto di intervento è ubicata su di una scarpata di origine alluvionale 0,7 Km ad est del centro abitato, in un'area posta in destra idrografica del Fiume Sagittario che è il corso d'acqua principale della zona.

Il tracciato stradale interessato dagli interventi di manutenzione e messa in sicurezza, in base alle condizioni morfo-topografiche, può essere suddiviso in tre settori distinti e rappresentati nella figura sottostante (Fig.5) e meglio descritti nei paragrafi successivi.

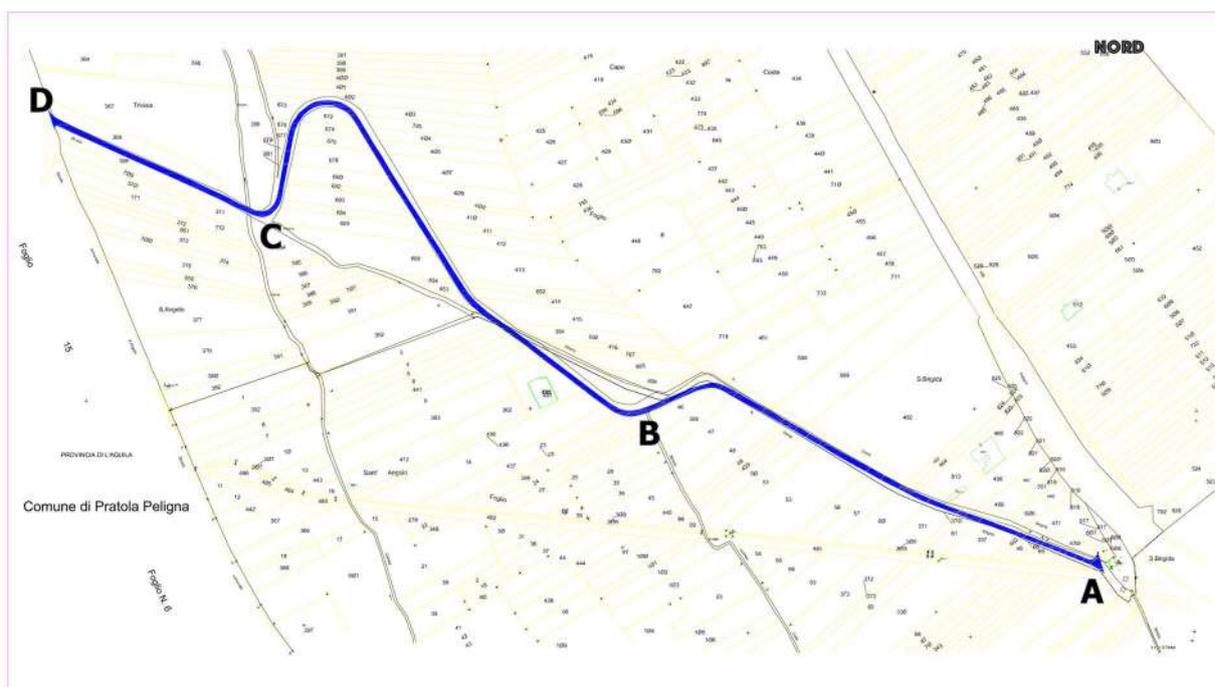


Figura 5. Planimetria del tracciato stradale di Santa Brigida (linea di colore blu) con indicazione dei tratti omogenei per caratteristiche geomorfologiche.

Settore A-B (Chiesa Santa Brigida)

È il tratto stradale che si sviluppa nella parte alta del versante, tra le quote 350 m s.l.m. (Chiesa di Santa Brigida) e 347 m s.l.m. (Foto 1). In questo settore del tracciato, le pendenze risultano modeste nel tratto di monte di A-B per via di un lungo rettilineo ricavato all'interno di un'area a vocazione agricola; la strada poi finisce per deviare in prossimità di un salto topografico dovuto alla presenza di una scarpata di origine fluviale.

In questo settore, in base alle caratteristiche litologiche e geotecniche dei terreni che compongono il sottosuolo (ghiaie e sabbie addensate) non si registrano dissesti della sede stradale, tantomeno delle zone circostanti. L'alta permeabilità dei sedimenti che compongono il sottosuolo consente alle acque sotterranee e superficiali di non ristagnare in superficie. La carreggiata stradale anche se presenta lesioni ed avvallamenti del manto bituminoso, non è interessata da cedimenti significativi e a quanto pare necessita solamente di manutenzione.



Foto 1. Rettilineo stradale poco prima della discesa che immette alla zona di valle del percorso stradale di Santa Brigida.

Settore B-C (loc. Collegraniero)

In questo settore le condizioni sia morfologiche che topografiche cambiano repentinamente, anche a causa delle caratteristiche litologiche ed idrogeologiche dei terreni di origine lacustre argillosa. Il percorso stradale che va da B a C si sviluppa per circa 380 m all'interno di un versante mediamente ripido, realizzato a mezza costa; segue poi una brusca variazione del tracciato, in prossimità di una curva a gomito, per poi

immersersi in maniera quasi perpendicolare rispetto all'andamento delle curve di livello (isoipse) verso il fondovalle attuale del Fiume Sagittario. Il versante, in cui ricadono gli interventi, per alcuni brevissimi tratti raggiunge pendenze massime del 40 %, ma generalmente si mantiene su valori di 10-12 %, con angolo di inclinazione inferiore ai 15°. Nella parte centrale del tracciato B-C la strada è stata ricavata realizzando dei modesti sbancamenti all'interno del pendio, senza l'ausilio di opere di contenimento; mentre in prossimità della curva a gomito è stato costruito un muro di contenimento, oramai vetusto, il quale risulta avere un'altezza inferiore ai 3 metri (Foto 2). In base alla carta geologica la natura del sottosuolo è composta prevalentemente da limi-argillosi e argille. Durante il rilevamento geologico, in prossimità dei tagli stradali, si sono individuati spessori considerevoli di coltri colluviali (Foto 3), depositatesi ad opera delle acque di dilavamento superficiale che hanno prodotto il parziale smantellamento del pianoro sommitale della "Terrazza alta di Sulmona". I depositi colluviali sono in prevalenza costituiti da limi sabbiosi e argillosi, inglobanti al suo interno numerosi ciottoli di natura calcarea. In questo settore del tracciato stradale, considerate le caratteristiche litologiche ed idrogeologiche dei terreni, si sono maggiormente accentuate le problematiche di stabilità, dovute perlopiù ad una disconnessione del sottofondo stradale evidenziatosi attraverso lesioni ed avvallamenti. Come si evince dalla Carta Geologico Tecnica, immediatamente ad ovest del tracciato B-C, è stata cartografata un'estesa area in frana (Foto 4-5), censita nella Carta geomorfologica del Piano per l'Assetto Idrogeologico-PAI come "*Versante interessato da deformazioni superficiali lente*" in stato di attività "*quiescente*". All'atto delle indagini non ci sono indizi di riattivazione del soliflusso, ma comunque ai fini della prevenzione del rischio idrogeologico è indispensabile definire una rete di drenaggio superficiale in maniera che le acque provenienti dalla sede stradale non vadano a imbibire i terreni della coltre franosa.



Foto 2. Immagine che rende evidente la disconnessione del manto stradale in prossimità di un tratto critico realizzato tramite sbancamento su terreni limo-argillosi.



Foto 3. La parete di scavo, eseguita in prossimità della strada comunale di Santa Brigida, mette in luce la natura dei terreni che compongono la coltre colluviale.



Foto 4. Area interessata dai fenomeni di soliflusso. Sullo sfondo la strada comunale interessata dal progetto di messa in sicurezza.



Foto 5. Area interessata dai fenomeni di soliflusso vista dalla strada comunale.

Settore C-D (loc. Atrevoice)

La parte di strada che fa da raccordo tra il pendio e la pianura alluvionale del Sagittario ha un percorso relativamente breve e poco articolato. In questo tratto la strada rimane quasi esclusivamente al di sopra di un rilevato artificiale le cui caratteristiche andrebbero definite a seguito di saggi puntuali (Foto 6). Il substrato geologico di questa zona è costituito prevalentemente da conglomerati antichi della "Terrazza bassa di Sulmona" con buone caratteristiche meccaniche, e nel tratto più a valle da sedimenti alluvionali recenti ad opera del Fiume Sagittario. Il passaggio di caratteri geologici differenti, lo si può anche notare dalla pendenza del percorso stradale C-D, infatti, la zona più pianeggiante è presumibilmente quella che rimane all'interno delle litologie alluvionali oloceniche. Nel tratto considerato non sono emerse problematiche di dissesto imputabili alla geomorfologia, anche se non è da escludere che i fenomeni franosi sopraccitati possano interferire parzialmente anche con questo ambito. Le condizioni idrauliche e idrogeologiche, in special modo nella zona più depressa del percorso C-D, sono da tenere in debita considerazione qualora si volessero prevedere delle opere strutturali di riduzione del rischio idrogeologico.



Foto 6. Tratto di carreggiata realizzata su rilevato artificiale in prossimità del Fiume Sagittario.

5. INQUADRAMENTO TETTONICO E PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

L'Appennino centrale è una catena montuosa costituita da una serie di sovrascorrimenti Adriatico vergenti, che rappresentano il risultato della tettonica compressiva di età miopliocenica. Il fronte della tettonica compressiva è progressivamente migrato verso E dislocando ed impilando falde di ricoprimento; queste ultime sono costituite dalle successioni carbonatiche marine meso-cenozoiche che interessano unità terrigene neogeniche di avana fossa progressivamente più giovani. Dal Pliocene questo settore della catena viene progressivamente interessato dalla tettonica distensiva, con asse di massima estensione posto in direzione NE-SW; quest'ultima sarebbe conseguente all'arretramento della flessura della placca adriatica subdotta alla quale si associa anche l'apertura del bacino tirrenico di retro-arco. La fase distensiva e il concomitante sollevamento crostale, al quale si associa l'emersione della catena, hanno originato un complesso assetto morfologico, caratterizzato da numerosi bacini intermontani che si alternano a dorsali montuose allungate in direzione NW-SE. I processi tettonici, sopra descritti, si manifestano in superficie con la formazione di sistemi di faglie, organizzati in modo vicariante tipo en-échelon, che si allungano per decine di chilometri; questi ultimi originano degli allineamenti tettonici sub-paralleli all'interno della zona assiale dell'Appennino. Tali allineamenti assumono caratteri regionali attraversando la dorsale appenninica dalla Toscana alla Calabria, condizionando così la ricorrente sismicità registrata all'interno del territorio appenninico. Dall'analisi eseguita dal gruppo di studio della prof.ssa Lavecchia emerge che il centro urbano di Pratola Peligna si trova ad ovest di importanti faglie ritenute attive e capaci tra cui la **Faglia di Sulmona (10)** (Fig. 6). La piana di Sulmona è bordata ad E da un'importante struttura tettonica ad andamento NE-SE, questa si sviluppa lungo il versante occidentale dei rilievi carbonatici del gruppo del M.te Morrone, con immersione SW di circa 50°; la lunghezza totale della struttura è di circa 23 km, con un movimento prettamente dip-slip normale. Il rigetto geologico totale della faglia risulta essere di circa 1500-2000 m; sono presenti importanti evidenze morfologiche (scarpate di faglia) e geologiche (dislocazione dei depositi continentali quaternari) che ne sottolineano l'attività tardo quaternaria; lo slip rate verticale minimo tardo quaternario è stato stimato pari a 0.5-0.6 mm/a.

La zona oggetto di studio non ricade nelle immediate vicinanze di alcun lineamento tettonico di rilevante importanza e tale distanza è da ritenersi sufficientemente sicura riguardo ad un eventuale scenario di riattivazione della faglia di Sulmona (10).

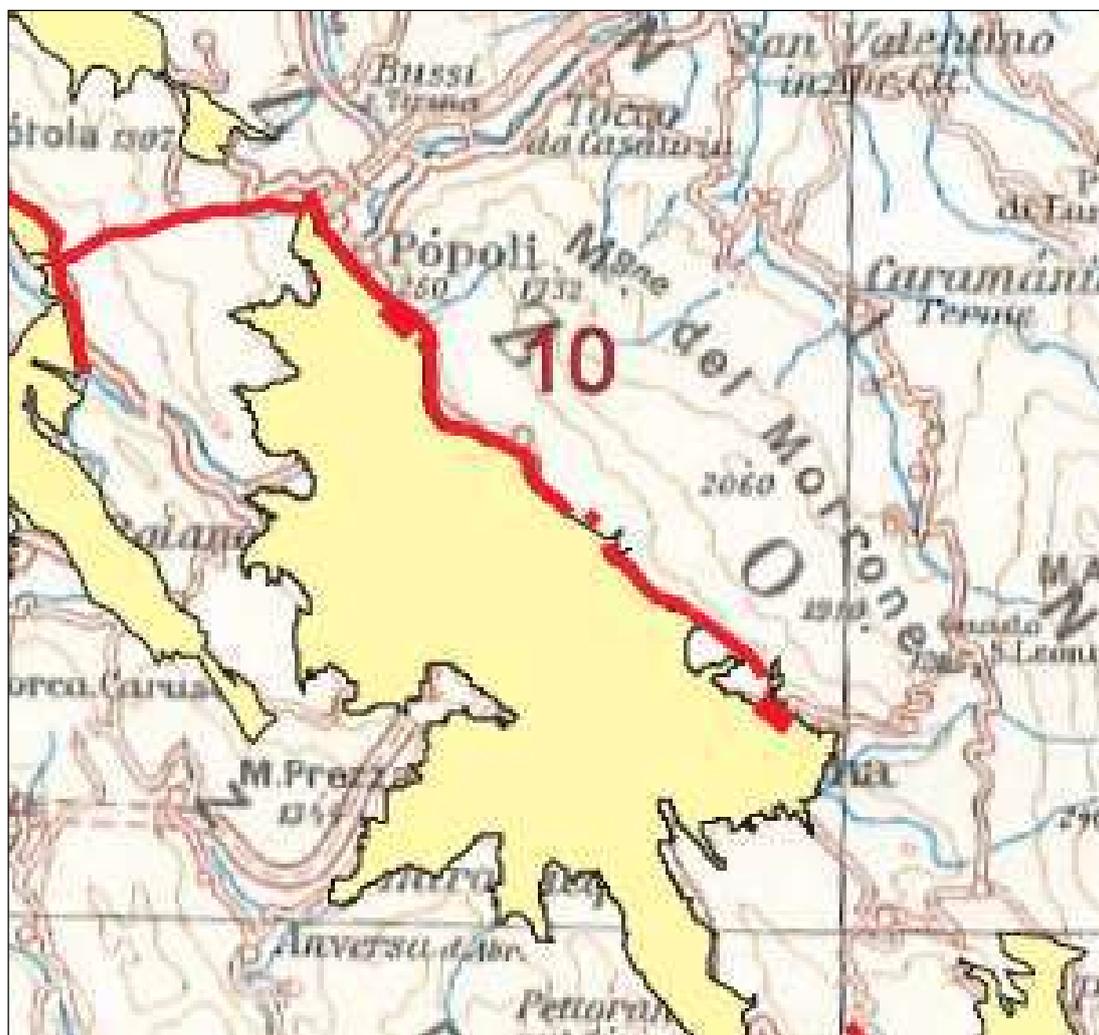


Figura 6. Stralcio delle principali faglie attive
(da Studio di pericolosità sismica della regione Abruzzo – G. Lavecchia et al. 2006).

Il Comune di **Pratola Peligna** è localizzato in un settore dell'Appennino a media pericolosità sismica, la mappa di pericolosità sismica prevede per il suo bedrock (o suolo rigido con $V_s > 800$ m/s) la probabilità di superamento del 10% in 50 anni di un valore convenzionale di accelerazione massima orizzontale (a_g) variabile da **0.250 a 0.275 g** (Fig.7).

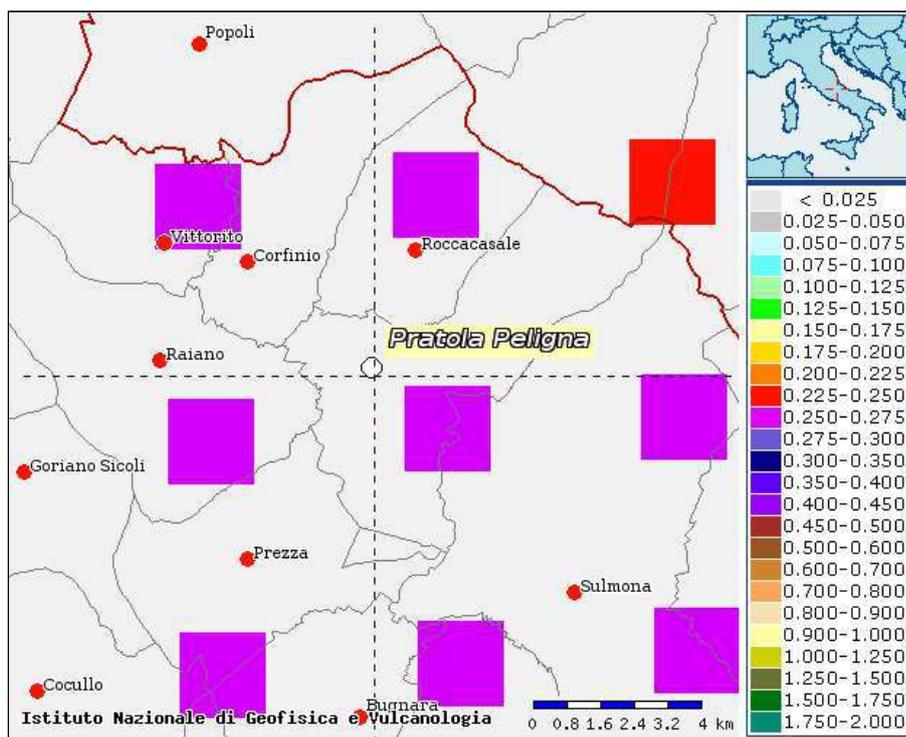
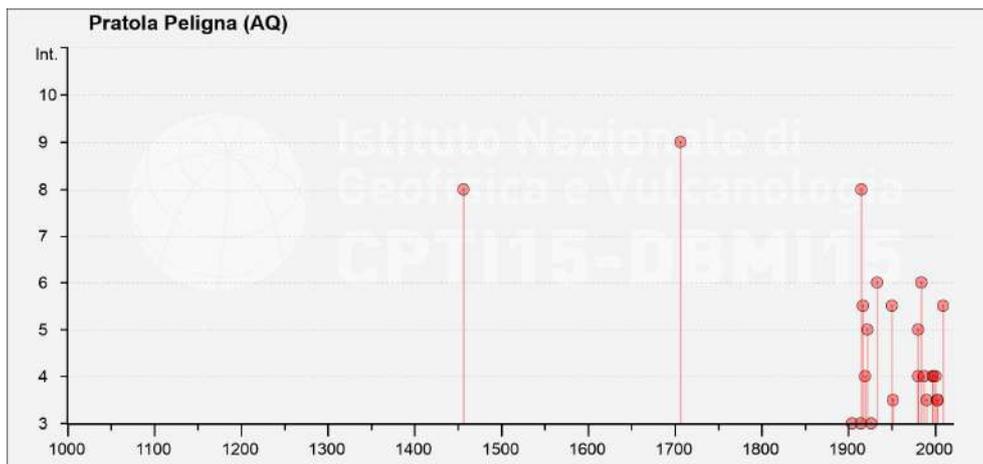


Figura 7. Ingrandimento della mappa di pericolosità sismica
<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>

Per valutare la pericolosità sismica di un luogo è necessario innanzitutto conoscere la sua storia sismica, quindi avere una lista dei terremoti che hanno colpito la zona quanto più completa ed estesa nel tempo. Per il **Comune di Pratola Peligna**, sono stati identificati 21 eventi dal 1456 al 2003; nell'elenco è indicato anche l'evento sismico dell'Aprile 2009.

Di seguito vengono illustrati i grafici degli eventi con i valori delle intensità sismiche (Fig.8).



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Mo	Mi	Se	Area epicentrale	NEDP	Io	Mw
8	1456	12	05				Appennino centro-meridionale	199	11	7.19
9	1706	11	03	13			Maiella	99	10-11	6.84
3	1904	11	02	15	32	05	Marsica	44	5-6	4.54
3	1914	04	14	02	49		Marsica	22	5	4.26
8	1915	01	13	06	52	43	Marsica	1041	11	7.08
5-6	1917	01	03	01	35		Marsica	57		
4	1919	04	20	06	32		Marsica	11	4-5	4.11
5	1922	12	29	12	22	06	Val Roveto	119	6-7	5.24
3	1926	12	18	21	07	20	Marsica	24	5	4.24
6	1933	09	26	03	33	29	Maiella	325	9	5.90
5-6	1950	09	05	04	08		Gran Sasso	386	8	5.69
3-4	1951	08	08	19	56		Gran Sasso	94	7	5.25
4	1980	06	09	16	02	47	Aquilano	28	6	4.64
5	1980	11	23	18	34	52	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
6	1984	05	07	17	50		Monti della Meta	911	8	5.86
4	1987	07	03	10	21	5	Costa Marchigiana	359	7	5.06
3-4	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
NF	1991	05	05	06	33	3	Aquilano	64	6	3.86
NF	1992	07	16	05	38	5	Chietino	107	5-6	4.22
4	1997	09	26	00	33	1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
4	1997	09	26	09	40	0	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
2	1997	10	14	15	23	1	Valnerina	786		5.62
4	2000	10	25	08	42	0	Marsica	57	5	3.90
3-4	2002	11	01	15	09	0	Molise	638	7	5.72
3-4	2003	06	01	15	45	1	Molise	501	5	4.44
5-6	2009	04	06	01	32	0	Aquilano	316	9-10	6.29

Figura 8. Grafico e eventi illustranti la storia sismica, sono riportati i valori dell'intensità sismica al sito MCS (Is), numero di osservazioni macrosismiche del terremoto (Np), l'intensità massima (Ix), la magnitudo momento CPT104Maw (Mw), not fealt (NF) <https://emidius.mi.ingv.it/CPT115-DBMI15/>

6. P.A.I. e P.S.D.A.

Il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico redatto dall' Autorità dei Bacini di rilievo regionale dell' Abruzzo e del Bacino Interregionale del Fiume Sangro, viene definito dal legislatore quale "strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato" (art. 17 della L. 183/89, Legge Quadro in materia di difesa del suolo).

Dall'analisi comparata delle carte della pericolosità e delle aree a rischio di frana e processi erosivi fornite dalla suddetta Autorità di Bacino della Regione Abruzzo, attualmente confluita nell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale, non risultano processi morfogenetici in atto, se non nelle immediate vicinanze di esso (Fig. 9).

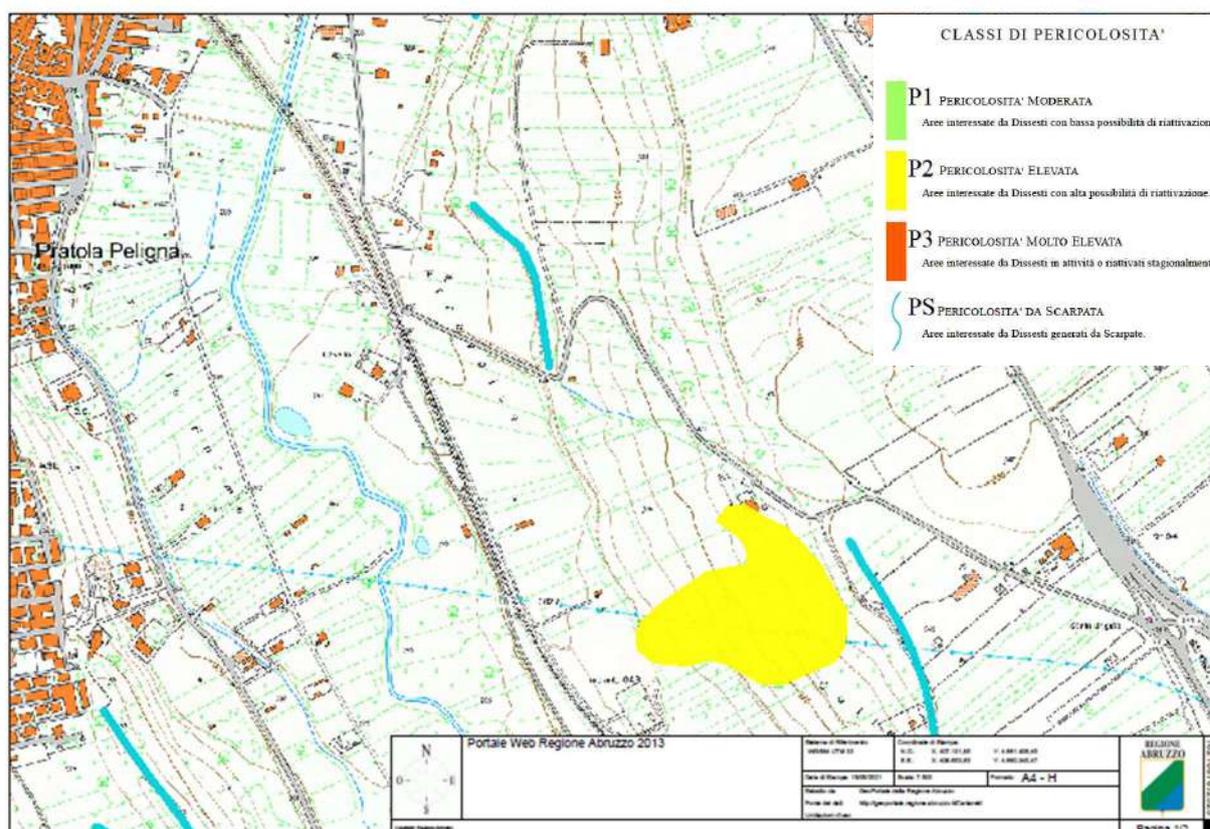
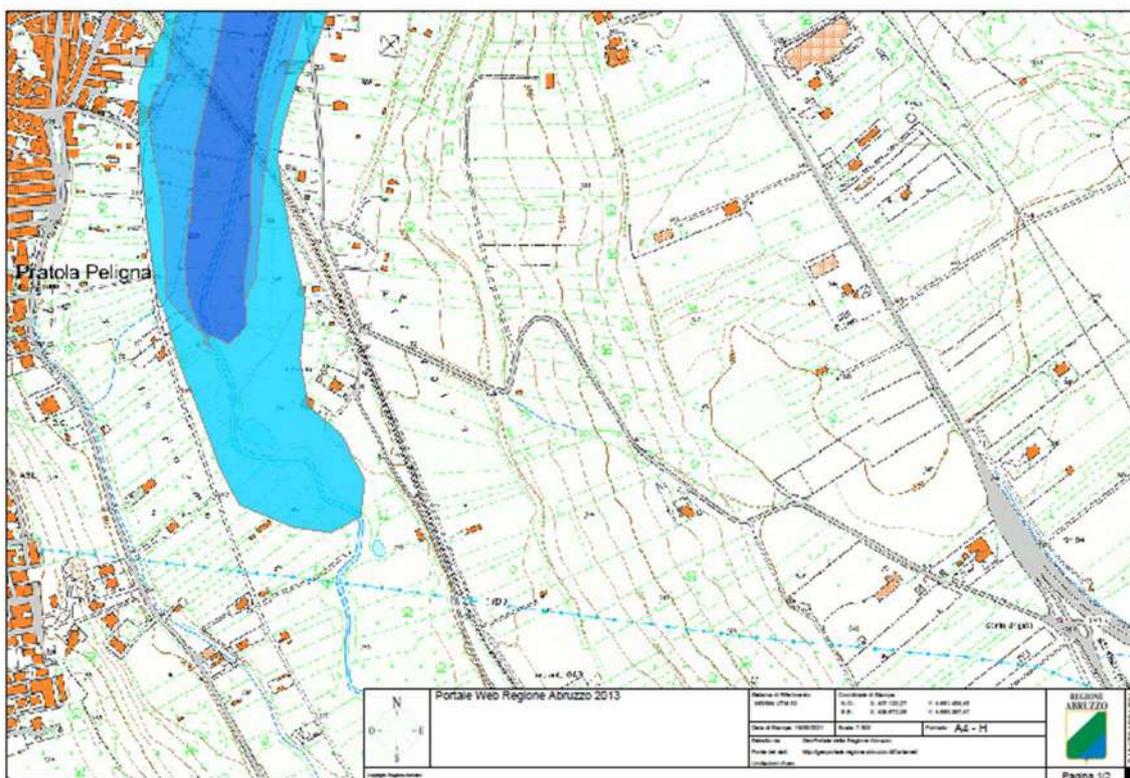


Figura 9 – Stralcio della Carta della Pericolosità da Frana da PAI Abruzzo e Bacino Interregionale del F. Sangro.

Il terreno su cui si sta progettando non ricade nemmeno nelle aree di stretta influenza delle zone a pericolosità idraulica individuate nel **Piano Stralcio Difesa Alluvioni Regione Abruzzo (PSDA)** e legate alle esondazioni dei fiumi principali (Fig.10).

Secondo questa carta le zone soggette ad alluvionamento sono ubicate all'esterno del tracciato stradale oggetto di intervento.



LEGENDA:

Classi di pericolosità idraulica [Q50 - Q100 - Q200] (*)

	Pericolosità molto elevata h50 > 1m v50 > 1m/s		Reticolo idrografico
	Pericolosità elevata 1m > h50 > 0.5 m h100 > 1m v100 > 1m/s		
	Pericolosità media h100 > 0m		
	Pericolosità moderata h200 > 0m		

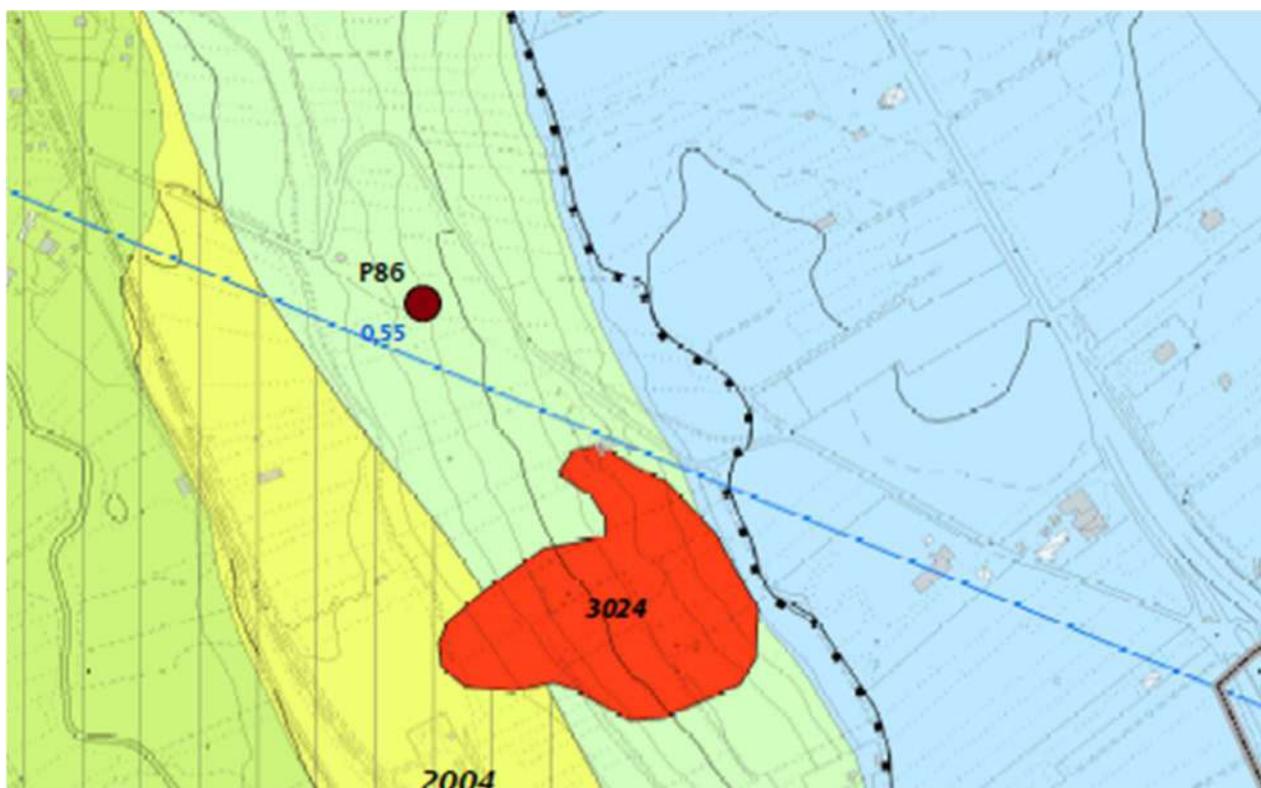
Figura 10 – Stralcio della Carta della Pericolosità Idraulica (dal PSDA della Regione Abruzzo)

7. MICROZONAZIONE SISMICA

Lo studio di **Microzonazione sismica** individua:

- zone in cui il moto sismico non viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida pianeggiante, pertanto, gli scuotimenti attesi sono equiparati a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base;
- zone in cui il moto sismico viene modificato (in genere amplificato) rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida pianeggiante a causa delle caratteristiche litostratigrafiche, strutturali e geomorfologiche del territorio;
- zone in cui sono presenti o suscettibili di attivazione fenomeni di deformazione permanente del territorio, indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazione, fagliazione superficiale, cedimenti differenziali).

Dalla visione della “**Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica e delle frequenze di risonanza**” MOPS(Fig.11), il percorso stradale di Santa Brigida ricade all'interno di “**Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**” (**Zone 2001-2002-2003-2004**).



Legenda

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

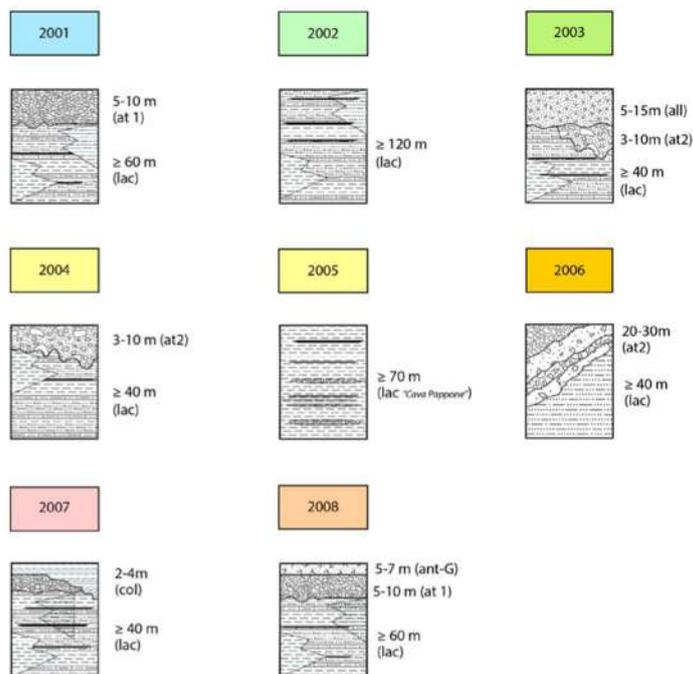


Figura 11 – Stralcio della Carta MOPS e relativa legenda (da MZS livello 1)

All'interno della microzona più significativa (zona 2002) dal punto di vista degli interventi di manutenzione straordinaria del tracciato stradale, è stato definito il valore della frequenza di sito F_0 pari a 0,55 Hz (Fig.12) attraverso una misura a stazione singola di microtremore ambientale (HVSR). Questo dato è da tenere in considerazione qualora si dovessero progettare opere strutturali, poiché i valori di frequenza o periodo T devono essere esterni a quelli misurati alla superficie del suolo (F_0), onde evitare spiacevoli fenomeni di doppia risonanza tra terreno-strutture.

Nella figura successiva viene riportato il grafico delle ampiezze di frequenza (H/V) relativo alla stazione di misura P86 realizzata all'interno della microzona 2002.

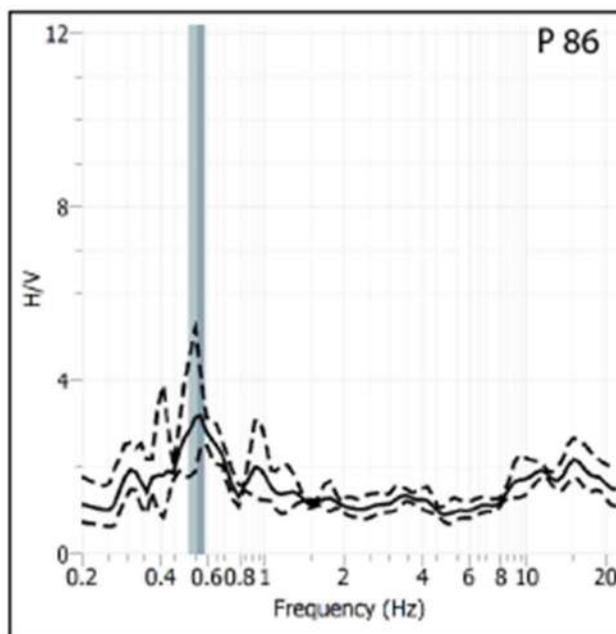


Figura 12 – Grafico H/V con l'indicazione in ascissa dei valori di frequenza caratteristica del terreno (da MZS livello 1)

8. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista idrogeologico generale, le formazioni geologiche affioranti nell'area di Sulmona possono essere divise in due gruppi: le formazioni sedimentarie marine meso-cenozoiche, che costituiscono il complesso carbonatico che borda la Conca, e le formazioni sedimentarie continentali di età plio-quadernaria che ne rappresentano il riempimento. I depositi calcarei sono estremamente permeabili per l'intensa fratturazione ed il diffuso carsismo, e quindi permettono l'immagazzinamento di grandi quantità di acqua, di cui una frazione cospicua va ad alimentare l'acquifero profondo, al di sotto del complesso alluvionale fluvio-lacustre, contenuto nei calcari a profondità variabile da 60 m a 200 m dal p.c.

Le formazioni sedimentarie continentali di età quadernaria, che costituiscono il riempimento della depressione strutturale nota come conca di Sulmona, presentano una permeabilità variabile, da bassissima a buona, possono infatti esistere livelli meno permeabili (limiti idrogeologici) capaci di sostenere falde acquifere sospese, di interesse locale, con discreta produttività. Il territorio di Pratola Peligna si trova esattamente nel settore centrale della Valle Peligna, la quale vista la grande quantità di sedimenti continentali in facies fluvio-lacustre, presenta acquiferi di diversa entità e importanza e numerose sorgenti d'interesse regionale.

Il gruppo sorgivo più importante di tutta la zona è quello che ricade a sud dell'intervento, le sorgenti di "Acqua chiara", ed indicate sulla Carta Idrogeologica del Piano di Tutela delle Acque-Regione Abruzzo con le sigle SU 5 e SU 4 (Fig.13).

Sulla base della carta idrogeologica, la quale rappresenta una schematizzazione idrogeologica dei principali corpi acquiferi regionali, il settore di intervento è collocato all'interno del corpo idrico sotterraneo della "Piana di Sulmona". A proposito delle sorgenti più importanti dell'area peligna, le sorgenti di "Acqua Chiara" per portate misurate è uno dei maggiori di tutti gli acquiferi esistenti nella Piana di Sulmona. I risultati di monitoraggio pubblicati nello studio dell'Università¹ indicano una portata media, per queste sorgenti, di circa 175 l/s.

¹ *La sorgente di Acqua Chiara è stata oggetto in passato di studi (CELICO, 1978 e 1983; CONESE et alii) che hanno messo in evidenza i rapporti tra questa sorgente e le strutture carbonatiche limitrofe...è' plausibile, per l'assetto idrogeologico della Conca, che tale circuito possa essere alimentato dalla struttura carbonatica del Monte Genzana (Desiderio G. et alii; Convegno Nazionale AIGA, 2003).*

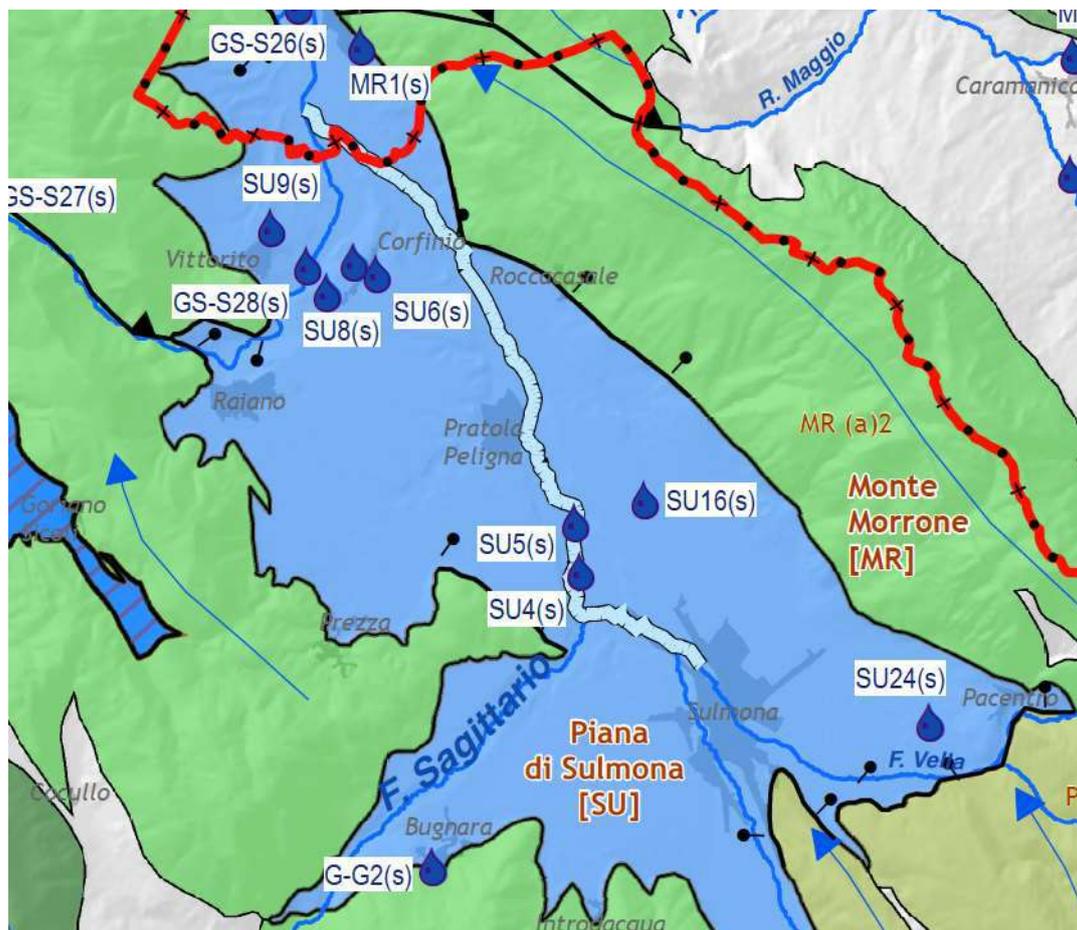
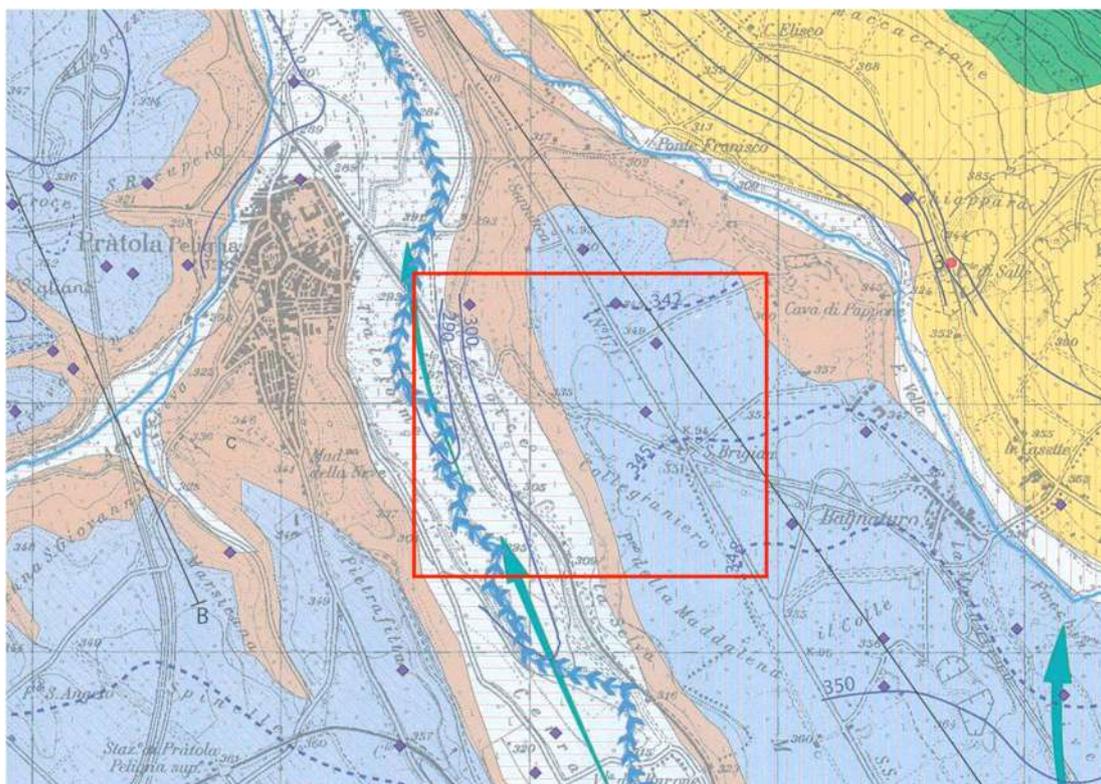


Figura 13 – Stralcio della Carta Idrogeologica
(fonte: Piano Tutela delle acque della Regione Abruzzo)

La cartografia idrogeologica a cui possiamo fare riferimento per valutazioni di carattere locale è senz'altro quella relativa ad un lavoro condotto qualche anno orsono dall'Università di Chieti, che va sotto il nome di "Schema Idrogeologico della Piana di Sulmona"², redatto alla scala 1: 30.000.

Dal punto di vista idrografico l'asta principale dell'area di studio è sicuramente il F. Sagittario, il quale in questo tratto fa registrare un incremento di portata in alveo superiore a 100 l/s; l'incremento è dovuto principalmente all'ingresso in alveo delle acque delle sorgenti di cui questa zona è ricca.

² Desiderio et al.2003



B **COMPLESSO DEI DEPOSITI ALLUVIONALI DELLA "TERRAZZA ALTA DI SULMONA"**
 Questo complesso idrogeologico è individuato nella parte occidentale della Piana di Sulmona, nell'area compresa tra gli abitati di Raiano, Prezza, Pratola Peligna e Corfinio, e nella parte orientale, nell'area compresa tra gli abitati di Pacentro e Bagnaturo. Si ritrovano lembi di tale complesso in corrispondenza degli abitati di Vittorito e Sulmona e in alcune zone ai bordi della conoide alluvionale di Introdacqua. Esso occupa una superficie di quasi 50 Km². Il complesso idrogeologico dei depositi alluvionali della "Terrazza alta di Sulmona" è costituito da depositi fortemente eterometrici costituiti da ghiaie e conglomerati a matrice sabbiosa e limosa alternata a lenti di limo sabbioso ed argilloso di vario spessore e di varia estensione. Sono frequenti i livelli argillosi, torbosi e vulcanoclastici. Lo spessore è variabile e pari a circa 10 m nella zona di Bagnaturo, a 10-20 m nella zona di Pratola Peligna, a 50-60 m nei pressi di Raiano e a 10-30 m nei pressi di Prezza. Questo complesso è altamente permeabile per porosità ed è sede di una falda acquifera di tipo monostato, anche se localmente possono essere presenti livelli acquiferi multistato dovuti alla presenza di materiale a minore permeabilità. Questi depositi hanno caratteristiche idrauliche simili ai depositi di conoide alluvionale che spesso sono interdigeriti. La falda acquifera in essi contenuta è pertanto unica. Per effetto delle fasi erosive legate alla dinamica fluviale il complesso idrogeologico delle alluvioni della "Terrazza alta di Sulmona" è stato frammentato in più corpi acquiferi, dei quali quelli con la maggiore estensione si sviluppano nell'area occidentale e in quella orientale della vallata.

C **COMPLESSO LACUSTRE E PALUSTRE**
 Il complesso lacustre e palustre è presente in affioramento nella zona di Popoli e Vittorito, inoltre, ai bordi degli stretti fondovalle dei principali corsi d'acqua, nella zona di Sulmona, Pratola Peligna, Raiano e Corfinio. Occupa un'area di circa 12 Km². Questo complesso è costituito da limi in matrice prevalentemente sabbiosa e argillosa con intercalazioni di livelli e lenti di sabbia, ghiaia, argilla, torbe e vulcanoclastiti. Svolgono il ruolo di impermeabile relativo avendo un grado di permeabilità relativo basso. Rappresentano il substrato dei depositi alluvionali, impediscono il collegamento idraulico fra i depositi alluvionali recenti e quelli della "Terrazza alta di Sulmona", tamponano lateralmente le falde contenute nelle conoide alluvionali e limitano i travasi d'acqua dalle falde di base dei massicci carbonatici che cingono la pianura. In alcuni casi, il complesso lacustre e palustre è sede di falde acquifere confinate in pressione e artesiane anche di notevole potenzialità idrica, all'interno dei livelli più permeabili. Gli spessori raggiunti da questo complesso sono variabili all'interno della Conca raggiungendo i massimi valori nella parte centrale (Di Filippo et al., 1997) con alcune centinaia di metri.

Figura 14 – Stralcio "Schema Idrogeologico della Piana di Sulmona"
 Con il riquadro in rosso è indicata l'ubicazione dell'area di studio

Da questo studio (Fig.14), si evince che i terreni che costituiscono il sottosuolo della zona in cui si sta progettando, afferiscono principalmente al *Complesso fluvio-lacustre (C)* e *Depositi alluvionali della "Terrazza alta di Sulmona(B)*; in minima parte il tracciato stradale interferisce anche con la *Piana di esondazione del F. Sagittario* (zona bianca della carta)

Passiamo ora ad una breve descrizione sulle principali caratteristiche idrogeologiche dei terreni che sono interessati dal tracciato stradale di Santa Brigida.

- Complesso fluvio-lacustre

Esso è composto da terreni aventi un grado di permeabilità molto basso, anche se all'interno di esso sono presenti falde acquifere confinate negli orizzonti più permeabili. Il tracciato stradale, nell'attraversare questo settore risente della bassa capacità di infiltrazione dei terreni, costituiti perlopiù da limi argillosi, i quali generano condizioni di ristagno delle acque di provenienza meteorica predisponendo il versante a situazioni di dilavamento diffuso. In bibliografia non sono state censite sorgenti di significativa importanza, anche se in base ad alcune segnalazioni non si esclude la presenza di piccoli punti sorgentizi dovuti alla presenza di modesti orizzonti ghiaiosi e sabbiosi all'interno sia dei depositi colluviali.

- Complesso dei Depositi alluvionali della "Terrazza alta di Sulmona"

La zona sommitale dell'area di progetto ricade per intero all'interno di una successione stratigrafica che ha caratteristiche omogenee dal punto di vista idrogeologico generale. I terreni che caratterizzano questo acquifero sono dotati di alta permeabilità primaria ed elevati valori di conducibilità idraulica(K). Dai vari pozzi segnalati in questa zona, risulta che la soggiacenza della falda principale si attesta tra i 5 e gli 8 metri, rispetto al p.c. Durante il rilevamento non sono stati segnalati sorgenti o specchi d'acqua, nemmeno opere idrauliche di importanza tale da far pensare ad un eventuale rischio idraulico che possa interferire con i lavori di progetto.

- Piana di esondazione del F. Sagittario

I terreni che afferiscono a questo complesso idrogeologico possono riferirsi al complesso degli acquiferi che va sotto il nome di acquifero delle alluvioni recenti; in questo settore specifico la falda risente principalmente dal rapporto con le acque fluviali e dalla presenza di paleovalvei, ed essa è a volte subaffiorante, mentre il gradiente piezometrico varia dal 12‰ al 2 ‰. È da ritenersi che, in questo specifico settore, in alcuni momenti della stagione la falda possa essere superficiale rispetto al piano campagna.

Nello specifico, i terreni che costituiscono il sottosuolo dell'area di studio sono caratterizzati da un grado di permeabilità che è funzione della granulometria e varia da valori alti nelle ghiaie e sabbie e medi nei limi, con valori ancora più bassi nei livelli lacustri in cui la frazione argillosa è più abbondante. A titolo indicativo, in questa pagina, è stata inserita una tabella estrapolata dalla letteratura geotecnica che si basa su correlazioni di formule che valutano i valori della permeabilità dal diametro dei grani e dalla superficie specifica degli stessi oltre che dalla porosità. Attraverso la *formula di Hazen* si sono verificati i valori della permeabilità teorica, delle varie formazioni geologiche presenti nell'area di studio, la formula di Hazen permette di calcolare la permeabilità (K) in funzione del quadrato della dimensione dei granuli (D^2), quest'ultimo dato è stato ottenuto dalle analisi granulometriche eseguite su litologie comparabili a quelle che affiorano in questo settore della Piana di Sulmona.

LITOTIPO	RANGE DI VALORI SULLA CONDUCIBILITA' IDRAULICA K
GHIAIE SABBIOSE E SABBIE GHIAIOSE	$1 - 10^{-2}$ cm/sec
ARGILLE LIMOSE	$10^{-6} - 10^{-8}$ cm/sec
SABBIE LIMOSE CON ARGILLA	$10^{-3} - 10^{-5}$ cm/sec
LIMI ARGILLOSI E ARGILLE	$10^{-7} - 10^{-9}$ cm/sec

Tab. 1 – Range di valori di permeabilità in funzione del coefficiente K³

³ Relazione Geologica per la realizzazione di una centrale idroelettrica in località Santa Rufina (Tesla Green Power srl)

9. ANALISI IDROLOGICA ED IDRAULICA

In questo capitolo vengono illustrati i criteri di calcolo utilizzati per il dimensionamento idraulico delle opere e dei manufatti necessari allo smaltimento delle acque meteoriche della sede stradale che collega il fondovalle del Fiume Sagittario con la località "Santa Brigida" del Comune di Pratola Peligna (AQ). In particolare, si è proceduto in primo luogo alla stima della pioggia di progetto e poi, attraverso l'applicazione del metodo razionale della portata di progetto.

Nella presente relazione sono riportati i dimensionamenti e le verifiche delle opere idrauliche di smaltimento delle acque a servizio della viabilità in progetto. In particolare, si riporteranno le caratteristiche progettuali di dimensionamento idraulico e verifica relativi alla rete di smaltimento delle acque meteoriche, alle griglie di raccolta e alle zanelle. Lo schema di raccolta delle acque meteoriche prevede una serie di caditoie ubicate a lato strada e con interasse da definire in base a considerazioni di carattere progettuale.

L'ubicazione planimetrica della rete di smaltimento acque piovane segue essenzialmente l'andamento altimetrico delle opere stradali, evitando l'installazione di opere elettromeccaniche di sollevamento e al fine di minimizzare le interferenze con le reti esistenti. Per quanto riguarda i materiali impiegati, le zanelle laterali saranno in calcestruzzo gettato in opera. Il criterio di base che porta alla scelta di un determinato interasse tra le caditoie è prima di tutto quello di fare in modo che l'acqua accumulata ai cigli sia debitamente convogliata nella rete di smaltimento delle acque meteoriche.

Calcolo delle grandezze idrologiche

Come già specificato nel capitolo precedente, in primis è necessario studiare il regime pluviometrico dell'area oggetto di intervento e poi, una volta nota la pioggia di progetto, sarà possibile determinare la portata che dovrà essere drenata dalla rete di smaltimento delle acque della sede stradale in progetto. Per il dimensionamento in esame è stato fatto riferimento a dati relativi alle precipitazioni di massima intensità verificatasi nel periodo 1933 – 2008 registrati dall'ex Servizio Idrografico, ora Ufficio Idrologia, Idrografico, Mareografico della Regione Abruzzo. Le elaborazioni condotte si basano sull'analisi delle precipitazioni registrate dalla stazione pluviometrica di Sulmona, che dispone una serie storica di 60 anni come si osserva dalla tabella successiva.

Sulmona											
Anno	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore	Anno	1	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1933	21.6	21.6	21.6	30.2	38.6	1974	20.4	28.6	28.6	28.6	38
1934	16.8	26	32.8	57.6	83.8	1975	20.2	25.4	25.6	25.6	36.6
1935	11.8	20.6	26.4	39.8	57	1976	9.4	17	27.8	37	59.4
1940	11.8	21.2	28	53	71.4	1977	15	19.4	25.4	39	39
1942	17.6	23.6	23.6	33.4	50	1978	10.8	14.6	20.6	29.6	41.6
1943	17	33.8	41.2	41.6	44.6	1979	15.6	16.6	23	27.2	28.6
1946	10.4	14.2	18	23	24.6	1980	15	21.8	29.4	33	52
1948	18.6	27.4	32.4	35.4	36.4	1981	23	45.4	46	46	46
1950	14	25.4	25.8	34.4	34.8	1982	28.2	35.2	35.2	35.2	35.2
1951	18.6	18.6	18.6	21.4	28.2	1984	9	15	25	35.4	53.6
1952	17	17	24.9	24.9	25.2	1985	10.8	24.4	36.4	46.4	59.4
1953	30.4	32.2	32.2	32.2	43	1986	11.8	14	24.2	38.6	48
1954	8.2	15.4	25.2	31.4	46.6	1987	19.6	34	41.4	59.4	66
1955	20.8	51	70.6	89.2	95.6	1988	26.6	30.6	30.6	30.6	34.8
1956	11.2	20	30.4	33.2	37.2	1989	15	31	39.6	55	81.2
1958	6.2	15.4	17.2	22.6	38.2	1990	31.6	33.2	38.6	40.6	50
1959	18.2	23	40	50.8	75.4	1991	22.2	22.2	28.6	41.6	47.2
1960	24.6	28.8	38	59.2	63.4	1992	16.6	24.8	24.8	26.4	34
1961	6.4	14.2	25	48.2	58.4	1994	8.8	15.8	20.4	22.6	40.2
1963	26.8	31.6	31.6	43.6	44	1996	11	18.8	24	47.8	69.2
1964	14.6	24	24.2	32.2	35.2	1997	13.8	16.2	17.2	22.6	35
1965	12	15.6	23.6	29.8	29.8	1998	13.2	18.6	23	32.4	34.4
1966	14.8	26.2	26.4	27	39.2	1999	26.2	28.8	28.8	31	35
1967	15	31.4	44	48.4	68.4	2000	11.6	22.6	23.8	30.6	31
1968	18.4	18.4	19	27	38.4	2001	7	16.4	30.4	38.4	39.2
1969	13.4	16.6	21.4	31.6	39.8	2004	27.2	27.2	34.2	37	39.4
1970	12.6	14.8	17.8	32	51.2	2005	20.8	22.6	34.8	34.8	35
1971	10	19.8	30	38	38.2	2006	19.2	22.8	38	46.8	59.2
1972	11.8	23.6	24	30.8	35	2007	10.2	13	15.6	22.6	24.8
1973	7.6	16.4	32	40	66	2008	12.4	16.4	28.2	41.8	56

Visto che tale stazione dista pochi chilometri dal sito in cui sono previsti i lavori e visto che la serie di dati disponibili è abbastanza corposa, le elaborazioni successive dovrebbero rappresentare piuttosto fedelmente il regime pluviometrico della zona oggetto d'intervento.

Pertanto, attraverso l'elaborazione delle piogge di massima intensità di durata 1, 3, 6, 12 e 24 ore della stazione pluviometrica di Sulmona, si ricaverà la curva di possibilità pluviometrica del tipo:

$$h(t) = a t^n$$

dove:

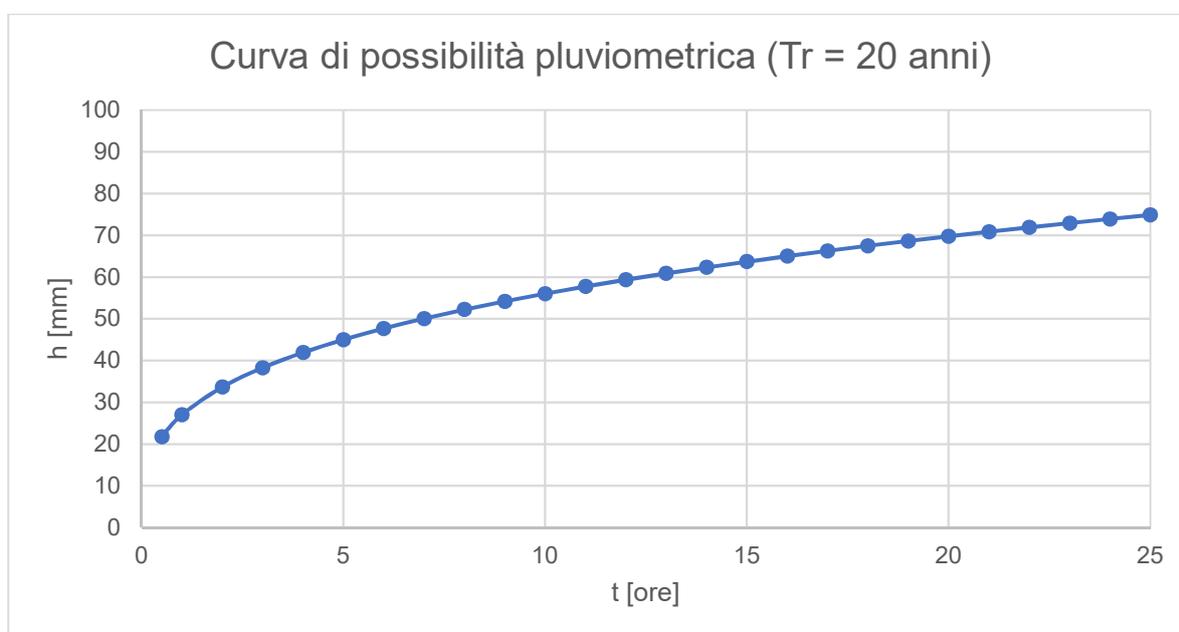
h (t) = altezza di pioggia (mm) funzione della durata dell'evento meteorico

t = tempo di pioggia (ore)

a = massima precipitazione di durata 1 ora

n = coefficiente caratteristico della curva

In funzione del tempo di ritorno T_r , i coefficienti a e n assumeranno valori diversi, e di conseguenza a ogni tempo di ritorno corrisponde una curva di possibilità pluviometrica. Per cui, considerato che in letteratura le opere stradali vengono spesso dimensionate con un tempo di ritorno di 20 anni, anche in questo caso specifico, per la stima della pioggia di progetto verrà presa in considerazione la curva di possibilità pluviometrica corrispondente al tempo di ritorno di 20 anni. Si riporta qui di seguito la curva di possibilità pluviometrica in forma grafica e in forma numerica che verrà usata per il calcolo della pioggia di progetto.



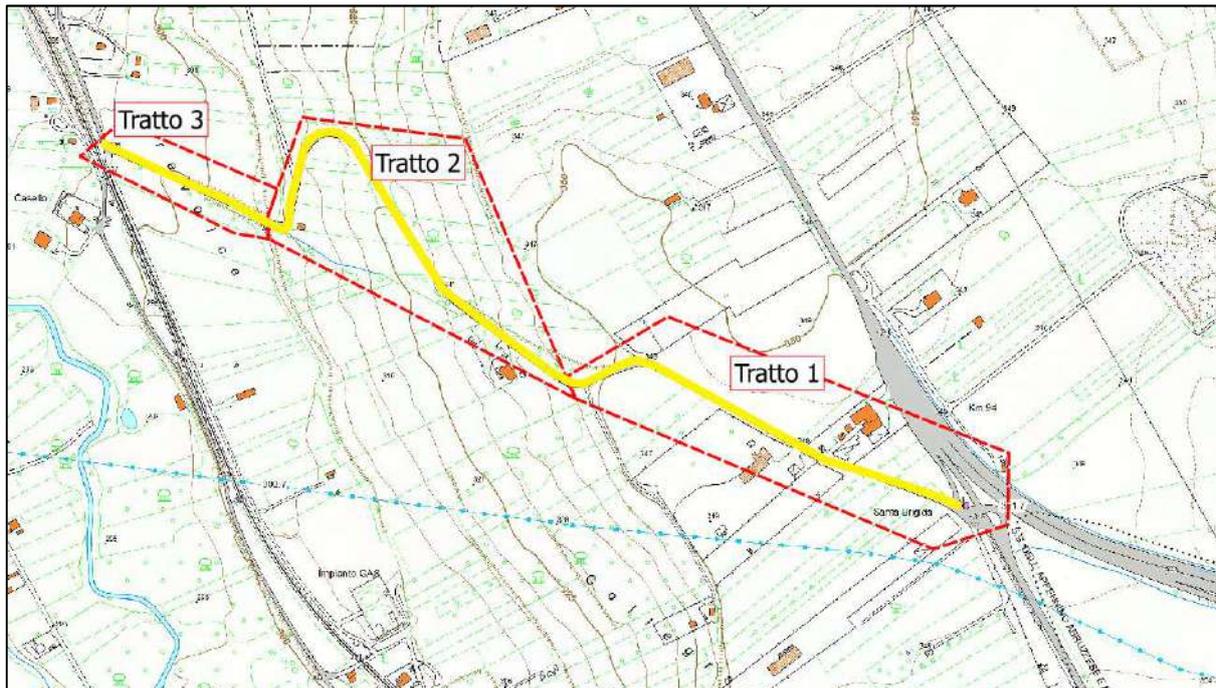
$$h (20 \text{ anni}; t) = 27 \times t^{0.316}$$

Considerando che le opere stradali entrano in crisi per eventi meteorici brevi ed intensi, si progetteranno le opere idrauliche ipotizzando un evento meteorico avente durata di 1 ora. Pertanto, applicando l'equazione precedente si ottiene così la pioggia di progetto:

$$h (20 \text{ anni}; 1 \text{ ora}) = 27 \times 1^{0.316} = 27 \text{ mm}$$

Considerando che nelle strette vicinanze dell'area oggetto di intervento non sono stati rilevati né corsi d'acqua minori, né emergenze, le opere idrauliche dovranno smaltire unicamente le acque meteoriche e saranno opportunamente dimensionate tenendo conto sia della pioggia che cadrà direttamente sulla sede stradale, sia di una quota parte della pioggia che cade sul versante.

A tal proposito, l'area oggetto di intervento è stata suddivisa in 3 aree omogenee così come si osserva nella figura successiva.



Il tratto 1 è pseudo pianeggiante tale per cui, ai fini del calcolo della portata di progetto, è stata considerata solamente la pioggia che cade sulla variante stradale. Premesso che quest'ultima avrà una larghezza di circa 5,5 m e il Tratto 1 ha una lunghezza di circa 480 m, si è proceduto al calcolo della portata massima nell'area studio secondo la seguente formula (equazione razionale):

$$Q_1 = \varphi \frac{h(20 \text{ anni}; 1 \text{ ora})}{t} A_1$$

φ = coeff. di deflusso = 0,9 (sede stradale, asfalto);

A_1 = area sottesa = 5,5 m x 480 m = 2.640 m²

$h(20 \text{ anni}; 1 \text{ ora})$ = pioggia di progetto = 27 mm = 0,027 m;

t = tempo di pioggia = 1 ora = 3.600 s

Q_1 = portata di progetto $0,018 \text{ m}^3/\text{s} = 18 \text{ l/s}$;

Il tratto 2 incide il pendio esistente, come si osserva dalle numerose curve di livello della Carta Tecnica Regionale e si estende per circa 530 m. In tal caso, per il calcolo della portata di progetto si è tenuto conto della pioggia che cade sulla variante stradale (in modo analogo al Tratto 1) più una quota parte che potrebbe raggiungere la sede stradale dai versanti semipermeabili circostanti. In prima approssimazione, la superficie dei versanti che potrebbero far ruscellare le acque meteoriche sulla sede stradale ha un'estensione di circa 50.000 m^2 . In questo caso, considerando che i terreni sono di matrice limosa, il coefficiente di deflusso assume il valore di 0,25 (0,20 – 0,30 valori di letteratura). In sostanza, il 25 % dell'acqua che cade sui versanti dell'area oggetto di intervento, potrebbe finire sulla sede stradale e, di conseguenza, dovrebbe essere smaltita dalla rete di drenaggio.

$$Q_2 = \varphi \frac{h(20 \text{ anni}; 1 \text{ ora})}{t} A_2 + \varphi_P \frac{h(20 \text{ anni}; 1 \text{ ora})}{t} A_P$$

φ = coeff. di deflusso = 0,9 (sede stradale, asfalto);

A_2 = area sottesa = $5,5 \text{ m} \times 530 \text{ m} = 2.915 \text{ m}^2$

$h(20 \text{ anni}; 1 \text{ ora})$ = pioggia di progetto = $27 \text{ mm} = 0,027 \text{ m}$;

t = tempo di pioggia = 1 ora = 3.600 s

φ_P = coeff. di deflusso = 0,25 (terreni limosi);

A_P = estensione del pendio = 50.000 m^2

Q_2 = portata di progetto $0,114 \text{ m}^3/\text{s} = 114 \text{ l/s}$;

Nel tratto 3 le pendenze tornano ad essere meno rilevanti e la sede stradale percorre in maniera ortogonale la linea di costa per circa 210 m, fino a raccordarsi con la viabilità principale. Per questo motivo, si calcolerà la portata di progetto Q_3 esattamente come si è proceduto per la Q_1 , escludendo, per i motivi appena esposti, i contributi dovuti dal ruscellamento dei terreni circostanti e considerando esclusivamente la pioggia caduta sulla sede stradale.

$$Q_3 = \varphi \frac{h(20 \text{ anni}; 1 \text{ ora})}{t} A_3$$

φ = coeff. di deflusso = 0,9 (sede stradale, asfalto);

A_2 = area sottesa = 5,5 m x 210 m = 1.155 m²

h (20 anni; 1 ora) = pioggia di progetto = 27 mm = 0,027 m;

t = tempo di pioggia = 1 ora = 3.600 s

Q_1 = portata di progetto 0,008 m³/s = **8 l/s**;

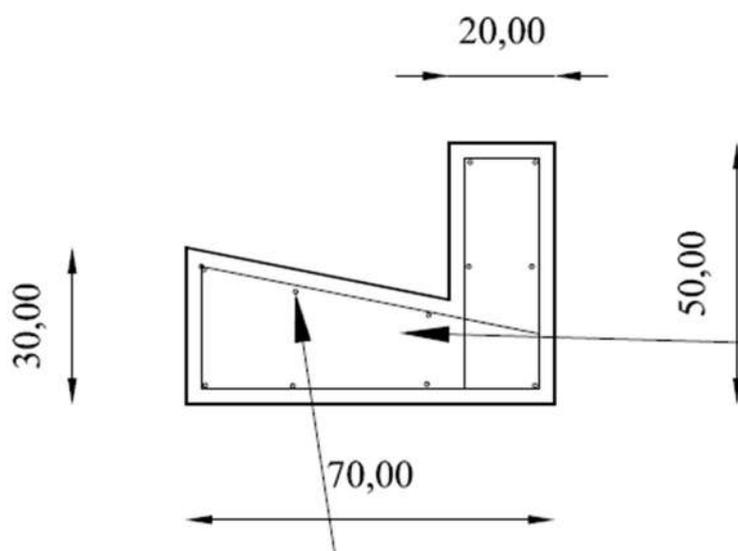
In conclusione, la portata di progetto da smaltire sarà la somma dei tre contributi appena calcolati:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 140 \text{ l/s}$$

Dimensionamento e verifica di massima delle opere idrauliche

Facendo riferimento alle dimensioni della zanella stradale definite negli elaborati progettuali e nota la portata Q , per la verifica della zanella si procederà usando la formula di manning-strickler (o del moto uniforme), valida per le correnti a superficie libera. Inoltre, per una corretta verifica è opportuno considerare che la stessa zanella in fase di esercizio possa essere parzialmente riempita da materiale vegetale (foglie, aghi, etc etc) o da materiale vario accumulatosi nel corso del normale utilizzo della sede stradale, pertanto la verifica avverrà tenendo conto di un grado di riempimento GR del 80 % in modo che il sistema di smaltimento delle acque sia perfettamente funzionante anche qualora la zanella sia parzialmente ostruita.

Si riporta uno schema riassuntivo delle dimensioni della zanella.



L'equazione del moto uniforme precedentemente citata è la seguente:

$$Q_{\max} = GR k_s A R^{2/3} i^{1/2}$$

in cui:

Q_{max}: massima portata defluente nella zanella (m³/s) <= della portata di progetto Q

k_s: coefficiente di scabrezza di manning-strickler (m^{1/3}s⁻¹); 0.75 nel caso di calcestruzzo

A: area bagnata (m²)

R: raggio idraulico, rapporto tra l'area bagnata e il perimetro bagnato (m)

i: pendenza longitudinale MEDIA della strada = 5 %

Note tutte le grandezze, **la capacità della zanella Q_{max} risulta essere di circa 7 l/s.**

Calcolata la portata sulla singola area di strada $Q_{\max} \leq Q$, in questo paragrafo verranno calcolati il numero di griglie di raccolta delle acque e la lunghezza di strada L' che permette di avere nella corrispondente zanella proprio quella portata massima Q_{max}.

In prima approssimazione, considerando che la zanella venga realizzata solamente su un lato della variante in progetto, il numero di griglie di raccolta delle acque meteoriche N non è nient'altro che il rapporto tra la portata di progetto Q e la capacità massima della zanella Q_{max}. Pertanto, **il numero di griglie risulta essere pari a 20, ovvero mediamente una ogni 60 m (L' = 60 m).**

È opportuno ribadire che il presente è un calcolo di massima basato sulle caratteristiche medie della variante stradale e sull'ipotesi che le zanelle riescono a drenare tutta la portata di progetto. Sarà cura del progettista, nelle fasi successive della progettazione e/o in fase di realizzazione, individuare i punti in cui posizionare le griglie di raccolta delle acque meteoriche.

10.INDICAZIONI PER LA PROGETTAZIONE SECONDO NTC 2018

Secondo le NTC 2018 l'azione sismica locale deriva dall'azione sismica di base ma è anche influenzata da fattori che dipendono dalle condizioni geologiche e topografiche che interessano il sito di progetto. L'azione sismica locale si ottiene adeguando l'azione sismica di base alle condizioni stratigrafiche e topografiche attraverso l'introduzione dei valori relativi a tre coefficienti: due funzioni della categoria del sottosuolo (S_s e S_c) ed uno in funzione della categoria topografica (S_t).

Nelle nuove norme tecniche (NTC 2018) la velocità equivalente $V_{S,eq}$ è definita dalla seguente formula :

Cap.3.2.2 NTC 2018

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove:

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

Le stesse norme, inoltre, chiariscono che per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 metri, la velocità equivalente è pari al valore delle V_{s30} .

Cap.3.2.2 NTC 2018

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

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

In assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, nella tab.3.2. II del D.M. 17/01/2018, i terreni vengono classificati in 5 categorie sismiche attraverso l'esecuzione di specifiche indagini.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

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

Figura 16 – Classificazione delle categorie sismiche di sottosuolo (NTC 2018)

Per tener conto delle condizioni topografiche accertate, in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si deve utilizzare il valore del coefficiente topografico S_T riportato in tab. 3.2.V(NTC 2018), in funzione della categoria topografica riconosciuta e dell'ubicazione dell'intervento.

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Figura 19 – Classificazione delle categorie topografiche di sottosuolo (NTC 2018)

In base a considerazioni di carattere geologico e sismico, il tracciato stradale attraversa una successione di terreni che sulla base delle conoscenze attuali risultano

avere un profilo stratigrafico assimilabile alla **categoria sismica di sottosuolo C** della tabella 3.2.II. Mentre secondo le configurazioni della tabella 3.2.V, il tracciato stradale ricade nella **categoria topografica T1**.

Per quanto concerne la progettazione geotecnica, qualora si volessero realizzare degli interventi di cui necessita la verifica delle fondazioni, è possibile riferirsi alla tabella che segue (Fig.20), estrapolata dal database della microzonazione sismica, relativa ai risultati di una prova penetrometrica DPSH ubicata in area limitrofa a quella considerata per la progettazione.

Strada Vecchia per Sulmona

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspit	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	σ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0,00 - 0,50		2	7,5	26,8	207	1,85	1,36	0,13	1,75	47	1,267
2	0,50 - 1,30		5	18,3	28,0	230	1,88	1,41	0,31	1,83	39	1,061
3	1,30 - 1,40		9	31,7	29,6	261	1,92	1,48	0,56	1,89	34	0,918
4	1,40 - 1,60		16	44,0	31,8	315	1,97	1,55	1,00	1,97	28	0,760
5	1,60 - 2,00		9	31,7	29,6	261	1,92	1,48	0,56	1,89	34	0,918
6	2,00 - 2,30		19	48,5	32,7	338	1,98	1,58	1,19	2,01	20	0,687
7	2,30 - 3,20		5	18,3	28,0	230	1,88	1,41	0,31	1,83	39	1,061
8	3,20 - 3,60		13	39,5	30,9	292	1,95	1,53	0,81	1,93	30	0,818
9	3,60 - 4,70		5	18,3	28,0	230	1,88	1,41	0,31	1,83	39	1,061
10	4,70 - 5,10		7	25,0	26,8	245	1,90	1,45	0,44	1,86	36	0,972
11	5,10 - 7,10		12	38,0	30,6	294	1,94	1,52	0,75	1,92	31	0,842
12	7,10 - 7,30		18	47,0	32,4	330	1,98	1,57	1,13	2,00	26	0,708
13	7,30 - 7,40		40	75,0	38,6	600	2,10	1,77	2,50	2,26	13	0,347
14	7,40		77	95,1	44,4	785	2,21	1,94	4,81	2,71	---	-0,006

Nspit: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa σ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

Nel settore della Strada Vecchia per Sulmona dove sono state realizzate le DPSH la profondità massima di penetrazione della punta ha raggiunto i 7,5 m di profondità, la prova è stata realizzata nei limi di Pratola, fornendo indicazione di alternanze tra terreni da poco addensati a molto addensati con φ da 26° a 38°.

Figura 20 – Tabella sui risultati della prova penetrometrica realizzata nelle vicinanze del tracciato stradale (fonte: microzonazione sismica di primo livello)

Sulla base dei valori ottenuti dalle prove in situ, si dovrà procedere alla determinazione dei valori caratteristici che, tenendo conto delle potenziali differenze tra le proprietà misurate nel corso delle prove e le proprietà del terreno che ne determinano il comportamento geotecnico, possono considerarsi rappresentativi del comportamento del terreno. Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore che influenza l'insorgere dello stato limite (NTC 2018).

Per le verifiche agli SLU (SLV) deve essere rispettata la condizione:

$$Ed \leq Rd$$

Dove E_d è il valore di progetto dell'azione o degli effetti delle azioni e R_d è il valore di progetto della resistenza del terreno. La resistenza R_d andrà determinata in modo analitico, con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici di resistenza del terreno ricavati dalle prove in sito, divisi per i coefficienti parziali γ_m di seguito riportati (tab.6.2. Il NTC 2018)

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'k$	$\gamma\phi'$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'k$	$\gamma c'$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γc_{u}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	$\gamma\gamma$	1,0	1,0

11. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La presente relazione è stata commissionata dal Comune di Pratola Peligna (AQ) al fine di definire le caratteristiche geologiche, idrologiche e idrauliche di una zona di territorio in cui ricadranno i lavori per la **“Messa in sicurezza dai dissesti strada comunale via Vecchia per Sulmona- Via Santa Brigida”**.

Il percorso stradale di Santa Brigida presenta differenti caratteristiche sia dovute alla topografia che alla natura geologica dei terreni che hanno influenzato anche l'attuale stato di dissesto.

Dalla consultazione delle cartografie ufficiale sul Rischio idrogeologico ed idraulico il percorso stradale non ricade all'interno di aree soggette a pericolosità da frana o esondazione, anche se i sopracitati fenomeni lambiscono l'area di interesse per la progettazione.

Nello specifico, durante le attività di **studio geologico e geomorfologico** si sono evidenziate le seguenti criticità:

- ✓ Nella zona di monte, all'interno del pendio di *Collegraniero*, si registra la presenza di un fenomeno franoso in stato di quiescenza definito dagli studi dell'Autorità di bacino della Regione Abruzzo come soliflusso, ovvero, fenomeni la cui riattivazione è imputabile alla presenza di una coltre di terreno ad alta imbibizione di acqua; è indispensabile definire un sistema di drenaggio in maniera che le acque di raccolta piovana non finiscano per confluire all'interno di questa zona.

- ✓ Nel tratto di valle, per intenderci l'area di fondovalle del Fiume Sagittario, la sede stradale è stata perlopiù sopraelevata rispetto al piano campagna; questo sta a significare che nell'area di fondovalle esiste una falda non troppo profonda e addirittura in particolari momenti della stagione può essere sub-affiorante.
- ✓ Dal punto di vista sismico le zone interessate dal progetto ricado all'interno di aree soggette ad amplificazione sismiche anche di entità considerevole; a tale scopo gli studi della microzonazione sismica di primo livello, all'interno delle microzone, hanno definito attraverso delle misure di microtremore ambientale quelle che sono le principali frequenze caratteristiche del sottosuolo(F_0).

Lo **studio idrologico ed idraulico** ha consentito di definire i principali parametri da utilizzare nel calcolo del dimensionamento delle opere stradali, con l'obiettivo di stimare la portata che il sistema di raccolta delle acque da smaltire.

A tal proposito i principali elementi da considerare sono i seguenti:

- La portata totale che il sistema di smaltimento delle acque deve drenare è di circa 140 l/s;
- Il tratto che sembrerebbe più critico è il tratto n. 2, ovvero quello centrale, in cui parte delle acque piovane cadute sul pendio circostante potrebbe ruscellare verso la sede stradale;
- Supponendo la realizzazione della zanella solo su un lato della strada, sarà necessaria una griglia di raccolta delle acque mediamente ogni 60 m, inteso come valore medio, funzione della dimensione stradale media e della pendenza media dell'intero tratto stradale.

Si rimane a disposizione del progettista per eventuali approfondimenti o variazioni dovute a situazioni che differiscono dal quadro conoscitivo attuale.

L'Aquila

Novembre 2023

Il Geologo

Dott. Domenico Trotta

BIBLIOGRAFIA

- APAT (AGENZIA PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE E PER I SERVIZI TECNICI) – Carta Geologica D'Italia, alla scala 1: 50.000-Foglio 359, SULMONA
- C.N.R. (1993) - CARTA GEOLOGICA DELLA PIANA DI SULMONA (ABRUZZO). autori: Miccadei E., Cavinato G.P. & Barberi R.
- P. COLOMBO, F. COLLESELLI- Elementi di geotecnica. Zanichelli
- G. LANZO, F. SILVESTRI (1999) - *Risposta Sismica Locale: Teorie ed Esperienze*. Argomenti di Ingegneria Geotecnica, HEVELIUS EDIZIONI
- ACCORDI G. & CARBONE F. (1988) – *Carta delle litofacies del Lazio-Abruzzo ed aree limitrofe*. Progetto finalizzato Geodinamica, Quad. "La Ricerca Scientifica", 114(5), C.N.R.- Roma.
- BERTINI T., (1984) *Caratterizzazione Geologico-Tecnica del territorio della Regione Abruzzo*. Ordine degli Ingegneri della Provincia dell'Aquila, fascicolo n°1, Corso di aggiornamento in Ingegneria Geotecnica, L'Aquila
- BONCIO P, TINARI D.P., LAVECCHIA G., VISINI F. & MILANA G. - *The instrumental seismicity of the Abruzzo Region in Central Italy (1981-2003): Seismotectonic Implications - Ital.J.Geosci.* (Boll.Soc.Geol.It.), Vol. 128, No. 2 (2009), pp. 00-00, 9 figs
- CAVINATO G.P. & MICCADEI E. (1993) – *Evoluzione tettonico-sedimentaria della Conca di Sulmona*.
- CAVINATO G.P. & MICCADEI E. (1995) – *Sintesi preliminare delle caratteristiche tettoniche e sedimentarie dei depositi quaternari della conca di Sulmona (L'Aquila)*. Il Quaternario, 8(1), pp. 129-140.
- CAVINATO G.P., MICCADEI E. & VITTORI E. (1992) – *Elementi neotettonici della conca di Sulmona*. Convegno-escursione, Camerino-Napoli, evoluzione geologica e tettonica quaternaria dell'Appennino centro-meridionale.
- GALADINI F., CARROZZO R. (2014) – *I terremoti a Sulmona: indagini di sismologia storica per la microzonazione sismica*. Quaderni di Geofisica N.°118
- INGV- *Database macrosismico italiano*
- M.DI FILIPPO - E. MICCADEI – *Studio Gravimetrico della Conca di Sulmona*. Il Quaternario "Italian Journal of Quaternary Sciences" – 10(2), (1997,489-494)
- POSTPISCHL D. (1985) – *Catalogo dei terremoti dall'anno 1000 al 1980*. C.N.R. Progetto finalizzato Geodinamica, 114-28:239 p., Roma
- PROTEZIONE CIVILE REGIONE ABRUZZO – *Microzonazione di livello 1. Progetto pilota per la microzonazione sismica di livello 3 del comune di Sulmona*.
- REGIO UFFICIO GEOLOGICO (1942) – *Carta Geologica d'Italia F°146 "Sulmona" scala 1:100.000*.
- UNIVERSITA' DEGLI STUDI "G. D'ANNUNZIO" di Chieti-Pescara (Centro di Ateneo di Archeometria e Microanalisi) - MINISTERO PER I BENI E LE ATTIVITA' CULTURALI (Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici dell'Abruzzo - L'Aquila). PROGETTO SISMA-ABRUZZO. *Cattedrale Valvense di Corfinio: Relazione geologica e studio di risposta sismica locale*.
- VITTORI E., CAVINATO G.P., MICCADEI E., RUGHI D. & SERVA L. (1991) – *First result of a cataclastic and intense fracturing processes in calcareous rocks (Central Appennines, Italy)*. Boll.Soc.Geol.It., 110, 489-4.