

# REGIONE CAMPANIA

Acqua Campania S.p.A.

## RISTRUTTURAZIONE FUNZIONALE DELL'ACQUEDOTTO CAMPANO SISTEMA DI ALIMENTAZIONE DELLA PENISOLA SORRENTINA E DELL'ISOLA DI CAPRI

### ADDUZIONE PRIMARIA PENISOLA SORRENTINA ALIMENTAZIONE FRAZIONI COLLINARI DEL COMUNE DI VICO EQUENSE PROGETTO ESECUTIVO

IL CONCESSIONARIO  
(ACQUA CAMPANIA S.p.A. )

IL PROGETTISTA  
FINALCA INGEGNERIA s.r.l.  
(Ing. Alfredo Postiglione)

Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
1	Settembre 2016	Aggiornamento per attività di cui all'art.26 del D.Lgs.18/04/16 n.50	V.A.	G.V.	A.P.
0	Giugno 2013	EMISSIONE PER APPROVAZIONE	V.A.	G.V.	A.P.

TITOLO :

RELAZIONE GEOLOGICA

Progettazione:

**FINALCA**  
ingegneria srl

Sostituisce il  
disegno n°

File:

Codice Commessa:

Allegato

**N° RE.SP.01**

Revisione:

1

Scala:

# INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO .....</b>	<b>4</b>
<b>3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO .....</b>	<b>9</b>
<b>4. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI .....</b>	<b>10</b>

**ALLEGATI:**

- ✓ CERTIFICATI INDAGINI GEOGNOSTICHE
- ✓ DELIMITAZIONE DELL'AREA NEGLI ALLEGATI GRAFICI DEL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO

## **1. PREMESSA**

Nelle pagine che seguono vengono esposte le risultanze dello studio geologico redatto dallo scrivente nell'ambito del progetto dei lavori di ***“RISTRUTTURAZIONE FUNZIONALE DELL'ACQUEDOTTO CAMPANO SISTEMA DI ALIMENTAZIONE DELLA PENISOLA SORRENTINA E DELL'ISOLA DI CAPRI - ADDUZIONE PRIMARIA PENISOLA SORRENTINA ALIMENTAZIONE FRAZIONI COLLINARI DEL COMUNE DI VICO EQUENSE PROGETTO ESECUTIVO”***.

In particolare, le opere di interesse geotecnico, per i cui dettagli si rimanda alla relazione generale ed agli elaborati grafici di progetto, sono rappresentati dai lavori di realizzazione di una cabina elettrica e di una centrale di sollevamento alla località San Salvatore nel Comune di Vico Equense in provincia di Napoli.

Scopo del presente lavoro è stato di caratterizzare dal punto di vista geologico, stratigrafico e geotecnico i terreni delle aree, di verificare le condizioni di stabilità dei siti interessati dalle strutture di fondazione dei manufatti e per essi ricercare i parametri fisico-meccanici al fine di fornire ai tecnici progettisti un quadro il più esauriente possibile per un responsabile e corretto dimensionamento e verifica delle strutture di fondazione.

Pertanto, al fine di accertare l'idoneità delle aree agli scopi progettuali, si è proceduti, in via preliminare, all'esame della cartografia esistente ed all'interpretazione di aerofotogrammetrie della zona e, successivamente, è stato effettuato un dettagliato rilevamento geologico sia della singola area direttamente interessata dagli interventi progettuali sia di quelle limitrofe su di una superficie adeguatamente estesa.

Verranno definite le caratteristiche geomorfologiche, geologiche ed idrogeologiche di dette aree e di quelle limitrofe per una significativa estensione, tutto ciò per fornire dettagliate indicazioni sulla morfologia dei luoghi e dell'eventuale presenza di processi geomorfici in atto e/o potenziali, sulla litologia dei terreni affioranti e del substrato e sulla circolazione idrica superficiale e sotterranea.

Per l'espletamento dell'incarico sono state innanzitutto condotte numerose osservazioni sulla morfologia e geologia dei siti d'indagine, sia mediante sopralluoghi sia attraverso un'attenta visione delle foto aeree della zona, della consultazione della cartografia tematica a disposizione e della bibliografia specialistica reperita.

A tale fase preliminare ha fatto seguito un esame più particolareggiato, dedicato alla ricostruzione della successione litostratigrafica ed alla caratterizzazione geomeccanica dei litotipi ed, infine, alla caratterizzazione delle aree in Prospettiva Sismica.

Con riferimento al **paragrafo 6.2.2 comma 7 delle NTC 14.01.2008**, trattandosi di intervento di modesta rilevanza "che ricade in una zona ben conosciuta dal punto di vista geologico", il lavoro è stato basato sull'esperienza e sulle conoscenze disponibili, ferma restando la piena responsabilità del sottoscritto e del progettista su ipotesi e scelte progettuali, ognuno per le proprie competenze. Per tale motivo, non sono stati effettuati sondaggi a carotaggio continuo ex novo ma sono stati utilizzati i dati ed i sondaggi con prove di laboratorio relativi alle indagini geologiche pregresse. In particolare sono state utilizzate le risultanze di indagini geognostiche espletate nelle adiacenze dei siti d'intervento. Dall'elaborazione e dall'analisi dei dati emersi da tali indagini, e dall'integrazione di tali informazioni mediante i risultati di indagini geognostiche condotte sugli stessi litotipi è stato possibile pervenire ad una caratterizzazione geotecnica ed ad una dettagliata litostratigrafia dei terreni costituenti la locale successione.

In considerazione dell'incidenza irrilevante degli interventi sotto il profilo geologico e geotecnico, dell'insussistenza di sostanziali modificazioni arrecate all'attuale assetto geomorfologico ed idrogeologico dell'area lo scrivente non ha ritenuto opportuno integrare tali risultati con ulteriori e superflue indagini in sito e/o di laboratorio. L'inquadramento geomorfologico del territorio è stato definito ricorrendo alle osservazioni di superficie condotte in fase di ricognizione sul terreno e ad un'attenta consultazione della cartografia tematica esistente, delle foto aeree della zona e della bibliografia specialistica reperita.

Tutti i dati acquisiti in situ, infine, sono stati confermati da quelli di carattere stratigrafico, litotecnico e geofisico desunti da numerosi sondaggi geognostici a carotaggio continuo, prove di laboratorio su campioni indisturbati ed indagini sismiche in foro e di superficie espletati per lavori eseguiti in zone contigue a quelle in studio delle cui risultanze è stata presa visione diretta dallo scrivente.

Per quest'ultima fase d'indagine, in aggiunta ai rilievi di campagna ed a completamento delle informazioni raccolte è stata programmata, nell'area d'intervento, n. 1 indagine sismica superficiale M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves).

Le considerazioni esposte sono state dedotte: dalla bibliografia scientifica esistente, dalla lettura della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 F. 196 "Sorrento - Isola di Capri", dalla tavola topografica I. G. M. in scala 1: 25000 "Sorrento", nonché dalla consultazione degli elaborati del Piano Stralcio relativi al rischio idraulico e rischio frane e del Piano Stralcio per la difesa delle coste, redatti a cura dell'Autorità di Bacino di Sarno, ai sensi della L. 183/89 e s. m. i. e dello studio geologico a corredo del Piano Regolatore Generale del Comune di Vico Equense (NA).

## **2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO**

Il sito d'intervento è ubicato alla località San salvatore nel Comune di Vico Equense, immediatamente a valle di un serbatoio-camera di manovra esistente, sul versante nord-occidentale della Penisola sorrentina ad una quota altimetrica di ca. ed è individuabile nella cartografia ufficiale I.G.M. al Foglio Foglio 466 - Sezione III – Sorrento – Serie 25 in scala 1:25000 (**Figura 1**) e nell'Elemento 466103 - "Vico Equense" della Carta Tecnica Regionale della Regione Campania in scala 1:5000 (**Figura 2**).

L'area di studio è morfologicamente caratterizzata dalla dorsale dei Monti Lattari (sono i rilievi della Penisola sorrentina e dell'Isola di Capri), che rappresenta un segmento del settore campano dell'Appennino meridionale, edificio a falde, a generale vergenza adriatica, derivante dalla deformazione neogenica di domini oceanici e di domini originariamente posizionati sul margine continentale apulo (D'ARGENIO et alii, 1973; IPPOLITO et alii, 1975; BONARDI et alii, 1988b; 2001; PATACCA & SCANDONE, 1989; 2007; SGROSSO, 1986; 1998).

In particolare, la dorsale dei Monti Lattari è in gran parte costituita da terreni derivanti dalla deformazione di aree di piattaforma carbonatica nel Mesozoico, evolventi ad avanfossa nel corso del Miocene. Le unità interne sono presenti solo come lembi attribuibili alle Unità Sicilidi che formano olistostromi nei depositi miocenici. La sovrapposizione sui terreni dell'unità tettonica di Lagonegro è invece visibile solo nel contiguo settore dei Monti Picentini, nell'area di Giffoni Valle Piana e di Campagna (IETTO, 1961).

Nel Plio-pleistocene, il segmento orogenico sud-appenninico è stato dislocato, sul versante tirrenico, da sistemi di faglie estensionali sia a basso che ad alto angolo, riconducibili alla formazione del Mar Tirreno. Questa tettonica è responsabile della formazione delle ampie piane costiere che caratterizzano la costa tirrenica ed è stata accompagnata da un'imponente attività magmatica effusiva.

Sono distinguibili, pertanto, tre settori con caratteri geologici e geomorfologici del tutto diversi:

- a. i rilievi carbonatici della dorsale dei Monti Lattari;
- b. il settore sud-occidentale della Piana Campana, corrispondente per buona parte al bacino del Fiume Sarno;
- c. l'edificio vulcanico del Somma-Vesuvio



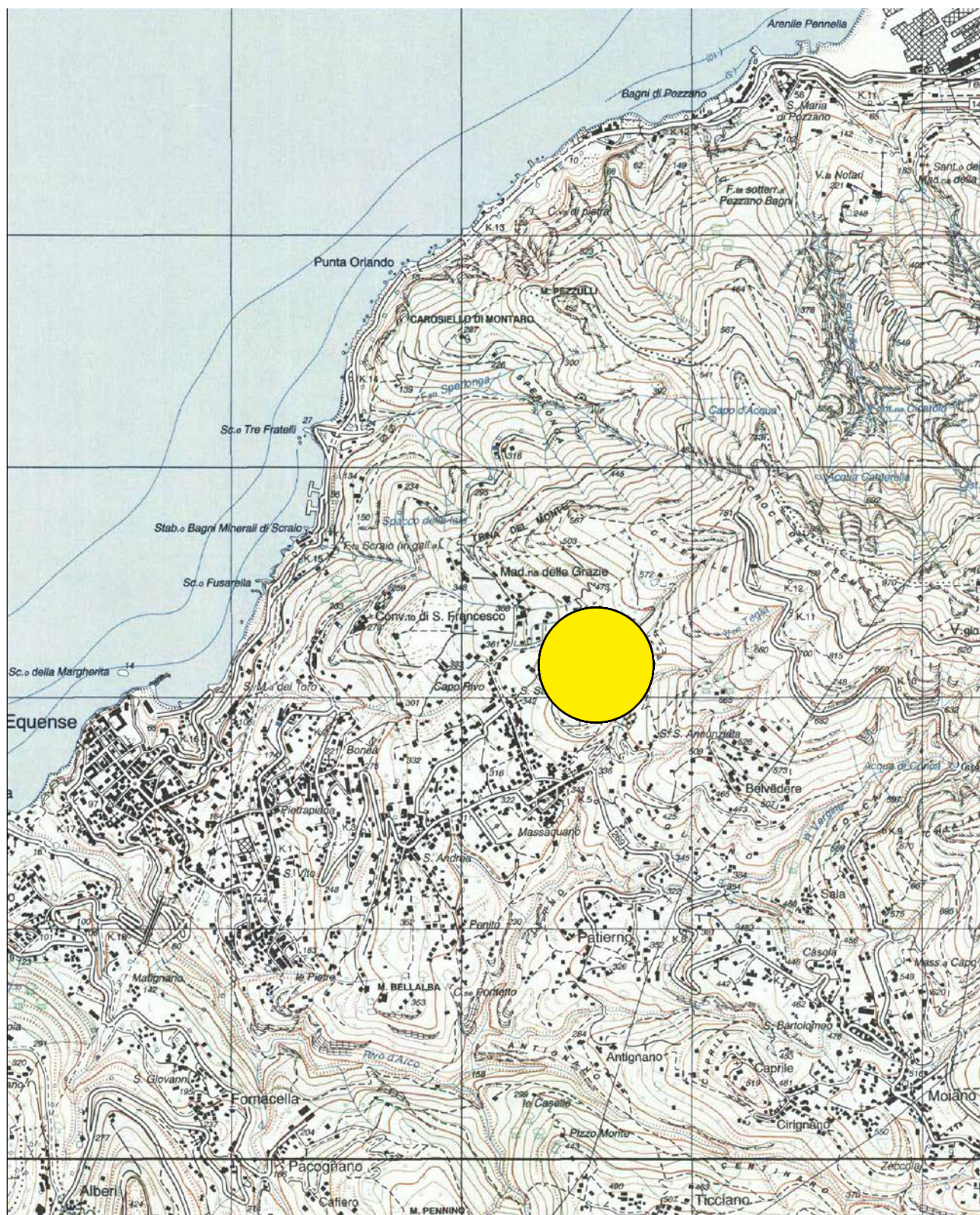


Figura 1– Corografia dell'area d'intervento  
Foglio 466 - Sezione III – Sorrento  
Scala 1:25000



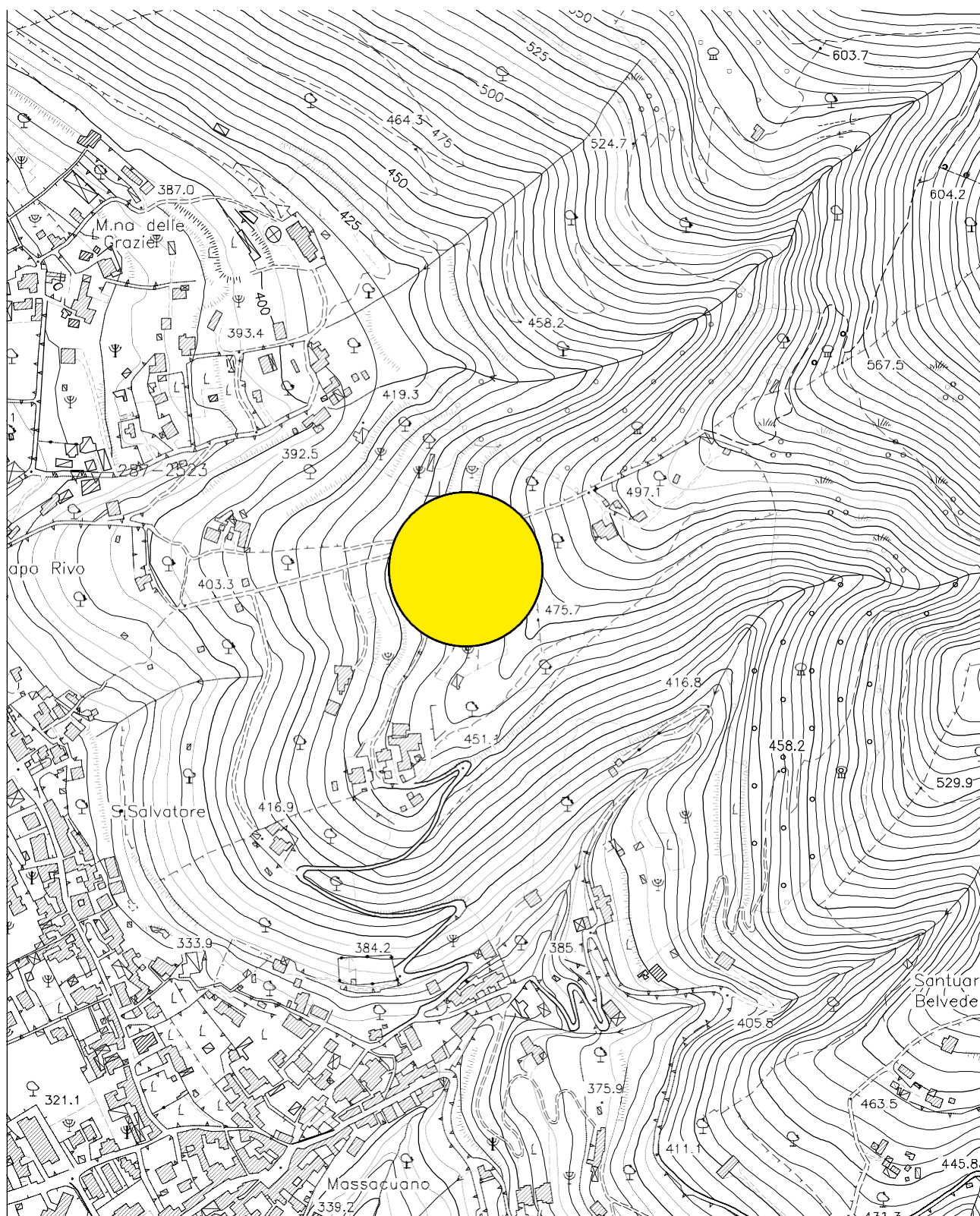


Figura 2 – Stralcio aerofotogrammetrico  
Carta tecnica numerica regionale della Regione Campania  
Elemento 466103 - "Vico Equense"  
Scala 1:5000

I Monti Lattari, che culminano col Monte S. Angelo a Tre Pizzi, sono costituiti da una successione continua di terreni carbonatici in facies di piattaforma prevalentemente interna, di età compresa tra il Triassico Superiore (Norico) ed il Cretacico Superiore (Santoniano). Livelli carnici sono segnalati nei Monti Picentini, che rappresentano la continuazione dei Monti Lattari verso est e sud-est. Lo spessore dell'intera successione carbonatica, inclusa la parte ricadente nel contiguo Foglio "Salerno", è stato stimato in oltre 4.000 m. Sui termini più alti della successione mesozoica poggiano, in trasgressione paraconforme sui carbonati del Cretacico Superiore, terreni miocenici, calcarenitici ed arenacei, che testimoniano l'evoluzione ad avanfossa dell'area di piattaforma.

Questi terreni sono stati accorpati dal punto di vista strutturale nell'Unità Monti Lattari-Monti Picentini, denominazione utilizzata anche nei contigui fogli "Salerno" e "Isola di Capri".

I Monti Lattari rappresentano un blocco di faglia immergente verso NO, delimitato da una master fault ubicata nel Golfo di Salerno ed immergente verso SE (MILIA & TORRENTE, 1997; 1999). Questa configurazione strutturale è in accordo con l'esistenza nel Golfo di Napoli di un cuneo sedimentario quaternario che si assottiglia verso i Monti Lattari e ricopre il substrato meso-cenozoico immergente di circa 7° verso NO (LATMIRAL et alii, 1971; FINETTI & MORELLI, 1974; FUSI et alii, 1991; MILIA, 1996; 1999; MILIA & TORRENTE (1999); MILIA et alii, 2003). La sezione interpretativa, che attraversa il margine campano perpendicolarmente alle faglie regionali ad andamento NE-SO, ricostruita da MILIA & TORRENTE (1999) utilizzando dati di geologia superficiale, di pozzi profondi, di gravimetria e di sismica a riflessione, mostra strutture estensionali asimmetriche, corrispondenti a semigraben riempiti da successioni quaternarie, blocchi ruotati immergenti verso NO e faglie immergenti verso SE.

I rilievi carbonatici presentano, a grande scala, dei paesaggi con forte impronta strutturale, ovvero con geometrie orografiche sostanzialmente coincidenti con quelle dei blocchi e dei compartimenti tettonici individuatisi nel corso della strutturazione della catena e, soprattutto, con i movimenti lungo le faglie ad alto angolo che nel Plio-quaternario hanno smembrato l'edificio a thrust. In particolare, lungo i margini della vasta depressione che ospita la Piana del Sarno e - fuori dal Foglio - la restante parte della Piana Campana, il paesaggio mostra alti versanti di faglia legati al collasso di questa struttura negativa, occorso, a partire dall'Emiliano-Siciliano (BERNASCONI et alii, 1981; BRANCACCIO et alii, 1999), lungo linee tettoniche orientate per lo più NO-SE e NE-SO ma anche lungo lineamenti all'incirca E-O.



In tema di variazioni di paesaggio legate a motivi litologici, vanno citati i casi dei ripiani deposizionali creati dalla coltre del Tufo Grigio Campano (Ignimbrite Campana) nella depressione di Meta-Sorrento, dissecata da strette forre e troncata frontalmente da una falesia versiliana. Terrazzi di aggradazione ignimbratica sono anche quelli che la stessa eruzione ha generato nei fondovalle del bacino di Tramonti ed in quello del Rivo d'Arco, presso Vico Equense.

Altre morfologie terrazzate per deposizione quaternaria di complessi alluvionali, talora con intercalazioni e/o ricoprimenti piroclastici, sono quelle di Vico Equense e Gragnano (conglomerati di Gragnano), legate ad un ciclo di alluvionamento precedente la messa in posto del Tufo Grigio Campano, i terrazzi in brecce del Pleistocene inferiore (brecce di Pimonte) presso gli abitati di Pimonte e Scala, nonché i ripidi terrazzi di apice di conoide incastrati nelle profonde incisioni costiere nel Pleistocene superiore, dei quali i principali sono localizzati presso Pozzano, Positano e Vettica.

Sul substrato carbonatico poggiano, con contatto sia stratigrafico che tettonico sedimenti, in parte trasgressivi, di età Miocenica in cui sono inglobati sedimenti "alloctoni" di natura arenaceo-marnosa-argillosa ascrivibili alla Formazione delle "Argille Varicolori", con spessore di alcune decine di metri.

In accordo con quanto riferito in precedenza, i terreni costituenti lo strato di fondazione dell'area interessata dal progetto sono costituiti prevalentemente da prodotti dell'attività eruttiva (fasi esplosive) dei vulcani campani (Campi Flegrei e Somma-Vesuvio) costituite da ceneri, sabbia vulcanica, pomice e lapilli. Tali prodotti si sono accumulate sia direttamente per caduta che per dilavamento dai rilievi circostanti. Sono pertanto quasi sempre rimaneggiate ed, a luoghi, intercalate da livelli e strati di terreni detritico-alluvionali frammisti a brecciole sia calcaree sia arenaceo-marnose. La porzione sommitale è ricca di sostanze organiche e costituisce la coltre di terreno vegetale.

### **3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO**

In un ampio intorno la morfologia, a seguito delle opere di sbancamento eseguite per la realizzazione delle strutture esistenti si presenta subtabulare o terrazzata. Il substrato roccioso è caratterizzato dalla presenza di un complesso calcareo da poco, a mediamente fratturato a cui si sovrappongono procedendo verso il basso terreni detritico-calcarei e vulcanici che bordano lo sperone. Sui versanti, in conseguenza della diverso comportamento alla degradazione dei litotipi affioranti, è possibile individuare due aree dalle caratteristiche morfologiche distinte a cui corrispondono due diverse unità morfologico-strutturali. In particolare, laddove prevale la componente litoide e calcarea, a comportamento rigido, la morfologia si mantiene piuttosto regolare e con inclinazioni anche rilevanti. Nelle aree in cui prevale la componente piroclastica o argillitica, sebbene in generale le pendenze siano piuttosto contenute, la morfologia è piuttosto articolata e presenta le caratteristiche concavo-convessità proprie dell'evoluzione geomorfologica dei versanti costituiti da tali formazioni.

Nell'intorno del sito di interesse, in particolare, la morfologia si mantiene piuttosto regolare con inclinazioni non rilevanti. L'indagine geomorfologica eseguita nell'area non ha evidenziato indizi di frane o dissesto potenziali od in atto per cui è stato possibile verificarne una sostanziale stabilità.

Per quanto attiene l'aspetto idrogeologico, i terreni calcarei sono caratterizzati, in relazione allo stato di cataclasi dell'ammasso, da un elevato grado di permeabilità per fessurazione e, localmente per carsismo; e dunque sono caratterizzati da una circolazione idrica sotterranea molto attiva, sono sede di elevati accumuli idrici alimentati dalla quasi totalità dalle acque di precipitazione che contribuiscono ad alimentare le falde idriche sotterranee.

Il coefficiente medio di permeabilità risulta dell'ordine di 0,01 cm/sec e si riduce, sebbene di poco, allorquando la componente sottile (sabbia calcarea) diventa preponderante rispetto agli altri termini a maggiore granulometria.

Alla buona permeabilità, il complesso calcareo associa una notevole potenza, perciò esso è sede di falde acquifere di notevole entità e poste a rilevanti profondità.

Dal quadro idrogeologico e geomorfologico descritto si evince che è possibile ipotizzare l'assenza di accumuli idrici nei livelli superficiali e di eventuali falde freatiche nei primi metri di profondità ed in particolare a quelle raggiunte per la realizzazione dell'opera in oggetto. In virtù delle pendenze non rilevanti l'aliquota di ruscellamento delle acque dilavanti assume un'irrilevante azione modellatrice areale

#### **4. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI**

Sulla base dei dati emersi nel corso del rilevamento di superficie, tenuto conto della morfologia e delle risultanze delle prove geognostiche utilizzate per la correlazione con quanto emerso dal rilevamento geologico e geomorfologico, sono da escludere senza ombra di dubbio fenomeni di instabilità e, pertanto, sotto l'aspetto geomorfologico sono da ritenersi idonee alla realizzazione delle opere in oggetto.

Sotto l'aspetto idrogeologico, dal quadro della circolazione idrica sotterranea che è stato possibile ricostruire in seguito alle indagini eseguite ne è scaturita l'assenza della falda nei primi metri di profondità che è, quindi, ininfluyente anche in termini di amplificazione sismica.

I terreni dell'area in esame ricadono nell'ambito di una formazione carboantica ricoperta da terreni di origine piroclastica. Dal punto di vista litostratigrafico e geotecnico i sedimenti che interessano il corpo fondazione sono classificabili come limi sabbiosi più o meno argillosi con inclusi clastici di natura pomicea a grana grossolana (1÷2 cm) .

Dall'analisi della tabella relativa ai parametri geotecnici riportata nelle pagine precedenti si evince che, ad eccezione dello strato superficiale di terreno agrario e della coltre superficiale che non riveste alcun interesse geotecnico e non è quindi adeguato ad essere sede del piano di sedime, i litotipi sono dotati nel complesso di buoni parametri geotecnici che consentiranno l'adozione di fondazioni di tipo superficiale per la realizzazione delle opere in oggetto.

Ad ogni modo si fa rilevare la realizzazione della cabina elettrica prevede lo sbancamento di un fronte di scavo quasi immediatamente a ridosso dell'esistente serbatoio. Le opere di sbancamento dovranno essere condotte con particolare attenzione allo scopo di garantire la sicurezza del personale di cantiere e delle strutture esistenti al contorno. A tale scopo si raccomanda vivamente di realizzare idonee opere provvisorie a sostegno dei fronti di scavo costituita da una paratia di pali affiancati adeguatamente dimensionata.

Con riferimento al **rischio idrogeologico**, come evidenziato negli allegati riportati alla fine del presente lavoro, nel piano stralcio "PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO" - RISCHIO IDRAULICO E RISCHIO FRANA" dell'Autorità di Bacino di Sarno non rientrano tra le aree classificate a pericolosità o rischio da frana ed idraulico

Il sottoscritto si riserva di eseguire qualsiasi indagine in sito e/o di laboratorio qualora in fase di realizzazione dei lavori previsti dovessero presentarsi situazioni non previste nella presente relazione.

Si rimane a disposizione della Direzione Lavori per eventuali consultazioni in fase di esecuzione dell'opera.

Tanto dovevasi per incarico ricevuto.

Il tecnico

t. geol. Lucio Gnazzo



*Lucio Gnazzo*



## ALLEGATI

1 - CERTIFICATI INDAGINI GEOGNOSTICHE

2 - DELIMITAZIONE DELL'AREA NEGLI ALLEGATI GRAFICI DEL  
PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO

# INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2. PROSPEZIONE SISMICA M.A.S.W.....</b>	<b>2</b>
2.1. ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI .....	5
<b>3. INTERPRETAZIONE ED ANALISI DEI DATI .....</b>	<b>10</b>
3.1. PROFILO IN SITO .....	11
3.2. RISULTATI FINALI .....	13
3.3. TIPO DI SUOLO .....	14
<b>4. CLASSIFICAZIONE SISMICA .....</b>	<b>15</b>

## 1. PREMESSA

Ad integrazione delle informazioni reperite, nell'area d'intervento è stata effettuata una campagna di prospezioni sismiche del tipo **M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves)** consistente in una stesa sismica per una lunghezza di metri 24.00:



*Ubicazione su ortofoto dell'area di intervento e dell'indagine sismica MASW*

## 2. PROSPEZIONE SISMICA M.A.S.W.

La prospezione sismica M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves ovvero Analisi Multicanale delle onde Superficiali di Rayleigh) è stata eseguita al fine di:

- ❖ definire le caratteristiche sismostratigrafiche dei litotipi dell'area;
- ❖ classificare sismicamente il suolo secondo la normativa vigente (D.M. 14.01.2008).

La determinazione della velocità delle onde di taglio  $V_s$  tramite le misure delle onde superficiali di Rayleigh risulta particolarmente indicata per suoli altamente

attenuanti e ambienti rumorosi poiché la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde  $P$  (7%) ed  $S$  (26%). Inoltre l'ampiezza delle onde superficiali dipende da  $\sqrt{e}$  non da  $r$  come per le onde di volume. I metodi basati sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh forniscono una buona risoluzione e non sono limitati, a differenza del metodo a rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità. Inoltre la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla  $V_P$  e dalla densità, è funzione innanzitutto della  $V_S$ , parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione sismica di un sito secondo quanto previsto dalle recenti normative antisismiche (O.P.C.M. 3274/03; O.P.C.M. 3431/05; D.M. 14.01.2008).

Infatti, mentre la velocità delle onde  $P$  misurata in terreni saturi dipende in maniera sostanziale dalle vibrazioni trasmesse dal fluido interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale, la velocità delle onde  $S$  è caratteristica delle vibrazioni trasmesse dal solo scheletro solido e, pertanto, a differenza delle onde  $P$ , risulta rappresentativa delle reali proprietà meccaniche del terreno. La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle  $V_S$ , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati.

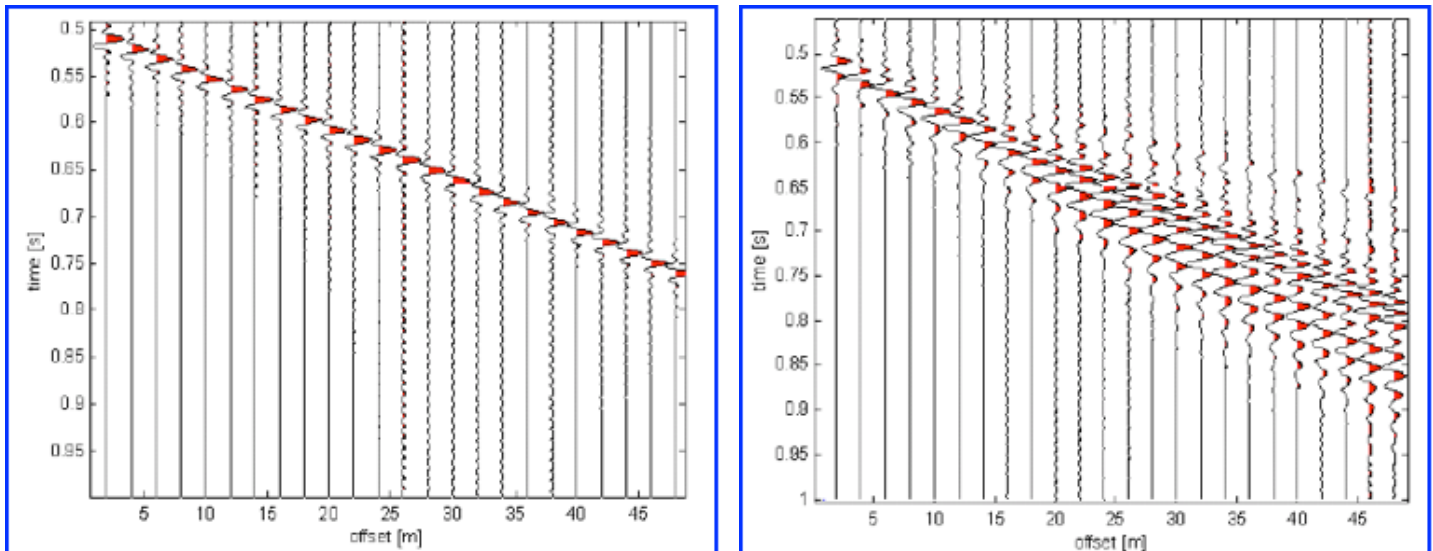
Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione della velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite processo di inversione.

La velocità delle onde di Rayleigh ( $V_R$ ) è pari a circa il 90% delle onde di taglio ( $V_S$ ). Le tecniche di analisi delle onde di Rayleigh vengono realizzate con procedure operative meno onerose della comune sismica a rifrazione e delle prove in foro e hanno un grado di incertezza nella determinazione delle  $V_S < 15\%$ .

La modellazione del sottosuolo mediante l'impiego di comuni geofoni verticali a 4.5Hz e l'analisi delle onde superficiali di Rayleigh viene ottenuta con le seguenti metodologie: ReMi (Refraction Microtremor), FTAN (Frequency Time Analysis), SASW (Spectral Analysis of Surface Waves), MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

La tecnica MASW, consente una dettagliata ricostruzione della distribuzione della velocità delle onde  $S$  nel sottosuolo. L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una efficiente ed





**Segnali sismici che evidenziano (in rosso) le onde superficiali di Rayleigh in un mezzo non stratificato (a sinistra) e in un mezzo stratificato (a destra). Risulta evidente il fenomeno della dispersione delle onde superficiali di Rayleigh in un mezzo stratificato.**

accreditata metodologia sismica per la determinazione delle velocità delle onde di taglio  $V_s$ . Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un comune sismografo multicanale.

Le onde superficiali di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni e vengono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali, simili alla tecnica SASW, basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno. La metodologia per la realizzazione di un'indagine sismica MASW prevede 4 passi fondamentali:

1. ripetute acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale (maglio battente su piastra in alluminio), lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni che viene spostato lungo la linea dello stendimento stesso dopo ogni acquisizione;
2. estrazione del modo fondamentale di oscillazione dalle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (una curva per ogni acquisizione);
3. inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle  $V_s$  (un profilo verticale per ogni curva di dispersione, posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico);
4. ricostruzione di una sezione (modello 2D) delle  $V_s$  dei terreni con approccio multicanale (con almeno due acquisizioni dei segnali, ovvero uno spostamento lungo la linea dello stendimento).

Quando vengono generate onde sismiche usando una sorgente impattante come un martello su una piastra vengono generate sia onde di volume (*P* ed *S*), sia onde di superficie (Rayleigh e Love), che si propagano in tutte le direzioni. Alcune di queste onde vengono riflesse e disperse quando incontrano oggetti superficiali o poco profondi (ad esempio, fondazioni di edifici, canali sotterranei, trovanti lapidei, ecc.) e diventano rumore. Inoltre, vengono quasi sempre rilevate vibrazioni da rumore ambientale proveniente dal traffico veicolare, dall'attività industriale e, in generale, dall'attività umana. Il vantaggio principale dell'approccio multicanale della tecnica MASW sta nella sua intrinseca capacità di distinguere tutte queste onde dovute al rumore e di isolarle dalle onde superficiali di Rayleigh evidenziando solo il modo fondamentale di oscillazione dei terreni. L'isolamento del modo fondamentale di oscillazione si basa su molteplici caratteristiche sismiche dei segnali.

Le proprietà della dispersione di tutti i tipi di onde (di volume e superficiali) sono visualizzate attraverso un metodo di trasformazione (basato sull'analisi spettrale dei segnali sismici) del campo d'onda che converte direttamente i segnali sismici acquisiti in un'immagine dove un modello di dispersione è riconosciuto nella distribuzione dell'energia trasformata in oscillazioni. Successivamente, il modo fondamentale (proprietà fondamentale della dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh) viene estratto da un modello specifico. Tutte le altre onde (riflesse, disperse, modi superiori delle onde superficiali, noise ambientale) vengono quindi rimosse durante il processo di elaborazione.

## 2.1 ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI

Al fine di caratterizzare sismicamente il suolo dell'area oggetto dell'indagine, è stata eseguita una prospezione sismica MASW, con le seguenti caratteristiche:

Prospezione sismica	Lunghezza complessiva dello stendimento [m]	Offset e spacing [m]
MASW N. 1	24.00	1.00

L'indagine è stata condotta mediante l'utilizzo di sismografo M.A.E. A6000-S 24 bit 24 canali, strumento compatto e versatile progettato e realizzato appositamente per eseguire indagini di prospezione sismica convenzionali (rifrazione, riflessione) e non convenzionali [Re.Mi. (Refraction Microtremor); M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves); S.A.S.W. (Spectral Analysis of Surface Waves)].

L'elevata dinamica (24 bit di risoluzione) unita alla notevole memoria per l'acquisizione, ne consente l'utilizzo per tecniche di indagine di tipo non convenzionale. Tali indagini risultano particolarmente adatte in aree fortemente antropizzate (aree urbane e industriali) con notevole presenza di rumore di fondo (noise). La gestione dell'apparecchiatura è notevolmente semplificata dall'interfaccia grafica e dall'interazione con essa tramite il sistema di puntamento touch-screen, che consente di eseguire tutte le operazioni toccando con un pennino gli oggetti interessati direttamente sullo schermo. L'ambiente operativo dello strumento è quello di Microsoft Windows XP embedded. La sorgente sismica è costituita da un impatto transiente verticale (maglio dal peso di 8-10 kg che batte su una piastra circolare in alluminio). Come trigger/starter è stato utilizzato un geofono verticale Geospace a 14Hz, posto in prossimità della piastra. Le oscillazioni del suolo sono state rilevate da 24 geofoni verticali (Geospace – 4.5Hz) posizionati lungo il profilo di indagine con offset e spacing predefiniti (Tab. 1).

La lunghezza complessiva dello stendimento geofonico è stata sufficiente a determinare la sismostratigrafia 2D dei terreni nel sito prescelto oltre la profondità di 30 m dal p.c.

I segnali sismici acquisiti sono stati successivamente elaborati con apposito programma (dott. Ing. Vitantonio Roma & Associati Srl) per la determinazione della sismostratigrafia del sottosuolo.

Le acquisizioni dei segnali, di lunghezza temporale  $T=2.048$  s, sono state effettuate con passo di campionamento  $dt=0.5$  ms. La frequenza di campionamento è data da:

$$f_{\text{campionamento}}=1/dt=2000 \text{ Hz}$$

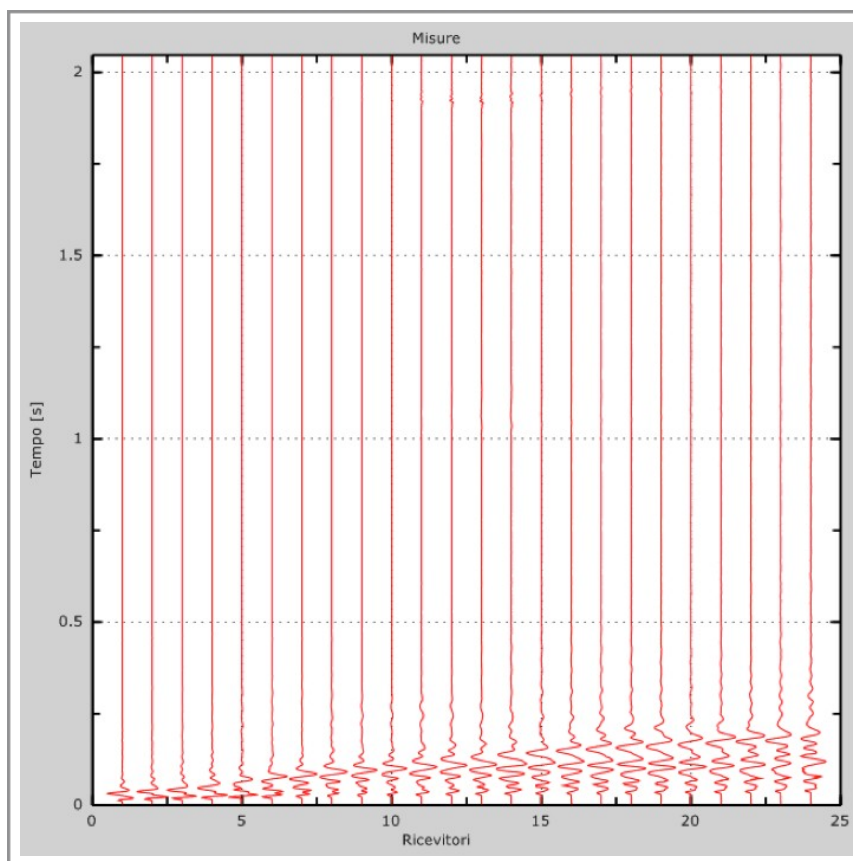
La frequenza massima dei segnali, ovvero la frequenza di Nyquist, è data da:

$$f_{\text{Nyquist}} = 1/2dt=1000\text{Hz}.$$

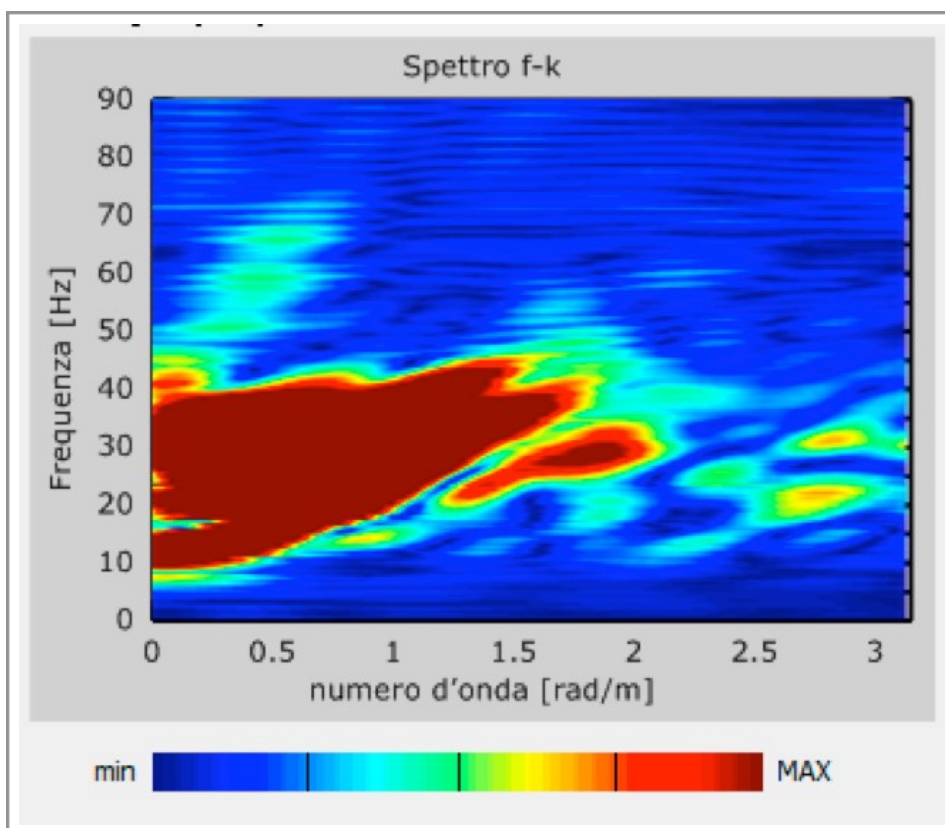
La frequenza minima dei segnali è data da:

$$f_{\text{min}}=1/T=0.488 \text{ Hz}.$$

L'elaborazione dei dati e l'inversione delle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh ha permesso di eseguire l'intero processo di elaborazione di una sezione sismostratigrafica 2D delle  $V_s$ . Gli elaborati relativi alla prospezione sismica MASW effettuata nel sito di specifico interesse sono di seguito riportati.

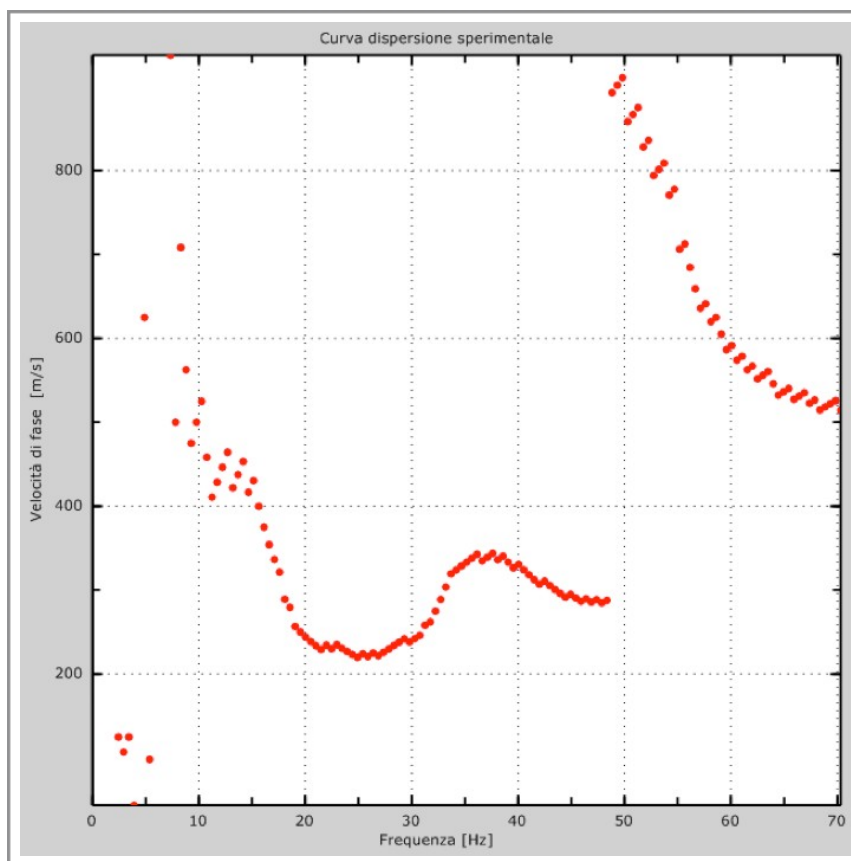


*Sismogramma relativo all'indagine sismica MASW*

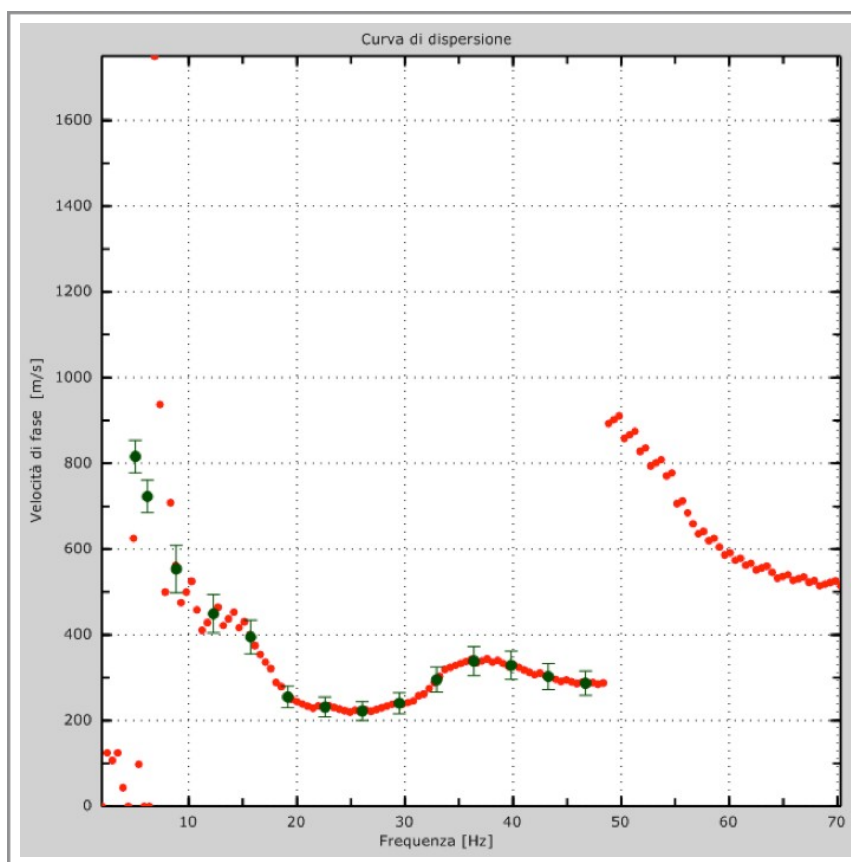


*Curve di livello dello spettro di risposta sperimentale del suolo*

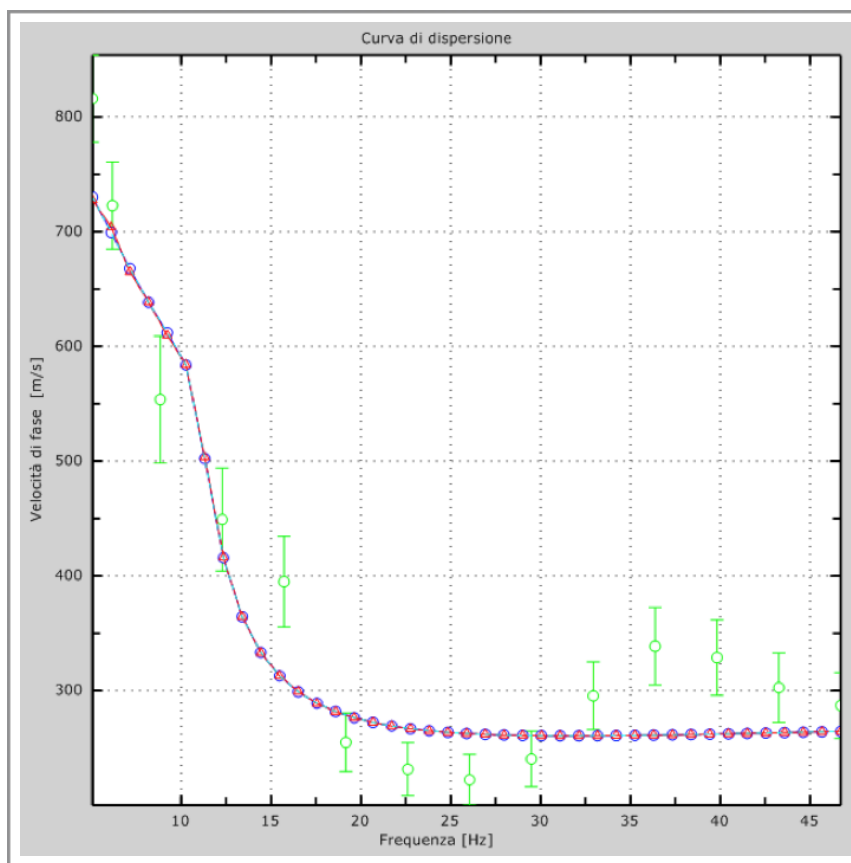




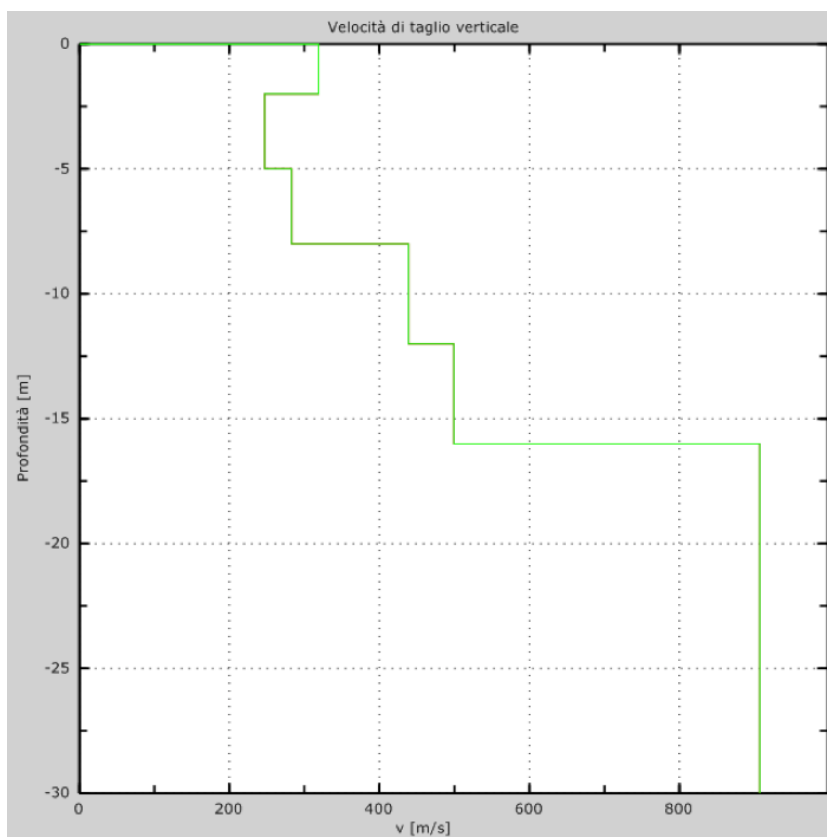
*Curva di dispersione della velocità di fase in funzione della frequenza delle onde di Rayleigh*



*Curva di dispersione della velocità di fase in funzione della frequenza con picking*



**Velocità numeriche: punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano)  
curva apparente (blu), curva numerica (rosso)**



**Profilo verticale delle Vs (in verde velocità iniziale, in rosso velocità finale) ottenuto dall'inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh  
TABELLA DELLA CURVA DI DISPERSIONE**

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
5.06174	815.952	778.036	853.867
6.17003	722.743	684.828	760.658
8.83789	553.75	498.375	609.125
12.2803	449.107	404.196	494.018
15.7227	395	355.5	434.5
19.165	254.934	229.441	280.428
22.6074	231.5	208.35	254.65
26.0498	222.292	200.062	244.521
29.4922	240.474	216.426	264.521
32.9346	295.443	265.899	324.988
36.377	338.707	304.836	372.578
39.8193	328.831	295.948	361.714
43.2617	302.628	272.365	332.89
46.7041	287.086	258.378	315.795

### 3. INTERPRETAZIONE ED ANALISI DEI DATI

L'indagine sismica MASW effettuata, considerando la sismostratigrafia fino alla profondità di 30 m dal p.c. ha fornito risultati che collocano i terreni oggetto d'indagine in categoria **B** del D.M. 14 gennaio 2008 (Tab. 2; Tab. 3). Questa categoria è stata ricavata, come da normativa, dalla relazione:

$$V_{S30} = \frac{30m}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $\gamma < 10^{-6}$ ) dello strato i-esimo per un totale di N strati presenti nei primi 30 metri di profondità al di sotto del piano fondale.

Di seguito si riportano i valori di  $V_S$  per i sismostrati riscontrati nella prospezione sismica:

Numero di ricevitori.....	24
Distanza tra i sensori: .....	1.00m
Numero di campioni temporali .....	2048

Passo temporale di acquisizione .....	1.0 ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi .....	24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a .....	0 ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a .....	2047 ms

### 3.1 PROFILO IN SITO

Numero di strati (escluso semispazio) .....	5
Spaziatura ricevitori [m] .....	1 m
Numero ricevitori .....	24
Numero modi .....	4
Numero iterazioni .....	30
Massimo errore [%] .....	1.000000e-001

#### Strato 1

h [m] .....	2
z [m] .....	-2
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	1750
Poisson .....	0.36
Vs [m/s] .....	319
Vp [m/s] .....	682
Vs min [m/s] .....	159
Vs max [m/s] .....	638
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin. [m/s] .....	319

#### Strato 2

h [m] .....	3
z [m] .....	-5
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	1800
Poisson .....	0.34
Vs [m/s] .....	247
Vp [m/s] .....	502
Vs min [m/s] .....	123
Vs max [m/s] .....	494
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin. [m/s] .....	247

### Strato 3

h [m].....	3
z [m].....	-8
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	1850
Poisson .....	0.34
Vs [m/s] .....	283
Vp [m/s] .....	575
Vs min [m/s] .....	142
Vs max [m/s] .....	567
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s].....	283

### Strato 4

h [m].....	4
z [m].....	-12
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	1850
Poisson .....	0.30
Vs [m/s] .....	439
Vp [m/s] .....	821
Vs min [m/s] .....	219
Vs max [m/s] .....	878
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s].....	439

### Strato 5

h [m].....	4
z [m].....	-16
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	1950
Poisson .....	0.30
Vs [m/s] .....	499
Vp [m/s] .....	934
Vs min [m/s] .....	250
Vs max [m/s] .....	998
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s].....	499

### Strato 6

h [m].....	0
z [m].....	-00
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	2000
Poisson .....	0.28
Vs [m/s] .....	907
Vp [m/s] .....	1641
Vs min [m/s] .....	453

Vs max [m/s] .....1813  
 Falda non presente nello strato  
 Strato non alluvionale  
 Vs fin.[m/s] .....907

Prospetto dei valori del modulo di Poisson,  $V_p$  e  $V_s$  per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW:

Sismostrato	Spessore (m)	Profondità (m)	Modulo di Poisson (-)	$V_p$ (m/s)	$V_s$ (m/s)
S1	2.00	-2.00	0,36	682	319
S2	3.00	-5.00	0,34	502	247
S3	3.00	-8.00	0,34	575	283
S4	4.00	-12.00	0,30	821	439
S5	4.00	-16.00	0.30	934	499
S6	N. D.	-∞	0,28	1641	907

### 3.2 RISULTATI FINALI

Piano di riferimento  $z=0$  [m] ..... 0  
 $V_{s30}$  [m/s] .....487  
 La normativa applicata è il DM 14 gennaio 2008  
 Il sito appartiene alle classi A, B, C, D, E o S1 (alluvionale, ghiaia, sabbia, limo, argilla, roccia).  
 Il sito non è suscettibile di liquefazione e non è argilla sensitiva.  
 L'unità geotecnica dello strato rigido è la numero 6  
 Le caratteristiche meccaniche degli strati migliorano gradualmente con la profondità  
 Tipo di suolo .....B

Prospezione sismica MASW n.	$V_{s30}$ [m/s]	Categoria Suoli di Fondazione (D.M. 14/01/2008)
1	487	B

**Categoria Suolo di fondazione ottenuta dalla prospezione sismica MASW effettuata**



### 3.3 TIPO DI SUOLO

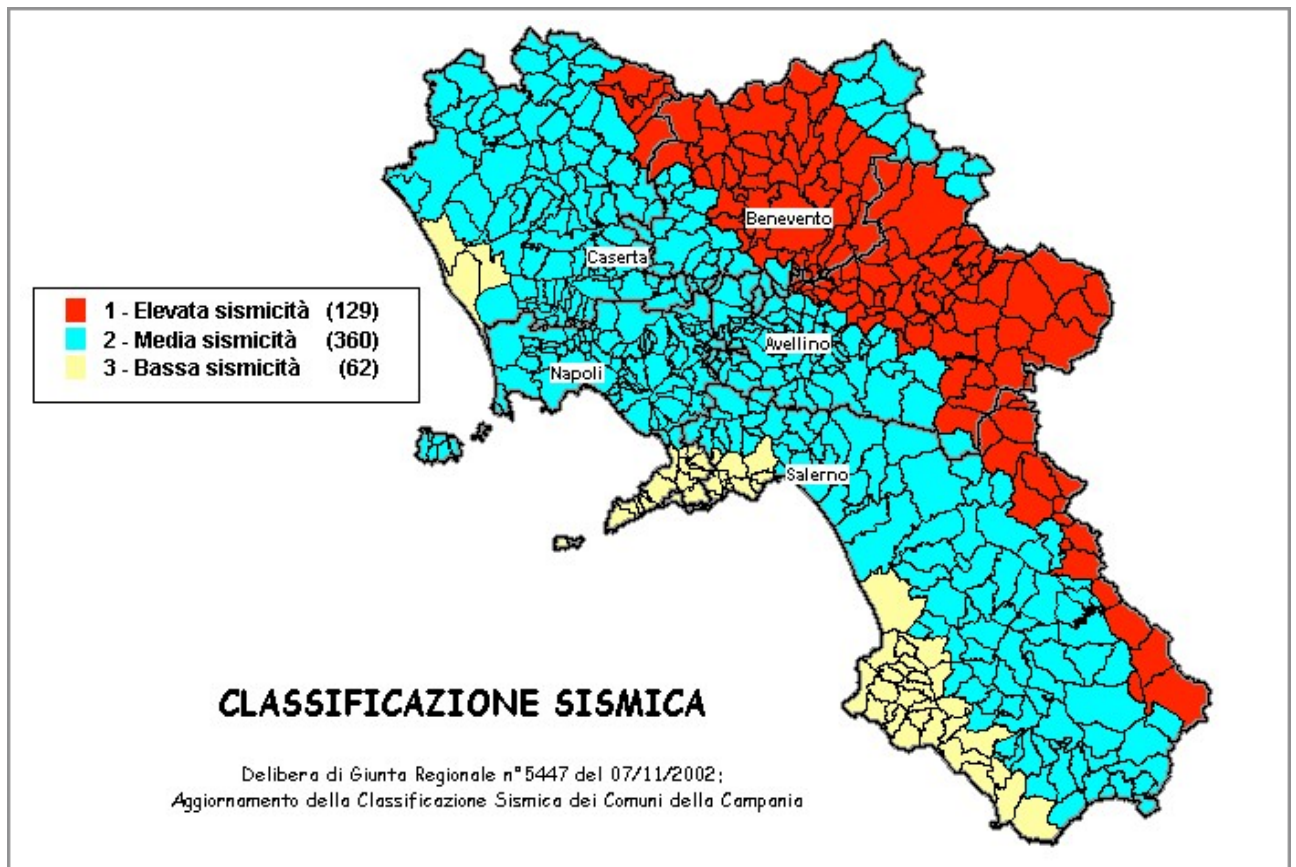
**Categoria di suolo di fondazione B = Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360  $ms^{-1}$  e 800  $ms^{-1}$ .**

Si riporta la tabella delle Categorie dei Suoli di fondazione (D.M. 14 gennaio 2008):

CLASSE	DESCRIZIONE
A	<b>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</b> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<b>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</b> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s ( $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<b>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</b> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero con valori di $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<b>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</b> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s ( $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<b>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</b> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

#### 4. CLASSIFICAZIONE SISMICA

Il territorio comunale di Vico Equense (NA) nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Campania n. 5447 del 7.11.2002, che ha approvato l'aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale, è stato classificato a **bassa sismicità (Zona Sismica 3)**.

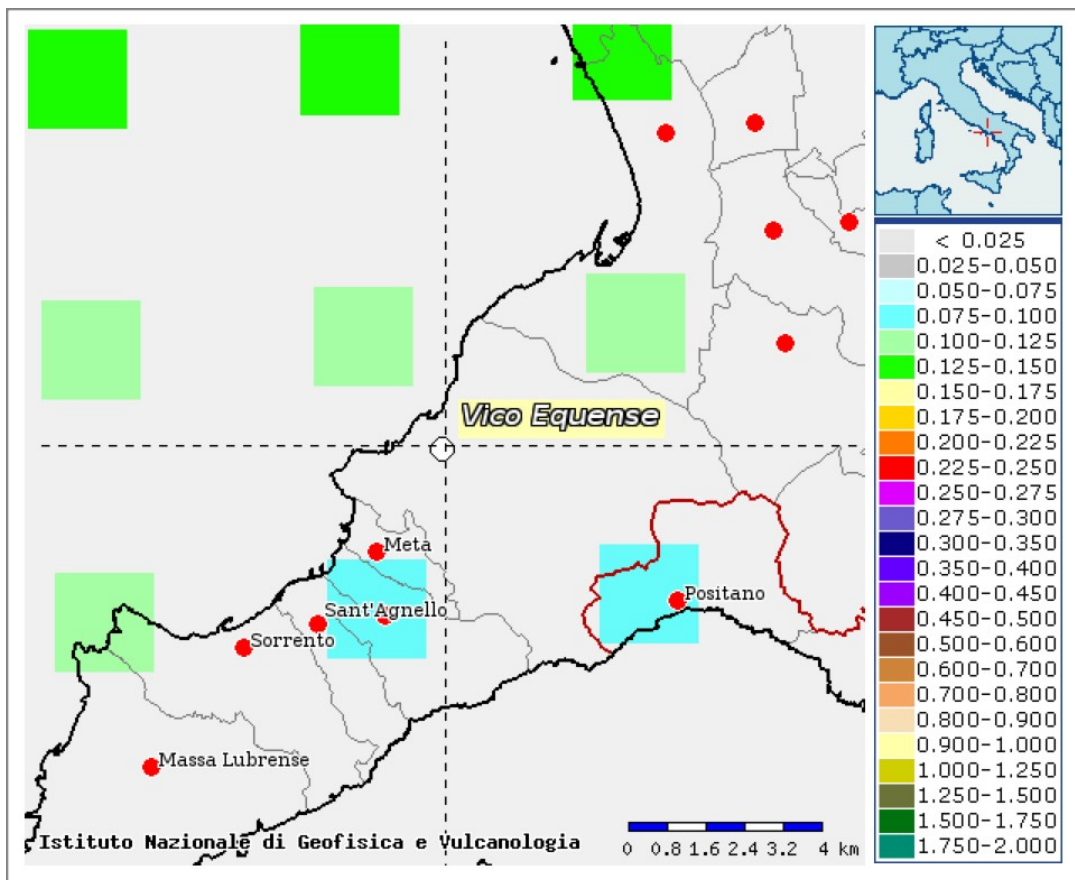


**Classificazione sismica del 2002 dei comuni della Regione Campania**  
**Zona 1: valore di  $a_g=0.35g$ ; Zona 2: valore di  $a_g=0.25g$ ; Zona 3: valore di  $a_g=0.15g$**

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido o pianeggiante  $a_g$ , che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni. Nel caso della Zona Sismica 3 il valore di  $a_g$  è  $0,05 \leq a_g < 0,15g$ .

Inoltre, la mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica, disponibile on-line sul sito dell'INGV di Milano, redatta secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008), indica che il territorio comunale di Vico Equense (NA) rientra nelle celle contraddistinte da valori di  $a_g$  di riferimento **0.075-0.100 e**

0100-0.125 (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento  $a_g$ ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).



Mapa di pericolosità sismica redatta a cura dell'INGV di Milano secondo le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14/01/08) - Punti della griglia riferiti a parametro dello scuotimento  $a_g$ ; probabilità in 50 anni 10% e percentile 50

Vico Equense, febbraio 2014



Il Tecnico  
t. geol. Lucio Gnazzo

*Lucio Gnazzo*

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

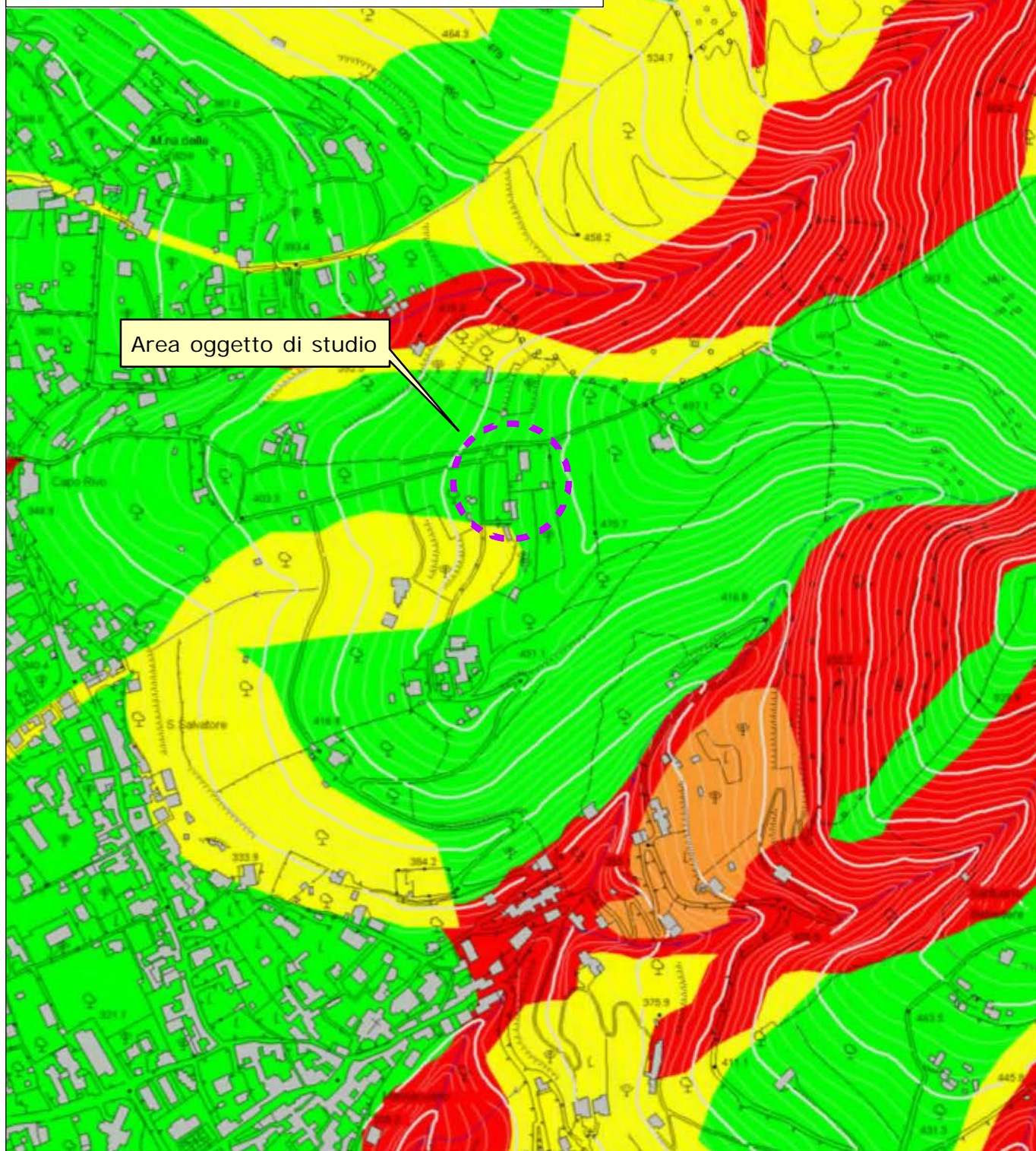




# LEGENDA

## Perimetrazioni AdB Sarno

- P1 - Pericolosità bassa o trascurabile
- P2 - Pericolosità media
- P3 - Pericolosità elevata
- P4 - Pericolosità molto elevata

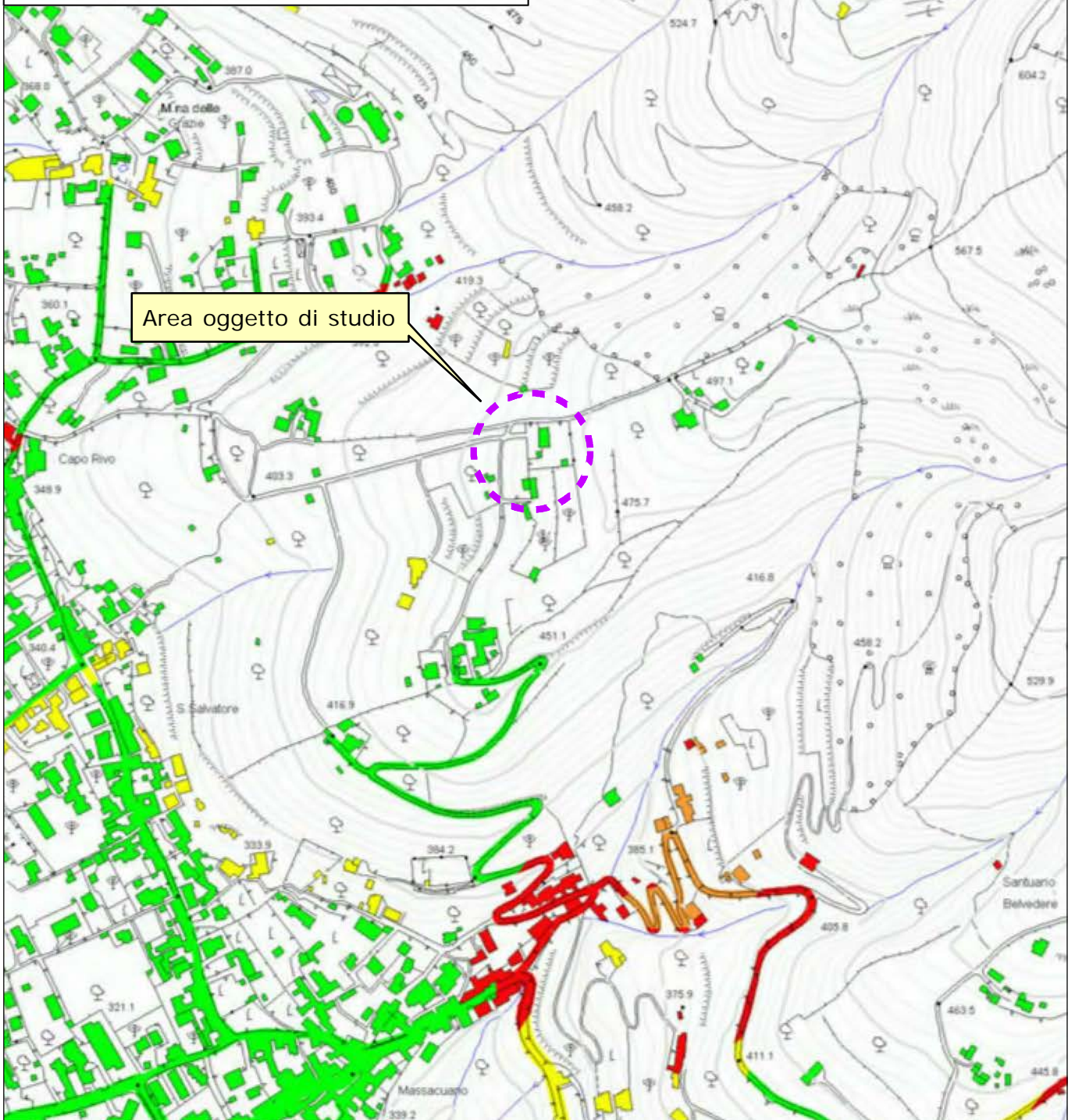


STRALCIO DELLA CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA ALLEGATA AL  
PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO - AGGIORNAMENTO 2011  
DELL'AUTORITÀ DI BACINO DI SARNO  
TAVOLA 466103 - SCALA 1:5000



# LEGENDA

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



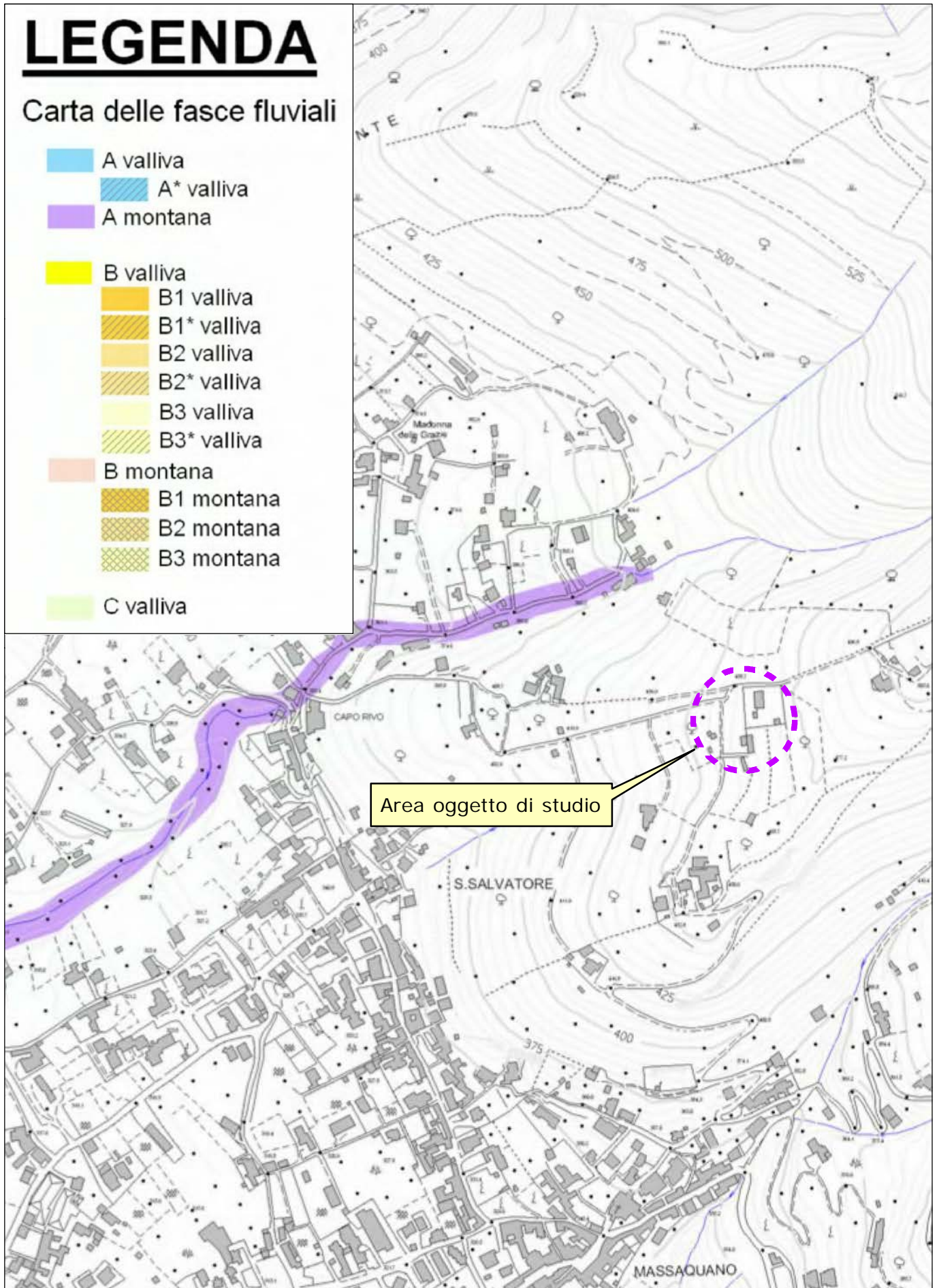
STRALCIO DELLA CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA ALLEGATA AL  
PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO - AGGIORNAMENTO 2011  
DELL'AUTORITÀ DI BACINO DI SARNO  
TAVOLA 466103 - SCALA 1:5000



# LEGENDA

## Carta delle fasce fluviali

-  A valliva
-  A\* valliva
-  A montana
  
-  B valliva
-  B1 valliva
-  B1\* valliva
-  B2 valliva
-  B2\* valliva
-  B3 valliva
-  B3\* valliva
  
-  B montana
-  B1 montana
-  B2 montana
-  B3 montana
  
-  C valliva

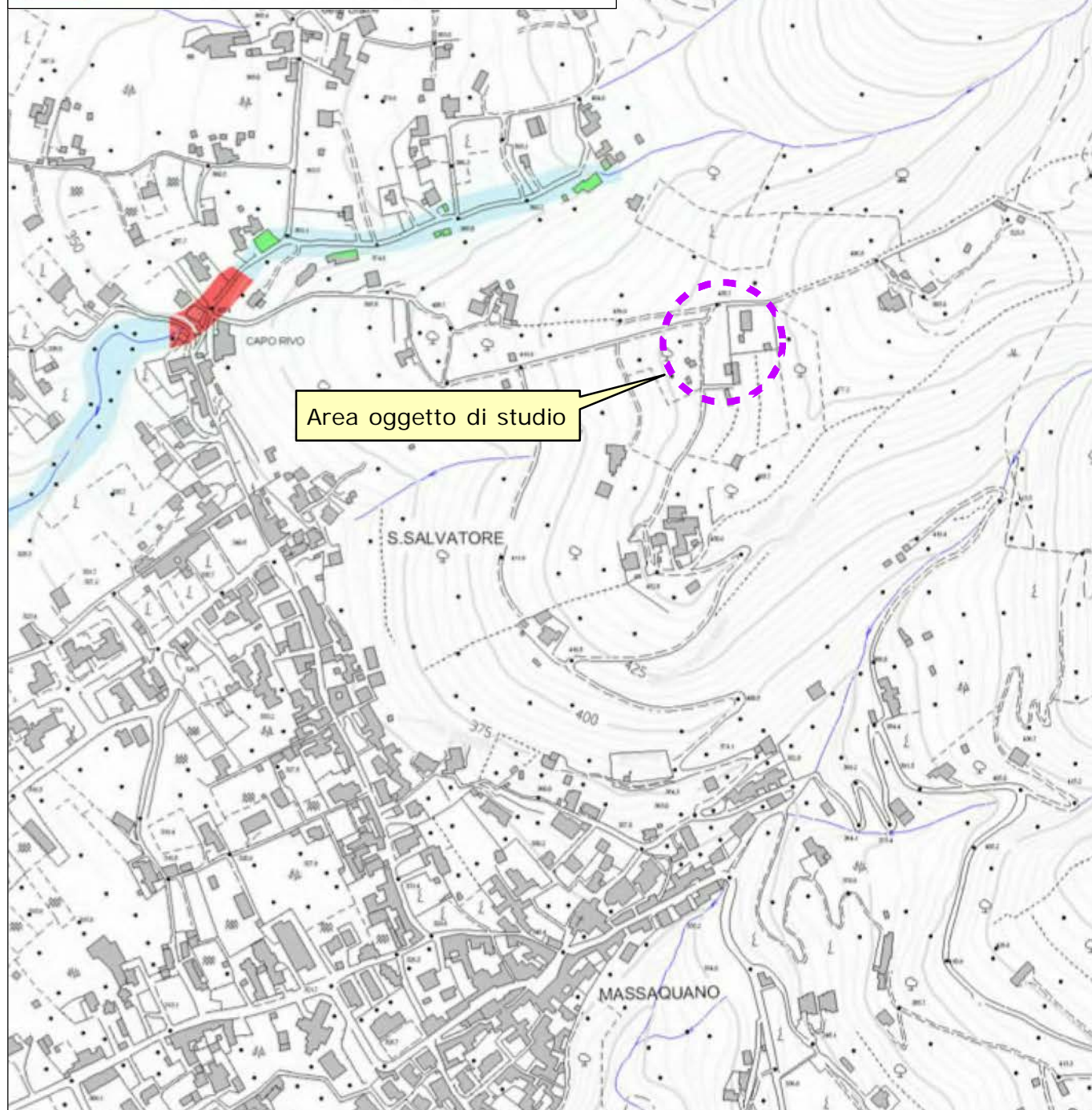




# LEGENDA

## Carta del rischio idraulico

-  R1 - Rischio moderato
-  R2 - Rischio medio
-  R3\* - Rischio elevato potenziale
-  R3 - Rischio elevato
-  R4\* - Rischio molto elevato potenziale
-  R4 - Rischio molto elevato



STRALCIO DELLA CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO ALLEGATA AL  
PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO - AGGIORNAMENTO 2011  
DELL'AUTORITÀ DI BACINO DI SARNO  
TAVOLA 466103 - SCALA 1:5000