



Dott. Geol. Tania Campea

mobile: 320_7536539

Via Trento, 33 Sulmona (Aq)

P.NA: 01772420665



RELAZIONE GEOLOGICA

E

MICROZONAZIONE SISMICA

Il tecnico

Dott.ssa Geol. Tania Campea

Sulmona, Gennaio 2013



INDICE

PREMESSA

1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

2.1 FORME E PROCESSI

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

3.1 LITOLOGIA E MECCANICA DEI TERRENI

3.2 NEO-TETTONICA

4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

4.1 IDROGRAFIA DI SUPERFICIE

4.2 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE E IDRAULICHE DEI LITOTIPI AFFIORANTI

4.3 VULNERABILITÀ DELL'ACQUIFERO

5. RISCHIO SISMICO

5.1 SISMICITÀ STORICA DELL'AREA

5.2 CATEGORIA DEL SUOLO

5.3 VALORI DI PERICOLOSITÀ SISMICA

5.4 MISURE HVSR ESEGUITE NEL LOTTO DI INTERESSE

6. PERICOLOSITÀ E RISCHI GEOLOGICI

6.1 PROPENSIONE AL DISSESTO IDROGEOLOGICO

6.2 PROPENSIONE ALL'ESONDABILITÀ

6.3 LIQUEFAZIONE



7. ZONING GEOLOGICO-TECNICO e FATTIBILITÀ GEOLOGICA

8. MICROZONAZIONE SISMICA

8.1 CARTA GEOLOGICO-TECNICA

8.2 CARTA DELLE MOPS

8.3 CARTA DELLE FREQUENZE DI RISONANZA

CONCLUSIONI

ALLEGATO 1. VINCOLISTICA DELL'AREA IN ESAME

ALLEGATO 2. CARTA DELLE INDAGINI

ALLEGATO 3. CARTA GEOLOGICO-TECNICA

ALLEGATO 4. CARTA DELLE MOPS

ALLEGATO 5. CARTA DELLE FREQUENZE DI RISONANZA

ALLEGATO 6. STRATIGRAFIE CONSULTATE

ALLEGATO 7. RAPPORTO DELLE REGISTRAZIONI DEI MICROTREMORI



PREMESSA

Il presente studio è stato redatto dalla sottoscritta Dott.ssa Geol. Tania Campea, iscritta all'Ordine dei Geologi della Regione Abruzzo con matricola n. 504, su incarico della Sara S.r.l. per il progetto di variante al P.R. G. del Comune di Sulmona (Aq).

In particolare lo studio riguarda l'area censita catastalmente al Foglio 43 e part.IIIa 310, della superficie di 1 Km² circa, destinata attualmente a "Zona per servizi pubblici: Centro Civico" (Art. 3.12 del P.R.G. di Sulmona).

La metodologia adottata è stata la seguente:

- a. Ricerca dei dati bibliografici e cartografici disponibili (indagini geologiche in siti limitrofi o geologicamente correlabili, cartografia di base e tematica geologica-geomorfologica-idrogeologica ufficiale);
- b. Analisi dei vincoli;
- c. Rilievo geologico, geomorfologico e idrogeologico di dettaglio;
- d. Esecuzione di misurazioni del microtremore;
- e. Analisi critica e comparata dei dati;
- f. Microzonazione Sismica del lotto di progetto;
- g. Redazione cartografia specialistica;
- h. Stesura delle conclusioni.

Lo studio è stato eseguito in ottemperanza alla seguente normativa vigente:

- D.M. 21.01.1981, poi modificato dal 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*
- L. 18.08.1989 n. 183, art. 17, comma 6 ter e s.m.i. *Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo*
- LL. RR. Abruzzo 16.09.1998 n. 81 – L. R. Molise 28.10.2002 n. 29 *Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo*
- DPR del 21/12/1999 n° 455 *Regolamento di attuazione della Legge Quadro in materia di lavori pubblici 11 febbraio 1994, n. 109 e ss. mm. ii.*
- D.P.R. 328/01 *Modifiche ed integrazioni della disciplina dei requisiti per l'ammissione all'esame di Stato e delle relative prove per l'esercizio di talune professioni, nonché della disciplina dei relativi ordinamenti*
- O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*
- Eurocodice EC 7 ed EC 8



- Decreto Legislativo n. 153 del 3 aprile 2006 *Norme in materia ambientale*
- D.M. 14 gennaio 2008 *Norme Tecniche per le Costruzioni* come da S.O. n. 29 pubblicato sulla G.U. del 04 febbraio 2008 supp. ord. n.30
- Circolare n. 617 del 2.02.2009 *Istruzioni per l'applicazione delle NTC di cui al D.M. 14 gennaio 2008*
- L.R. n. 28 dell'11 agosto 2011 *Norme per la riduzione del rischio sismico e modalità di vigilanza e controllo su opere e costruzioni in zone sismiche e ss.mm.ii.*
- DGR n. 577 del 2012 *Linee Guida Regionali e Specifiche Tecniche per gli Studi di Microzonazione Sismica [MZS]*



1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Sulmona è un comune italiano di 25.212 abitanti (dato Istat al Gennaio 2009) della provincia di L'Aquila, in Abruzzo.

Le sue frazioni sono: Acquasanta, Albanese, Arabona, Badia, Bagnaturo, Banchette, Case Di Censo, Case Lupi, Cavate, Colle Savente, Fonte d'Amore, Marane, Monte Morrone Scavi, Pietre Regie, Ponte Nuovo, San Rufino, Torrone e Vallecorvo.

Tale Comune sorge nella Conca Peligna, ad un'altitudine di circa 405 m s.l.m. Detta conca è stretta tra la Montagna del Morrone (2061 m s.l.m.) ad est e la più modesta dorsale di M. Prezza - M. Urano (circa 1200-1300 m s.l.m.) ad ovest, mentre verso N è chiusa dalle propaggini dei rilievi del Gran Sasso (Corno Grande 2.912 m s.l.m.). La sua terminazione meridionale è delimitata dalle dorsali del M. Rotella (Colle Mitra) e del M. Pizzalto (Difesa di Cansano, Colle Marinucci e Colle Ardinghi). In secondo piano, svettano ad ovest le cime del massiccio della Maiella, a sud del quale si intravede il M. Porrara.

Sulmona, ed il comprensorio peligno, rientra nella Comunità Montana Peligna.

Il clima è di tipo continentale, con una possibile escursione termica fra il dì e la notte molto elevata. Le perturbazioni, provenienti sia da ovest che da est, spesso vengono fermate dai rilievi, data la conformazione della Valle Peligna, portando così quantitativi scarsi di piogge.

Il lotto in esame è cartografato nella sezione 369123 della Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) in scala 1:5.000 e nel Foglio 369 Est della cartografia in scala 1.25.000 edita dall'Istituto Geografico Militare (I.G.M.).



2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

La fisiografia del territorio abruzzese è caratterizzata dalla successione di ampie aree orograficamente omogenee: procedendo da oriente verso occidente, si individua dapprima la fascia collinare, quindi quella pedemontana ed, infine, la zona montana.

La zona costiera si sviluppa lungo il margine esterno di una serie di rilievi collinari interrotti da torrenti che scendono a mare. Essa è costituita da una fascia piuttosto stretta, soprattutto a nord, con problemi di erosione ed arretramento della linea di costa in alcuni suoi tratti. La continuità morfologica della zona costiera è interrotta da varie alture (falesie) che rappresentano i settori di costa alta e rocciosa, localizzati soprattutto da Torre Macchia a Punta Penna, a cui si alterano lateralmente brevi spiaggette ghiaiose e sabbiose. I tratti di costa alta occupano una minima porzione della fascia costiera abruzzese che, in linea generale, si presenta bassa e caratterizzata dall'affioramento di formazioni argillo-marnose e sabbioso-conglomeratiche.

La fascia collinare è contraddistinta, oltre che da rilievi di modesta entità, anche da estese zone sub-pianeggianti che digradano dolcemente verso il mare. Tale zona orografica è caratterizzata da vistosi fenomeni di erosione accelerata: i calanchi. Le distese a calanchi si rinvengono nella zona compresa tra il basso corso del F. Vomano ed il F. Fino, con eclatante espressione nelle famose "bolge" di Atri, e nei bacini dei Fiumi Alento, Foro, Moro e Lavino; aree calanchive trovano condizioni favorevoli al loro sviluppo principalmente nella fascia collinare, ma anche nella parte pedemontana (Pennapiedimonte, Guardiagrele, Roccamontepiano, Turrivalignani, Lettopalena, Lama dei Peligni).

La fascia pedemontana è caratterizzata da rilievi che raggiungono anche quote di 1000 m, separati da incisioni vallive profonde, a forte pendenza.

I rilievi della zona montana e più interna dell'Abruzzo sono, generalmente, disposti secondo allineamenti sub-paralleli a direzione appenninica. All'interno della zona montana si distinguono tre sottozone orografiche: una dalla parte dell'Adriatico (Monti della Laga-Gran Sasso-Morrone-Maiella), una mediana (Monti d'Ocre-Sirente-M. Genzana-M. Greco che costituiscono la fascia più orientale e gruppo del Velino-Montagna Grande-M. Marsicano che formano l'allineamento più interno) ed infine una terza fascia sul lato tirrenico-laziale (Monti Simbruini e Monti Ernici). L'assetto strutturale è piuttosto complesso per i termini più antichi, i quali sono interessati da pieghe, faglie e sovrascorrimenti; i termini pliocenici, a loro volta trasgressivi o in contatto tettonico sulle unità litostratigrafiche sottostanti, sono, invece contraddistinti da una struttura monoclinica vergente ad ENE. Tale assetto strutturale determina una forte diffusione di forme asimmetriche: a scarpate ripide ed irregolari, connesse con la disposizione a reggipoggio degli strati, si affiancano nel lato a franapoggio versanti dolci ed omogenei. Queste asimmetrie di forme determinano e riflettono la diversità dei processi geomorfici prevalenti: crolli ed erosione accelerata nelle scarpate di reggipoggio, scorrimenti traslazionali e colamenti nei versanti a franapoggio.



Le creste montane si elevano in media sino a 2000-2500 m e solo nei possenti massicci più esterni della fascia montana superano di qualche centinaio di metri tale limite. L'energia del rilievo è ovunque elevata e sempre notevole è anche l'acclività dei versanti; i dislivelli sono notevolmente accentuati rispetto al fondo delle poche valli principali o delle più numerose conche, e talvolta si presentano con un solo imponente balzo.

Nel complesso, le alte dorsali si elevano da uno zoccolo comune di quota 1000-1500 m, che può essere considerato come una specie di altopiano movimentato da lunghi dossi e depressioni. La parte sommitale e più accidentata mostra prolungati costoni a profilo ondulato, che spesso dividono due fianchi ad acclività diversa: da un lato si ha una muraglia rocciosa incisa da canali con abbondanti detriti disposti in coni e falde continue; l'altro fianco, meno acclive, è squarciato da profondi valloni (Maiella-Morrone).

Le diverse caratteristiche litotecniche delle rocce che costituiscono il tratto di catena appenninica abruzzese (arenarie in strati e banconi, intercalate a sottili livelli pelitici, calcari alternate a marne) determinano differenti peculiarità geomorfologiche. Il modellamento dei rilievi è influenzato in maniera determinante dalla diversa risposta agli agenti erosivi da parte dei litotipi affioranti; ancora, la sovrapposizione di corpi rocciosi a deformazione fragile (calcari, arenarie, conglomerati, travertini) su livelli a deformazione duttile (argille, marne), spesso unitamente ad condizioni scatenanti (forti energie dei rilievi o elevata sismicità) propiziano la genesi di movimenti in massa anche di grandi dimensioni (deformazioni gravitative profonde di versante o frane da collo e scorrimenti roto-traslazionali).

Con il paesaggio tipico della catena contrastano le ampie conche (depressioni tettoniche) delimitate dai rilievi, incise di norma sul substrato calcareo e/o calcareo marnoso. La complessità dei fattori geologici e climatici, interni ed esterni alle singole conche, ha portato alla deposizione di successioni sedimentarie continentali e al modellamento di forme anche molto diverse da bacino a bacino. Tra le principali conche intrappenniniche abruzzesi, poste a quote e posizioni geografiche diverse, vanno ricordate: la Conca del Fucino, la Conca di L'Aquila, la Conca di Fosso San Demetrio, la Conca Subequana, la Valle del Tirino e la Conca di Sulmona.

La Conca di Sulmona rappresenta uno dei maggiori e più esterni bacini intramontani dell'Appennino centrale. Essa si estende in direzione appenninica, circa NW-SE, da Sulmona-Pacentro (settore meridionale) fino a Popoli (settore settentrionale) e ricade nel Foglio n.369 E della Carta Geomorfologica, in scala 1:25.000, dell'Autorità di Bacino di rilievo regionale dell'Abruzzo e del Bacino Interregionale del Sangro (cfr. figura 1).

La sua origine è tettonica ed è stata sede, nel Pleistocene medio, di uno dei maggiori laghi dell'Appennino Centrale che si estendeva da Sulmona, a sud, fino a Popoli, a nord, e dalla base del versante occidentale del Morrone, a est, fino ai paesi di Raiano e Vittorito posti sul margine occidentale. La sedimentazione di depositi alluvionali e l'approfondimento del reticolo idrografico hanno portato, nel Pleistocene superiore, al parziale colmata mento della depressione allo svuotamento del lago. Alcuni autori concordano nell'assegnare la causa dello svuotamento dell'antico bacino lacustre di Sulmona ad una frana sismoindotta, che avrebbe causato il crollo del bordo settentrionale del bacino attualmente localizzabile a nord di Popoli.



2.1 FORME E PROCESSI

L'assetto geomorfologico del territorio in esame, e di un suo adeguato intorno, è legato alla presenza di una tra le più diffuse forme morfologiche della Conca di Sulmona: il terrazzo alluvionale (paleosuperficie).

Nella conca di Sulmona due sono gli ordini di terrazzo alluvionale riconosciuti dai maggiori autori in materia.

La "Terrazza Alta di Sulmona" rappresenta uno dei tratti morfologici più evidenti del settore centro-meridionale della Conca e si estende a quote che vanno da circa 360 m, a nord, a circa 450 m s.l.m. a sud; nel settore settentrionale la sua continuità è interrotta dalle profonde e ampie incisioni dei fiumi Aterno, Sagittario e Pescara situati a quote fino a 100 m inferiori rispetto a quelle della superficie stessa (Beneo, 1942-1943; Demangeot, 1965; Carrara; E. Miccadei, R. Barberi, G.P. Cavinato 1998). L'altra paleosuperficie è nota in letteratura come "Terrazza Bassa di Sulmona" e si segue tra gli abitati di Sulmona e Corfinio, a quote di 15-20 m circa superiori a quelle degli alvei attuali dei corsi d'acqua (E. Miccadei, R. Barberi, G.P. Cavinato 1998).

Le forme riscontrabili sul territorio oggetto del presente studio sono legate all'attività retro-erosiva esercitata dai principali fiumi quaternari (attualmente riconducibili ai Fiumi Vella e Gizio) responsabili dello smantellamento di una parte dell'antica superficie di colmatamento della Conca di Sulmona. Il susseguirsi di momenti di erosione a momenti di deposizione della corrente fluviale porta alla genesi di uno degli elementi più caratteristici di un corso d'acqua nelle zone pianeggianti: i terrazzi fluviali. In pratica è un gradino, più o meno alto, che domina l'alveo del fiume stesso che lo ha generato. Una successione di terrazzi a gradinata, che si estendono dall'alveo del fiume verso l'entroterra, indica una ripetizione del fenomeno erosione-deposizione, dinamica legata alle variazioni climatiche quaternarie.

Il lotto in esame è ubicato ad una distanza pari a circa 80 m dal ciglio del terrazzo di I ordine (Terrazza Alta di Sulmona, più antica) in destra idrografica del F. Vella, ad una quota di circa 400 m s.l.m. La topografia mostra una blanda pendenza verso nord-ovest, di circa 1°, ma la forte antropizzazione ha obliterato le forme originarie; l'andamento topografico è nel complesso regolare, senza brusche rotture di pendio.

L'assetto morfologico desunto dal rilevamento condotto dalla scrivente è stabile, trovandosi in assenza di forme morfologiche rappresentative di processi in atto o latenti, come pure confermato dalla cartografia ufficiale.

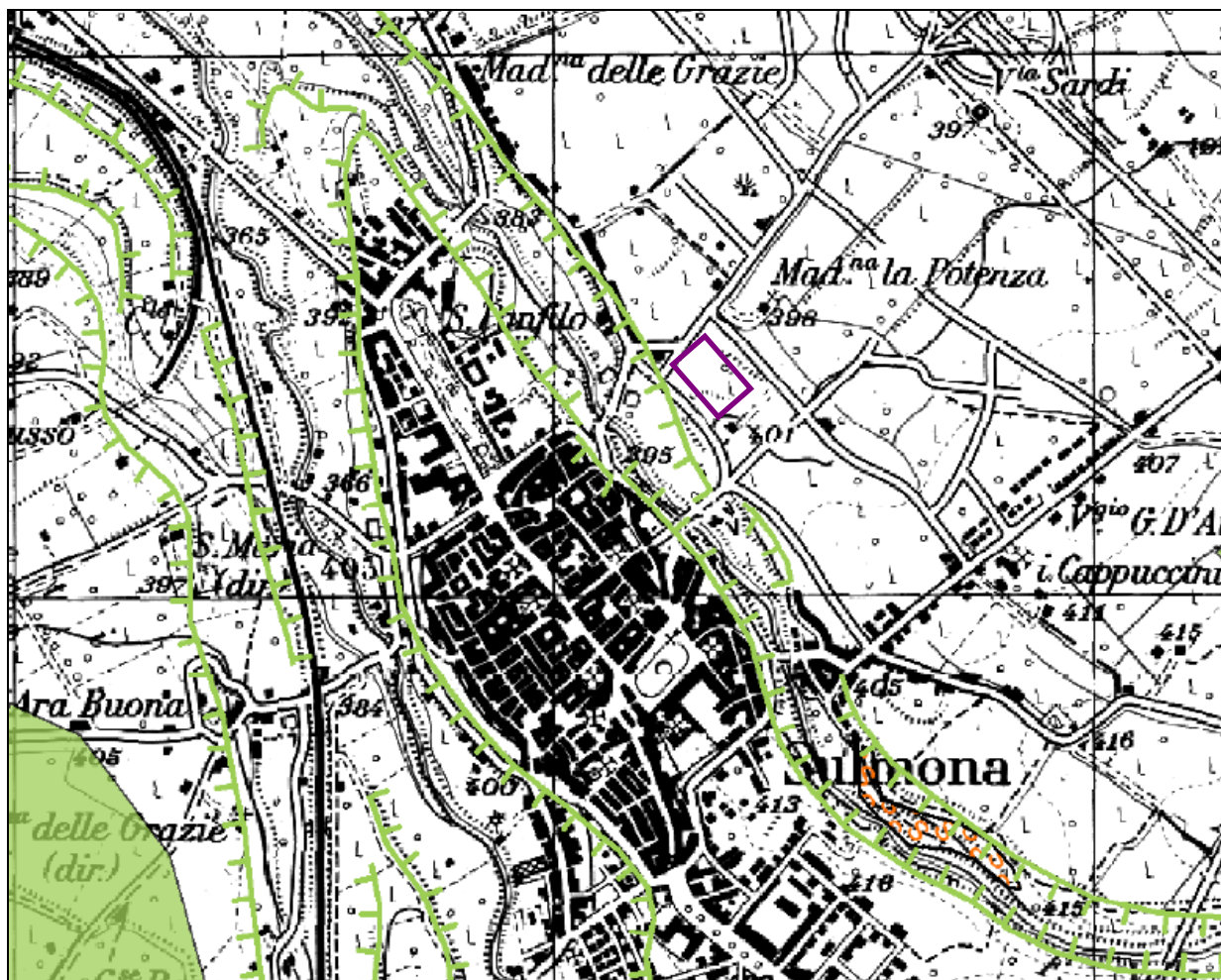



Figura 1: stralcio della Carta Geomorfologica dell'Autorità di Bacino di rilievo regionale, scala 1.25.000

 lotto in esame

STATO DI ATTIVITA'

ATTIVO

QUIESCENTE

NONATTIVO

FORME, PROCESSI E DEPOSITI
GRAVITATIVI DI VERSANTE

Versante interessato da deformazioni
superficiali lente

SSSSSSSSSS
SSSSSSSSSS

SSSSSSSSSS
SSSSSSSSSS

SSSSSSSSSS
SSSSSSSSSS

FORME, PROCESSI E DEPOSITI
PER ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI

Orlo di scarpata di erosione fluviale o
torrentizia

SSSSSSSSSS
SSSSSSSSSS

SSSSSSSSSS
SSSSSSSSSS

SSSSSSSSSS
SSSSSSSSSS

Conoide alluvionale

SSSSSSSSSS
SSSSSSSSSS

SSSSSSSSSS
SSSSSSSSSS

SSSSSSSSSS
SSSSSSSSSS



3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

L'area abruzzese, seppur vasta ed articolata, presenta un quadro relativamente omogeneo. Essa è, infatti, il risultato della deformazione, ed infine del sollevamento, di pochi domini paleogeografici mesozoici marini sviluppatisi lungo il margine settentrionale africano e della loro successiva evoluzione nel corso della costruzione del settore centrale della catena appenninica, avvenuto durante il Neogene (soprattutto tra il Miocene medio ed il Pliocene inf.).

Il settore abruzzese deriva dall'evoluzione prevalentemente neogenica di un sistema orogenico catena-avanfossa-avanpaese in cui si possono ricostruire fasi di migrazione degli sforzi compressivi dai settori occidentali (peritirrenici) verso quelli orientali (area adriatica), fasi compressive accompagnate e poi seguite, a partire almeno dal Miocene sup., da una tettonica distensiva anch'essa in migrazione da W verso E ed attualmente ancora non ultimata. Ha così avuto luogo la strutturazione, prima in ambiente sottomarino e poi subaereo, dell'area abruzzese così come la conosciamo oggi.

Il settore laziale-abruzzese dell'Appennino centrale rappresenta la zona di giunzione tra l'arco dell'Appennino settentrionale e quello dell'Appennino meridionale, rispettivamente a convessità nord-orientale e sud-orientale. Tale settore centrale è delimitato ad ovest e ad est da due importanti elementi tettonici, noti come "linea Olevano-Androdoco-M. Sibillini" e "linea Ortona-Roccamonfina", quest'ultima detta anche "linea Sangro-Volturno".

Nella porzione abruzzese dell'Appennino centrale si registra il cambiamento dello stile tettonico della catena tra l'Appennino settentrionale e quello meridionale. Infatti, nel primo i sovrascorrimenti sono caratterizzati da una modesta entità di traslazione ed un'associazione con geometria embricata, mentre entità di traslazione dell'ordine di diverse decine di chilometri ed uno stile tettonico più complesso (a duplex) caratterizzano l'Appennino meridionale, già a partire dal settore abruzzese-molisano.

Tale diverso assetto geologico-strutturale si ripercuote anche nella morfologia, caratterizzata da marcati rilievi carbonatici ad W dell'allineamento Monti della Meta-Maiella meridionale (corrispondente alla citata linea Sangro-Volturno) e da un paesaggio collinare, modellato sulle successioni calcareo-argillose e silicoclastiche (Falde molisane e sannitiche) ad oriente.

Il settore in esame della catena appenninica è caratterizzato dalla giustapposizione di direttrici tettoniche anche molto differenti: E-W (Gran Sasso settentrionale), N-S e NNW-SSE (Gran sasso meridionale, Montagna dei Fiori, Marsica orientale e Maiella), NW-SE (Monti Simbruino-Ernci, Marsica occidentale, M. Sirente e Montagna del Morrone). Assieme a queste vanno menzionate le spettacolari depressione tettoniche intramontane quali il Bacino del Fucino, di Sulmona, di Campo Imperatore e la Valle dell'Aterno, associate a sistemi di faglie normali che dislocano le strutture della catena con entità del rigetto massima durante il Quaternario di circa 1000 metri.



L'emersione graduale della catena in formazione ha creato, infine, nel Plio-Pleistocene le condizioni per una importante fase di smantellamento subaereo, accompagnata dalla deposizione di una potente coltre di depositi detritici alluvionali e anche lacustri che colmano le aree depresse e ricoprono a mantello gran parte della fascia periadriatica, mascherando le tracce delle deformazioni più antiche e conferendo in tal modo all'area un'apparenza di continuità sedimentaria e strutturale ben superiore a quella reale.

Nel settore più orientale, nello stesso periodo, si sviluppa il bacino periadriatico colmato da una potente successione marina.

Le diverse unità tettoniche presenti nell'area dell'Appennino abruzzese comprendono successioni stratigrafiche appartenenti a diversi domini paleogeografici, ed in particolare di piattaforma carbonatica per le Unità del Morrone e della Maiella.

3.1 LITOLOGIA E MECCANICA DEI TERRENI

La depressione tettonica di Sulmona è stata sede, nel Pleistocene medio, di uno dei maggiori bacini lacustri dell'Appennino centrale che si estendeva da Sulmona, a S, fino a Popoli, a N, e dalla base del versante del Morrone, a E, fino ai paesi di Raiano e Vittorito, posti sul bordo occidentale.

La sedimentazione dei depositi limosi, limo-sabbiosi, limoso-calcarei e ghiaiosi congiuntamente all'approfondimento del reticolo idrografico allora esistente, hanno causato la parziale colmatazione e lo svuotamento del lago, dal Pleistocene medio al Pleistocene sup.

La complessa successione sedimentaria continentale di colmatazione, di età quaternaria, è caratterizzata da importanti variazioni di facies sia in senso verticale che orizzontale. Benché non sia mai possibile osservare la successione in modo completo, nella parte centrale del bacino, tra la Valle dell'Aterno e la bassa Valle del Sagittario, i termini continentali risultano esposti per uno spessore complessivo di circa 150 m, con quote comprese tra i 250 m e i 350-400 m s.l.m. Affioramenti più o meno frammentari di depositi continentali sono inoltre presenti, a quote nettamente superiori, lungo i versanti dei rilievi che costituiscono i margini del bacino; questi depositi, conglomerati e brecce eterometriche, con lievi differenze tra il margine orientale e quello occidentale, a elementi prevalentemente calcarei, sono rappresentativi delle numerose conoidi alluvionali.

La base per procedere alla ricostruzione del modello geologico di sottosuolo è la consultazione della cartografia geologica ufficiale. La cartografia geologica di riferimento per il territorio abruzzese è tutt'oggi costituita dalla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 che comprende il territorio comunale di Sulmona nel foglio 146 "Sulmona"; la carta è piuttosto datata, risalendo al 1963. È attualmente in corso di rilevamento e pubblicazione la Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, nell'ambito del progetto CARG (Cartografia Geologica) a cura dell'ISPRA (ex APAT, ex Servizio Geologico Nazionale); per la regione Abruzzo sono attualmente disponibili solo alcune carte. Per quanto attiene al territorio di Sulmona risulta stampato il Foglio n.369 "Sulmona" (cfr. figura 2). La carta del progetto CARG,



essendo la più recente, risulta essere in linea con i più innovativi criteri di rilevamento e classificazione dei dati geologici, soprattutto per quanto riguarda la nomenclatura. Uno studio di maggior dettaglio è stato condotto dal Centro di Studio per il Quaternario e l'Evoluzione Ambientale CNR, che ha portato alla redazione della "Carta Geologica della Piana di Sulmona (Abruzzo)" in scala 1:33.000.

In generale, le successioni affioranti nell'area di Sulmona risultano essere tre:

- ✓ SUCCESSIONE OLOCENICA, Depositi di Piana Alluvionale: alternanze di sabbie avana, ghiaia a clasti arrotondati, limi e torbe. Tali depositi sono riconducibili all'Unità UBSU "Olo" istituita dal progetto C.A.R.G.;
- ✓ SUCCESSIONE DEL PLEISTOCENE SUPERIORE, Depositi Fluviali della "Terrazza Bassa di Sulmona": conglomerati e ghiaie fluviali, con clasti prevalentemente calcarei, ben arrotondati, da centimetrici a decimetri, con lenti e livelli decimetrici di sabbie. Lo spessore affiorante è di circa 10 m. il Sintema di Valle Majelama (AVM), utilizzato nella cartografia C.A.R.G., ricomprende tali depositi;
- ✓ SUCCESSIONE DEL PLEISTOCENE MEDIO-FINALE (? SUP.), Depositi Fluviali della "Terrazza Alta di Sulmona": conglomerati e ghiaie fluviali clasto-sostenuti, con clasti ben arrotondati, principalmente calcarei, localmente con elementi arenaci (Sulmona, Pacentro), con frequenti stratificazioni incrociate e clasti embricati. Contengono livelli di sabbie, limi e torbe. Verso il tetto sono presenti lenti di sabbie vulcaniche nerastre (Antica Corfinio, stabilimento Magneti Marelli). Lo spessore è localmente variabile, a causa delle ondulazioni della superficie basale. Eccezionalmente la frazione conglomeratica può essere subordinata e prevalere, quindi, una litologia più fine, costituita da un 'alternanza di limi sabbiosi, limi torbosi, sabbie e ghiaie con matrice limosa. I sedimenti appartenenti a questa unità caratterizzano quasi tutta la parte centrale della Conca. Tale successione è ricompresa nel Supersintema di Catignano (ACT) del C.A.R.G.

L'area esaminata nel presente studio è posta proprio sui depositi della "Terrazza Alta di Sulmona", ovvero vede l'affioramento dei depositi del Sintema di Catignano secondo la codifica C.A.R.G..

Il modello geologico di sottosuolo del lotto di interesse è stato ricostruito consultando le stratigrafie di alcuni sondaggi eseguiti nelle vicinanze e ritenuti geologicamente compatibili; in particolare si tratta di n. 1 sondaggio geognostico eseguito presso l'Istituto Tecnico Commerciale e per Geometri "De Nino/Morandi" ad una distanza media dal lotto in esame di circa 35 m, n. 1 per il Liceo Sociopedagogico "G.B. Vico" distante circa 200 m e n. 1 per il Liceo Scientifico "E. Fermi" a circa 300 m di distanza.

Le tre stratigrafie confrontate concordano nell'evidenziare nel sottosuolo la presenza prevalentemente di ghiaie con intercalazioni di sabbie limose e limi da sabbiosi a argillosi entro i primi 27-29 m di profondità dal piano campagna (di seguito p.c.) a cui segue un banco limoso marrone con sfumature verdastro-grigie. La stratigrafia di dettaglio che segue, al di sotto di un riporto antropico, è riferita al sondaggio eseguito per l'ITC De Nino/Morandi, area di immediata vicinanza al sito in esame (cfr. figura 3):



- Strato 1 da 0,1 m a 1,5 m: ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa color nocciola;
- Strato 2 da 1,5 m a 4,4 m: ghiaia eterometrica in matrice limosa di color marrone;
- Strato 3 da 4,4 m a 9,0 m: alternanza di sabbia medio/grossolana bruna e ghiaia;
- Strato 4 da 9,0 m a 11,0 m: ghiaia con limo e sabbia fine di color nocciola;
- Strato 5 da 11,0 m a 17,0 m: ghiaia in matrice sabbiosa color nocciola;
- Strato 6 da 17,0 m a 27,0 m: alternanza di limo sabbioso debolmente argilloso bruno e ghiaia fine;
- Strato 7 da 27,0 m a 30,0 m: limo argilloso marrone con sfumature grigie e ocracee.

La geometria lenticolare dei depositi in esame è tipica dell'ambiente deposizionale di piana alluvionale a canali intrecciati (braided plain).

I dati reperiti hanno consentito di affermare che il sottosuolo dell'area di interesse è composto da litologie a differenti caratteristiche e proprietà geotecniche; di seguito si sintetizzano i valori medi, desunti dai risultati di varie indagini eseguite nell'attorno e, pertanto, da ritenersi una caratterizzazione di massima:

Tabella 1: parametrizzazione geotecnica di massima del sottosuolo desunta da dati di indagini eseguite nell'attorno dell'area di interesse

Parametri geotecnici medi	Ghiaia calcarea in matrice limo-sabbiosa	Sabbia limosa	limo da debolmente sabbioso a argilloso
γ	2,1 t/m ³	1,9 t/m ³	2 t/m ³
ϕ	30°	27°	30°
Cu	0	0,4 Kg/cm ²	0,5 Kg/cm ²
c'	0	0,1 Kg/cm ²	0,12 Kg/cm ²
E (Y)	30 MPa	20 MPa	25 MPa

Si sottolinea la necessità di eseguire indagini geognostiche e geofisiche all'interno del lotto in esame, secondo un piano indagini redatto sulla base della tipologia di intervento futuro in progetto, al fine di poter redigere una caratterizzazione geotecnica di dettaglio specifica del terreno di sedime.

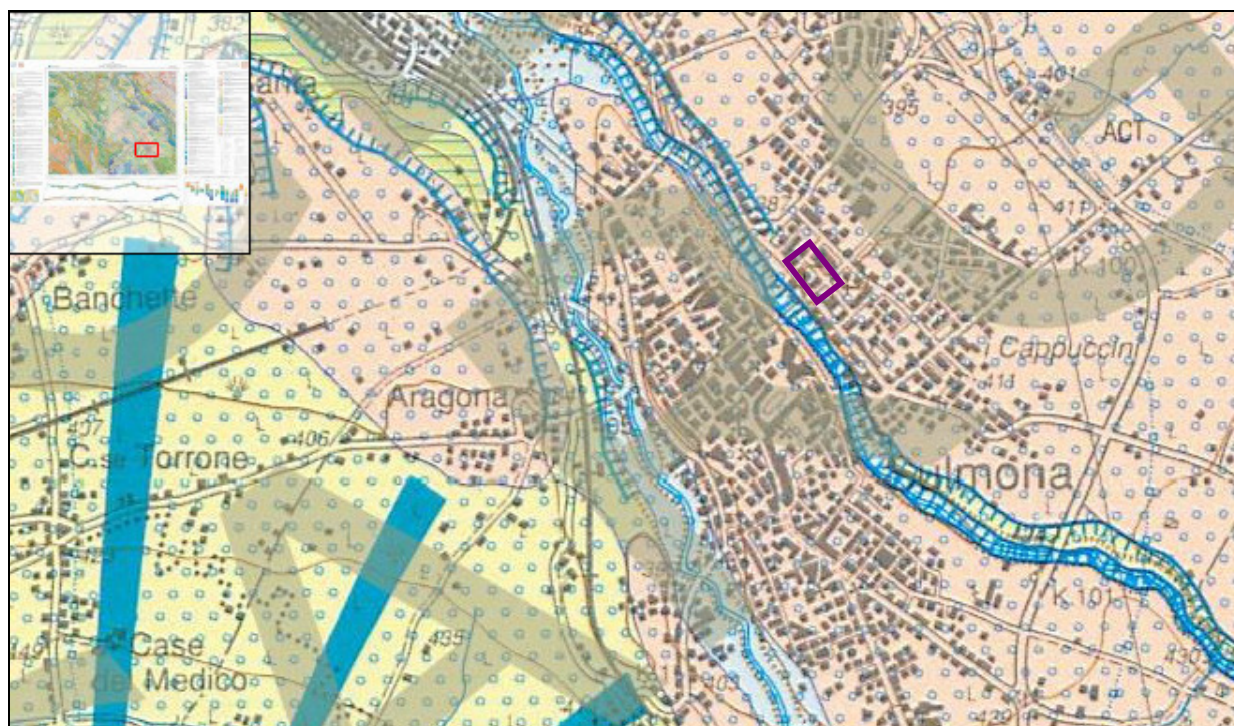





Figura 2: stralcio della Carta Geologica, scala originale 1:50.000, del progetto C.A.R.G.
In viola l'area in esame. LEGENDA:

DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

	olo Depositi alluvionali ciottoloso-sabbiosi e subordinatamente sabbioso limosi. Depositi palustri argilloso-limosi talora con lenti organiche. Depositi travertinosi. Depositi detritici di versante. Depositi eluvio-colluviali con detriti immersi in matrice limoso argillosa e suoli sepolti. Depositi di frana. Possono essere presenti relazioni laterali di facies e discordanze angolari minori. Giacciono in discordanza angolare sul Sintema più antico. OLOCENE-ATTUALE
	ACT SINTEMA DI CATIGNANO - Depositi alluvionali prevalentemente ghiaioso-sabbiosi e sabbioso-siltosi alterati da suoli fersiallitici. Depositi detritici di versante separati da discordanze angolari minori associate o meno a suoli sepolti. Giacciono in discordanza angolare sul Sintema più antico. PLEISTOCENE MEDIO FINALE
	AVM SINTEMA DI VALLE MAJELAMA - Depositi alluvionali ghiaioso-sabbiosi e sabbioso-siltosi, talora con una abbondante frazione piroclastica. Depositi detritici di versante separati da discordanze angolari minori associate o meno a suoli sepolti. Depositi di frana sepolti. Depositi travertinosi. Depositi lacustri sabbioso-siltosi anche carbonatici e depositi palustri siltoso-argillosi. Giacciono in discordanza angolare sul Sintema più antico e talora su un paleosuolo fersiallitico. PLEISTOCENE SUP.

SOVRASSEGNI DELLE FACIES SEDIMENTARIE QUATERNARIE

	depositi alluvionali prevalentemente ghiaiosi		depositi lacustri prevalentemente siltoso-argillosi
---	---	---	---

SIMBOLOGIA

	conoide alluvionale		orlo di terrazzo (alluvionale e di scarpata di erosione lacustre)
---	---------------------	---	--

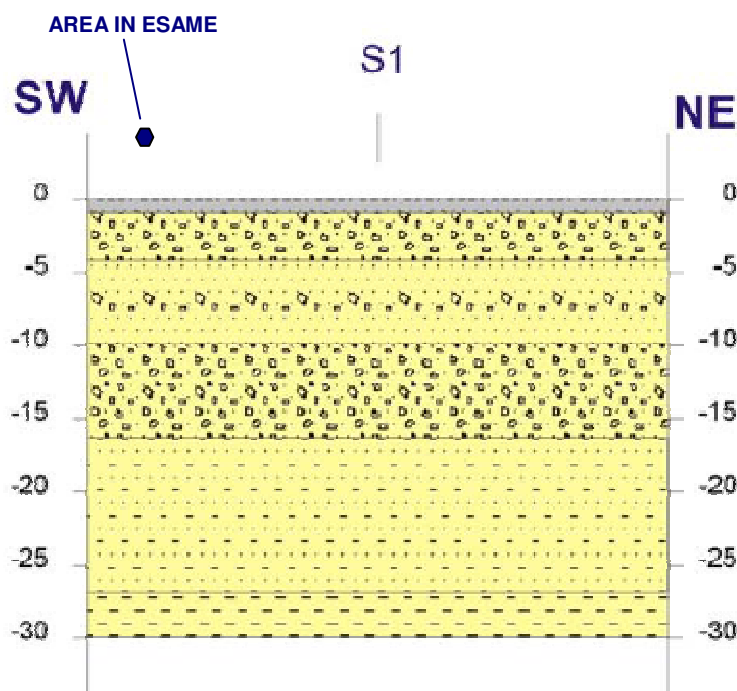
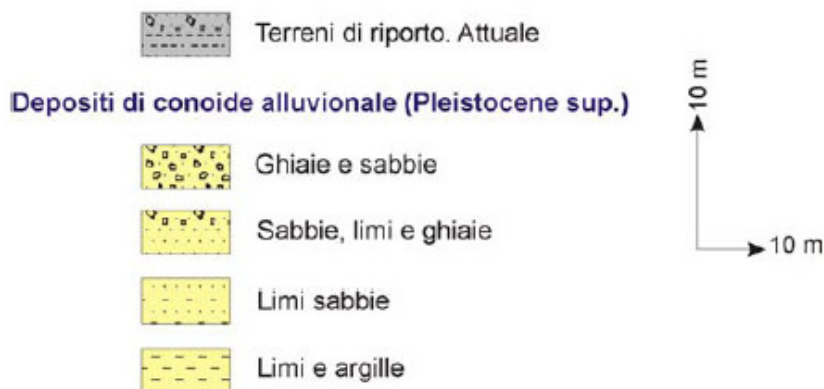


Figura 3: sezione geologica redatta sui risultati delle indagini eseguite per i tre istituti scolastici (tratta da X)
LEGENDA:



3.2 NEO-TETTONICA

L'evoluzione tettonica della Piana di Sulmona è legata alla strutturazione della stessa in relazione a movimenti complessi, connessi con le faglie che la bordano ai piedi delle vicine dorsali carbonatiche. In particolare, si ricorda la faglia ad andamento appenninico che borda il lato occidentale del Monte Morrone, la faglia ad andamento NNW-SSE che delimita la regione marsicana, la faglia E-W del Fiume Vella considerata polifasica grazie alla presenza di strie su depositi di orientazione diversa.

I depositi che caratterizzano la piana, così come quelli che costituiscono il margine della piana stessa verso le dorsali, risultano interessati da neotettonica ad orientazione appenninica, antiappenninica e E-W. La tettonica,

come hanno evidenziato diversi autori, ha condizionato l'evoluzione del bacino stesso; più in dettaglio, il controllo è stato esercitato dalle faglie cordiere del Monte Morrone che hanno fatto assumere al bacino una configurazione di tipo "Half Graben ". Nel corso di studi più attuali (MICCADEI et alii, 1998) sono stati rilevati anche depositi recenti tiltati verso la conca, a testimonianza sempre dell'attività neotettonica.

In base a questi dati, a Conca è stata suddivisa in quattro settori. Il centro abitato di Sulmona, e l'area in esame, ricade nella porzione definita SETTORE CENTRO MERIDIONALE (Miccadei et alii, 1998): le dislocazioni che interessano i depositi del sottosuolo in quest'area sono state prevalentemente osservate lungo il Fiume Sagittario, all'interno dei depositi del Pleistocene medio e finale della "Terrazza Alta di Sulmona".

Durante il rilevamento condotto in situ dalla scrivente non sono state censite geometrie legate all'attività della tettonica, o almeno direttamente, anche in considerazione della forte antropizzazione dell'area.

Inoltre, in occasione del terremoto di L'Aquila del 2009 nella'rea in esame, così come sull'intero territorio comunale, non sono state osservate nel terreno fratture o lineamenti riconducibili a fagliazione di superficie.

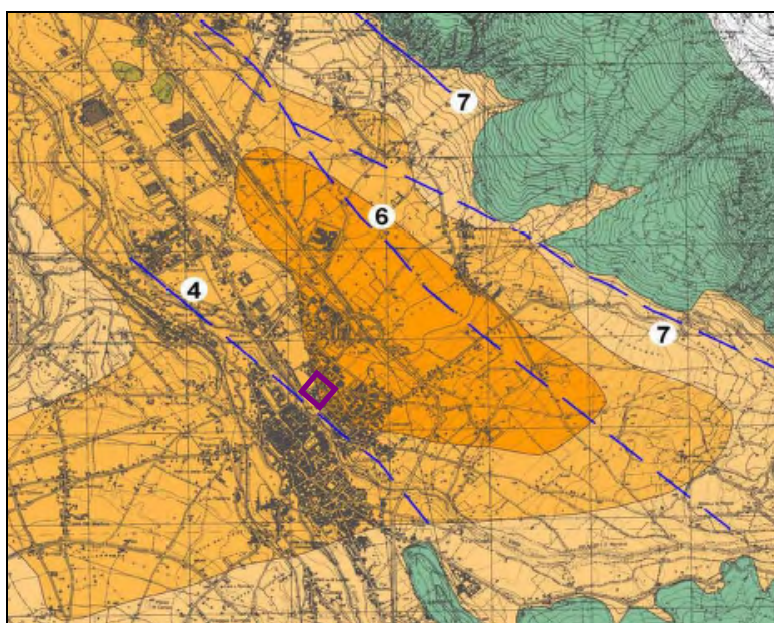


Figura 4: principali lineamenti neo-tettonici distensivi della Conca di Sulmona - da G. Scarascia 2004. In viola l'area in esame.

LEGENDA: 4, 7 = lineamenti rilevati; 6 = lineamento da bibliografia; — = faglia certa su depositi quaternari; - - = faglia sepolta.



4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Le dorsali carbonatiche rappresentano il principale acquifero in Abruzzo, alimentato soprattutto dall'infiltrazione delle precipitazioni verso il sottosuolo attraverso la rete di fratture e le forme carsiche sia superficiali che ipogee. L'assetto geologico della Conca di Sulmona, descritto nel precedente capitolo, vede grandi idrostrutture carbonatiche che la bordano, come avviene per altre importanti conche intramontane.

I diversi acquiferi che si formano all'interno delle dorsali carbonatiche vengono drenati verso la base al contatto con formazioni meno permeabili, quali argille e sedimenti marnoso-argillosi (aquicludi). Tale geometria consente alle principali sorgenti di concentrarsi alla "periferia" dei massicci carbonatici e di avere portate molto elevate, in genere anche stabili nel tempo, con scarse oscillazioni stagionali che testimoniano l'ampiezza dell'area di alimentazione.

È molto diffuso, inoltre, il fenomeno del travaso idrico sotterraneo dai potenti acquiferi montuosi carbonatici verso le conche intramontane per il tramite di corpi idrici a permeabilità medio-alta quali i depositi di versante interdigitati, anche in profondità, con i sedimenti alluvionali.

Il Comune di Sulmona, così come l'area oggetto del presente studio, ricade all'interno del Corpo Idrico Sotterraneo Significativo Principale della Piana di Sulmona (SU). Tale è delimitato, come già detto, dai massicci carbonatici ad esso adiacenti ed in particolare a Nord-Est dal massiccio del Monte Morrone, a Sud-Est dai massicci dei Monti Porrara e Rotella e a Sud-Ovest dai massicci dei Monti Genzana-Greco e Sirente.

Il corpo idrico principale della Piana di Sulmona è costituito dai depositi fluviali, prevalentemente ghiaioso-sabbiosi, al di sopra dei depositi lacustri, essenzialmente argillosi o secondariamente limo-sabbiosi caratterizzati da un forte spessore (Pliocene-Olocene); a luoghi, potenti conoidi detritiche sono sovrapposte o interdigitate ai depositi alluvionali.

La capacità ricettiva dell'acquifero fluvio-lacustre è complessivamente buona, sia nei confronti dell'alimentazione diretta (fenomeno molto facilitato dalla morfologia piatta degli affioramenti), sia nei confronti di quella indiretta proveniente dagli acquiferi adiacenti (solo nel caso in cui affiorano termini relativamente più permeabili).

Riguardo quest'ultimo punto, infatti, si ha che la falda è alimentata in modo copioso da parte dei massicci carbonatici circostanti (dal Monte Porrara, dal Monte Rotella e dal Monte Sirente s.l.). Ciò si traduce nell'affioramento di sorgenti di un certo interesse (ad es. il gruppo di sorg. Acqua Chiara) e nell'esistenza di importanti incrementi di portata nell'alveo del Fiume Gizio e Sagittario (a sud di Pratola Peligna).

Sono stati evidenziati anche decrementi di portata in alveo lungo il Sagittario, che potrebbero essere correlati a travasi idrici sotterranei verso l'acquifero del Monte Morrone. Infatti questi decrementi avvengono lungo il tratto in cui il fiume è molto prossimo al massiccio carbonatico e ciò è risultato da misure di portate in alveo effettuate durante il periodo marzo 1997-marzo 1998 (cfr. pubblicazione di Conese et alii, 2001) e durante l'anno idrologico 2000-2001 (cfr. pubblicazione di Desiderio et alii, 2003).



A causa della sostanziale eterogeneità che caratterizza la giacitura dei vari litotipi (con lenti più o meno estese e tra loro interdigitate a depositi con differente grado di permeabilità) che costituiscono l'acquifero della Piana di Sulmona, la circolazione idrica sotterranea può essere considerata preferenzialmente basale, anche se si esplica secondo *falde sovrapposte* (appartenenti, quasi sempre, ad un'unica circolazione). Il deflusso sotterraneo si suddivide in due principali direttrici: un asse di drenaggio risulta sub-parallelo al limite tra i depositi fluvio-lacustri e quelli detritici; mentre l'altro si sviluppa lungo il corso del fiume Sagittario.

La compresenza di più litotipi causa una differenziazione del complesso idrogeologico SU secondo 5 acquiferi principali:

- Acquifero Centro-Occidentale;
- Acquifero Orientale;
- Acquifero della Conoide di Introdacqua;
- Acquifero delle Alluvioni recenti;
- Acquifero dei depositi lacustro-palustri.

Il sito in esame è ricompreso nell'Acquifero Orientale; questo è collocato alla base delle pendici occidentali del M. Morrone e a nord delle pendici settentrionali del M. Rotella.

4.1 IDROGRAFIA DI SUPERFICIE

La Conca di Sulmona rientra nel Bacino Idrografico del Fiume Aterno-Pescara.

L'idrografia dell'area peligna è molto sviluppata: si ricordano il Fiume Sagittario, il suo affluente Gizio ed il F. Vella. Il Sagittario, principale affluente dell'Aterno-Pescara, ha come propri affluenti i fiumi Gizio (destra) e Pezzana (sinistra). Il suo percorso di 21 Km nasce sotto l'abitato di Villalago, a circa 500 m s.l.m., da sorgenti alimentate per infiltrazione delle acque del Lago di Scanno. Il Sagittario prima del lago di Scanno scorre con il nome di Tasso. Proseguendo da Scanno verso Sulmona, questo scava delle suggestive gole che portano il suo nome, attraverso una millenaria azione erosiva su imponenti strati di rocce calcaree. Le Gole del Sagittario si aprono, poi, proprio nella Valle Peligna. Dagli anni '20, nel tratto che attraversa le Gole, il Sagittario è ormai del tutto asciutto perché viene captato dall'ENEL per alimentare una centrale elettrica. Il fiume riprende vita solo nei pressi del paese di Anversa degli Abruzzi, all'interno della riserva naturale delle Gole del Sagittario. Dopo le Gole passa sotto l'abitato di Bugnara e, superata Sulmona, riceve le acque dei fiumi Gizio e Vella. Attraverso la Valle Peligna continua scorrendo verso Nord. Nei pressi dell'abitato di Popoli (PE) si getta nel fiume Aterno per andare a formare, qualche chilometro più a valle, il Fiume Pescara. La sua portata media è di 5 m³/s, mentre il bacino idrografico da esso sotteso ha una superficie di 633 Km².



Il Vella è il corso d'acqua più vicino all'area di interesse e scorre ad una quota più bassa di circa 15 m alla topografia del lotto in esame. Questo fiume di piccole dimensioni è originato da numerose sorgenti presenti nella zona pedemontana, in particolare tra Campo di Giove e Passo S. Leonardo.

Il fiume Gizio nasce nel limite nord orientale del monte Genzana, tra il M. Rotella e il M. Mattone, sotto l'abitato di Pettorano sul Gizio, dove sono localizzate le omonime sorgenti. Nei primo tratto del suo percorso, il fiume scorre in una stretta valle, da lui stesso incisa ed incassata tra ripide pareti calcaree. In sinistra idrografica è delimitato dal Monte Genzana, dal Monte Mattone e dal rilievo delle Toppe del Vurgo mentre in destra idrografica dal Colle Mitra e dalla Cresta di Pietra Maggiore. Dopo circa un chilometro il fiume, uscito dalla stretta valle, si immette nella piana peligna e riceve le acque del torrente Riaccio. Il suo percorso lungo circa 10 chilometri finisce a valle dell'abitato di Sulmona, dopo aver costeggiato il borgo murato nel suo lato occidentale, confluenndo nel fiume Sagittario. Simile al Vella per la cospicua portata, le acque sorgive del Gizio rischiano spesso di restare asciutte nel periodo estivo. Infatti, le sorgenti sono captate quasi totalmente per usi potabili, per alimentare una centrale idroelettrica dell'Enel e per alimentare una serie di canali per l'irrigazione agricola.

Oltre ai principali corsi d'acqua appena citati, nell'area peligna esistono numerosi ruscelli alimentati da sorgenti. Tali sorgenti, o quanto meno le più importanti, a causa del fenomeno del carsismo intensamente sviluppato sui monti che bordano la Conca di Sulmona, sono localizzate nella fascia collinare o di media montagna. Tra le più interessanti, sulla Majella, si trova il complesso di sorgenti del fiume Vella, nella zona di Fonte Romana. Sul M. Morrone, nel versante peligno, una delle fonti più importanti è la Fonte del Colle delle Vacche (1115 m). Ancora, le Sorgenti di Cavuto, situate nella Riserva delle Gole del Sagittario, sotto Anversa. Qui affiorano dal terreno polle di acqua limpidissima che scorrono allargandosi sul terreno e creando ruscelli. Molto suggestive, infine, sono le cascatelle che, originate da una sorgente posta sotto l'abitato di Villalago, scorrono ripide nel bacino artificiale di S. Domenico, in un paesaggio quasi alpino.

4.2 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE E IDRAULICHE DEI LITOTIPI AFFIORANTI

L'acquifero nell'area in esame è costituito dal:

- Complesso Idrogeologico delle Alluvioni Antiche, questo comprende i depositi ghiaiosi, più o meno cementati, e le sabbie debolmente limose grossolane con intercalati livelli limo-sabbiosi o limo-argillosi che rendono l'acquifero, a luoghi, multistrato. La geometria è lenticolare.

La permeabilità, per porosità, è piuttosto elevata anche se i tassi di infiltrazione efficace variano a seconda della granulometria e del grado di cementazione dei depositi ghiaiosi. Nel complesso è possibile considerare una conducibilità idraulica K compresa tra $6.4 \cdot 10^{-5}$ m/s e $3.4 \cdot 10^{-4}$ m/s ed una trasmissività $2.4 \cdot 10^{-4}$ m²/s $<T<$ $1.5 \cdot 10^{-2}$ m²/s. I livelli a granulometria più fine, ovvero i limi argillosi incontrati a varie



profondità, hanno valori di conducibilità idraulica K molto bassi, dell'ordine di 10^{-7} - 10^{-9} m/s, e possono fungere da locali aquicludi.

L'andamento della superficie piezometrica, riferito al marzo del 2000, è stato ricostruito nella Carta Piezometrica di Desiderio G. et alii, 2003; in particolare, nel settore orientale del Complesso Idrogeologico delle alluvioni Antiche, in cui ricade l'area oggetto di interesse, le linee piezometriche digradano da sud-est verso nord-ovest con valori di soggiacenza della falda compresi tra 20 m e 30 m.

Nessuno dei tre sondaggi consultati, ed eseguiti rispettivamente per l'Istituto Tecnico-Commerciale, per il Liceo Sociopedagogico ed il Liceo Scientifico, ha evidenziato la presenza di acqua entro la massima profondità indagata (30 m dal p.c.); è stata rilevata solo dell'umidità nei depositi da circa 17 m di profondità.

L'assetto idrogeologico ricostruito per l'area in esame è caratterizzato dalla generale assenza di una falda continua e persistente nel sottosuolo entro il quale, tuttavia, non sono da escludere eventuali moti di infiltrazione verticale delle acque puramente stagionali, di limitata potenza ed estensione, legati all'andamento idrologico (periodi di massima piovosità o di scioglimento delle nevi).

Dall'analisi della cartografia IGM disponibile in letteratura (scala 1:25.000) non risultano sorgenti nei pressi dell'area di intervento e a quote correlabili con essa.

4.3 VULNERABILITÀ DELL'ACQUIFERO

Considerando il forte spessore e la granulometria dei depositi che separano il piano campagna del lotto in esame dal tetto dell'acquifero profondo, è possibile assegnare un valore di vulnerabilità quasi nullo a tutta l'area. Ciò escludendo situazioni accidentali e del tutto non prevedibili sulla base delle caratteristiche riscontrabili al momento della redazione del presente studio.

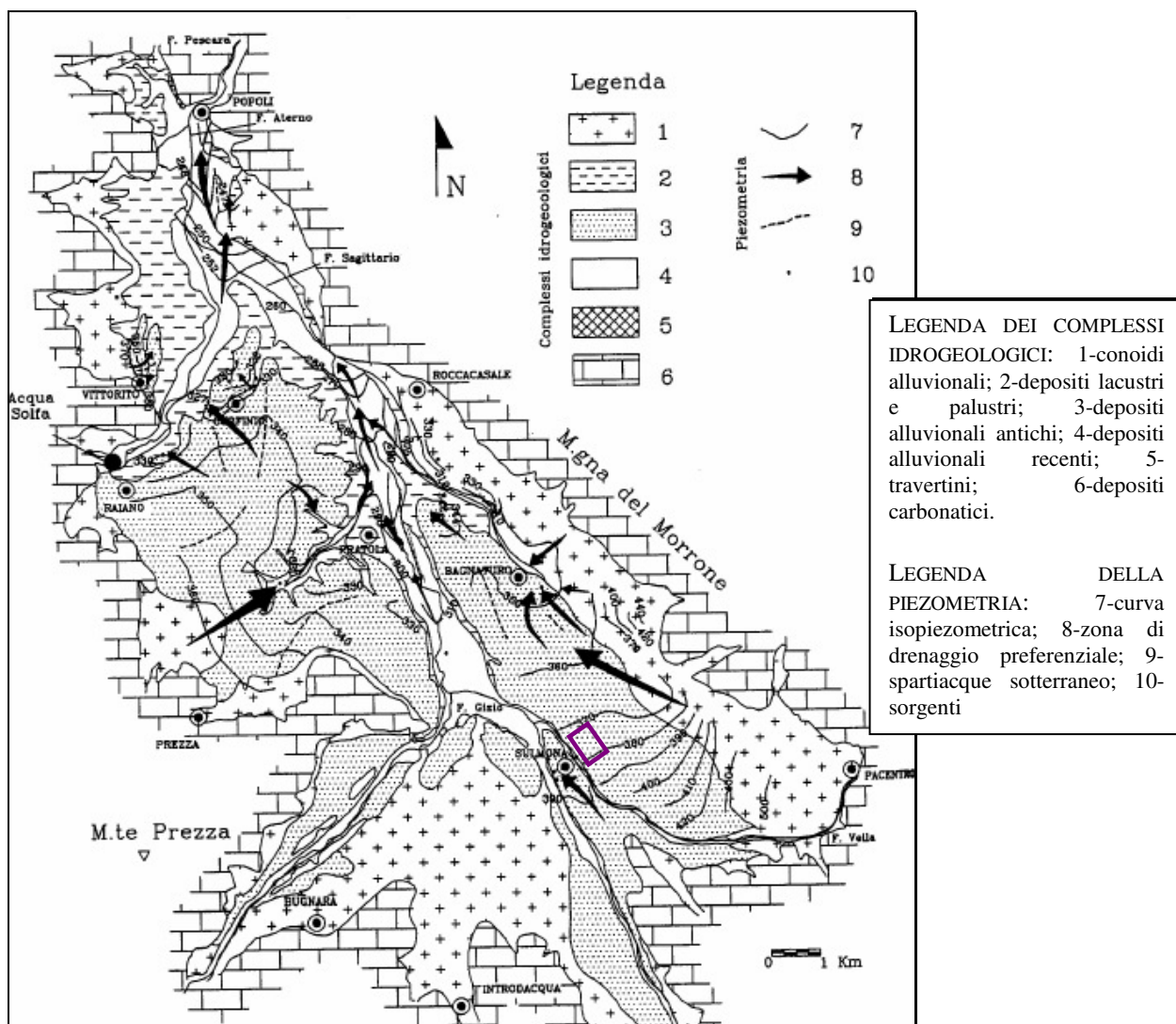


Figura 5: Schema idrogeologico dell'acquifero fluvio-lacustre della Piana di Sulmona (marzo 2000) (da Desiderio G. et alii, 2003). In viola l'area in esame.



5. RISCHIO SISMICO

Il rischio sismico è determinato dal prodotto tra la pericolosità, la vulnerabilità e l'esposizione in una data area; inoltre è la misura dei danni che, in base al tipo di sismicità, di resistenza delle costruzioni e di antropizzazione (natura, qualità e quantità dei beni esposti), ci si può attendere in un dato intervallo di tempo.

La sismicità, ovvero la frequenza e la forza con cui si manifestano i terremoti, è una caratteristica fisica del territorio. Conoscendo la frequenza e l'energia (magnitudo) associate ai terremoti che caratterizzano un territorio ed attribuendo un valore di probabilità al verificarsi di un evento sismico di una certa magnitudo, in un certo intervallo di tempo, possiamo definire la sua *pericolosità sismica*. Un territorio avrà una pericolosità sismica tanto più elevata quanto più probabile sarà, a parità di intervallo di tempo considerato, il verificarsi di un terremoto di una certa magnitudo. Le conseguenze di un terremoto, tuttavia, non sono sempre gravi: molto dipende dalle caratteristiche di resistenza delle costruzioni alle azioni di una scossa sismica. La predisposizione di una costruzione ad essere danneggiata da una scossa sismica, si definisce *vulnerabilità*. Quanto più un edificio è vulnerabile, tanto maggiori saranno le conseguenze che ci si deve aspettare in seguito alle oscillazioni cui la struttura sarà sottoposta. Infine, la maggiore o minore presenza di beni a rischio e, quindi, la conseguente possibilità di subire un danno (economico, in vite umane, ai beni culturali, ecc...), viene definita *esposizione*.

La penisola italiana è una delle zone sismicamente più attive nel Mediterraneo. Essa è stata sede di alcune tra le più antiche civiltà e ciò ha permesso la registrazione di notizie attendibili anche di eventi sismici molto antichi. Solo a partire dal XIX secolo, però, gli studiosi di sismologia hanno iniziato ad estrarre da queste cronache le informazioni riguardanti i terremoti nel tentativo di "scrivere" una storia sismica nazionale.

Dalla raccolta e classificazione sistematica degli eventi sismici sono nati i primi cataloghi dei terremoti, la cui versione più aggiornata, il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI2 (GdI, CPTI, 2002), è stata realizzata utilizzando tutti i dati macrosismici e strumentali resi disponibili dal 1999 in poi.

Per la Regione Abruzzo si ha testimonianza della sismicità sin dal II secolo d.C. (INGV-SGA, 1997), con l'attivazione della faglia del Monte Morrone che ad oggi non ha subito ancora riattivazione. Da allora numerosi sono stati gli eventi sismici che hanno colpito il territorio abruzzese e quello limitrofo (CNR-PFG, 1985; CNR-GNDT, 1996; ING-SGA, 1997; gruppo di lavoro CPTI, 1999).

La massima intensità macrosismica desunta per l'Abruzzo è pari all'XI grado della scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS) e più volte è stato raggiunto e superato il X grado. Già da questi elementi emerge il carattere fortemente distruttivo della sismicità abruzzese.

Un esempio, tratto dalla lunga lista dei terremoti più catastrofici che hanno colpito l'Abruzzo, risale al 1706, quando la parte meridionale del territorio abruzzese insieme a parte del Molise fu colpita da un terremoto con epicentro in corrispondenza della Montagna della Maiella, nei territori di Lama dei Peligni-Manoppello e Palena; le massime



intensità furono del X-XI grado MCS, per un totale di circa 2400 vittime, di cui un migliaio solo nella città di Sulmona. Nel 1762 la regione aquilana fu colpita nuovamente, dopo il 1349, il 1461 ed il 1703: sede di un forte terremoto, si ebbero intensità massime del IX-X grado. Da questo momento in poi, nel territorio abruzzese, non si verificarono terremoti di particolare intensità fino al 1915, quando l'area fucense ospitò il sisma più distruttivo di cui si abbia memoria storica nel territorio abruzzese, con intensità pari all'XI grado MCS. Per giungere sino al più recente e tragico evento registrato nella Conca di L'Aquila, a partire dalla data del 6 aprile 2009.

Gran parte dell'attività sismica che ha interessato l'area abruzzese, in epoca storica o nel recente passato, si localizza nell'area di catena. Tuttavia, non tutti i forti terremoti abruzzesi sono collocabili all'interno di questo quadro: è il caso, ad esempio, dei terremoti della Maiella del 1706 e del 1933 oppure, spostandosi verso nord, del terremoto del Gran Sasso del 1950 e quelli del teramano (1888).

Dalla ricostruzione di carattere storico, unitamente alle evidenze geo-morfologiche e dai dati strutturali e geofisici più moderni, emerge che le strutture attive oggi non sono più i sistemi a pieghe e sovrascorrimenti responsabili dello sviluppo durante il Mio-Pliocene dei principali fronti montuosi della dorsale carbonatica dell'Appennino abruzzese, ma sono rappresentate dalle faglie dirette e transtensive ad alto angolo orientate mediamente NW-SE, sovrimposte a quelle della catena a pieghe e sovrascorrimenti, che realizzano una deformazione estensionale all'incirca normale all'asse della dorsale appenninica.

Le più evidenti espressioni di superficie, sia geologiche che morfologiche, dell'attività di tali strutture tettoniche si hanno soprattutto nelle aree interne della dorsale carbonatica, dove sono cartografabili sistemi di faglie generalmente organizzati *en-échelon*, allungati anche per alcune decine di chilometri e che, a loro volta, determinano degli allineamenti tettonici sub-paralleli rintracciabili lungo tutta la zona assiale dell'Appennino abruzzese. Queste faglie normali, immergenti generalmente a SW, delimitano i bordi orientali di estesi bacini intramontani (es. Campo Imperatore, L'Aquila, Fucino e Sulmona) e sono responsabili dei caratteri odierni del paesaggio appenninico abruzzese, tipicamente costituito da dorsali e bacini. Questi ultimi sono delle depressioni tettoniche (*half-graben*), impostatesi nei blocchi di tetto ribassati dalle suddette faglie normali, aventi rigetti da alcune centinaia di metri fino a 1000-1200 m, come nel caso delle vicine Conca di Sulmona e del Fucino.

Considerazioni geologiche e geomorfologiche su alcuni di questi bacini lasciano desumere che il citato processo tettonico distensivo si sia sviluppato principalmente durante l'era quaternaria (post 1.800.000 anni) ed abbia agito in concomitanza di un importante processo crostale: il sollevamento regionale, particolarmente inteso negli ultimi 700.000 anni, che ha esumato l'intera catena appenninica (sollevando i terreni triassico-giurassici fino a 3000 m di quota: il Gran Sasso) e causato, nelle aree pedemontane più esterne, un progressivo arretramento della linea di costa fino all'attuale configurazione orografica.

L'esigenza di elaborare una classificazione sismica del territorio nazionale, superando la concezione del catalogo inteso come dato bibliografico, nacque solo all'indomani del terremoto di Reggio Calabria e Messina del 1908.



Nel corso degli anni successivi vennero istituiti, con decreto, degli elenchi di comuni nei quali l'attività costruttiva doveva essere regolata da norme precise, ovviamente più severe e rigide rispetto al resto del paese. In pratica un comune veniva dichiarato sismico solo se, nella storia più o meno recente, si era già verificato un terremoto nel suo territorio.

Fu negli anni settanta che tutto questo trovò occasione di tramutarsi in atti concreti, con l'entrata in vigore della Legge n. 64 del 2/2/74 che sancisce la normativa sismica che sarà in vigore, in Italia, fino al 2003. Tale legge prevedeva la suddivisione del territorio in aree sismiche di I, II e III categoria assegnando per ogni categoria un "grado di sismicità" S pari, rispettivamente, a 12, 9 e 6. come base di questa classificazione vi era, essenzialmente, una analisi delle statistiche sui terremoti avvenuti a partire dall'anno Mille, non essendo ancora disponibili conoscenze sismogenetiche.

Nel 1998 viene redatta, da un apposito Gruppo di Lavoro, una nuova proposta di riclassificazione del territorio nazionale che utilizzava i risultati degli studi di pericolosità sismica sviluppati in Italia dal Servizio Sismico Nazionale e dal gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti.

La classificazione sismica è stata perfezionata via via nel corso degli anni: ai sensi dell'O.P.C.M. 3274/2003, la pericolosità viene espressa come l'accelerazione orizzontale al suolo (a_g) che ha una probabilità del 10 % di essere superata in 50 anni, e che rappresenta l'accelerazione a cui gli edifici devono resistere senza collassare. Tutto il territorio nazionale viene ripartito in quattro zone con valori di a_g crescenti dalla zona 1, più pericolosa, alla 4, meno pericolosa, (zona 1 = 0.35 g, zona 2 = 0.25 g, zona 3 = 0.15 g, zona 4 = 0.05 g).

In seguito, con l'OPCM 3519 del 28 aprile 2006 All. 1b si è giunti ad una classificazione dell'Italia affinata introducendo degli intervalli di accelerazione (a_g), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche (zona 1 $a_g > 0,25$; zona 2 $0,15 < a_g < 0,25$; zona 3 $0,05 < a_g < 0,15$; zona 4 $a_g < 0,05$); all'interno di queste zone sono state ricalcolate delle "sottozone" dove si è provveduto ad infittire i valori di a_g valutando tale parametro su più punti, secondo una griglia larga non più di $0,05^\circ$. In tal modo, l'accelerazione al suolo orizzontale (a_g) assume dei valori intermedi a quelli della zona in cui ricade il sito in esame, definibili solo dall'esatta localizzazione geografica dello stesso, ovvero tramite la conoscenza della latitudine e della longitudine. Al Comune di Sulmona viene assegnato un valore di $a(g)$ compreso tra 0,250 e 0,275 secondo la mappa con probabilità di superamento dello scuotimento del 10 % in 50 anni.

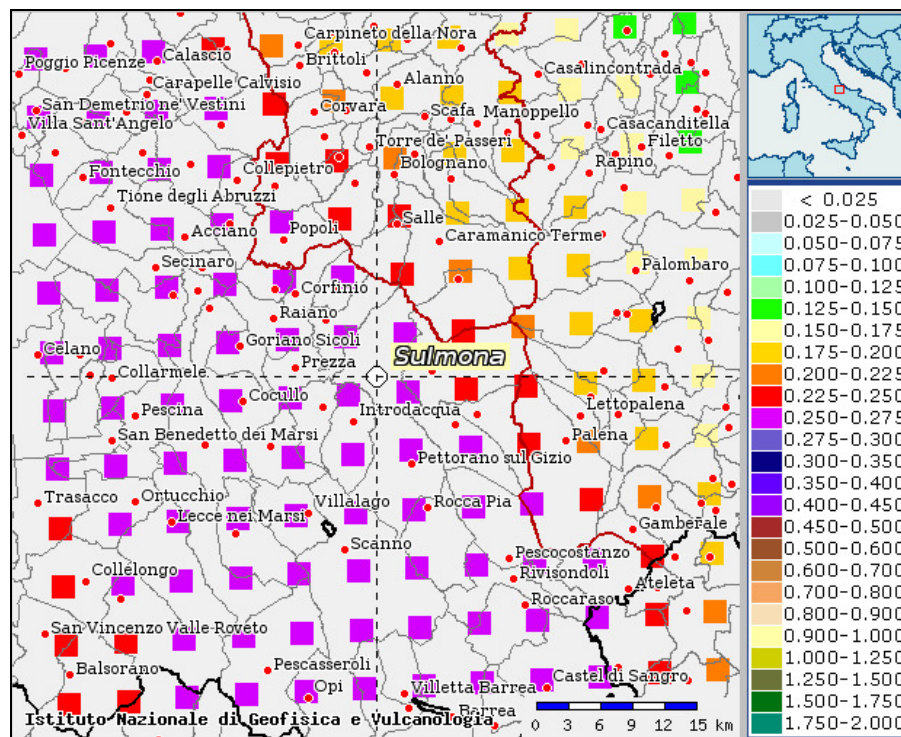


Figura 6: mappa interattiva di pericolosità sismica (parametro dello scuotimento: $a(g)$ - probabilità di superamento in 50 anni: 10% - percentile: 50)

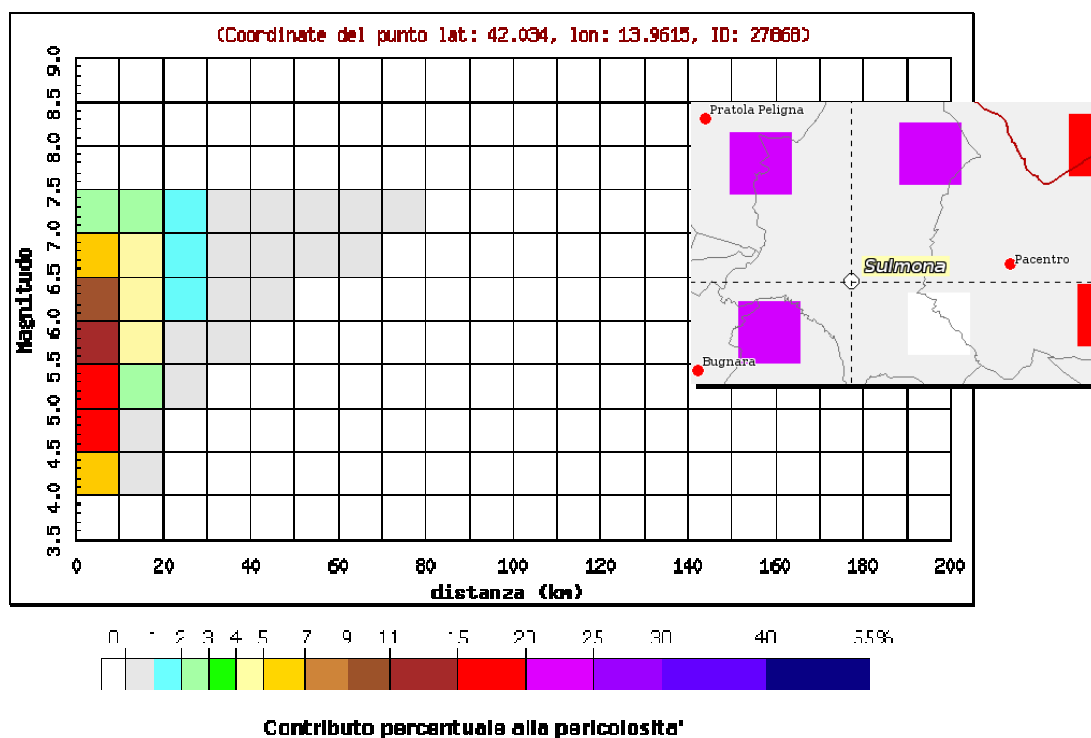


Figura 7: disaggregazione dei valori di $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferito al punto della griglia più vicino a Sulmona e posto a sud est - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

5.1 SISMICITÀ STORICA DELL'AREA

Nel Database Macrosismico Italiano DOM 4.1 (Stucchi et alii., 2007), che ha raccolto e organizzato in modo critico i dati macrosismici utilizzati per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04 (2004) e altri importanti dataset, sono riportate 50 osservazioni macrosismiche di terremoti al di sopra della soglia di danno all'interno del territorio comunale di Sulmona. Attualmente il Comune di Sulmona risulta privo di una microzonazione sismica, pertanto le considerazioni che si possono fare prendono in esame le testimonianze storiche arrivate sino ai nostri giorni che riguardano terremoti passati, la bibliografia specializzata e studi condotti da vari autori.

L'evento segnalato e più significativo è quello del 1706, con zona epicentrale nel distretto della Maiella ed intensità macrosismica registrata nella zona di Sulmona e dintorni pari a 9-10 (cfr. figura 8). Seguono, sempre per severità di danno subito, il terremoto di Avezzano del 1915 e quello del 1933 della Maiella. Ultimo nella scala cronologica, non presente nel database citato, è l'evento di L'Aquila del 2009, causato secondo i più autorevoli studi condotti dalla faglia di Paganica.

Inoltre, dall'interrogazione del Catalogo delle Faglie Capaci denominato *ITHACA* risulta evidente sul territorio di Sulmona la faglia del M. Morrone, classificata "faglia normale capace con segni dell'ultima attività risalenti tra 20.000 e 50.000 anni fa".

In sintesi, è possibile affermare che il Comune di Sulmona è collocato all'interno di un contesto altamente sismico, con passato ricco di eventi che lo testimoniano.

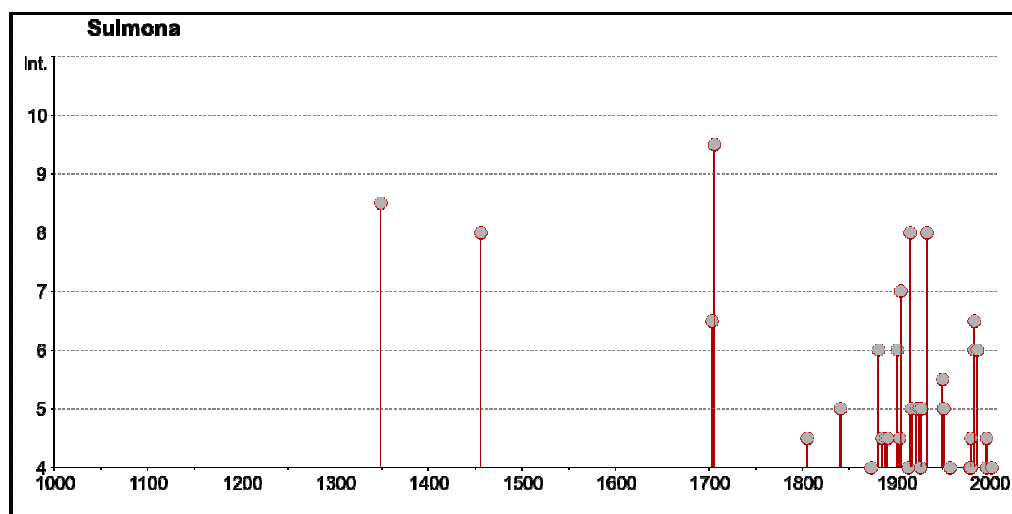


Figura 8: grafico della storia sismica di Sulmona (AQ) dall'anno 1000 al 2002.

Sulle ascisse sono riportate le intensità sismiche (Is) dei terremoti rilevati, mentre sulle ordinate è riportato il riferimento temporale espresso in anni, (<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/consultazione/località>).



Tabella 2: storia sismica di Sulmona - da INGV DBMI04 (Np = numero di osservazioni macrosismiche; I₀ = intensità epicentrale MCS; Is = intensità al sito MCS; Mw = magnitudo momento)

Storia sismica di Sulmona (Aq)					
[42.047, 13.928]					
Numero di terremoti: 50					
Effetti	in occasione del terremoto occorso:				
Is	Anno Mese Giorno Ora Minuti	Area Epicentrale	Np	I ₀	Mw
NR	1315 12 03	Castelli dell'Aquilano	13	8	5.57 ±0.34
8-9	1349 09 09	Abruzzo	4		
8	1456 12 05	MOLISE	199	11	7.22 ±0.13
6-7	1703 01 14 18:00	Appennino umbro-reatino	199	11	6.74 ±0.11
9-10	1706 11 03 13:00	Maiella	99	10-11	6.83 ±0.16
NC	1730 05 12 05:00	Valnerina	115	9	5.92 ±0.16
4-5	1805 07 26 21:00	Molise	223	10	6.62 ±0.11
F	1841 02 21	S.MARCO IN LAMIS	13	6-7	5.27 ±0.28
5	1841 06 10	Valle dell'Aventino	11	7	4.95 ±0.56
4	1873 07 12 06:06	Monti della Meta	62	7-8	5.35 ±0.20
6	1881 09 10 07:00	Abruzzo meridionale	29	8	5.59 ±0.32
4-5	1885 04 10 01:44	Avezzano	44	5	4.66 ±0.24
4-5	1889 12 08	APRICENA	122	7	5.69 ±0.13
4-5	1891 05 09 00:16	VAL ROVETO	41	5	4.50 ±0.19
3	1892 01 22	COLLI ALBANI	81	7	5.15 ±0.17
F	1892 06 06	TREMITI	72	6	5.06 ±0.19
6	1901 07 31 10:38:30	Monti della Meta	76	7	5.23 ±0.17
4-5	1904 11 02 15:32:05	Marsica est	44	5-6	4.60 ±0.28
7	1905 08 25 20:41	SULMONA	39	6	5.16 ±0.26
2	1909 01 13 00:45	BASSA PADANA	799	6-7	5.53 ±0.09
4	1913 01 03 13:39:25	Marsica sud-est	44	5-6	4.66 ±0.25
8	1915 01 13 06:52	Avezzano	1041	11	7.00 ±0.09
F	1916 04 22 04:33	Aquilano	9	6-7	5.10 ±0.25
5	1917 01 03 01:35	Marsica est	57		
5	1922 12 29 12:22:10	Bassa Val Roveto	119	6-7	5.19 ±0.12
5	1925 09 24 13:33:24	Molise occidentale	50	7	5.20 ±0.17
4	1926 12 18 21:07:20	Trasacco	26	5	4.48 ±0.32
5	1927 10 11 14:45:03	Media Val Roveto	81	7	5.19 ±0.15
NF	1927 12 26 15:06:14	Colli Albani	38	7	4.93 ±0.20
3	1930 07 23 00:08:43	Irpinia	547	10	6.62 ±0.09
8	1933 09 26 03:33:29	Maiella	326	9	5.95 ±0.09
5-6	1950 09 05 04:08	GRAN SASSO	386	8	5.68 ±0.07
5	1951 08 08 19:56	Gran Sasso	94	7	5.30 ±0.14
4	1958 06 24 06:07:04	L'Aquila	152	7-8	5.21 ±0.11
NF	1960 03 14 04:44	Marsica	40	7	4.75 ±0.37
3	1961 10 31 13:37:18	Antrodoto	84	8	5.13 ±0.18
4	1979 09 19 21:35:37	Valnerina	694	8-9	5.86 ±0.09
4	1980 06 14 20:56:50	Marsica sud-est	69	5-6	4.99 ±0.09
4-5	1980 11 23 18:34:52	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.89 ±0.09
NF	1984 04 29 05:02:60	GUBBIO/VALFABBRICA	709	7	5.65 ±0.09
6-7	1984 05 07 17:49:43	Appennino abruzzese	912	8	5.89 ±0.09
6	1984 05 11 10:41:50	Appennino abruzzese	342		5.50 ±0.09
NF	1986 10 13 05:10:01	Appennino umbro-marchigiano	322	5-6	4.65 ±0.09
6	1987 07 03 10:21:58	PORTO SAN GIORGIO	359		5.09 ±0.09

NF	1990 05 05 07:21:22	Potentino	1374		5.80 ±0.09
4	1997 09 26 00:33:13	Appennino umbro-marchigiano	760		5.70 ±0.09
4-5	1997 10 14 15:23:11	Appennino umbro-marchigiano	786	7-8	5.65 ±0.09
3	2000 10 25 08:42:02	Val Comino	57	5	4.17 ±0.15
4	2002 11 01 15:09:02	Subapp. Dauno	645		5.72 ±0.09
NF	2003 06 01 15:45:18	Molise	516	5	4.50 ±0.09



Figura 9: interrogazione del database delle faglie capaci ITHACA, su stralcio immagine satellitare. La linea rossa è la faglia attiva del M. Morrone; la puntina blu rappresenta il sito in esame.

5.2 CATEGORIA DEL SUOLO

Per classificare un sito dal punto di vista sismico è necessario conoscere le caratteristiche sismo-stratigrafiche o lito-stratigrafiche del sottosuolo dell'area indagata. In particolare devono essere noti:

- il numero e lo spessore degli strati di copertura, cioè dei livelli sovrastanti il *bedrock* o il *bedrock sismico*, intendendo con questi termini rispettivamente l'eventuale substrato roccioso (*bedrock*) o uno strato con velocità delle onde S > 800 m/s (*bedrock sismico*);



- la velocità delle onde S negli strati di copertura.

La caratterizzazione può essere effettuata utilizzando prove penetrometriche dinamiche o statiche conformabili all'SPT o, come si raccomanda e preferibilmente, attraverso indagini di sismica (rifrazione, M.A.S.W., Down-Hole o Cross-Hole, microtremiti).

L'Ordinanza n. 3274 del 25 marzo 2003 ed il D.M. 14.01.2008 ss.mm.ii aggiornano la normativa sismica con l'attribuzione alle diverse località del territorio nazionale di un valore di scuotimento sismico di riferimento, espresso in termini d'incremento dell'accelerazione al suolo; inoltre propongono la classificazione di un sito basata su una serie di profili stratigrafici tipo, che vengono individuati in relazione ai parametri di velocità di propagazione delle onde di taglio o sulla base dei valori NSPT mediate sui primi 30 metri di terreno (V_{s30} o N_{spt30}), a cui corrispondono diverse categorie. Tali categorie sono:

- **A. Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi** caratterizzati da valori di V_{s30} maggiori di 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m;
- **B. Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti** con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà geomeccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 e 800 m/s;
- **C. Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti** con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s;
- **D. Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti** con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} minori di 180 m/s;
- **E. Terreni di sottosuolo di tipo C o D** per spessore non superiore a 20 m, posti su substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/s).

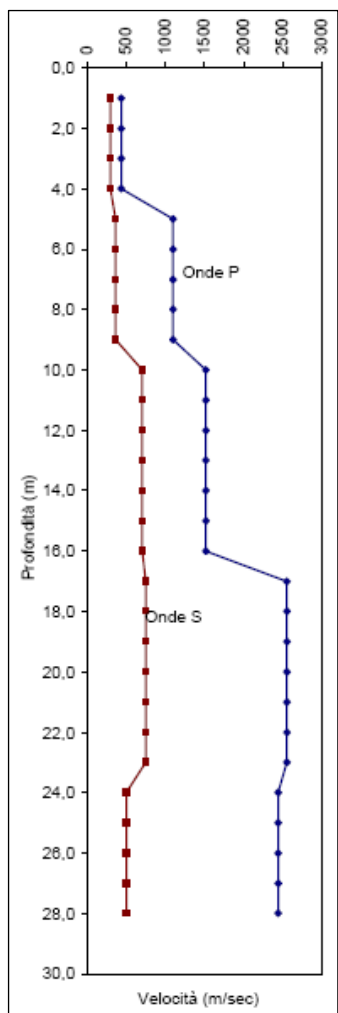
A cui si aggiungono ulteriori due categorie:

- **S1.** Depositati di terreni caratterizzati da valori di V_{s30} minori di 100 m/s, che includono uno strato di almeno 8,0 m di terreni a grana fina di bassa consistenza oppure che includono almeno 3,0 m di torba o di argille organiche;
- **S2.** Depositati di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.

Per le prime 5 categorie di sottosuolo (dalla A alla E) le azioni sismiche sono definite dal D.M. 14.01.2008 attraverso opportuni coefficienti da utilizzare per la determinazione degli spettri di risposta. In particolare, in base

alla categoria di sottosuolo si definiscono i coefficienti S_s (coefficiente di amplificazione stratigrafica) e C_c (coefficiente funzione della categoria di suolo) che per sottosuolo di categoria A valgono 1, mentre per le altre categorie si calcolano in funzione dei parametri A_g , F_0 e T_c^* forniti in base alle coordinate geografiche del sito in esame.

La prova geofisica Down-Hole, eseguita nel foro di sondaggio dell'Istituto Tecnico-Commerciale antistante il lotto in esame (cfr. figura a fianco), ha evidenziato una velocità media di propagazione delle onde S nel sottosuolo entro i primi 30 m dal piano di posa delle fondazioni (V_{s30}) pari a 494 m/s; mentre la prova di tipo M.A.S.W. ha fornito un valore di $V_{s30} = 528$ m/s. Alla luce dei dati consultati è possibile assegnare al sottosuolo del lotto in esame una **categoria B**.



5.3 VALORI DI PERICOLOSITÀ SISMICA

Ai sensi dell'OPCM 3519 del 28 aprile 2006 la "pericolosità sismica di base" deve essere verificata in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta nelle condizioni di sito di riferimento rigido, in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento), per diverse probabilità di superamento in diversi periodi di ritorno T_R ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni. Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali su sito di riferimento orizzontale rigido, in funzione dei tre seguenti parametri:

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



L'azione sismica così individuata viene successivamente variata per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

Nel calcolo della pericolosità sismica di base, riferita al sito specifico di cui in seguito si forniranno le coordinate, si consiglia di considerare un tempo di ritorno (T_R) non inferiore a 475 anni. Questo al fine di assegnare agli spettri di risposta elastici una forma e, quindi, dei valori più vicini alla realtà evidenziata dalla sequenza sismica del 6 aprile 2009 che ha fatto registrare in alcuni punti valori di a_g superiori al 0.250-0.275 assegnato a tale porzione di territorio dalla cartografia ufficiale disponibile.

Gli spettri di risposta sono stati ottenuti con il software "Azioni sismiche - Spettri di risposta ver. 1.03" a disposizione sul sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Tale software fornisce gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticale) delle azioni sismiche di progetto per il sito specifico del territorio nazionale.

Il sito indagato è compreso ai sensi dell'OPCM 3519 del 28 aprile 2006 (All. 1b) nella sottozona con $0,250 < a_g < 0,275$. Al fine di fornire una completa caratterizzazione sismica dell'area oggetto di studio, ed in considerazione di quanto indicato al punto 3.2 delle NCT2008, segue ora la "VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA" in termini di "Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali".



Con riferimento al lotto in esame, si evidenzia che le determinazioni dei parametri sismici che seguono sono riferite alle seguenti COORDINATE GEOGRAFICHE:

WGS84

LAT : 42,052144

LON : 13,927552

ED50

LAT : 42,053119

LON : 13,928448

Il software individua nella prima fase la posizione del punto di coordinate rispetto al reticolo dei punti di accelerazione calcolati, come indicato nella figura a fianco.

In seguito all'individuazione del punto oggetto di analisi, si ottengono i valori dei parametri a_g , F_0 e T_c^* rispetto al periodo di ritorno considerato.

Tabella 3: valori dei parametri a_g , F_0 e T_c^* rispetto al T_R considerato

Tr (anni)	a_g (g)	F_0 (--)	T_c^* (s)
30	0,077	2,370	0,275
50	0,101	2,327	0,284
72	0,120	2,312	0,291
101	0,140	2,293	0,299
140	0,161	2,288	0,314
201	0,187	2,303	0,321
475	0,256	2,363	0,346
975	0,328	2,403	0,363
2475	0,444	2,463	0,379

Nella successiva fase è importante tener conto delle condizioni topografiche dell'area oggetto del presente studio; in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico (S_T) riportati nella Tabella 5, in funzione della categoria topografica definita in base al valore della pendenza del sito (cfr. tabella 4). Il lotto in esame, presso il Comune di Sulmona, mostra una debole inclinazione compresa tra 1° e 2° per cui è possibile assegnare la categoria topografica $T1$, a cui si corrisponde un valore del coefficiente S_T pari a 1.

Tabella 4: Categorie topografiche (da Tabella 3.2.IV NTC 2008)

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

Tabella 5: Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T (da Tabella 3.2.VI NTC 2008)

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 del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

In fine, considerando una categoria di suolo B ed una categoria topografica T1 si ottengono i seguenti valori dei coefficienti sismici, utili a definire i punti degli spettri di risposta:

Stato limite	S_s [-]	C_c [-]	S_t [-]	K_h [-]	K_v [-]	a_{max} [m/s ²]	β [-]
SLO	1,200	1,420	1	0,018	0,009	0,905	0,200
SLD	1,200	1,410	1	0,029	0,015	1,187	0,240
SLV	1,160	1,360	1	0,083	0,042	2,908	0,280
SLC	1,090	1,350	1	0,100	0,050	3,497	0,280

5.4 MISURE HVSR ESEGUITE NEL LOTTO DI INTERESSE

Nel lotto oggetto di intervento la scrivente ha realizzato n. 2 registrazioni dei microtremori, in stazione singola, con tromografo digitale della ditta MicroMed, comunemente chiamato tromino.

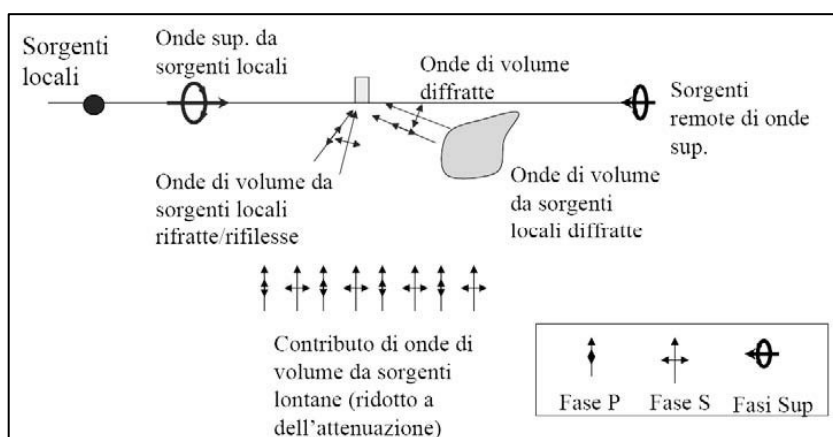
Il tromografo digitale è progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico, dotato di tre sensori elettrodinamici (*velocimetri*) orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentato a batterie, fornito di GPS interno è senza cavi esterni. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, vengono acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) è basata sulla misura dei rapporti medi fra le ampiezze spettrali delle componenti orizzontali e verticale del rumore sismico ambientale. Le frequenze di risonanza corrispondono ai massimi della funzione che rappresenta i rapporti spettrali medi (picchi nella traccia di registrazione) in funzione della frequenza (funzione H/V). L'ampiezza di questi massimi, ovvero dei picchi, è

proporzionale (anche se non linearmente) all'entità del contrasto di impedenza sismica esistente alla base della copertura. La struttura del campo di onde presente nel terreno (rumore sismico ambientale, microtremore, rumore sismico o seismic noise) è condizionata dalle caratteristiche delle sorgenti che lo determinano (siano esse naturali, come le onde marine o antropiche come il traffico veicolare) e dalle proprietà meccaniche dei terreni. Infatti ciascuna sorgente genera un treno di onde che raggiunge il punto di misura con caratteristiche che dipendono dall'entità delle sollecitazioni nelle componenti orizzontali e verticali del moto e dalle modalità di propagazione fra la sorgente e il sito (in funzione dei fenomeni di riflessione, rifrazione e diffrazione che hanno luogo in corrispondenza di variazioni delle proprietà meccaniche dei terreni nel sottosuolo).

In genere, nel campo di rumore ambientale, sono presenti sia onde di volume (P ed S in quantità variabili) che onde superficiali (Love e Rayleigh). La frazione di energia associata alla componente di onde di volume rispetto a quella associata alle onde superficiali varia da caso a caso e dipende fortemente dall'intervallo di frequenze considerato.

Perciò se si prende in considerazione un intervallo di tempo opportunamente lungo (almeno dell'ordine della decina di minuti), le proprietà medie di un campo di onde sismiche generato da una molteplicità di sorgenti di diversa



natura, distribuite casualmente attorno ad un punto di misura, tendono ad avere un andamento che non dipende dalle singole sorgenti che hanno generato il campo stesso, ma solo dalle proprietà del mezzo in cui le onde si propagano e dal livello energetico medio dell'attività

antropica o naturale nell'attorno del punto di registrazione. In generale, le caratteristiche del mezzo interessato dal moto sismico influenzeranno l'ampiezza relativa delle diverse fasi sismiche (onde P, S, Rayleigh e Love) e le direzioni di emergenza delle onde al punto di misura.

Il picco visibile nei rapporti H/V è correlato con la frequenza fondamentale di risonanza del terreno soggetto alla propagazione di onde S verticali e con il picco fondamentale delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh.

L'ampiezza può invece essere considerato una stima ragionevole (come ordine di grandezza) della risposta sismica locale, almeno in termini di limite inferiore. Poiché l'amplificazione delle onde S alla superficie potrebbe dipendere dall'angolo di incidenza, nel calcolo è conveniente effettuare la media di quanti più eventi possibile ovvero protrarre la registrazione per 20 minuti; in questo modo si può inoltre valutare l'effetto di più sorgenti di rumore tra loro combinate, superando il problema di una loro eventuale accentuata localizzazione.



Il moto sismico è amplificato in corrispondenza di determinate frequenze, che corrispondono alle frequenze naturali (f_n) di vibrazione del deposito, mentre risulta ridotto di amplificazione alle frequenze elevate a causa dello smorzamento del terreno. Di particolare importanza è la frequenza naturale di vibrazione del deposito f_1 , denominata *frequenza fondamentale di risonanza*:

$$f_1 = 1 / T_1 = V_s / 4H$$

È necessario porre estrema attenzione a fenomeni di “doppia risonanza”, cioè la corrispondenza o vicinanza tra le frequenze fondamentali del segnale sismico, così come trasmesso in superficie, e quelle dei manufatti ivi edificati in quanto le azioni sismiche su di essi sarebbero artificialmente amplificate con importante aggravio di sollecitazioni sulla struttura. Da un punto di vista di pericolosità sismica, deve essere quindi evitata la vicinanza delle frequenze di risonanza del terreno e della struttura:

$$\text{freq. naturale edificio} \approx \text{freq. fondamentale di risonanza del sito}$$

In linea generale, quindi, le misure passive del rumore sismico ambientale elaborate secondo la tecnica proposta da Nakamura (1989), applicata nel presente lavoro, consentono l'individuazione di possibili fenomeni di risonanza sismica e la misura delle corrispondenti frequenze di vibrazione dei terreni.

Seguono descrizione e interpretazione delle singole misure effettuate nel lotto.

TR1

La traccia denominata TR1 è stata registrata in data 18 Settembre 2012, in corrispondenza dell'estremo meridionale del lotto di progetto.

Non è stato necessario procedere alla pulitura della traccia, ovvero alla rimozione dei transienti (disturbi soprattutto di natura antropica) che disperdono i dati attorno alla media.

La traccia ottenuta dalla registrazione mostra un picco ad altissime frequenza, circa 61 Hz, con ampiezza 2 causato dalla presenza di terreno di riporto e materiale di risulta misto entro il primo metro di profondità dal p.c.; segue un secondo picco a circa 1,3 Hz di frequenza e ampiezza di poco inferiore a 2 correlabile invece alla stratigrafia del sottosuolo e, più precisamente, ad un passaggio significativo tra i depositi alluvionali e il tetto della formazione lacustre. Quest'ultimo deposito, in alcuni casi, può essere assimilabile ad un substrato sismico ($V_s > 800$ m/s) e generare, quindi, forti contrasti di impedenza.

Secondo le linee guida del progetto SESAME, sono significativi e vanno considerati solo i picchi con valore di ampiezza pari o superiore a 3. Tuttavia la scrivente ritiene corretto considerare ogni picco del rapporto H/V, dato che il progetto suddetto è stato redatto e validato su una lunga campagna di misurazione condotta nelle valli alpine con caratteristiche geo-litologiche e morfologiche sostanzialmente diverse dalla zona centro-appenninica. Resta il



fatto che non esistono ancora linee guida valide per la regione Abruzzo, a cui far riferimento in casi particolari come il presente.

L'analisi delle singole componenti spettrali mostra, inoltre, una serie di inversioni di velocità considerate piuttosto lievi (componenti sopra-sotto al di sopra delle nord-sud e delle est-ovest accoppiate) entro i range di frequenza 2-7,5 Hz e 8,5-15 Hz; tale dato è in perfetto accordo con il modello geologico del sottosuolo ricostruito nel capitolo 3, secondo cui entro i depositi a granulometria grossolana (ghiaie), che rappresentano la tipologia di deposito prevalente, si intercalano lenti e/o livelli a granulometria più fine (sabbie limose - limi sabbiosi) secondo una geometria irregolare.

TR2

Anche la traccia denominata TR2 è stata registrata in data 18 Settembre 2012, ma in corrispondenza dell'estremo settentrionale del lotto di progetto.

Non è stato necessario, anche in questo caso, procedere alla pulitura della traccia, ovvero alla rimozione dei transienti (disturbi soprattutto di natura antropica) che disperdono i dati attorno alla media.

La traccia in esame conferma la presenza dei due picchi notati nella prima, ma con ampiezze lievemente diverse: il picco a frequenze altissime (circa 50 Hz) ha ampiezza di poco inferiore a 2, mentre il picco a frequenze significative dal punto di vista geo-sismo-stratigrafico (1,31 Hz di frequenza) ha un'ampiezza di poco superiore a 2. Valgono le stesse considerazioni e correlazioni riportate nell'interpretazione della precedente traccia TR1.

Anche nella traccia TR2 si nota una debole inversione di velocità, entro il range di frequenza 2-6 Hz.



6. PERICOLOSITÀ E RISCHI GEOLOGICI

All'interno del territorio comunale di Sulmona si è tentato di individuare le aree eventualmente caratterizzate da pericolosità geologica, idrogeologica e sismica.

La pericolosità geologica è la sintesi degli elementi geo-litostratigrafici e geomorfologici caratterizzanti il territorio.

La pericolosità idrogeologica, invece, individua la vulnerabilità del territorio in funzione della permeabilità dei litotipi affioranti e della stabilità, nei confronti della gravità, di particolari forme morfologiche.

La pericolosità sismica locale, in fine, è la possibilità di accadimento di un evento sismico che causa danni più o meno severi a cose e a persone accompagnato da eventuali fenomeni di amplificazione del moto sismico registrato al suolo.

6.1 PROPENSIONE AL DISSESTO IDROGEOLOGICO

La propensione al dissesto è una prima valutazione della tendenza all'instabilità del territorio. Per condurre tale valutazione sono state confrontate le informazioni di carattere lito-stratigrafico, topografico e morfologico trattate nel corso del presente elaborato; inoltre, sono state consultate la Carta della Pericolosità e la Carta del Rischio Idrogeologico redatte dall'Autorità di Bacino dell'Abruzzo in scala 1:25.000 e la Trasposizione su PRG delle scarpate morfologiche e delle previsioni del P.A.I. in scala 1:5.000.

Il lotto in esame alla data di redazione del presente studio risulta stabile dal punto di vista geomorfologico e non presenta alcun grado di pericolosità e, quindi, di rischio idrogeologico per le cose e/o le persone.

6.2 PROPENSIONE ALL'ESONDABILITÀ

Il lotto in esame è in destra idrografica del Fiume Vella, ma si trova ad una quota di circa 15 m superiore rispetto a quella dell'alveo fluviale attuale.

Dalla consultazione degli strumenti urbanistici comunali e della cartografia prodotta dal Piano Stralcio Difesa dalle Alluvioni della Regione Abruzzo (PSDA), unitamente alle osservazioni condotte durante il rilevamento dalla scrivente, è possibile affermare che il lotto in esame è al di fuori delle aree esondabili, stabilite considerando piene con tempo di ritorno (T_r) di 150 anni. Inoltre, nei pressi del sito in esame non sono individuabili fossi o altre forme riconducibili alla raccolta concentrata e allo scorrimento delle acque torrentizie, che potrebbero causare alluvionamenti a seguito dello straripamento nei periodi di massima e più violenta piovosità.

6.3 LIQUEFAZIONE

La liquefazione è un fenomeno per cui, in conseguenza dell'applicazione di azioni dinamiche, quali le azioni sismiche, agenti in condizioni non drenate, un terreno perde la propria resistenza al taglio. Nel rispetto delle NTC e



da quanto riportato su *“Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica”*, a cura del Dipartimento di Protezione Civile, ai fini della progettazione è importante valutare la possibilità di occorrenza di fenomeni liquefazione. Il pericolo liquefazione deve essere accertato in base alla possibilità di concomitanza di fattori scatenanti (caratteristiche dei terremoti attesi) e predisponenti (susceptibilità dei terreni).

La probabilità che un deposito incoerente raggiunga le condizioni per la liquefazione dipende prevalentemente dalle proprietà geotecniche, dallo stato di addensamento del deposito, dalla composizione granulometrica, dalle condizioni di drenaggio, dalla storia delle sollecitazioni sismiche (caratteristiche delle vibrazioni sismiche e loro durata) e dall'età del deposito stesso. Tanto minore è il grado di addensamento del materiale, tanto maggiore è la probabilità che, a parità di altre condizioni, un deposito raggiunga lo stato di liquefazione.

La probabilità che in terreni sabbiosi saturi si manifesti la liquefazione è bassa o nulla se si verifica almeno una delle seguenti condizioni:

1. evento sismico atteso di magnitudo inferiore a 5;
2. terreni con caratteristiche ricadenti nelle seguenti condizioni:
 - 2.1. FC (frazione di fine) superiore al 20% con indice di plasticità $PI > 10$;
 - 2.2. $FC \geq 35\%$ e resistenza $(N_1)_{60} > 20$;
 - 2.3. $FC \leq 5\%$ e resistenza $(N_1)_{60} > 25$

$$\text{con } (N_1)_{60} = C_N \cdot N_{spt} \quad \text{e} \quad C_N = \frac{2}{1 + \frac{\sigma'_v}{100}} ;$$

3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal p.c.;
4. spessore del deposito potenzialmente liquefacibile inferiore dello spessore non liquefacibile sovrastante.

Nella storia del Comune di Sulmona sono diversi gli eventi sismici occorsi (cfr. capitolo 5.1), per cui va approfondita l'analisi della suscettibilità alla liquefazione nell'area di studio.

La granulometria prevalentemente ghiaiosa, con frazioni di sabbiosa grossolana debolmente limosa, del deposito indagato unitamente all'assenza di una falda continua e persistente entro i primi 15 m dal p.c., non comporta suscettibilità a liquefazione nel sito di intervento.



7. ZONING GEOLOGICO-TECNICO e FATTIBILITÀ GEOLOGICA

L'analisi della fattibilità geologica della variante al PRG in oggetto rappresenta il documento di sintesi dello studio condotto dalla scrivente nel lotto distinto al catasto sul Foglio 43 alla part.IIIa 310 del Comune di Sulmona (Aq) e individuato nel P.R.G. come "Zona per servizi pubblici: Centro Civico", in quanto compendia le informazioni sugli aspetti geomorfologici e sulla natura lito-stratigrafica del sottosuolo, sulle qualità meccaniche dei depositi e sulla risposta sismica locale. Tutte queste informazioni, opportunamente incrociate e sovrapposte, permettono di definire il "grado di vincolo geologico" dell'area in esame rispetto alla previsione urbanistica in oggetto.

La sintesi delle caratteristiche del lotto in esame, esposte nel corso del presente studio, inoltre permette di assegnare allo stesso una delle tre classi in cui è possibile classificare il territorio del Comune di Sulmona:

- **Classe I**, Aree ad Elevata-Alta Pericolosità. In questa categoria rientrano le frane attive, quiescenti, le aree a franosità diffusa sia inserite nello strumento urbanistico vigente, che individuate dal P.A.I. e/o dall'IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia); le aree con alta vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi; le aree in fascia di pericolosità idraulica elevata - molto elevata (Q 50 - 100 - 200); aree a rischio inondazione più elevato considerando piene con tempi di ritorno (Tr) di 150 anni; le aree di rispetto di pozzi e sorgenti ad uso potabile; i terreni suscettibili di liquefazione.
- **Classe II**, Aree a Medio-Bassa Pericolosità. Sono considerate tali le aree interessate da soliflusso e quelle da frane inattive e/o stabilizzate sempre secondo lo strumento urbanistico vigente, l'Autorità di Bacino Regionale e l'IFFI; inoltre le aree con scarsa vulnerabilità degli acquiferi; le aree in fascia pericolosità idraulica media - moderata (Q 50 - 100 - 200) e quelle a rischio inondazione con Tr di 150 anni; i terreni che pur non essendo liquefacibili a seguito di uno scuotimento sismico possono riportare cedimenti permanenti.
- **Classe III**, Aree a Nulla Pericolosità. Rientrano le aree stabili dal punto di vista idrogeologico; quelle con assenza di falda o con vulnerabilità nulla; le aree esterne alla perimetrazione di esondazione dei principali corsi d'acqua; terreni che a seguito di un evento sismico non fanno registrare bruschi e permanenti abbattimenti delle proprie caratteristiche fisico-meccaniche.

Alla luce dei dati ottenuti dalla consultazione di precedenti campagne indagini condotte in aree prossime e geologicamente correlabili al sito in esame circa la stratigrafia del sottosuolo, delle caratteristiche fisico-meccaniche medie e dell'assetto idrogeologico, dalle considerazioni di carattere geomorfologico e idrogeologico condotte dalla scrivente durante il rilevamento, dalla ricostruzione della sismicità storica del Comune di Sulmona e delle



caratteristiche sismiche del sottosuolo in esame anche tramite n. 2 registrazioni dei microtrempi eseguite dalla scrivente all'interno del lotto, è possibile assegnare alla part.IIIa 310 Foglio 43 la **Classe III**.

Le considerazioni appena formulate portano la scrivente a ritenere, a buona ragione, pienamente compatibile le modifiche richieste in relazione alla variante in esame del Piano Regolatore del Comune di Sulmona.



8. MICROZONAZIONE SISMICA

Non sono stati realizzati ancora gli studi di microzonazione sismica del territorio comunale di Sulmona.

Alla luce delle recenti modifiche introdotte alla L.R. n. 28 del 2011 con la Legge Finanziaria Regionale 2013 n. 2 del 10/01/2013, nei comuni dove non è stata ancora eseguita la microzonazione sismica, l'adozione degli strumenti urbanistici particolareggiati e loro varianti, l'approvazione delle lottizzazioni convenzionate e loro varianti, nonché l'adozione delle varianti parziali sono ammesse solo previa realizzazione dello studio di microzonazione sismica, da allegare alla richiesta di parere di cui all'articolo 89 del d.p.r. n. 380/2001, ma questo non deve essere validato dalla Regione.

Per cui sulla scorta del volume "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione sismica" redatto dalla Protezione Civile Nazionale nel 2008 e dei più recenti standard DPC 2012 per la redazione di tali studi, seguendo le Linee Guida per la MZS nella Regione Abruzzo (v. 1.2) la scrivente ha realizzato, limitatamente al lotto in esame e ad una stretta fascia limitrofa, una Carta Geologico-Tecnica (C.G.T.) in scala 1:2.100, una Carta delle Indagini in scala 1:2.500, una Carta delle Frequenze di Risonanza in scala 1:2.200 e una Carta delle MOPS (Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica) in scala 1:2.200 su base cartografia CTR.

È stata prodotta un'unica cartografia di ogni tipo, cercando di compensare le differenze tra gli standard nazionali e quelli regionali inserendo duplici codici, laddove necessario, poi chiariti in relazione, e preferendo il maggior dettaglio caso per caso. Tale scelta è stata percorsa nell'ottica di una più agevole comprensione e lettura dei dati e dei risultati prodotti, inoltre considerando l'esigua estensione dell'area di studio e quindi la circoscrizione dei dati a disposizione.

I dati utilizzati, e le fonti, sono elencati di seguito:

- Raccolta e archiviazione di dati pregressi ritenuti compatibili e validi circa la stratigrafia e l'assetto idrogeologico dell'area (n. 3 sondaggi geognostici);
- Rilevamento condotto dalla scrivente e conseguente ricostruzione dell'assetto geo-lito-stratigrafico e geomorfologico;
- Consultazione dei vincoli e delle cartografie ufficiali, tematiche e di base, disponibili per l'area di interesse (PAI, PSDA, IFFI, ISPRA, Strumenti Urbanistici comunali, Geoportale della Regione Abruzzo);
- Consultazione del catalogo ITHACA (Catalogo delle Faglie Capaci);
- Ricerca nei database dell'INGV circa la sismicità storica di Sulmona;
- Consultazione della Mappa di Pericolosità Sismica (INGV-mi) per ricavare i valori di $a(g)$ assegnati secondo l'ultima normativa e conoscere la disaggregazione dei dati;
- N. 2 registrazioni dei microtremori eseguite dalla scrivente all'interno del lotto per risalire al periodo fondamentale dei terreni;



- Caratterizzazione fisico-meccanica media dei terreni e categoria di suolo desunti dai risultati di campagne indagini condotte nell'attorno dell'area (n. 3 sondaggi geognostici con prove SPT in foro, n. 1 Down-Hole e n. 1 prospezione in tecnica M.A.S.W.);
- Valutazioni della pericolosità e dei rischi idro-geologici (instabilità del versante, suscettibilità alla liquefazione, vulnerabilità dell'acquifero, eventuale presenza e distanza di faglie attive e capaci);

8.1 CARTA GEOLOGICO-TECNICA

La Carta Geologico-Tecnica contiene le informazioni geologiche, geomorfologiche, litotecniche ed idrogeologiche, derivanti da rilievi diretti o da studi pregressi. Essa prevede l'utilizzo di due livelli sovrapposti:

- UNITA GEOLOGICHE rappresentative del substrato geologico rigido, non rigido e dei terreni di copertura (U.G.);
- UNITA LITOTECNICHE (U.L.).

Alle unità geologiche e litotecniche verranno sovrapposti gli elementi tettonico-strutturali, geomorfologici ed idrogeologici eventualmente presenti e/o di cui si hanno informazioni.

Nel caso in esame le U.G. cartografate appartengono esclusivamente alle **Unità Geologiche Continentali** (riferite ai "Depositi continentali e di transizione quaternari", quindi ai terreni di copertura), abbreviate con la sigla U.G.C., ed in particolare si tratta dei Depositi Alluvionali Terrazzati (sigla: at1 = terrazzo più antico) e dei Depositi Alluvionali (sigla: all).

Le caratteristiche fisico-meccaniche delle U.G.C. presenti nella carta prodotta sono rappresentate mediante sovrassegni e sigle, indicativi delle proprietà litotecniche prevalenti definendo dunque le Unità Litotecniche (U.L.).

La categoria di **Unità Litotecniche** rappresentata nella carta allegata al presente studio è quella dei **Terreni di Copertura**, in particolare ghiaia sabbiosa E4 (rif. categoria "GC", "GM" - MS2012), sabbia ghiaiosa E5 (rif. categoria "SW" - MS2012), sabbia limosa E6 (rif. categoria "SM", "SC" - MS2012) e limo sabbioso E7 (rif. categoria "MH" - MS2012) per le Unità Granulari mentre limo argilloso F3 (rif. categoria "ML", "MH" - MS2012) per le Unità Coesive, variamente alternate e/o interdigitate tra loro.

Non sono presenti Elementi Tettonico Strutturali e Geomorfologici entro l'area esaminata dalla scrivente.

8.2 CARTA DELLE MOPS

La Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica identifica la geometria di microzone potenzialmente caratterizzate da specifici effetti sismici.

Il lotto in esame rientra nelle "Zone Stabili Suscettibili di Amplificazioni locali" entro le quali sono attese possibili amplificazioni del moto sismico come effetto della situazione litostratigrafica e morfologica locale. In tali zone, come



riportato nel volume "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione sismica" sono presenti terreni di copertura, coltri di alterazione del substrato, substrato molto fratturato o caratterizzato da $V_s < 800$ m/s. Gli spessori devono essere superiori a 15 m.

Le litologie riscontrate nel sito in esame presso il Comune di Sulmona entro i primi 30 m dal p.c., che possono essere riconducibili alla tipologia "terreni di copertura", sono:

- Ghiaia sabbiosa (E4) e sabbia ghiaiosa (E5) in vario rapporto con stato di addensamento compreso tra "Addensato" (I) e "Moderatamente Addensato" (II);
- Limo sabbioso (E7) e sabbia limosa (E6) in vario rapporto e stato di addensamento da "Poco Addensato" (III) a "Moderatamente Addensato" (II);
- Limo argilloso (F3) da "Molto Consistente" (II) a "Consistente" (I).

Le microzone di questa categoria sono caratterizzate da colori con gradazione dal verde al giallo.

Nel presente studio è stata individuata n. 1 zona (MOPS) che interessa completamente il lotto in esame, riportata nella Carta delle MOPS con riempimento Pantone 7478 (conversione: C 18, M 0; Y 14, K 0) secondo MS 2012.

8.3 CARTA DELLE FREQUENZE DI RISONANZA

La misura delle vibrazioni ambientali (note anche come rumore sismico ambientale o microtremori) o della sismicità di fondo (*weak motion*) consentono di analizzare la variazione della risposta sismica di un sito al variare delle condizioni lito-stratigrafiche.

L'analisi dei microtremori attraverso la tecnica *Horizontal to Vertical Spectral Ratios* (HVSr) consente di mettere in luce fenomeni di risonanza sismica e di stimare le frequenze alle quali il moto del terreno può essere amplificato (ad es. la frequenza fondamentale di risonanza del terreno, f_0). Il metodo consente inoltre di valutare qualitativamente l'entità dell'amplificazione (A_0 , cioè l'ampiezza del picco HVSr alla frequenza f_0), anche se l'ampiezza del picco HVSr è una grandezza da interpretare con cautela, e fornire stime di massima circa la profondità del contrasto di impedenza che causa la risonanza sismica (soprattutto se le misure HVSr vengono utilizzate in associazioni ad altre informazioni sismo-stratigrafiche).

Per il presente studio sono state realizzate n. 2 registrazioni dei microtremori (cfr. CAP. 5.4) entro il lotto oggetto di futuro intervento, ciascuna della durata di 20'.

Entrambe le registrazioni hanno dato risultati quasi perfettamente sovrapponibili: mostrano un picco fondamentale a circa 1.3/1.4 Hz di frequenza e ampiezze simili attorno al valore di 2.

Questi risultati, unitamente alle conoscenze stratigrafiche, morfologiche, idrogeologiche e sismiche acquisite nel corso del presente studio hanno confermato la correttezza dell'ipotesi di inserire il lotto in esame in solo n. 1 MOPS.



CONCLUSIONI

Su incarico della Sara S.r.l. la scrivente, Dott.ssa Geol. Tania Campea iscritta all'Albo dei Geologi della Regione Abruzzo al num. 504, ha redatto la presente relazione geologica al fine della richiesta di variante al P.R. G. del Comune di Sulmona (Aq).

Lo studio si è concentrato sull'area censita catastalmente al Foglio 43 e part.IIIa 310, destinata attualmente a "Zona per servizi pubblici: Centro Civico" (Art. 3.12 del P.R.G. di Sulmona).

Sono stati reperiti dei dati riguardanti aree prossime al sito di interesse e ritenuti dalla scrivente geologicamente correlabili; in particolare si tratta di: n. 1 sondaggio geognostico con prove penetrometriche in foro (SPT), prova geofisica Down-Hole (DH) e prova geofisica M.A.S.W. eseguito presso l'Istituto Tecnico Commerciale e per Geometri "De Nino/Morandi" ad una distanza media dal lotto in esame di circa 35 m; n. 1 con prove SPT per il Liceo Sociopedagogico "G.B. Vico" distante circa 200 m; n. 1 sondaggio sempre con prove SPT in foro per il Liceo Scientifico "E. Fermi" a circa 300 m di distanza

I dati così reperiti, unitamente ad un rilievo e a n. 2 registrazioni dei microtremiti condotti dalla scrivente, hanno permesso di risalire al modello geo-litologico e ricostruire l'assetto morfologico e idrogeologico del lotto di interesse. Questo è situato sulla superficie del Terrazzo Alto di Sulmona: si tratta di un'ampia area sub pianeggiante formata dall'azione erosiva e deposizionale dei principali corsi d'acqua del Quaternario, attualmente riconducibili al F. Vella e al F. Sagittario. In particolare, l'area in esame è in destra idrografica del F. Vella ad una quota superiore di circa 15 m.

Il sottosuolo risulta composto da ghiaia poligenica eterometrica in matrice limo-sabbiosa, talora abbondante, entro cui si intercalano lenti e/o livelli di limo-sabbioso e sabbia limosa, entro i primi 27 m dal p.c., a cui segue fino alla massima profondità indagata (30 m) un banco di limo argilloso.

Non è stata riscontrata la presenza di una falda continua e persistente entro la verticale indagata, tuttavia non si esclude la possibilità di infiltrazioni verticali delle acque in relazione alle condizioni idrologiche. I depositi alluvionali antichi sono dotati di una permeabilità, per porosità, piuttosto elevata anche se i tassi di infiltrazione efficace variano a seconda della granulometria e del grado di cementazione dei depositi ghiaiosi. Le lenti limose che si intercalano nelle ghiaie rallentano il deflusso verticale delle acque, essendo questi materiali meno permeabili.

Non sono state riscontrate problematiche geotecniche che potrebbero limitare l'utilizzo del sito in esame; ma si raccomanda di procedere ad una campagna indagine per risalire alle caratteristiche specifiche e di dettaglio dei terreni di sedime, soprattutto in relazione agli interventi che si intende realizzare nel futuro.

Particolare attenzione è stata rivolta anche allo studio delle caratteristiche sismiche dell'area in esame: dai risultati della prova geofisica di tipo Down-Hole eseguita nel foro di sondaggio dell'ITC di Sulmona, al sottosuolo indagato è



possibile assegnare la categoria B; mentre dalle analisi topografiche la scrivente ritiene corretto assegnare all'area una categoria topografica T1 e, quindi, un fattore St pari a 1.

Inoltre sono state redatte la Carta Geologico-Tecnica, la Carta delle Frequenze di Risonanza e la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica, oltre che la Carta delle Indagini, per cui il lotto in esame rientra nelle "Zone Stabili Suscettibili di Amplificazioni Locali" data la stratigrafia e gli spessori riscontrati (circa 27 m di materiali appartenenti alle Unità Geologiche Continentali) e le caratteristiche litotecniche degli stessi (Unità Litotecniche dei Terreni di Copertura E2, E3, E4, E5, E6, E7 e F3). È stata individuata solo n. 1 Microzona Omogenea dal Punto di vista Sismico (MOPS 1) che riguarda interamente il lotto in esame.

In conclusione, è possibile affermare che non vi è alcuna limitazione di carattere geo-litologico, morfologico, idrogeologico e sismico per la variante richiesta alla destinazione d'uso prevista attualmente dal P.R.G. del Comune di Sulmona nel Foglio 43 part.IIIa 310.

Sulmona, 28 Gennaio 2013

Dott.ssa Geol. Tania Campea



Studio di Geologia

*Dott. Geol. Tania Campea
Via Trento, 33 Sulmona (Aq)*

*mobile: 320_7536539
P. NA: 01772420665*



ALLEGATO 1.

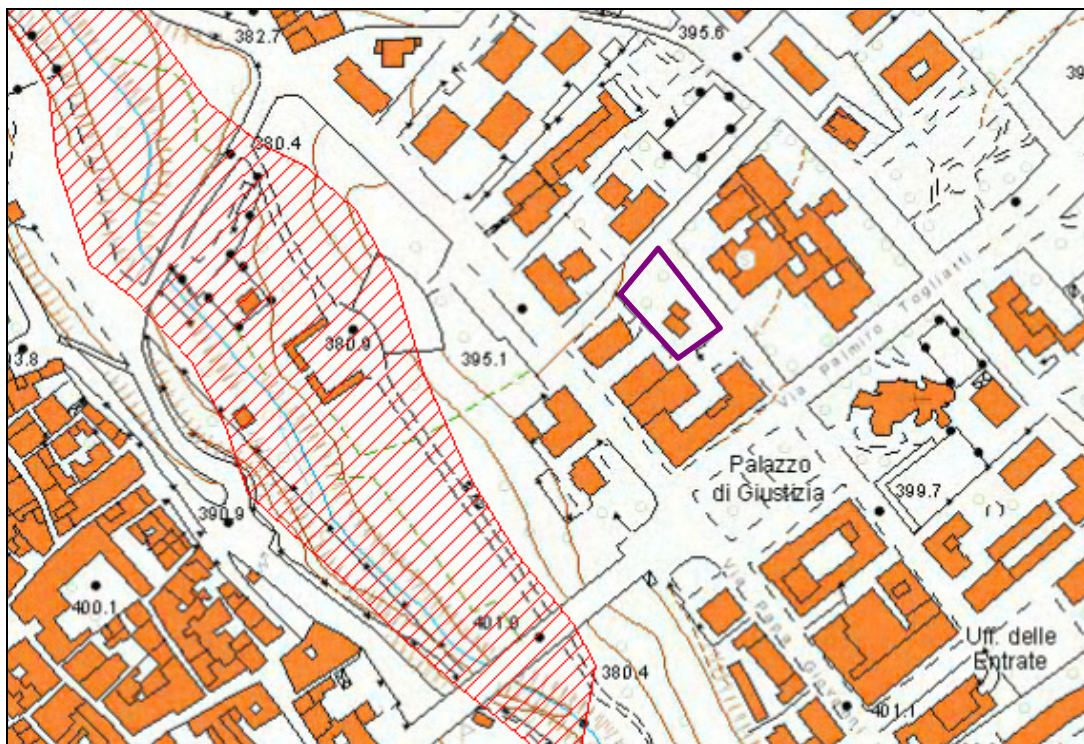
VINCOLISTICA DELL'AREA IN ESAME



Studio di Geologia




*Dott. Geol. Tania Campea
Via Trento, 33 Sulmona (Aq)*

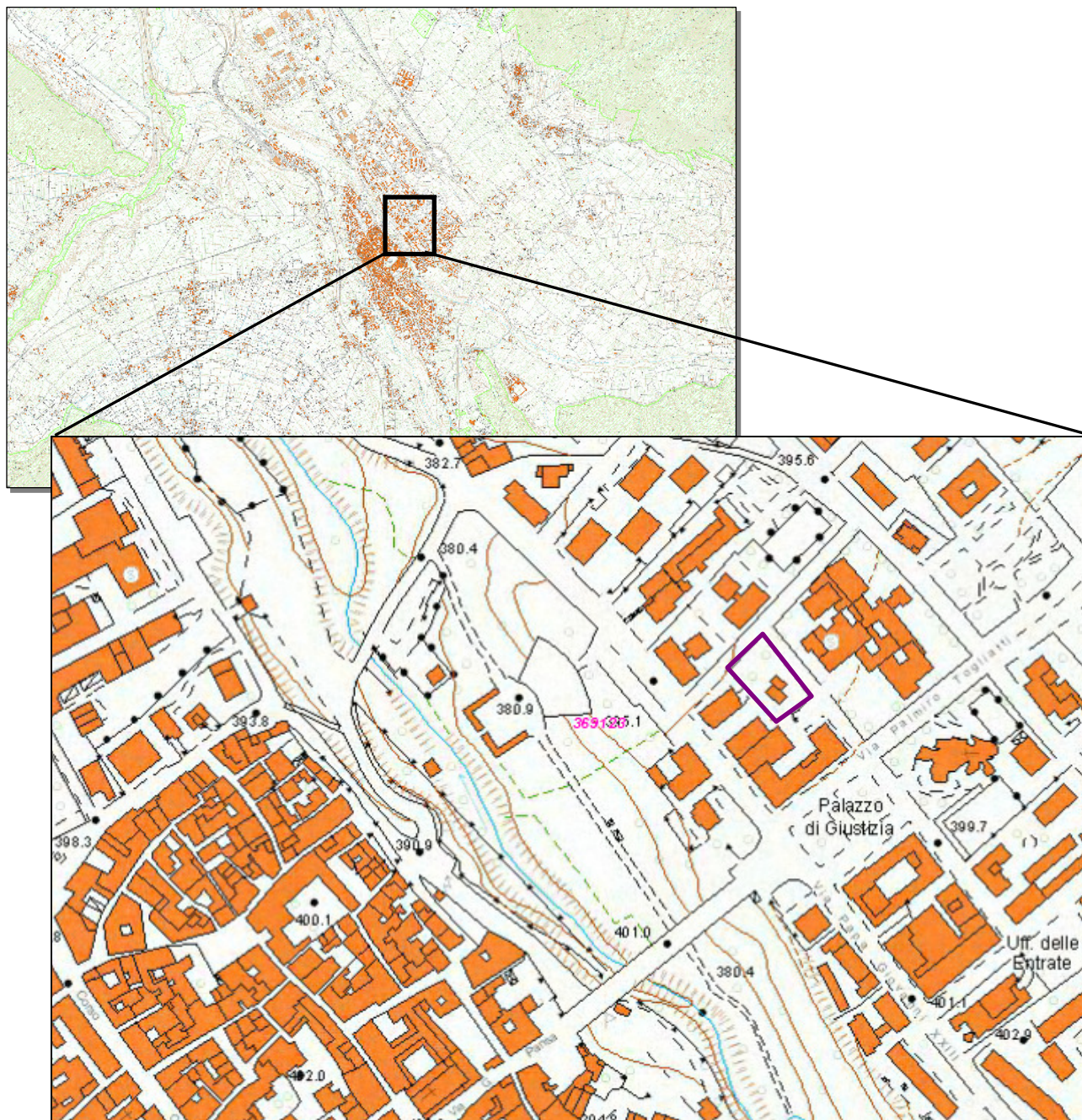
*mobile: 320_7536539
P. NA: 01772420665*



stralcio della Carta delle Aree sondabili, scala 1:5.000

LEGENDA:

-  Area a rischio di inondazione
-  Area a rischio idraulico piu' elevato
-  LOTTO IN ESAME



stralcio della Carta del Vincolo Idrogeologico ai sensi del R.D. n. 30/1923, scala 1:5.000

LEGENDA:



AREA SOTTOPOSTA A VINCOLO



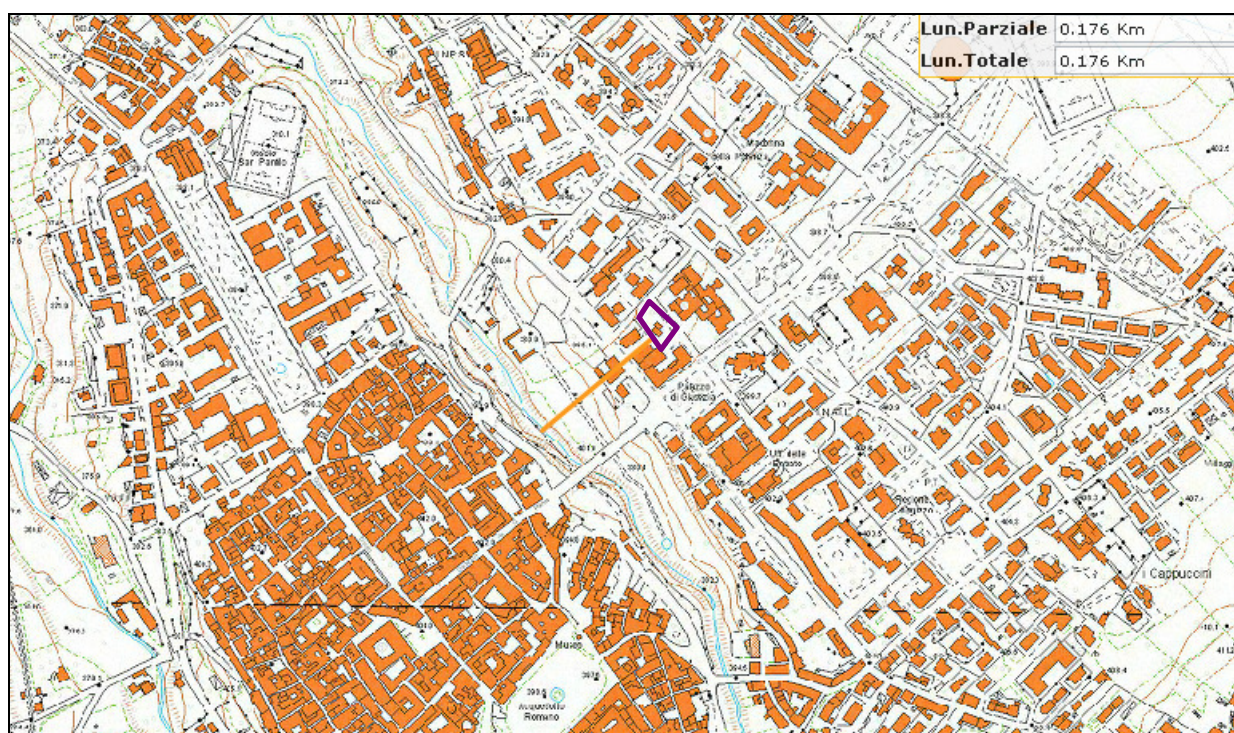
LOTTO IN ESAME



In riferimento al punto 1. della Comunicazione con data 09/01/2013 del Servizio Genio Civile Regionale - L'Aquila, con protocollo n. RA/5215, la sottoscritta Dott. Geol. Tania Campea attesta che l'opera in progetto per cui si richiede una variazione al PRG del Comune di Sulmona non va in contrasto con le disposizioni del R.D. n. 523 del 1904 per cui al CAPO I 2. "... Le disposizioni del presente articolo si applicano anche a tutte le opere di carattere pubblico che si eseguono entro l'alveo o contro le sponde di un corso d'acqua." in quanto l'intervento si realizzerà ad una distanza non inferiore a 176 m (in linea d'aria, distanza ancora maggiore se misurata a terra) dal Fiume Vella.



Inoltre, si sottolinea che il lotto in esame si trova ad una quota superiore, non meno di 15 m, dall'attuale quota dell'alveo fluviale.

Infine, si riporta anche in questa sede che il lotto in esame è al di fuori delle aree vincolate dal P.S.D.A. e, quindi, delle aree esondabili.



stralcio della CTR in scala 1:5.000 con indicata la distanza tra il lotto in esame e l'alveo del F. Vella

LEGENDA:

-  LOTTO IN ESAME
-  TRATTO DI CUI SI FORNISCE LA LUNGHEZZA



Studio di Geologia

*Dott. Geol. Tania Campea
Via Trento, 33 Sulmona (Aq)*

*mobile: 320_7536539
P. NA: 01772420665*



Studio di Geologia

*Dott. Geol. Tania Campea
Via Trento, 33 Sulmona (Aq)*

*mobile: 320_7536539
P. IVA: 01772420665*

CARTA DELLA TRASPOSIZIONE DEL P.R.G. DELLE PREVISIONI DEL P.A.I.



Studio di Geologia

*Dott. Geol. Tania Campea
Via Trento, 33 Sulmona (Aq)*

*mobile: 320_7536539
P. IVA: 01772420665*



Studio di Geologia

*Dott. Geol. Tania Campea
Via Trento, 33 Sulmona (Aq)*

*mobile: 320_7536539
P. NA: 01772420665*

CARTA DELLA TRASPOSIZIONE DEL P.R.G. DELLE PREVISIONI DEL P.S.D.A.



Studio di Geologia

*Dott. Geol. Tania Campea
Via Trento, 33 Sulmona (Aq)*

*mobile: 320_7536539
P. IVA: 01772420665*



ALLEGATO 2.

CARTA DELLE INDAGINI



Studio di Geologia

*Dott. Geol. Tania Campea
Via Trento, 33 Sulmona (Aq)*

*mobile: 320_7536539
P. IVA: 01772420665*



ALLEGATO 3.

CARTA GEOLOGICO-TECNICA



Studio di Geologia

*Dott. Geol. Tania Campea
Via Trento, 33 Sulmona (Aq)*

*mobile: 320_7536539
P. IVA: 01772420665*



ALLEGATO 4.

CARTA DELLE MOPS



Studio di Geologia

*Dott. Geol. Tania Campea
Via Trento, 33 Sulmona (Aq)*

*mobile: 320_7536539
P. IVA: 01772420665*



ALLEGATO 5.

CARTA DELLE FREQUENZE DI RISONANZA



Studio di Geologia

*Dott. Geol. Tania Campea
Via Trento, 33 Sulmona (Aq)*

*mobile: 320_7536539
P. IVA: 01772420665*



ALLEGATO 6.

STRATIGRAFIE CONSULTATE



Studio di Geologia

*Dott. Geol. Tania Campea
Via Trento, 33 Sulmona (Aq)*

*mobile: 320_7536539
P. IVA: 01772420665*



ALLEGATO 7.

RAPPORTO DELLE REGISTRAZIONI DEI MICROTREMORI



Studio di Geologia

*Dott. Geol. Tania Campea
Via Trento, 33 Sulmona (Aq)*

*mobile: 320_7536539
P. IVA: 01772420665*
