



COMUNE DI ROSIGNANO M.MO  
PROVINCIA DI LIVORNO

# Studio di Microzonazione Sismica relativa al territorio comunale di Rosignano marittimo (LI) I livello di analisi

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Geoecho snc - Dott. Geol. Andrea Marini



Collaboratori: Dott. Geol. Fausto Capacci Dott. Geol. Jenny Migliorini

## INDICE

|   |    |
|---|----|
| 1. PREMESSA .....   | 2  |
| 2. INTRODUZIONE .....   | 3  |
| 3. SISMICITA' STORICA E PERICOLOSITA' DI BASE .....                     | 8  |
| 4. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA .....                   | 12 |
| 4.1. Inquadramento geomorfologico .....                                 | 12 |
| 4.2. Inquadramento geologico.....                                       | 12 |
| 5. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI.....                                     | 15 |
| 6. MICROZONAZIONE SISMICA AL I LIVELLO DI ANALISI .....                 | 16 |
| 6.1. Carta Geologico-Tecnica .....                                      | 16 |
| 6.2. Carta delle Frequenze Naturali del Terreno .....                   | 18 |
| 6.3. Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) ..... | 23 |
| 7. CONCLUSIONI.....   | 43 |
| 8. BIBLIOGRAFIA.....  | 44 |

## ALLEGATI:

|   |
|---|
| • Allegato Indagini di base   |
| • Carta delle Indagini  |
| • Carta Geologico Tecnica   |
| • Carta delle MOPS  |
| • Carte delle Frequenze Naturali dei Terreni                              |
| • Carta delle Sezioni Lito-Tecniche                                       |
| • Supporto DVD contenente Relazione, Mappe e Indagini in formato digitale |

## **1. PREMESSA**

La microzonazione sismica, cioè la suddivisione dettagliata del territorio in base alla risposta sismica locale, è uno degli strumenti più efficaci per la riduzione del rischio sismico in quanto permette, fino dalle prime fasi della pianificazione urbanistica, di valutare la pericolosità sismica nelle aree urbane e urbanizzabili, indirizzare i nuovi interventi verso quelle zone a minore pericolosità e programmare interventi di mitigazione del rischio nelle zone in cui sono presenti particolari criticità.

La L.R. Toscana n. 58 del 16/11/2009, “Norme in materia di prevenzione e riduzione del rischio sismico” richiede l’esecuzione di studi sismici per la redazione e l’approvazione dei piani urbanistici comunali.

Anche il Dipartimento della Protezione Civile e la Conferenza delle Regioni e Province Autonome in data 13 novembre 2008 ha approvato gli “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica”. Con la Deliberazione di G.R.T. n. 971/2013 aggiornata al 5 Febbraio 2015 “approvazione delle specifiche tecniche regionali per l’elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica”, sono stati approvati i criteri per gli studi di microzonazione sismica.

In base alla Determinazione n. 543 del 06/11/2014, con oggetto: ”Affidamento di prestazione di servizi per la realizzazione dello studio di microzonazione sismica del proprio territorio ai sensi del D.P.G.R. 53/R del 25 Ottobre 2011” e alla Determinazione n.935 del 23/12/2016 con oggetto: “Affidamento di prestazione di servizi per l’implementazione dello studio di microzonazione sismica di 1° livello del territorio del Comune di Rosignano M.mo ai sensi del D.P.G.R. 53/R del 25 Ottobre 2011”, lo Studio Geoecho snc – nella persona del Geol. Andrea Marini è stato incaricato di svolgere lo studio di microzonazione sismica al I° livello di approfondimento, del Comune di Rosignano Marittimo (LI).

Nel presente rapporto tecnico-scientifico vengono illustrati gli elaborati relativi alle indagini e agli studi svolti nell’ambito della Microzonazione Sismica al I livello di analisi, del territorio di Rosignano Marittimo (LI).

## 2. INTRODUZIONE

A seguito di un terremoto, si ha spesso modo di osservare come la distribuzione dei danni sul territorio sia assai eterogenea a parità di vulnerabilità dell'edificato. Le condizioni geologico-tecniche degli strati più superficiali, nonché le caratteristiche geomorfologiche possono concorrere, infatti, ad accrescere localmente lo scuotimento indotto da un terremoto. Per un'efficace azione di prevenzione, in materia di rischio sismico, è necessario tener conto non solo, quindi, della zonazione sismica nazionale, ma anche di eventuali sfavorevoli condizioni locali, a scala intra-comunale. Particolarmente rilevanti sono i cosiddetti effetti di amplificazione di sito, ossia l'insieme delle variazioni in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico, rispetto ad una formazione rocciosa di base, subisce attraversando gli strati sovrastanti, fino alla superficie. Tali effetti sono causati, essenzialmente, da un processo di intrappolamento e risonanza dell'energia del terremoto all'interno di un volume di sottosuolo costituito da materiali sedimentari a bassa impedenza sismica (IS: prodotto della velocità di propagazione dell'onda per la densità del mezzo attraversato) e posto sopra ad un dominio con più alta IS, per esempio un substrato roccioso o un suolo particolarmente rigido. L'identificazione delle aree soggette ad amplificazione sismica è dunque di fondamentale importanza per la pianificazione e lo sviluppo urbanistico comunale. Uno studio di questo genere prende il nome di Microzonazione Sismica ed ha lo scopo di individuare porzioni del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo.

La messa a punto di una procedura condivisa per lo studio di questi fenomeni è stata recentemente oggetto di un intenso lavoro di coordinamento e sintesi delle conoscenze finora disponibili da parte della Conferenza delle Regioni che, con il coordinamento del Servizio Nazionale della Protezione Civile, ha messo all'opera una grande quantità di tecnici ed esperti per la messa a punto, nel 2009, degli **“Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica”** (Fig. 2.1).

Le prime esperienze regionali sulla microzonazione dopo vari eventi sismici e alcune normative regionali su tale ambito hanno rappresentato le condizioni preliminari per creare delle basi comuni e condivise, recependo quanto è stato elaborato e sperimentato a livello scientifico e sviluppando le istanze espresse in vario modo dalle Regioni e dalle amministrazioni.

Il gruppo di lavoro, coadiuvato anche dalle osservazioni da parte di soggetti esterni (Consiglio nazionale dei Geologi, Consiglio nazionale degli Ingegneri, Associazione Geotecnica Italiana, ecc.), nel corso della sua attività ha evidenziato che la sperimentazione e l'applicazione degli **“Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica”** rientra a pieno titolo nei programmi nazionali di previsione e prevenzione previsti dall'articolo 4 della legge n°225 del 24 Febbraio 1992.



Figura 2.1: Copertina dell'elaborato "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica"

Questo testo, che rappresenta un punto di riferimento per tutte le attività di microzonazione sismica ad opera degli Enti territoriali, definisce una serie di protocolli e tecniche di indagine del sottosuolo applicabile ai settori della programmazione territoriale, della pianificazione urbanistica, della pianificazione dell'emergenza e della normativa tecnica per la progettazione.

In funzione dei diversi contesti, dei diversi obiettivi e delle disponibilità economiche, le linee guida (Indirizzi e Criteri per la Microzonazione sismica) prevedono 3 differenti livelli di approfondimento, con complessità, impegno e costi crescenti.

**Livello 1:** è un livello propedeutico ai veri e propri studi di microzonazione sismica, in quanto consiste nella messa a punto di un quadro conoscitivo generale in base a dati preesistenti ed indagini a basso costo realizzate ex-novo. L'obiettivo è l'individuazione in pianta di una serie di settori definiti "microzone" all'interno dei quali è possibile ipotizzare un comportamento sismico dei terreni omogeneo.

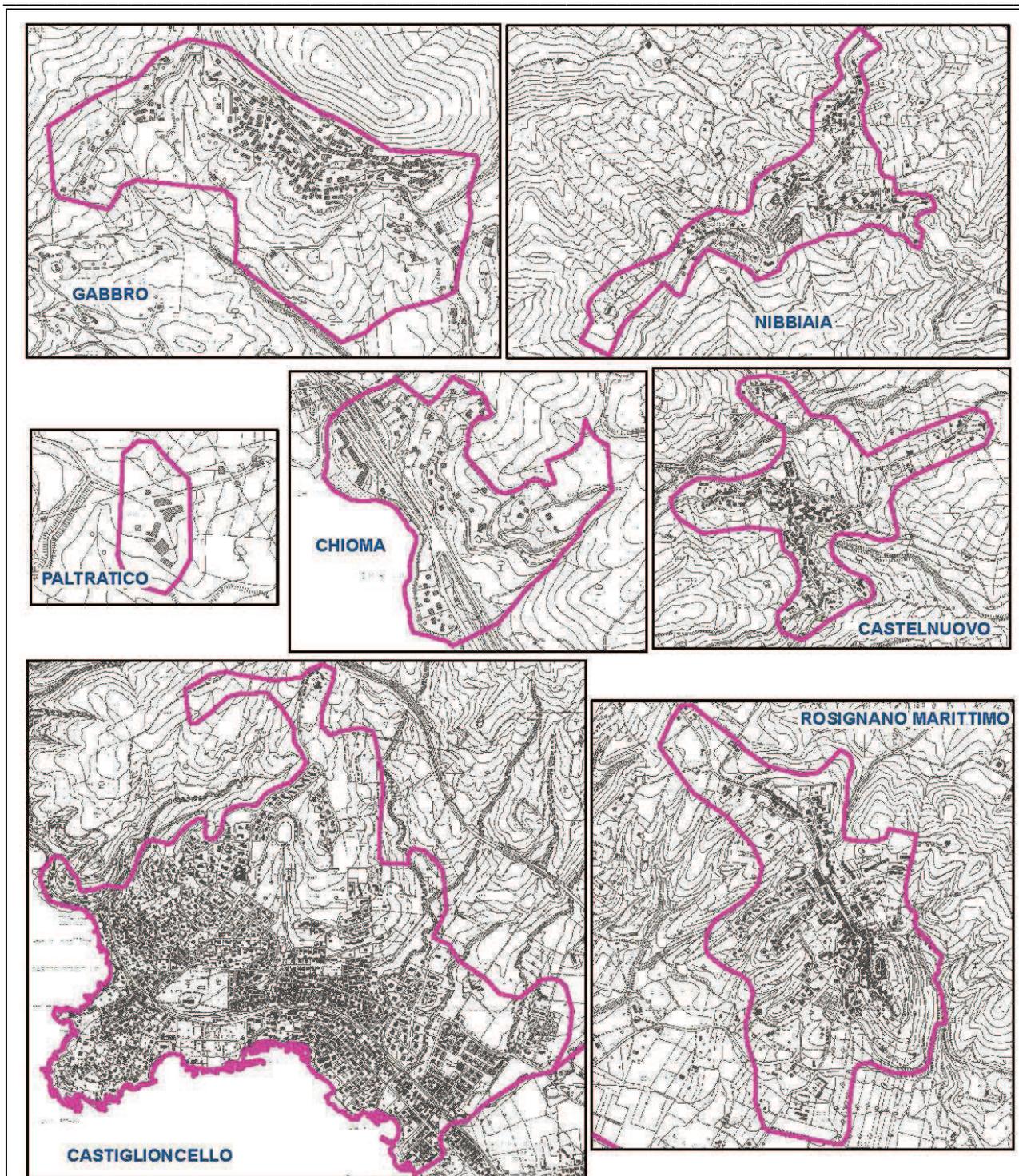
**Livello 2:** introduce l'elemento quantitativo associato alle zone omogenee definite nel livello 1. A ciascuna microzona viene associato un fattore di amplificazione (FA) computato attraverso appositi abachi realizzati "ad hoc" per tutto il territorio regionale in base alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e sismiche.

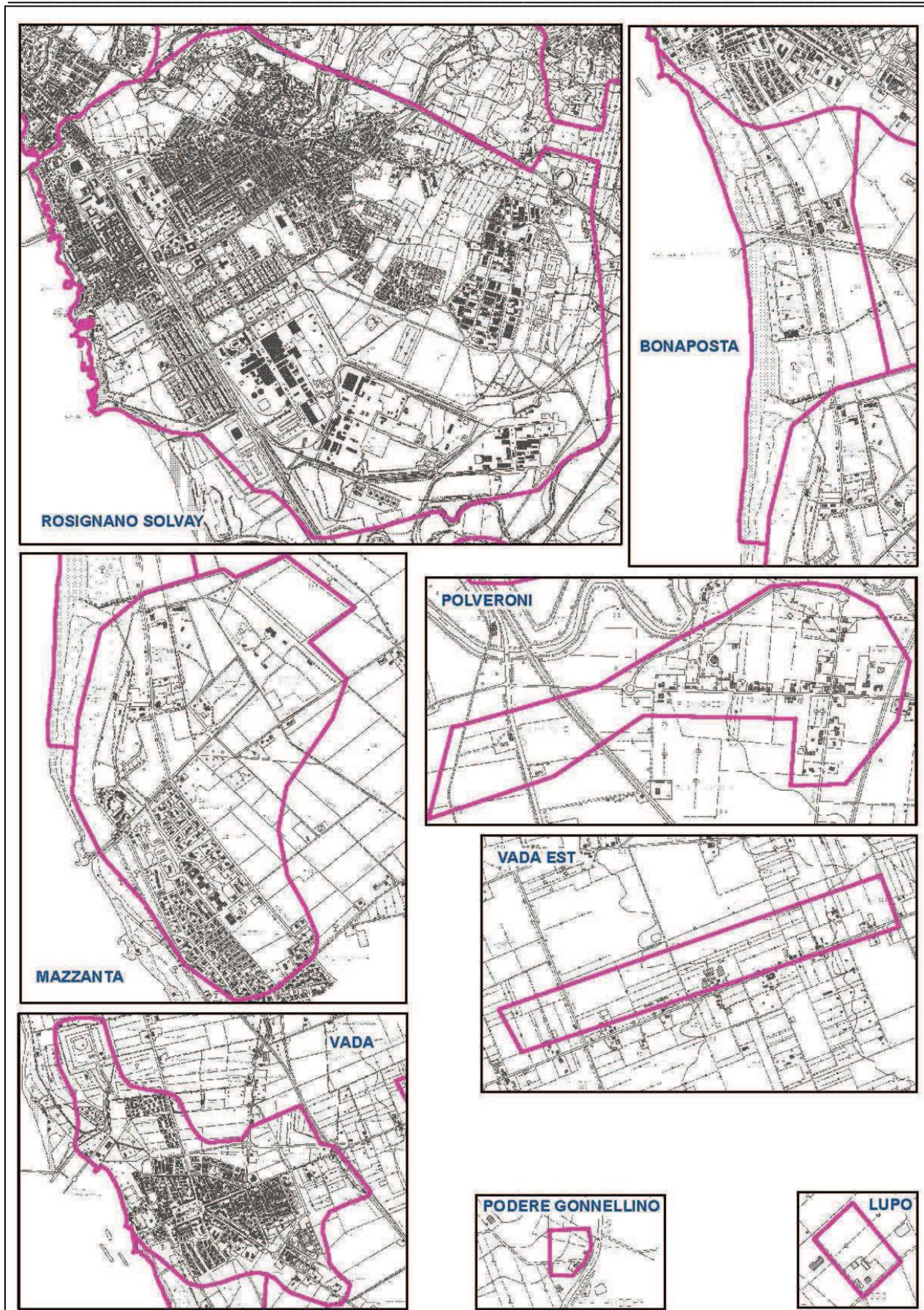
**Livello 3:** restituisce una carta di microzonazione sismica con approfondimenti su tematiche o aree particolari.

Nel presente rapporto tecnico-scientifico vengono illustrati gli elaborati tecnici relativi alle indagini e agli studi svolti nell'ambito della Microzonazione Sismica al I livello di analisi, del Comune di Rosignano Marittimo (LI). In Tabella 2.1 è riportata una sintesi della documentazione e degli elaborati cartografici in allegato alla relazione.

| <b>ELABORATI CARTOGRAFICI</b>              |  |                  |
|--|--|------------------|
| <b>Titolo Elaborato</b>                    | <b>Scala</b>                                 | <b>N° tavole</b> |
| Carta delle Indagini                       | 1:5.000                                      | 2                |
| Carta Geologico Tecnica                    | 1:5.000                                      | 2                |
| Carta delle MOPS                           | 1:5.000                                      | 2                |
| Carta delle Frequenze Naturali dei Terreni | 1:5.000                                      | 2                |
| Carta delle Sezioni Lito-Tecniche          | Scala orizzontale 1:5000                     | 2                |
|  | Scala verticale 3 volte la Scala orizzontale |                  |
| <b>DOCUMENTAZIONE INTEGRATIVA</b>          |  |                  |
| Allegato: "Indagini di Base"               |  |                  |

Le aree soggette ai previsti approfondimenti (zone urbanizzate e urbanizzabili del territorio comunale di Rosignano Marittimo) sono state concordate con l'amministrazione comunale (Figura 2.2).





Fi

Figura 2.2: Perimetri delle aree di indagine all'interno del territorio comunale di Rosignano Marittimo

In dettaglio si tratta di:

- Gabbro;
- Nibbiaia;
- Castelnuovo;
- Rosignano Marittimo (capoluogo);
- Chioma;
- Castiglioncello;
- Rosignano Solvay;
- Vada;
- Mazzanta;
- Vada Est;
- Polveroni;
- Bonaposta;
- Podere Gonnellini;
- Lupo;
- Paltratico.

### **3. SISMICITA' STORICA E PERICOLOSITA' DI BASE**

Per la definizione della sismicità storica di Rosignano Marittimo è stato consultato il Database Macrosismico Italiano DBMI15 (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>). La Tabella 3.1 riporta per ogni evento sismico risentito: data, area epicentrale, intensità epicentrale  $I_0$  (valori in scala MCS), magnitudo momento  $M_w$  (stimata da correlazioni empiriche o misurata) e intensità al sito  $I_s$  (MCS).

| #  | Intensità | Data                   | Area Epicentrale       | Io  | Mw   |
|----|-----------|------------------------|------------------------|-----|------|
| 1  | NF        | 1549 05 08             | Livorno                | 6-7 | 4.86 |
| 2  | 7         | 1846 08 14 12          | Colline Pisane         | 9   | 6.04 |
| 3  | 4-5       | 1871 07 29 20 45       | Val di Cecina          | 7-8 | 5.15 |
| 4  | NF        | 1897 05 15 13 42 30.00 | Tirreno meridionale    | 5   | 4.52 |
| 5  | NF        | 1897 07 27 09 02 14.00 | Valdarno inferiore     | 5-6 | 4.27 |
| 6  | NF        | 1897 09 06 03 10 44.00 | Valdarno inferiore     | 5-6 | 4.59 |
| 7  | NF        | 1898 03 04 21 05       | Parmense               | 7-8 | 5.37 |
| 8  | NF        | 1899 06 26 23 17 22.00 | Valle del Bisenzio     | 7   | 5.02 |
| 9  | NF        | 1901 09 22 21 42 12.00 | Valdelsa               | 6   | 4.68 |
| 10 | NF        | 1902 03 05 07 06       | Garfagnana             | 7   | 4.98 |
| 11 | NF        | 1903 07 27 03 46       | Lunigiana              | 7-8 | 5.19 |
| 12 | NF        | 1904 06 10 11 15 28.00 | Frignano               | 6   | 4.82 |
| 13 | NF        | 1904 09 07 11 30       | Valle dell'Ombrone     | 5   | 4.31 |
| 14 | NF        | 1904 11 17 05 02       | Pistoiese              | 7   | 5.1  |
| 15 | NF        | 1907 12 20 10 29 15.00 | Chianti                | 6   | 4.44 |
| 16 | NF        | 1909 08 25 00 22       | Crete Senesi           | 7-8 | 5.34 |
| 17 | NF        | 1911 02 19 07 18 30.00 | Forlivese              | 7   | 5.26 |
| 18 | 4         | 1914 01 15 03 27 20.00 | Livornese              | 5   | 4.33 |
| 19 | 3         | 1914 10 27 09 22       | Lucchesia              | 7   | 5.63 |
| 20 | NF        | 1915 01 13 06 52 43.00 | Marsica                | 11  | 7.08 |
| 21 | NF        | 1919 06 29 15 06 13.00 | Mugello                | 10  | 6.38 |
| 22 | 4         | 1920 09 07 05 55 40.00 | Garfagnana             | 10  | 6.53 |
| 23 | 7         | 1950 04 01             | Livornese              | 6   | 4.99 |
| 24 | 2-3       | 1970 08 19 12 19       | Colline Metallifere    | 6   | 4.68 |
| 25 | 4         | 1984 04 22 17 39 21.00 | Costa pisano-livornese | 6   | 4.61 |
| 26 | NF        | 1993 08 06 07 51 47.61 | Colline Metallifere    | 5-6 | 4.03 |
| 27 | NF        | 1995 10 10 06 54 21.72 | Lunigiana              | 7   | 4.82 |

\*N.F (not felt-non avvertito)

Tabella 3.1 – Storia sismica di Rosignano Marittimo (estratta dal DBMI15)

Dal catalogo sono stati estratti 27 terremoti e l'esame della storia sismica indica che il massimo risentimento nell'area di Rosignano Marittimo è stato raggiunto in occasione del terremoto di Marsica verificatosi in data 13/01/1915 alle ore 06:52 con Mw=7.08, anche se con epicentro nel territorio abruzzese.

In Figura 3.1 vengono riportati, tra i 27 eventi precedentemente selezionati, unicamente gli eventi che da un punto di vista macrosismico vengono ritenuti più importanti oltre il 6° di intensità.

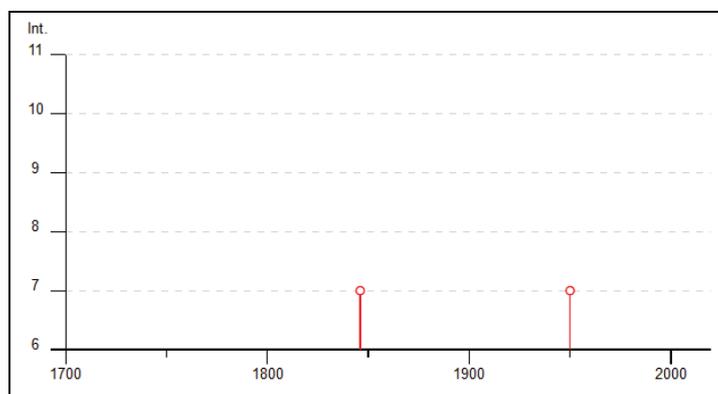


Figura 3.1– Storia sismica di Rosignano Marittimo (estratta dal DBMI15)

In Figura 3.2 è possibile osservare gli epicentri degli eventi di Figura 3.1..

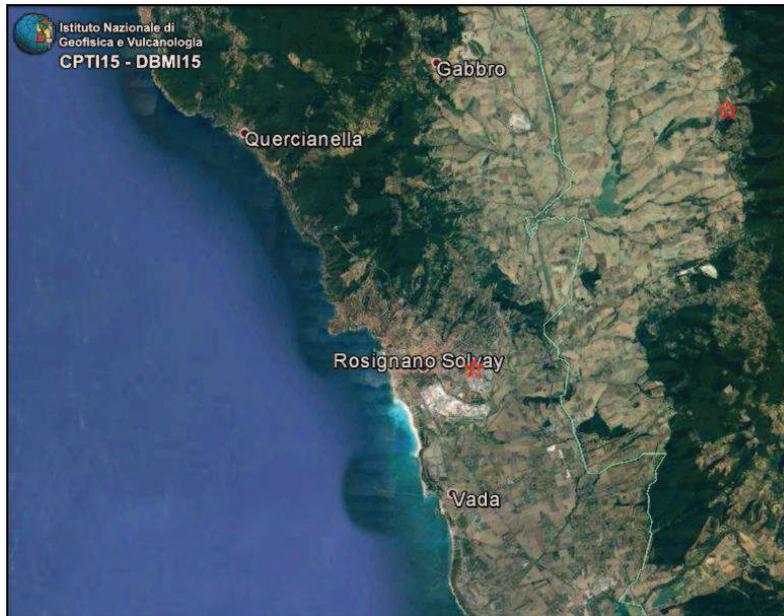


Figura 3.2–Epicentri (stella rossa) degli eventi sismici selezionati da DBMI15

In base alla disposizione degli epicentri è possibile risalire alle aree sismo-genetiche che hanno contribuito maggiormente alla sismicità storica della zona di Rosignano Marittimo. In Figura 3.3 sono riportate le principali sorgenti della zona estratte dal DISS (Database of Individual Seismogenetic Source).

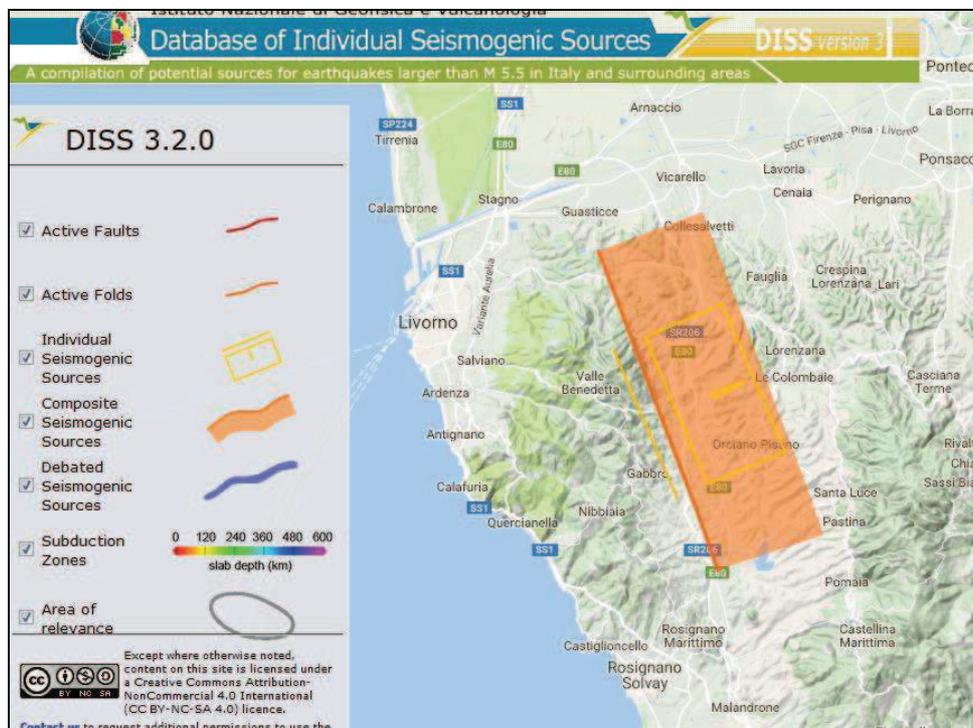


Figura 3.3 – Principali sorgenti sismogenetiche della zona di Rosignano Marittimo estratte dal DISS (Database of Individual Seismogenetic Source)

Com'è possibile osservare il sistema di faglie di maggiore rilievo nella definizione della pericolosità sismica di base, risulta il Livorno Hills, a pochi km a SE della città di Livorno, immerge a ENE con direzione NNW-SSE parallela al margine tirrenico della regione Toscana.

I dati storici (Boschi et al, 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Guido boni et al, 2007) mostrano una bassa influenza di terremoti dannosi nella zona, in particolare, questa regione è stata colpita dal 14 agosto 1846 (Mw 5.7, Orciano Pisano), e 1° aprile 1950 (Mw 5.1, Rosignano Marittimo).

Questa sorgente appartiene al sistema di faglie normali ad alto angolo che confina con direzione NW-SE il sistema a horst e graben che si è sviluppato durante il tardo Miocene-Pleistocene (ad esempio Carmignani et al., 1994, 2001) ed è stata associata con il terremoto del 14 Agosto 1846 (Mv 6.04).

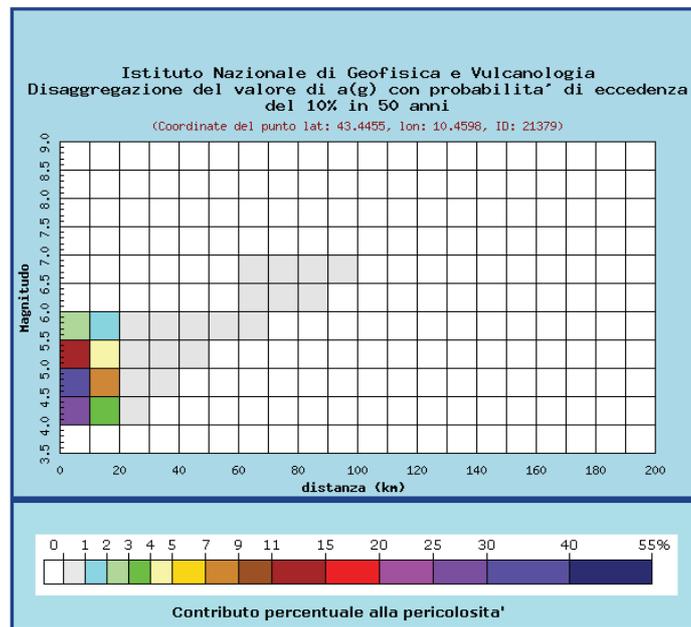


Figura 3.5 – Diagramma di disaggregazione per il Comune di Rosignano Marittimo da <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>

I valori medi di Magnitudo e distanza risultano rispettivamente, infatti, 4.75 e 6.98 Km.

In rispetto sia della Classificazione Sismica Nazionale (Ordinanza del PCM n.3519/2006) sia della Classificazione Sismica Regionale (Deliberazione GRT n. 421 del 26/05/2014) il territorio di Rosignano Marittimo rientra in **zona sismica 3**. A seguito di un probabile sisma, infatti, la massima accelerazione del suolo attesa, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, risulta compresa tra  $0.05g < a_g \leq 0.15g$  (Figura 3.6).

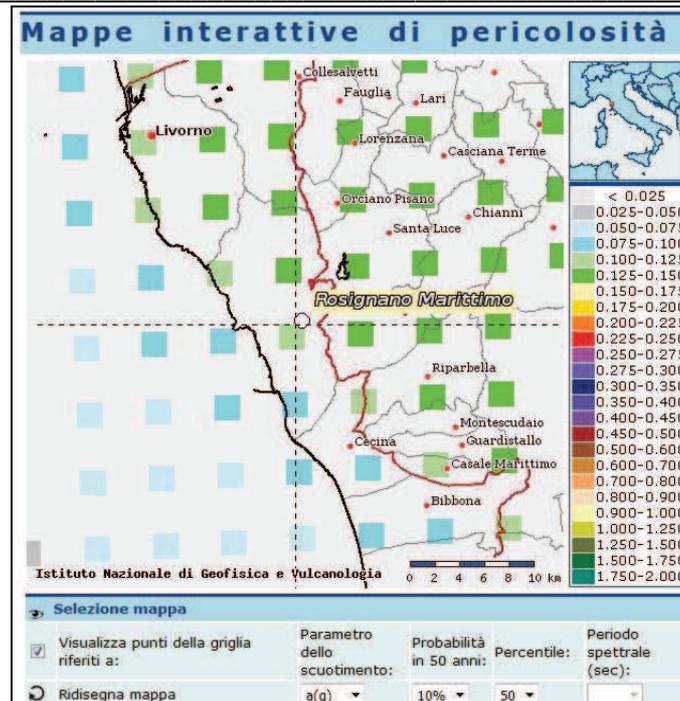


Figura 3.6 –Accelerazione massima attesa al suolo per il territorio di Rosignano Marittimo (da <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

#### 4. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

##### 4.1. Inquadramento geomorfologico (estratto dal PS con integrazioni)

L'area del Comune di Rosignano Marittimo è caratterizzata dall'assetto più tipico e frequente della geomorfologia della Toscana costiera, con una zona maggiormente elevata di "alta collina" o "montana", che corrisponde al pilastro tettonico dei "Monti Livornesi", una zona collinare a media elevazione, che corrisponde alla fossa tettonica coincidente con gli affioramenti dei depositi dei Miocene superiore e del Pliocene del bacino del fiume Fine, ed una zona pianeggiante dei terrazzi eustatici che corrisponde ai sedimenti pleistocenici della fossa tettonica più recente, identificabile con la Piana di Rosignano Solvay – Vada. Depositi alluvionali, palustri costieri e di dune recenti fanno parte della zona pianeggiante della parte terminale della valle del Fiume Fine e della bassa pianura costiera di Vada e Mazzanta.

##### 4.2. Inquadramento geologico (estratto dal PS)

Le formazioni più antiche, che formano il substrato dell'area indagata, affiorano nelle zone collinari, e sono costituite dai così detti "complessi alloctoni liguri". Si tratta di vari complessi geologici, in rapporti tettonici, l'uno con l'altro, costituiti da formazioni dei Giurassico superiore-Cretaceo generalmente argiloscistose, con grosse masse di rocce magmatiche basiche ed ultrabasiche (Serpentiniti - Gabbri - Diabasi). Si possono distinguere sovrapposti da superfici di scorrimento tettonico:

1. Complesso ligure superiore;
2. Complesso ligure intermedio (Complesso ofiolitifero);
3. Complesso ligure inferiore.

Al di sopra di questi complessi giacciono formazioni appartenenti al ciclo marino neoautoctono che inizia nel Miocene Superiore con conglomerati, breccie e calcari organogeni ("Calcari di Rosignano") e si sviluppa successivamente con sedimenti in parte evaporatici, con gessi intercalati ad argille, e prosegue con argille sino al Pliocene medio. Questi sedimenti riempiono, con notevoli spessori (sino a circa 1000 m) la fossa tettonica compresa tra la dorsale delle colline di Rosignano Marittimo - Gabbro ad Ovest e i Monti di Santa Luce ad Est.

Successivamente nel Pleistocene inferiore si sviluppa il bacino subsidente di Rosignano Solvay - Vada comprendente l'attuale Pianura costiera da Rosignano fino a S. Vincenzo.

In questo bacino lo spessore delle argille dei Pleistocene inferiore raggiunge (e forse supera) i 300 m.

Questa formazione, costituita da argille sovraconsolidate, costituisce il substrato stabile di tutta la pianura costiera. Al di sopra di questa formazione, ma talvolta anche sul substrato più antico, giacciono le formazioni generalmente marine dei Pleistocene medio - superiore. Sono costituite da sedimenti detritici grossolani (sabbie - arenarie e conglomerati) con sottili intercalazioni limo - argillose.

La morfologia del tetto della formazione argillosa dei Pleistocene inferiore è quella tipica legata a formazioni di valli di erosione, riempite successivamente da depositi marini trasgressivi. Questo è di notevole importanza ai fini della valutazione del rischio sismico, legato a zone di faglia.

La morfologia del tetto delle argille del substrato, anche se caratterizzata dalle incisioni delle paleovalli prima dette, si presenta con acclività molto blanda ed i depositi sovrastanti vi si adagiano con inclinazione di pochi gradi. Anche questo è un fattore importante per assicurare maggior stabilità ai suoli in caso di crisi sismica.

Scendendo nel dettaglio, possiamo notare che due sono gli alvei sepolti di età pretirreniana (pre-Quaternario Superiore). Questi paleoalvei, uno centrato sulla parte occidentale dell'area dello Stabilimento Solvay e l'altro nella parte centrale, hanno una direzione completamente indipendente da quella dei botri della piana attuale e confluivano nel Fiume Fine con angolo più o meno retto, secondo la modalità di confluenza più comune dei corsi d'acqua. Questo ad ulteriore dimostrazione che il modellamento di questa superficie di riferimento non è legata a motivi tettonici ma a fattori esclusivamente paleo - idrogeologici. In altri termini si può ritenere che prima della trasgressione tirreniana esistesse un sistema di valli ben inciso, sia in corrispondenza dei tratti visibili anche attualmente, a monte del limite raggiunto in seguito dai sedimenti tirreniano - wurmiani, sia a valle di questo limite la trasgressione tirreniana e i fenomeni di deposizione specialmente eolica e colluviale dei Wurm (hanno sepolto questa rete di valli ben organizzata ed hanno formato una piana a debolissima pendenza sulla quale i corsi d'acqua più che avere operato delle incisioni nette devono avere divagato in superficie) fin quando non sono stati canalizzati dall'uomo.

A seguire viene riportata la carta geologica ma si fa presente che nel presente studio di MS sono state prese in considerazione anche le sezioni geologiche che hanno fornito importanti indicazioni soprattutto nelle zone con bassa densità di indagini.



## 5. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Le indagini associate agli strumenti urbanisti del Comune di Rosignano Marittimo hanno permesso di delineare un quadro conoscitivo preliminare del territorio finalizzato alla successiva realizzazione del modello geologico di riferimento (come previsto dagli approfondimenti di I livello della Microzonazione Sismica). A tal proposito si ringrazia per la collaborazione nel fornire i dati sismici e geotecnici da parte del Dott. Geol. Corsini Roberto e del Dott. geol. Danesi Alessandro.

In dettaglio, facendo riferimento alle aree di studio di Figura 2.2, è stato possibile consultare N.70 prove di tipo geotecnico e N. 103 prove di tipo geofisico tra nuove e pregresse.

Le figure che seguono (Fig. 5.1 e 5.2) riassumono le differenti tipologie di indagini distribuite sul territorio i Rosignano Marittimo (LI).

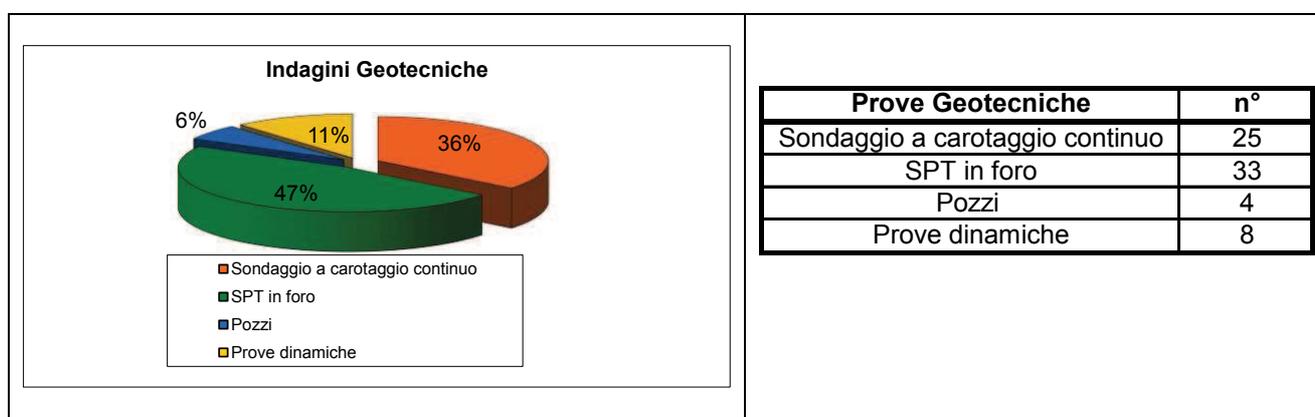


Figura 5.1 – Prove geotecniche distribuite sul territorio di Rosignano Marittimo (LI)

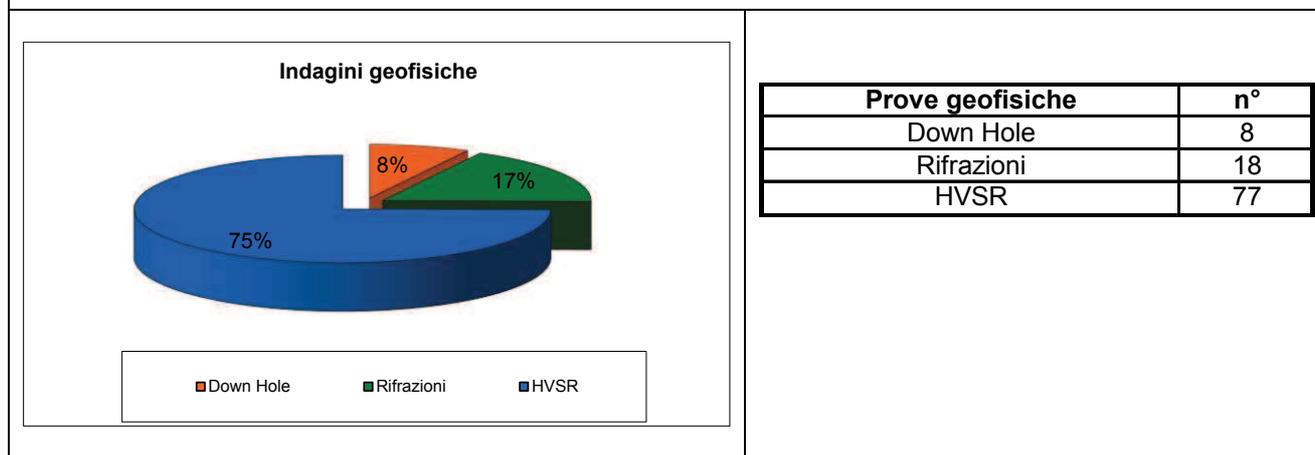


Figura 5.2 – Prove geofisiche distribuite sul territorio di Rosignano Marittimo (LI)

Nella “Carta delle Indagini”, in allegato alla relazione, è possibile visualizzare l’ubicazione di ciascuna delle prospezioni a disposizione (Figura 5.3 esempio).

La carta è stata realizzata in base alle prescrizioni rilasciate dal Dipartimento di Protezione Civile ad integrazione degli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica di livello 1 (Microzonazione Sismica - Standard di Rappresentazione – versione 4.0b – ottobre 2015; [http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/standard\\_studi\\_ms.wp](http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/standard_studi_ms.wp)).

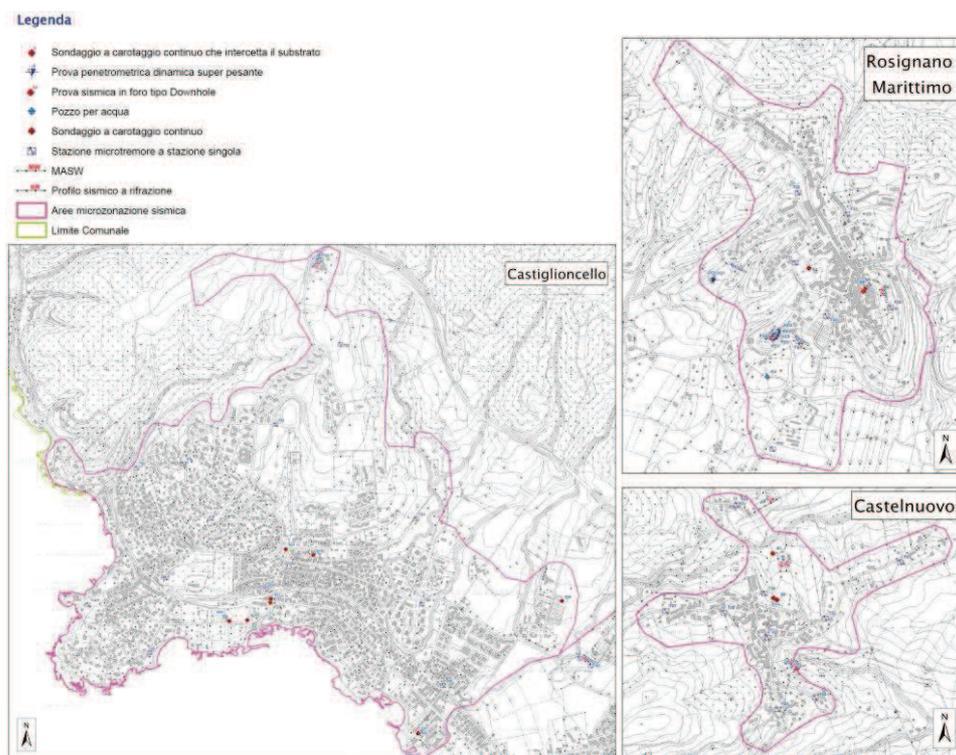


Figura 5.3–Estratto Carta delle Indagini relativa ai territori di Rosignano Marittimo (scala 1:5000)

## 6. MICROZONAZIONE SISMICA AL I LIVELLO DI ANALISI

### 6.1. Carta Geologico-Tecnica

A partire dalla carta geologica del CARG Toscana in scala 1:10.000 e dopo aver visionato tutti i dati geotecnici e geofisici pregressi e i risultati delle indagini integrative, è stata costruita la “Carta Geologico-Tecnica” (Figura 6.1) così come previsto dagli standard 4.0b allegati alle linee guida “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica”. Si tratta di un modello integrato di sottosuolo funzionale alle valutazioni sismiche legate agli studi di Microzonazione Sismica, che permette di individuare in modo semplice ed efficace, i rapporti stratigrafici tra sub-strato e materiali di copertura. Le unità geologiche presenti sul territorio di Rosignano Marittimo sono state, dunque, codificate in unità lito-tecniche. In tabella 6.1 vengono riportate le codifiche per i terreni di copertura mentre in tabella 6.2 le codifiche riferite al sub-strato.

Tabella 6.1 – Codifiche per la carta geologico-tecnica riferite ai terreni di copertura

| Unità Geologica  | Sigla Geologica | Codifica Litotecnica (terreni di copertura)   | Sigla Litotecnica |
|--|-----------------|---|-------------------|
| Argille, sabbie e limi marino-transizionali                                  | Plec            | Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre | CL                |
| Calcari marino-transizionali   | PLEd            | Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre | CL                |
| Detriti di falda   | a3a             | Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo   | GM                |
| Depositi di versante   | aa              | Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo   | GM                |
| Depositi eluvio-colluviali   | b2a             | Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo   | GM                |
| Conglomerati e ciottolami poligenici   | Vila            | Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo   | GM                |
| Depositi deltizi e di delta-conoide marina                                   | g3b             | Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia                                | GP                |
| Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose                                  | Vilh            | Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità     | ML                |
| Calcari  | vild            | Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità     | ML                |
| Depositi lacustri, lagunari, palustri, torbosi e di colmata indifferenziati  | ea              | Torbe ed altre terre fortemente organiche   | PT                |
| Terreni di riporto, bonifica per colmata                                     | H5              | Terreni contenenti resti di attività antropica  | RI                |
| Depositi alluvionali attuali   | b               | Sabbie limose, miscela di sabbia e limo   | SM                |
| Depositi alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati                    | bna             | Sabbie limose, miscela di sabbia e limo   | SM                |
| Depositi alluvionali terrazzati  | bnb             | Sabbie limose, miscela di sabbia e limo   | SM                |
| Sabbie, limi sabbiosi marino-transizionali                                   | PLEb            | Sabbie limose, miscela di sabbia e limo   | SM                |
| Sabbie, sabbie ciottolose e sabbie siltoso-argillose e limi sabbiosi         | Vilb            | Sabbie limose, miscela di sabbia e limo   | SM                |
| Depositi eolici  | da              | Sabbie pulite con granulometria poco assortita  | SP                |
| Depositi eolici  | db              | Sabbie pulite con granulometria poco assortita  | SP                |
| Depositi di spiaggia   | g2a             | Sabbie pulite con granulometria poco assortita  | SP                |
| Depositi di spiaggia   | g2b             | Sabbie pulite con granulometria poco assortita  | SP                |
| Miscela di depositi di spiaggia e depositi deltizi e di delta-conoide marina | g3b+g2b         | Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose  | SW                |
| Sabbie e conglomerati  | Vile            | Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose  | SW                |

Tabella 6.2 – Codifiche per la carta geologico-tecnica riferite al sub-strato

| Unità Geologica   | Sigla Geologica | Codifica Litotecnica (SUBSTRATO)                             | Sigla Litotecnica |
|---|-----------------|--|-------------------|
| Brecce sedimentarie, conglomerati con elementi ofiolitici       | CAAb            | Alternanza di litotipi, stratificato                         | ALS               |
| Arenarie con siltiti, calcari marnosi e marne                   | CAAr            | Alternanza di litotipi, stratificato                         | ALS               |
| Basalti con strutture a pillow-lava                             | BRG             | Lapideo  | LP                |
| Gabbri con filoni basici  | GBB             | Lapideo  | LP                |
| Peridotiti serpentizzate con filoni gabbri e basaltici          | PRN             | Lapideo  | LP                |
| Argille a Palombini   | APA             | Lapideo, stratificato  | LPS               |
| Flysch Formazione di Montaione                                  | MIO             | Alternanza di litotipi, stratificato fratturato / alterato   | SFALS             |
| Argille e argille marnoso-sabbiose con livelli e lenti di gessi | EMO             | Coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato / alterato | SFCOS             |
| Lenti di gesso  | EMOG            | Coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato / alterato | SFCOS             |
| Lenti di gessi  | RAQg            | Coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato / alterato | SFCOS             |
| Conglomerati  | ROSa            | Coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato / alterato | SFCOS             |
| Argille e argille sabbiose grigie                               | RAQ             | Coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato / alterato | SFCOS             |
| Calcari e calciruditi   | ROsb            | Coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato / alterato | SFCOS             |
| Marne sabbioso-siltose  | SLEm            | Granulare cementato, stratificato fratturato / alterato      | SFGRS             |

Oltre alla carta “Geologico-Tecnica”, per meglio comprendere i rapporti geometrici e giaciture tra i materiali di copertura e il substrato geologico, sono state realizzate 21 sezioni con opportune orientazioni; i risultati sono riportati nella “Carta delle Sezioni Litotecniche” in allegato alla relazione.

Le indagini di base raccolte e realizzate all’interno di questo studio hanno permesso di ricostruire la geometria del sottosuolo.

La presenza di faglie e sovrascorrimenti nell’area di studio ed i relativi rapporti laterali tra le formazioni non consentono di escludere possibili fenomeni di amplificazione del moto sismico dovuti alla geometria dei



Di seguito vengono esposti i criteri utilizzati nella redazione di tale mappa:

In ciascuna delle 77 curve dei rapporti spettrali è stato individuato il valore di F0 (Frequenza Fondamentale di Risonanza). Si tratta del massimo in frequenza col valore di ampiezza maggiore (come previsto da “Contributi per l'aggiornamento degli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" Luglio 2011”). Quanto appena esposto consente di capire che eventuali Frequenze di Risonanza secondarie nelle misure sono state escluse dalla mappa.

In Figura 6.2 viene esplicitato un esempio della procedura adottata.

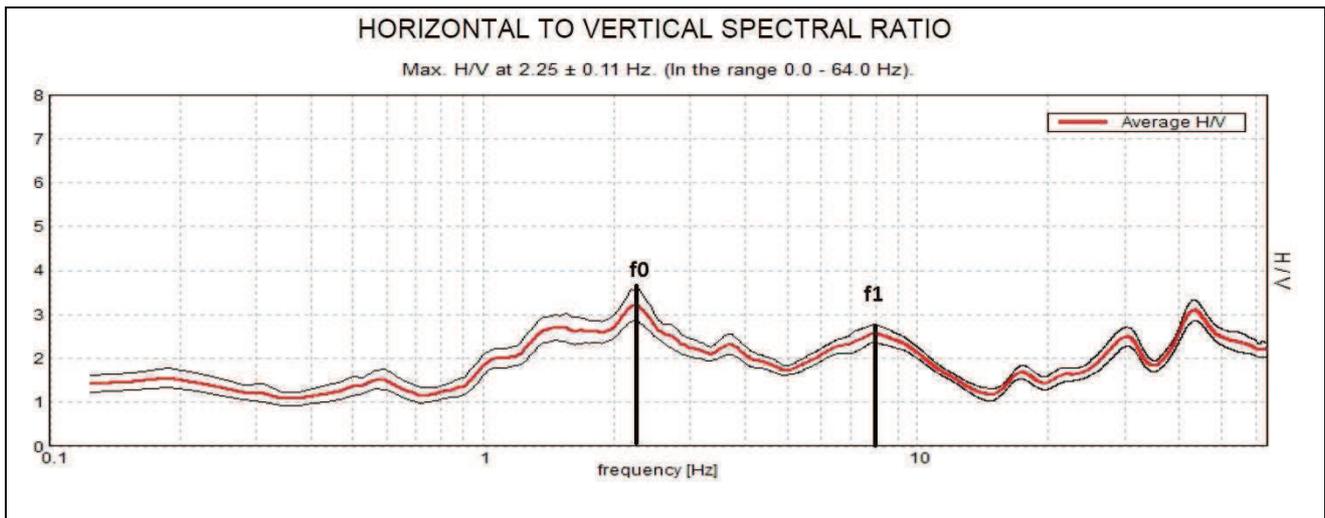


Figura 6.2- Curva dei rapporti spettrali riferita alla postazione T3.

La curva dei rapporti spettrali riferita alla postazione T3 presenta 2 chiari massimi di risonanza rispettivamente a 2.24 e 7.98 Hz. Inoltre, bisogna aggiungere che tutti i massimi superiori a 20 Hz sono stati esclusi da ogni interpretazione poiché l'intervallo ingegneristico di risonanza degli edifici è compreso tra 0.5 e 20 Hz. Pertanto il massimo a circa 44 Hz in Figura 6.2 è stato ritenuto non significativo.

- In base alla determinata F0, i risultati delle 77 registrazioni HVSr, sono stati distribuiti nelle seguenti classi di frequenza e ampiezza:

**Classi in Frequenza:** nessuna risonanza; 0.1 Hz  $\leq$  f0 < 0.5 Hz; 0.5 Hz  $\leq$  f0 < 1 Hz; 1.0 Hz  $\leq$  f0 < 2.5 Hz; 2.5 Hz  $\leq$  f0 < 5.0 Hz; 5.0 Hz  $\leq$  f0 < 7.5 Hz; 7.5 Hz  $\leq$  f0 < 10 Hz; 10 Hz  $\leq$  f0 < 15 Hz; 15 Hz  $\leq$  f0 < 20 Hz;

**Classi in Ampiezza:** nessuna risonanza; 1.1  $\leq$  A0 < 2,0; 2.0  $\leq$  A0 < 3,0; 3.0  $\leq$  A0 < 5.0; 5.0  $\leq$  A0

- L'ubicazione delle differenti postazioni di misura sono, dunque state indicate attraverso punti di differenti colori e dimensioni:
  - Il colore di ogni punto si riferisce al contenuto in Frequenza della misura (Figura 6.3).
  - La dimensione di ciascun punto si riferisce al valore di ampiezza della frequenza individuata (Figura 6.3).

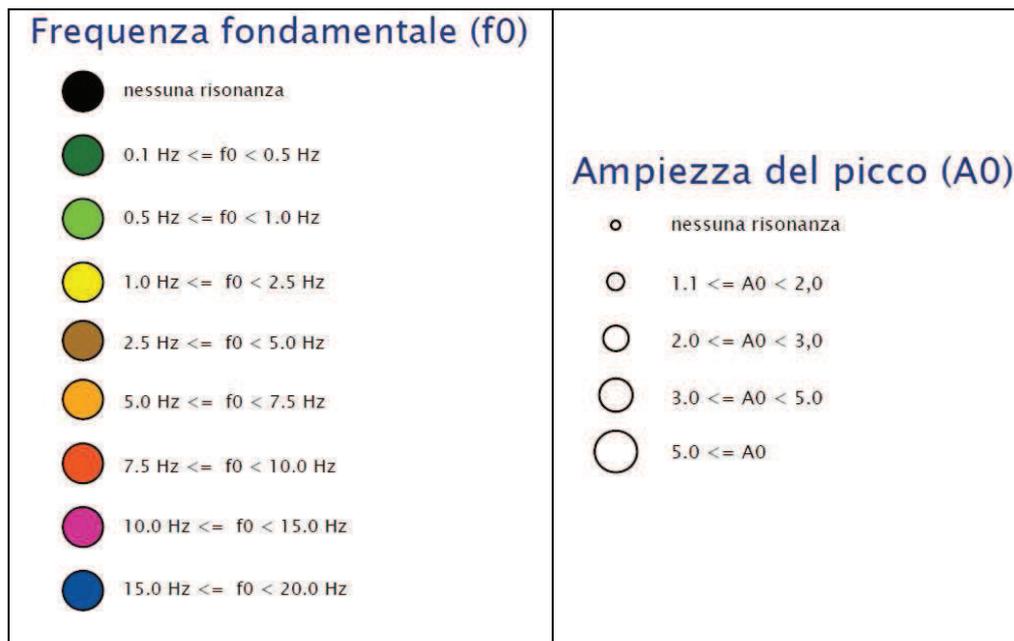


Figura 6.3-Codifiche per la visualizzazione in mappa delle Frequenze e della Ampiezze individuate dai rilievi HVSR.

Come spiegato precedentemente, tutte le frequenze di risonanza secondarie sono state escluse dalla mappa in allegato. Tuttavia se si osserva l'esempio di Figura 6.2 appare chiaro che il massimo secondario indicato come F1 è comunque significativo in termini di risonanza sismica e amplificazioni locali. La frequenza F1, infatti, ricade all'interno dell'intervallo ingegneristico di risonanza compreso tra circa 0.5 e 20 Hz. Per non perdere, dunque, importanti informazioni, utili anche per i II e III livelli di approfondimento del lavoro di Microzonazione, di seguito viene riportata la tabella 6.3 dove, per ciascuna misura, vengono indicati i valori di frequenza e ampiezza di ciascun massimo (principale e secondario) rilevato.

Tabella 6.3-Frequenze di Risonanza individuate dalle registrazioni HVSR (\*flat=nessuna risonanza)

| Cod. Prova | F1 (Hz) | A1   | F2 (Hz) | A2   | F3 (Hz) | A3   | F0 (Hz) | A0   |
|------------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|
| T1         | 12,75   | 2    | 4,2     | 2,29 | 2,59    | 2,42 | 2,59    | 2,42 |
| T2         | 6,59    | 2,41 | 4,96    | 2,36 | 1,7     | 2,14 | 6,59    | 2,41 |
| T3         | 7,98    | 2,55 | 2,24    | 3,21 |         |      | 2,24    | 3,21 |
| T4         |         |      | 2,56    | 3,21 | 1,97    | 3,53 | 1,97    | 3,53 |
| T5         | flat    | flat | flat    | flat | flat    | flat | flat    | flat |
| T6         | 20,94   | 7,87 |         |      |         |      | 20,94   | 7,87 |
| T7         | 17,81   | 3,15 | 5       | 1,9  | 2,19    | 1,64 | 17,81   | 3,15 |
| T8         | flat    | flat | flat    | flat | flat    | flat | flat    | flat |
| T9         | 13,44   | 3,5  | 2,08    | 2,25 |         |      | 13,44   | 3,5  |

| Cod. Prova | F1 (Hz) | A1   | F2 (Hz) | A2   | F3 (Hz) | A3   | F0 (Hz) | A0   |
|------------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|
| T10        | 19,97   | 2,28 | 11      | 1,84 |         |      | 19,97   | 2,28 |
| T11        |         |      | 4,84    | 2,94 |         |      | 4,84    | 2,94 |
| T12        |         |      | 5,31    | 3,49 |         |      | 5,31    | 3,49 |
| T13        |         |      | 8,25    | 2,47 |         |      | 8,25    | 2,47 |
| T14        | flat    | flat | flat    | flat | flat    | flat | flat    | flat |
| T15        |         |      | 6,5     | 1,8  | 1,5     | 1,85 | 1,5     | 1,85 |
| T16        | 9,06    | 3,12 | 4,3     | 2,04 | 1,58    | 2,18 | 9,06    | 3,12 |
| T17        | 7,04    | 1,73 | 4,02    | 1,85 | 1,44    | 1,91 | 1,44    | 1,91 |
| T18        |         |      | 4,06    | 2,04 |         |      | 4,06    | 2,04 |
| T19        |         |      | 4,81    | 2,23 |         |      | 4,81    | 2,23 |
| T20        |         |      | 25      | 2    | 1,3     | 1,62 | 1,3     | 1,62 |
| T21        |         |      | 5,31    | 2,8  |         |      | 5,31    | 2,8  |
| T22        | 4,34    | 1,8  | 2,2     | 1,86 | 0,75    | 1,97 | 0,75    | 1,97 |
| T23        | 19,59   | 2,96 | 6,16    | 2,38 | 2,26    | 2,37 | 19,59   | 2,96 |
| T24        |         |      |         |      | 0,56    | 2,56 | 0,56    | 2,56 |
| T25        | 8,19    | 4,34 | 5,28    | 5,83 |         |      | 5,28    | 5,83 |
| T26        | 18,19   | 2,26 |         |      | 0,3     | 2    | 18,19   | 2,26 |
| T27        | 12,81   | 3,07 |         |      | 0,4     | 2,1  | 12,81   | 3,07 |
| T28        |         |      |         |      | 0,5     | 2,73 | 0,5     | 2,73 |
| T29        | 6,93    | 1,5  | 3,13    | 1,68 | 1       | 1,84 | 1       | 1,84 |
| T30        | 12,5    | 2,67 |         |      | 1,02    | 2,25 | 12,5    | 2,67 |
| T31        | 8,03    | 2,13 |         |      | 1,03    | 1,89 | 8,03    | 2,13 |
| T32        | 8,69    | 3,76 | 5,91    | 3,48 | 1,06    | 2    | 8,69    | 3,76 |
| T33        | 16,08   | 2,41 | 6,32    | 3,82 | 3,66    | 4,45 | 3,66    | 4,45 |
| T34        |         |      | 0,57    | 1,76 | 0,31    | 2,06 | 0,31    | 2,06 |
| T35        |         |      |         |      | 0,41    | 2,75 | 0,41    | 2,75 |
| T36        |         |      | 1,03    | 2,09 | 0,31    | 3,53 | 0,31    | 3,53 |
| T37        |         |      | 4,06    | 4,53 | 0,19    | 3,1  | 4,06    | 4,53 |
| T38        |         |      | 4       | 6,06 | 0,25    | 3,18 | 4       | 6,06 |
| T39        | 19,06   | 2,29 | 8       | 2    |         |      | 19,06   | 2,29 |
| T40        |         |      |         |      | 0,4     | 1,8  | 0,4     | 1,8  |
| T41        |         |      |         |      | 0,42    | 1,75 | 0,42    | 1,75 |
| T42        | 7,5     | 2,35 |         |      | 0,64    | 1,94 | 7,5     | 2,35 |
| T43        |         |      |         |      | 0,7     | 2    | 0,7     | 2    |
| T44        | 7,28    | 2,42 |         |      |         |      | 7,28    | 2,42 |
| T45        |         |      |         |      | 1,88    | 2,7  | 1,88    | 2,7  |
| T46        | flat    | flat | flat    | flat | flat    | flat | flat    | flat |
| T47        | flat    | flat | flat    | flat | flat    | flat | flat    | flat |
| T48        | flat    | flat | flat    | flat | flat    | flat | flat    | flat |
| T49        | 33,69   | 3,11 | 3,09    | 4,01 |         |      | 3,09    | 4,01 |
| T50        |         |      |         |      | 1,46    | 2,34 | 1,46    | 2,34 |
| T51        |         |      | 2,52    | 1,86 |         |      | 2,52    | 1,86 |

| Cod. Prova | F1 (Hz) | A1   | F2 (Hz) | A2   | F3 (Hz) | A3   | F0 (Hz) | A0   |
|------------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|
| T52        | 7,2     | 1,9  | 5,8     | 1,95 | 0,9     | 1,91 | 5,8     | 1,95 |
| T53        | 7,4     | 2,15 |         |      | 0,84    | 1,76 | 7,4     | 2,15 |
| T54        | 7,61    | 1,77 | 2,9     | 2,29 | 1,77    | 2,58 | 1,77    | 2,58 |
| T55        |         |      | 2,25    | 2,77 | 0,74    | 1,86 | 2,25    | 2,77 |
| T56        | 19,37   | 2,22 | 3,73    | 2,11 | 1,58    | 2,14 | 19,37   | 2,22 |
| T57        |         |      |         |      | 1,23    | 2,2  | 1,23    | 2,2  |
| T58        | 15,27   | 2,05 |         |      |         |      | 15,27   | 2,05 |
| T59        | 15,1    | 2,19 | 11,52   | 2,23 |         |      | 11,52   | 2,23 |
| T60        | 13,6    | 2,3  |         |      |         |      | 13,6    | 2,3  |
| T61        | 17,73   | 2,4  | 5,14    | 1,84 | 1,12    | 2,07 | 17,73   | 2,4  |
| T62        | 19,92   | 2,71 | 7,95    | 2,22 | 0,87    | 2    | 19,92   | 2,71 |
| T63        | flat    | flat | flat    | flat | flat    | flat | flat    | flat |
| T64        | 28,7    | 2,06 |         |      | 0,42    | 2,01 | 0,42    | 2,01 |
| T65        |         |      |         |      | 0,61    | 2,96 | 0,61    | 2,96 |
| T66        |         |      |         |      | 0,31    | 3,14 | 0,31    | 3,14 |
| T67        | 30,16   | 2,34 | 1,12    | 1,62 | 0,55    | 2,53 | 0,55    | 2,53 |
| T68        | flat    | flat | flat    | flat | flat    | flat | flat    | flat |
| T69        |         |      | 8,54    | 1,99 | 0,31    | 2,73 | 0,31    | 2,73 |
| T70        | 20,59   | 2,08 | 6,66    | 2,42 | 2,3     | 1,94 | 6,66    | 2,42 |
| T71        |         |      |         |      | 0,31    | 2,1  | 0,31    | 2,1  |
| T72        |         |      |         |      | 0,28    | 2,27 | 0,28    | 2,27 |
| T73        |         |      | 7,81    | 2,76 |         |      | 7,81    | 2,76 |
| T74        | 35      | 2,7  | 7,69    | 1,56 |         |      | 7,69    | 1,56 |
| T75        | 15,56   | 3,4  |         |      | 0,18    | 3,05 | 15,56   | 3,4  |
| T76        |         |      | 7,78    | 6,48 | 0,16    | 3,74 | 7,78    | 6,48 |
| T77        | flat    | flat | flat    | flat | flat    | flat | flat    | flat |

In Figura 6.4 è mostrato uno stralcio della “Carta delle frequenze fondamentali dei terreni”.

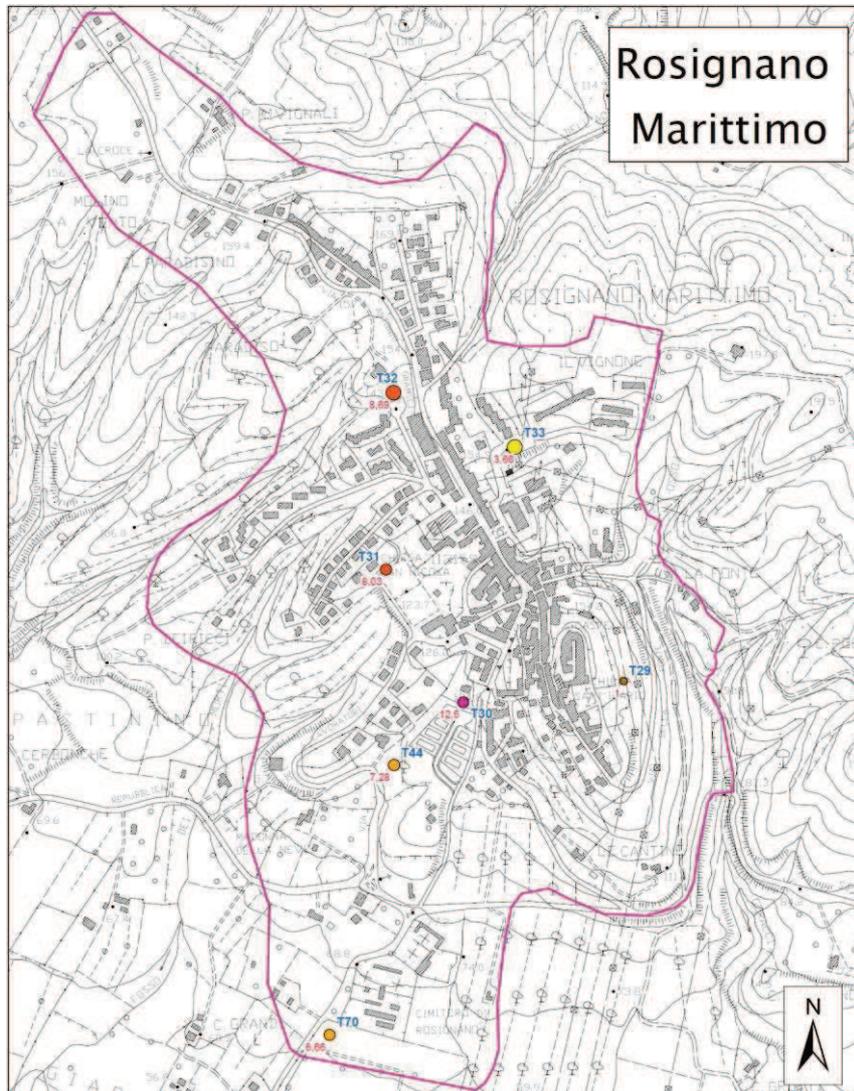


Figura 6.4- Stralcio della “Carta delle frequenze fondamentali dei terreni” relativa all’area di studio “Rosignano Marittimo Capoluogo”

### 6.3. Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)

La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica costituisce il documento fondamentale del I livello di approfondimento (Figura 6.5). La carta individua le microzone ove, sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e delle valutazioni dei dati litostratigrafici è prevedibile l’occorrenza di diversi tipi di effetti prodotti dall’azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, ecc...).

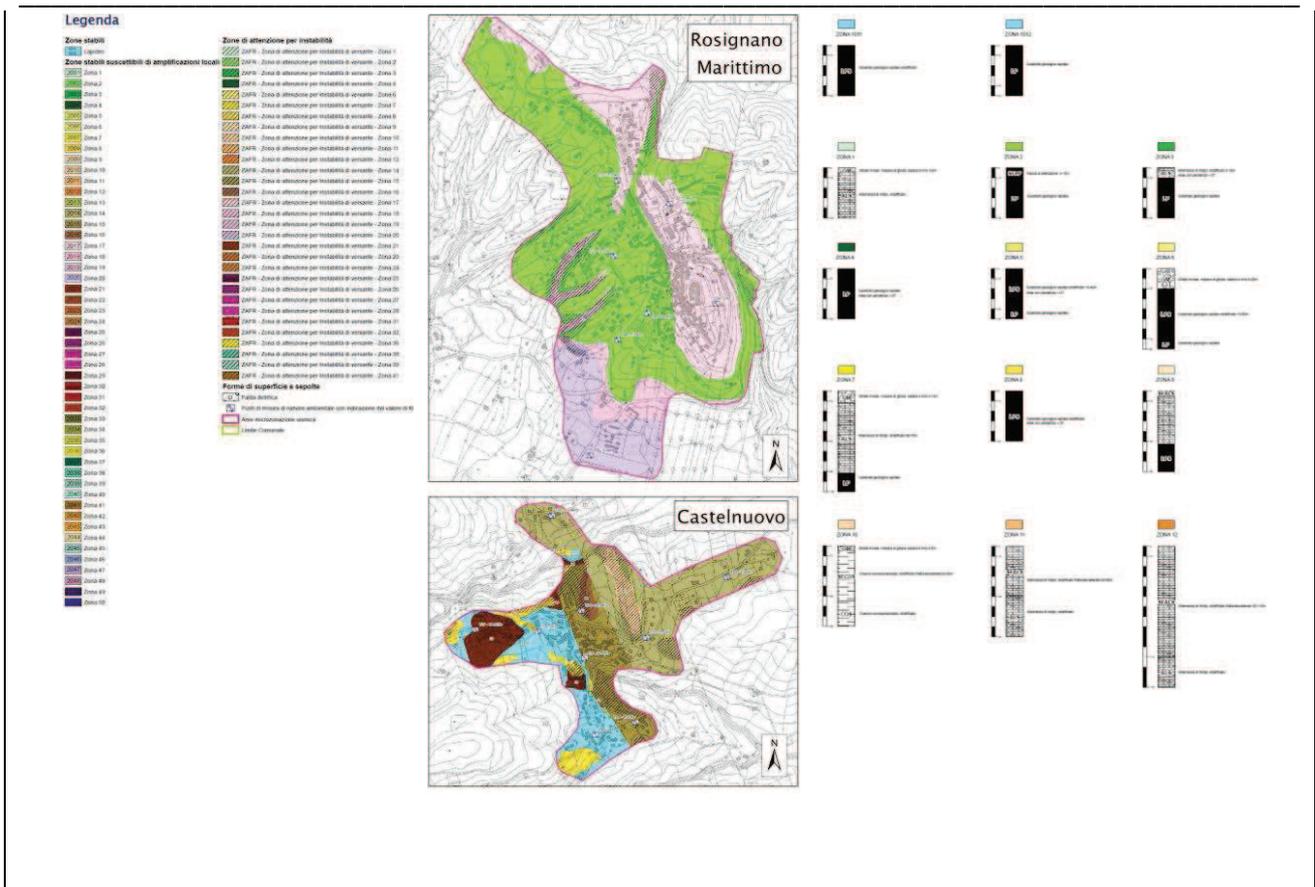


Figura 6.5- Estratto della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)

Le informazioni utilizzate, per la realizzazione di tale documento, oltre alla cartografia di base disponibile sono:

- carta delle indagini;
- carta geologico-tecnica;
- sezioni lito-tecniche;
- carta delle frequenze naturali dei terreni;

Le microzone possono essere classificate in tre categorie:

- a) zone stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura (substrato geologico in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata – pendii con inclinazione inferiore a circa 15°);
- b) zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, con effetto dell’assetto litostratigrafico e morfologico locale;

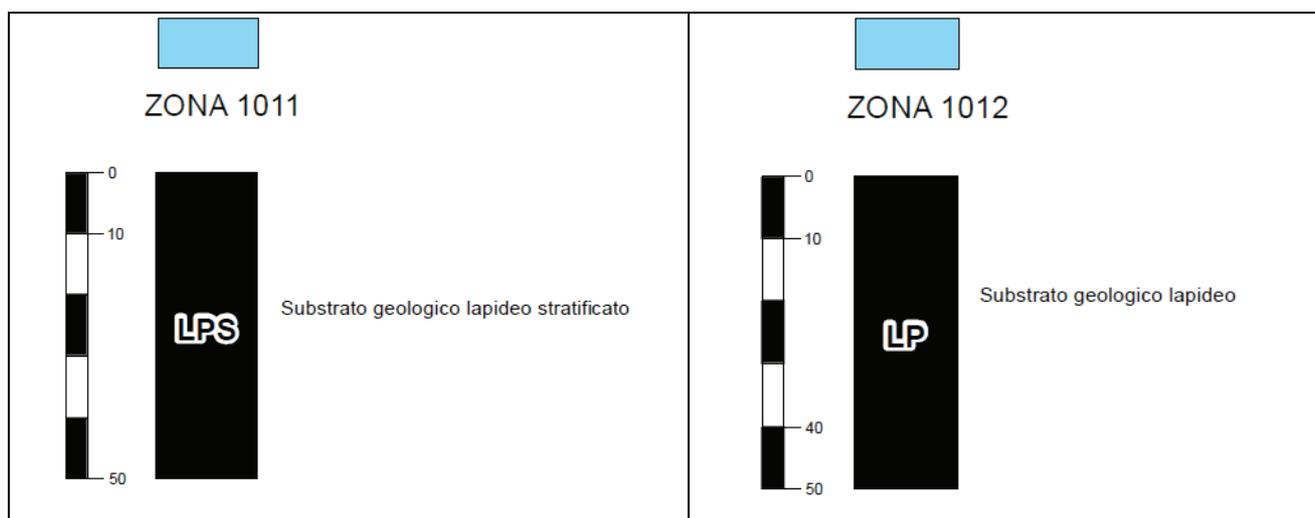
c) zone suscettibili di instabilità, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti nel territorio. I principali tipi di instabilità sono: instabilità di versante, liquefazioni, faglie attive e capaci e cedimenti differenziali.

In questo caso specifico sono state individuate per le aree di studio, data la sua elevata variabilità geologico-tecnica, 50 microzone suscettibili di amplificazioni locali, alcune zone suscettibili di instabilità e alcune aree stabili riconducibili a due tipologie di substrato. Di seguito una breve descrizione delle zone individuate.

### Zone stabili

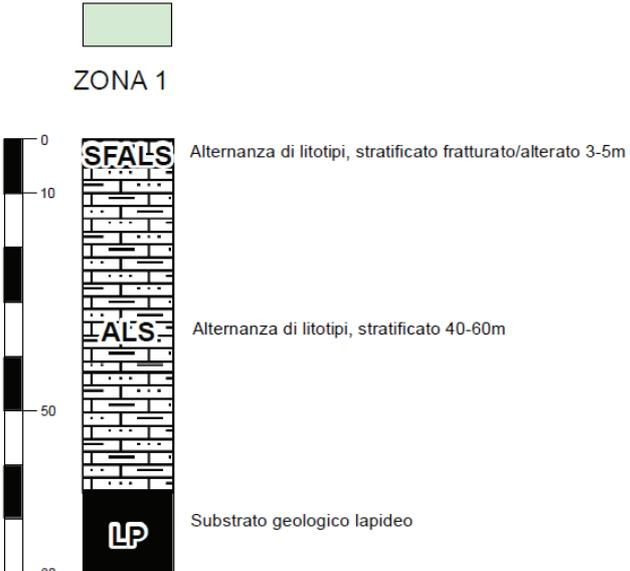
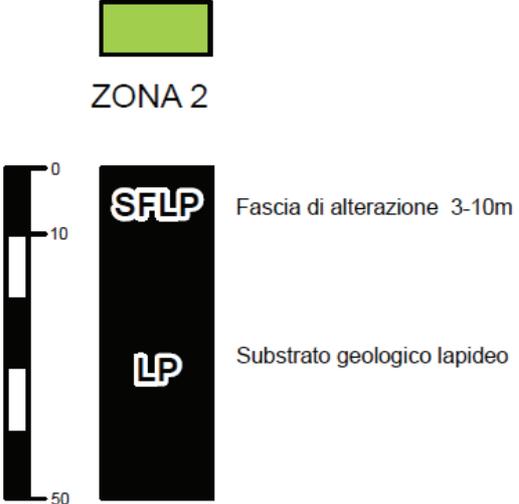
All'interno del territorio in studio sono state riscontrate microzone che è possibile definire stabili. Questo è dovuto in particolare al fatto che sono state riscontrate situazioni di sub-strato geologico affiorante dove le registrazioni a stazione singola risultano piatte o senza picchi significativi oltre che privi di amplificazione topografica. Se si osserva, infatti, la carta delle frequenze è possibile notare che 9 curve dei rapporti spettrali (T5, T8, T14, T46, T47, T48, T63, T68, T77) siano state classificate con assenza di risonanza. Queste registrazioni risiedono su varie formazioni alcune delle quali, considerata anche l'assenza di amplificazione topografica, possono considerarsi stabili. Altre formazioni hanno sia misure con bassissime risonanze che con picchi significativi si è scelto quindi di considerarle come zone stabili suscettibili di amplificazioni locali. Nei successivi livelli di MS si possono realizzare ulteriori indagini così da poter delimitare in dettaglio altre possibili zone da ritenersi stabili.

Tra le zone stabili si individuano quindi due zone, una caratterizzata da substrato lapideo (LP) e l'altra da substrato lapideo stratificato (LPS) in questo secondo caso in particolare, la stratificazione non crea particolari amplificazioni da ritenersi significative.

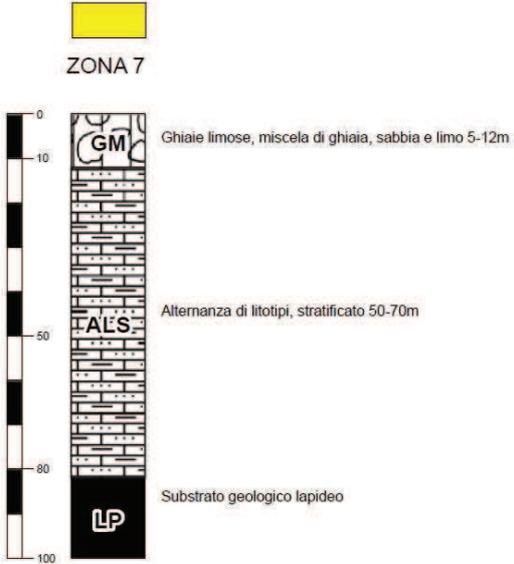
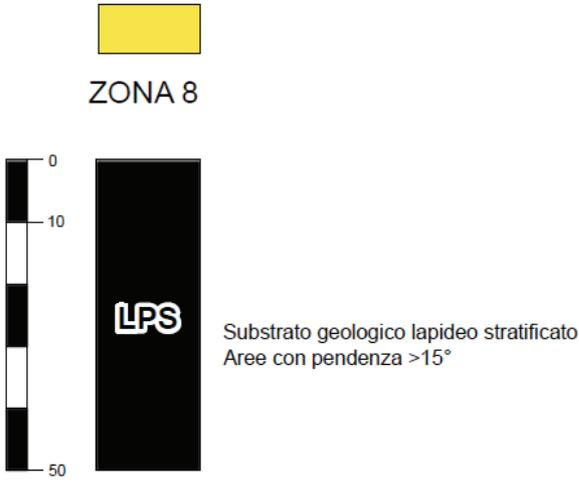
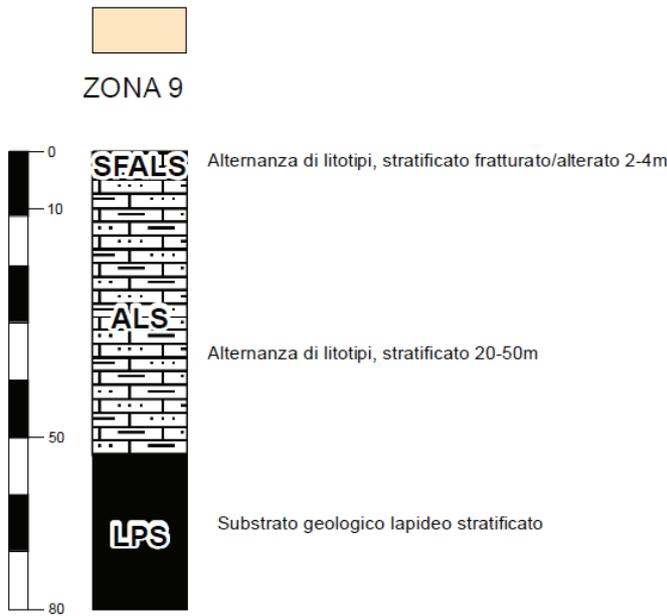


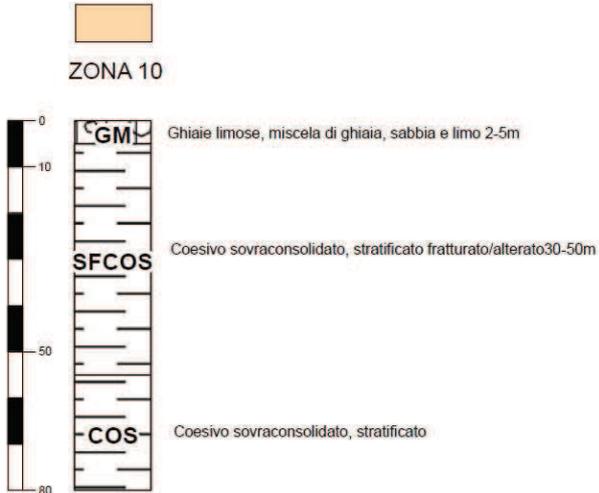
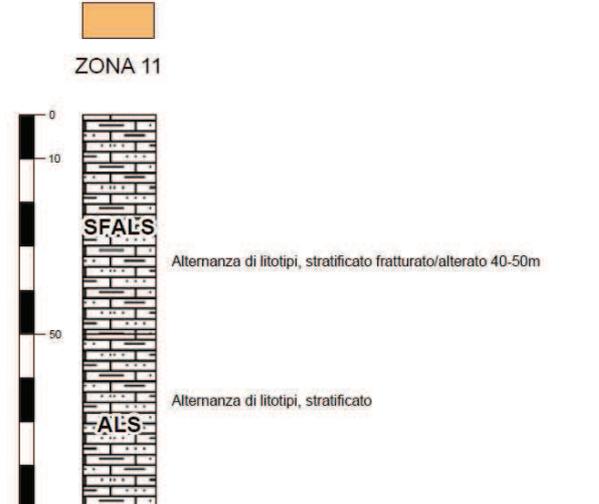
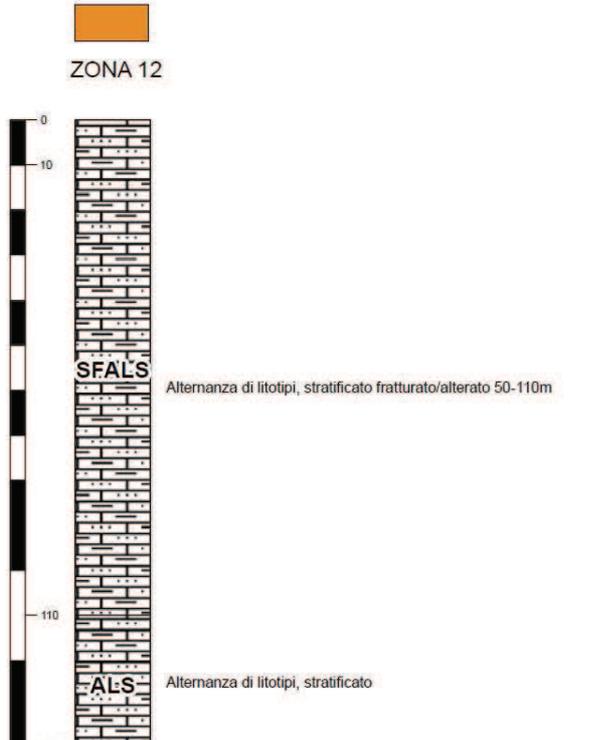
### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

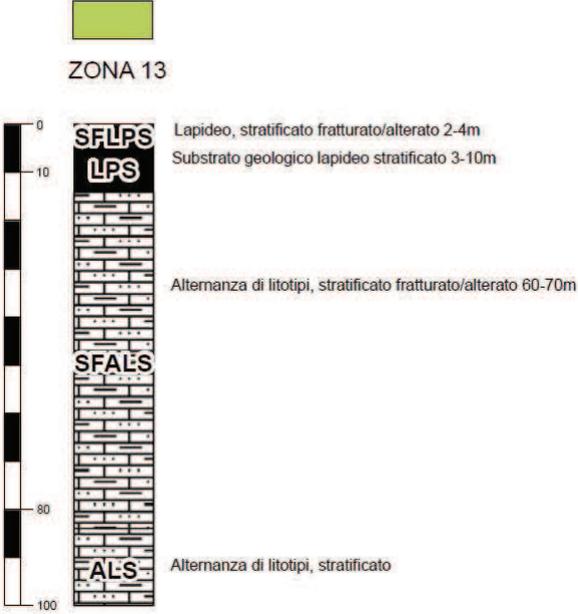
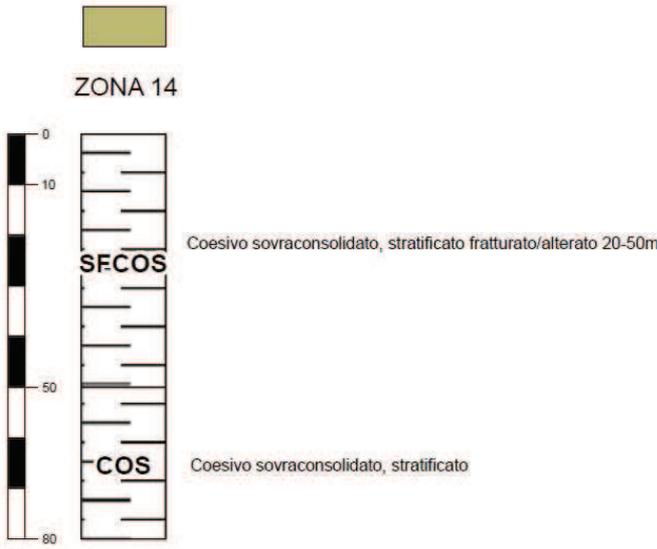
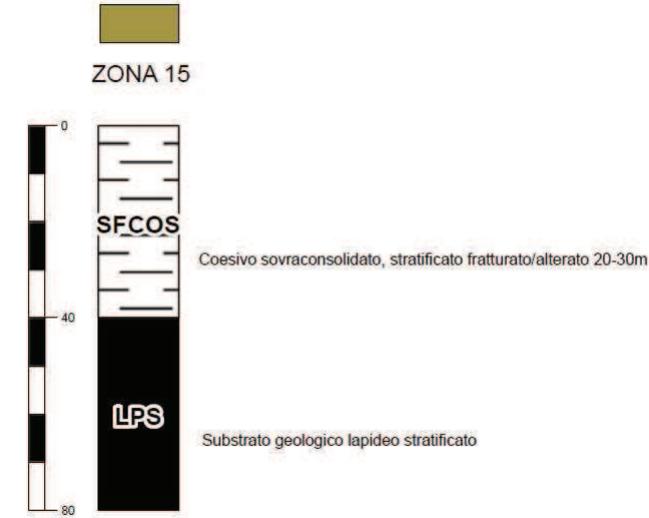
Di seguito viene esposta una breve descrizione delle Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali individuate nel territorio in studio.

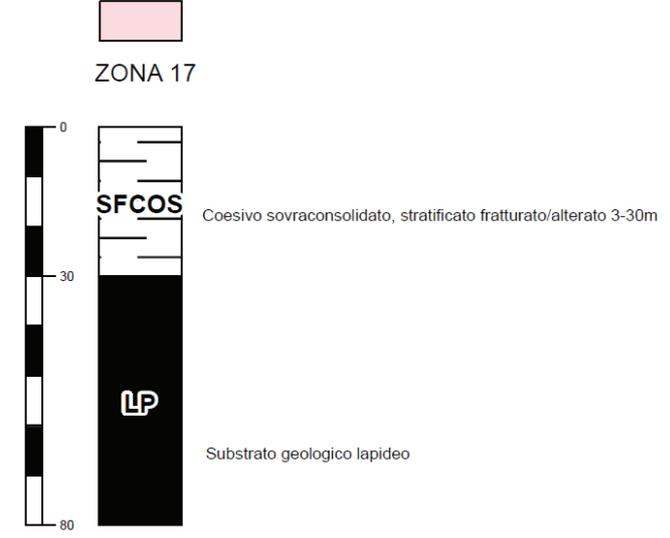
|   |  |
|---|--|
|  <p><b>ZONA 1</b></p> <p>0<br/>10<br/>50<br/>80</p> <p><b>SFALS</b> Alternanza di litotipi, stratificato fratturato/alterato 3-5m</p> <p><b>ALS</b> Alternanza di litotipi, stratificato 40-60m</p> <p><b>LP</b> Substrato geologico lapideo</p> | <p>La <b>Zona 1</b> individua le aree di affioramento nell'area est sud-est dell'abitato di Gabbro della Formazione delle Arenarie, calcari marnosi e marne (CAAr) codificata, in termini geologico-tecnici come ALS.</p> <p>Al top della formazione è presente una fascia di alterazione variabile tra 3 e 5 m definita come SFALS substrato geologico molto fratturato o alterato.</p> <p>A partire da circa 50-60 m è presente un contrasto di impedenza riconducibile a LP.</p>  |
|  <p><b>ZONA 2</b></p> <p>0<br/>10<br/>50</p> <p><b>SFLP</b> Fascia di alterazione 3-10m</p> <p><b>LP</b> Substrato geologico lapideo</p>  | <p>La <b>Zona 2</b> individua le aree di affioramento della Formazione dei Gabbri (GBB) dei Basalti (BRG) edelle Peridotiti (PRN) codificate, in termini geologico-tecnici come LP.</p> <p>Al top della formazione è stata attribuita una fascia di alterazione variabile tra 3 e 10 m definita come SFLP: substrato geologico molto fratturato o alterato.</p> <p>Tale zona si riscontra a Gabbro e in una porzione importante dell'area di studio posta a Rosignano Marittimo.</p> |
|  <p><b>ZONA 3</b></p> <p>0<br/>10<br/>50</p> <p><b>ALS</b> Alternanza di litotipi, stratificato 5-10m<br/>Aree con pendenza &gt;15°</p> <p><b>LP</b> Substrato geologico lapideo</p>   | <p>La <b>Zona</b> individua le aree di affioramento, in una piccola area a nord-ovest dell'abitato di Gabbro, della Formazione delle Arenarie, calcari marnosi e marne (CAAr) codificata, in termini geologico-tecnici come ALS con pendenza superiore a 15°. Al di sotto si dovrebbe trovare la formazione dei gabbri (GBB) codificata come LP.</p>   |

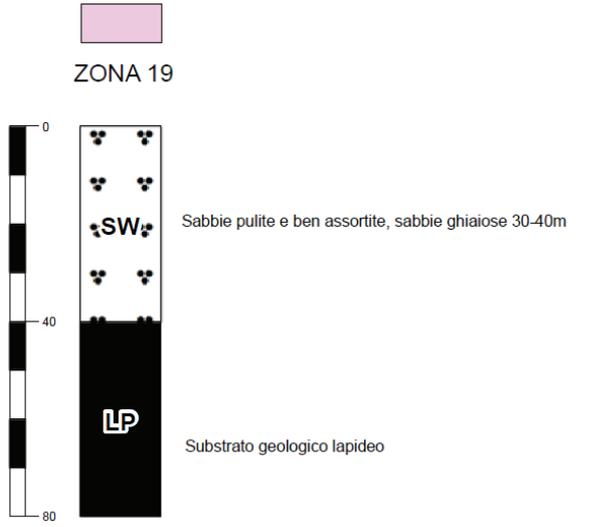
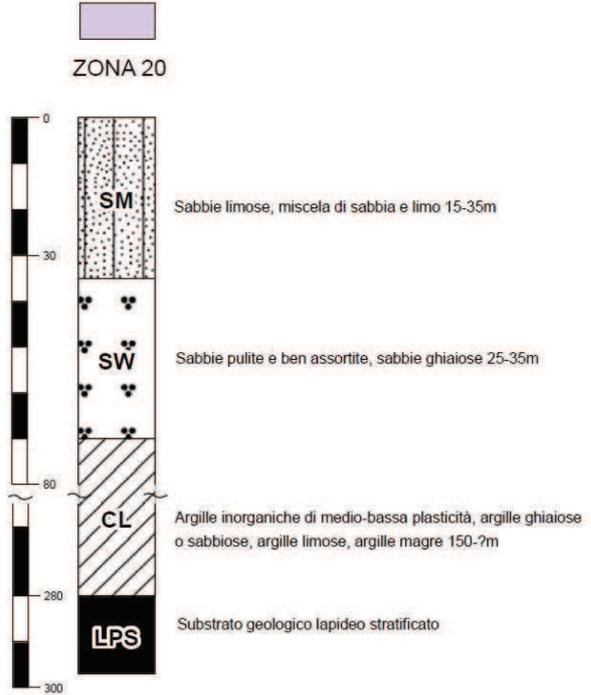
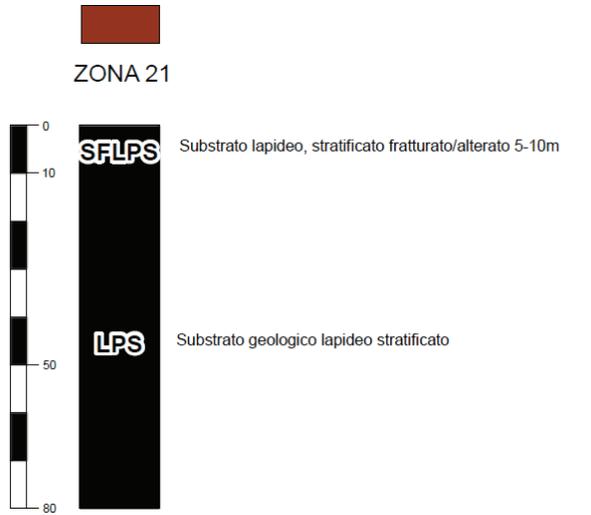
|   |   |
|---|---|
| <p><b>ZONA 4</b></p> <p>Substrato geologico lapideo<br/>         Aree con pendenza &gt;15°</p>  | <p>La <b>Zona 4</b>, unicamente riscontrata nell'area a nord dell'abitato di Gabbro è rappresentata dalla formazione delle Peridotiti (PRN) codificate, in termini geologico-tecnici come LP. Tale zona presenta pendenze superiori a 15° e quindi è soggetta ad amplificazione topografica. Al top della formazione può essere presente una fascia di alterazione variabile tra 0 e 3 m.</p>   |
| <p><b>ZONA 5</b></p> <p>Substrato geologico lapideo stratificato 10-40m<br/>         Aree con pendenza &gt;15°</p> <p>Substrato geologico lapideo</p>                       | <p>La <b>Zona 5</b>, individua le aree di affioramento, in una piccola area a nord-ovest dell'abitato di Gabbro, della formazione delle argilliti e calcilutiti (APA) con spessori variabili di 10 – 40 m codificata, in termini geologico-tecnici come LPS e con pendenza superiore a 15°.<br/>         Al di sotto si dovrebbe trovare la formazione dei gabbri (GBB) codificata come LP.</p> |
| <p><b>ZONA 6</b></p> <p>Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo 8-20m</p> <p>Substrato geologico lapideo stratificato 10-50m</p> <p>Substrato geologico lapideo</p> | <p>La <b>Zona 6</b>, riscontrata nell'area centrale dell'abitato di Gabbro di San Piero Capoluogo, individua in affioramento del materiale grossolano rappresentato dai detriti di falda (a3a). Tali coperture poggiano sul substrato stratificato (LPS) delle APA con al di sotto i gabbri GBB codificati come LP.</p>   |

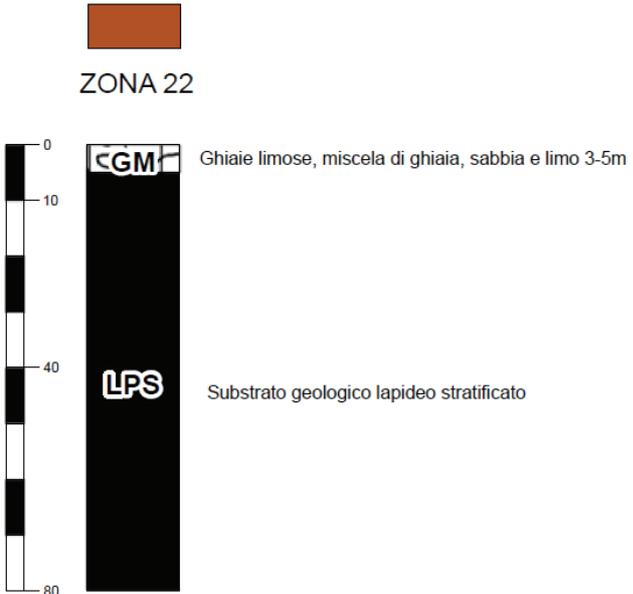
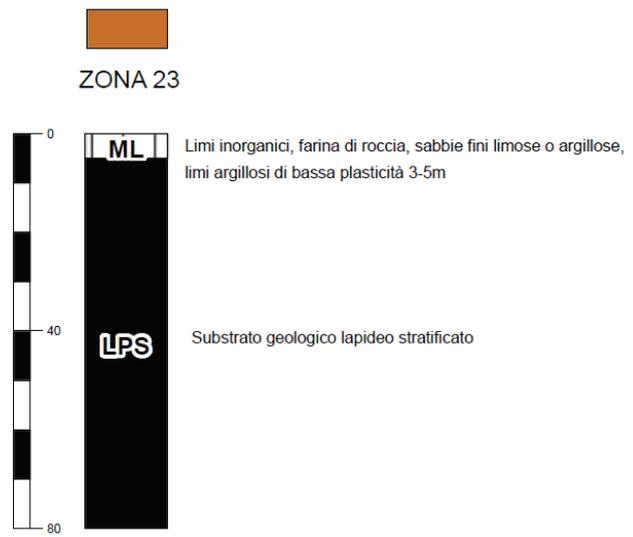
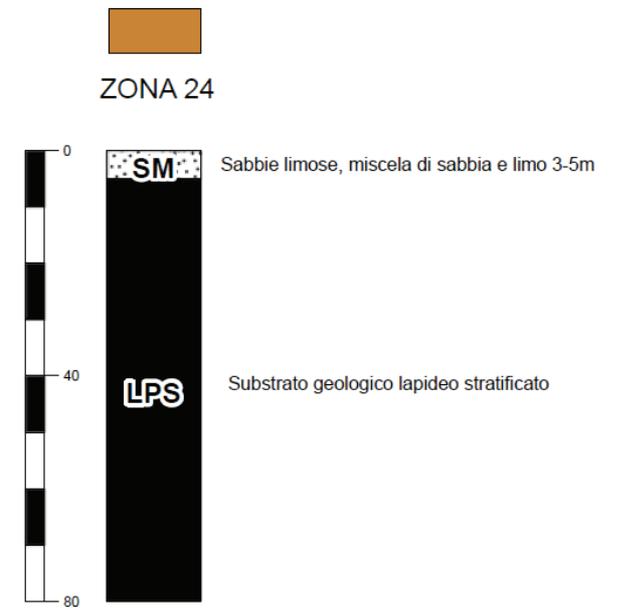
|   |  |
|---|--|
|  <p>ZONA 7</p> <p>0<br/>10<br/>50<br/>80<br/>100</p> <p>GM<br/>Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo 5-12m</p> <p>ALS<br/>Alternanza di litotipi, stratificato 50-70m</p> <p>LP<br/>Substrato geologico lapideo</p>                    | <p>La <b>Zona 7</b>, unicamente riscontrata nell'area est dell'abitato di Gabbro, individua in affioramento del materiale grossolano rappresentato dai detriti di falda (a3a). Tali coperture poggiano sull'alternanza di litotipi stratificato (ALS) delle CAAR con spessori variabili di 50-70 m con al di sotto le Peridotiti PRN codificate come LP.</p> |
|  <p>ZONA 8</p> <p>0<br/>10<br/>50</p> <p>LPS<br/>Substrato geologico lapideo stratificato<br/>Aree con pendenza &gt;15°</p>   | <p>La <b>Zona 8</b>, riscontrata nell'area di Nibbiaia e Castelnuovo, rappresentata in affioramento dalla formazione delle argilliti e calciliti (APA) con pendenza superiore a 15° e quindi soggetta ad amplificazione topografica. E' codificata, in termini geologico-tecnici come LPS.</p>   |
|  <p>ZONA 9</p> <p>0<br/>10<br/>50<br/>80</p> <p>SFALS<br/>Alternanza di litotipi, stratificato fratturato/alterato 2-4m</p> <p>ALS<br/>Alternanza di litotipi, stratificato 20-50m</p> <p>LPS<br/>Substrato geologico lapideo stratificato</p> | <p>La <b>Zona 9</b> unicamente riscontrata nell'area sud-ovest dell'abitato di Nibbiaia, è molto simile alla zona 1 dalla quale si differenzia per la presenza a partire da circa 50 m di profondità di LPS (formazione delle APA) a differenza della zona 1 dove è presente LP (formazione delle PRN).</p>  |

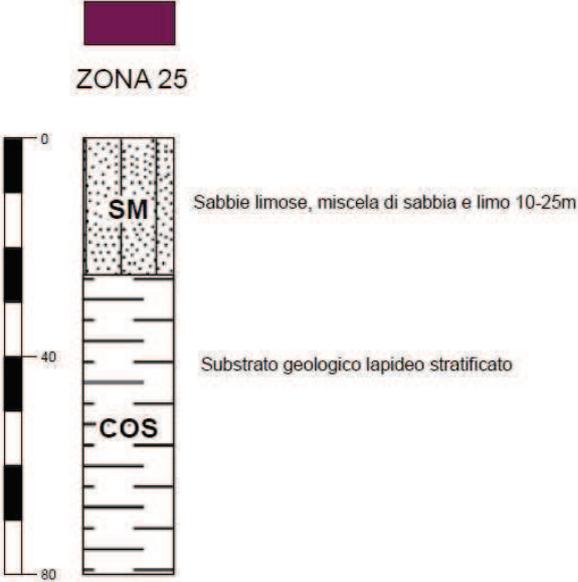
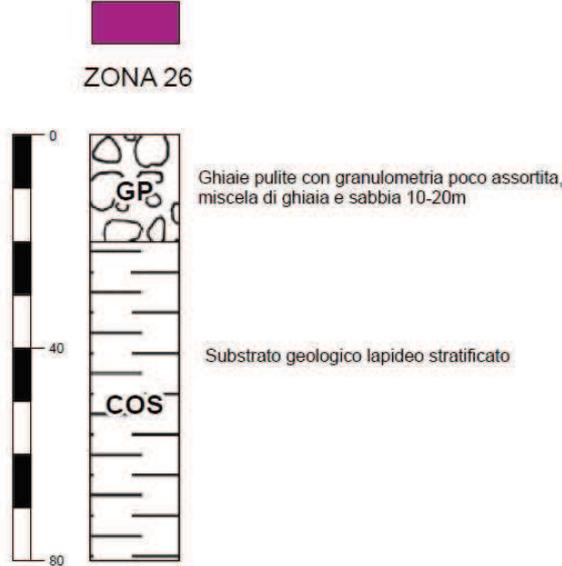
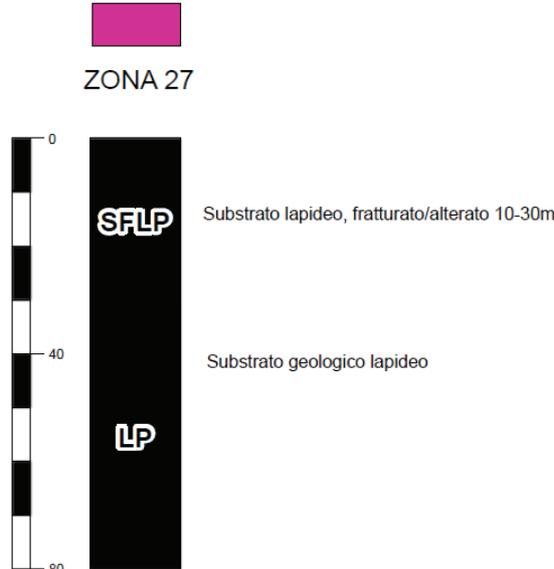
|   |   |
|---|---|
|  <p><b>ZONA 10</b></p> <p>GML: Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo 2-5m</p> <p>SFCOS: Coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato/alterato 30-50m</p> <p>COS: Coesivo sovraconsolidato, stratificato</p> | <p>La <b>Zona 10</b>, unicamente riscontrata nell'area di Castelnuovo Misericordia a nord est dell'abitato, è caratterizzato da una copertura superficiale (b2a) di 2-5 m di spessore. Al di sotto è presente un litotipo coesivo sovraconsolidato (formazione RAQ) fratturato (SFCOS) di 30-50 m e successivamente uno più compatto (COS).</p> |
|  <p><b>ZONA 11</b></p> <p>SFALS: Alternanza di litotipi, stratificato fratturato/alterato 40-50m</p> <p>ALS: Alternanza di litotipi, stratificato</p>   | <p>La <b>Zona 11</b>, riscontrata in una fascia centrale dell'abitato di Nibbiaia presenta alternanza di litotipi stratificati e fratturati (Formazione MIO) fino a circa 40 – 50 m dove si dovrebbe riscontrare un substrato più compatto (ALS).</p>   |
|  <p><b>ZONA 12</b></p> <p>SFALS: Alternanza di litotipi, stratificato fratturato/alterato 50-110m</p> <p>ALS: Alternanza di litotipi, stratificato</p>   | <p>La <b>Zona 12</b>, unicamente riscontrata in località Nibbiaia, occupa gran parte della porzione nord dell'abitato ed è caratterizzata da un elevato spessore di litotipi stratificati e fratturati variabile da 50 m a 110 m dove si riscontra un substrato maggiormente rigido.</p>  |

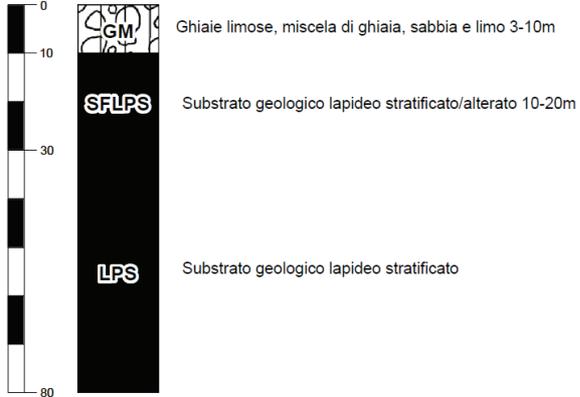
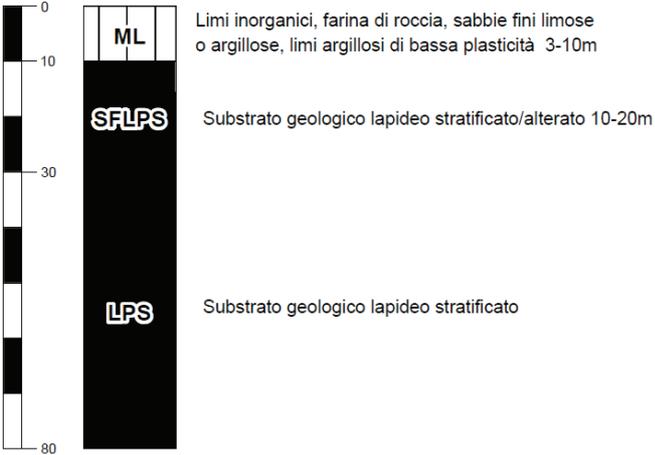
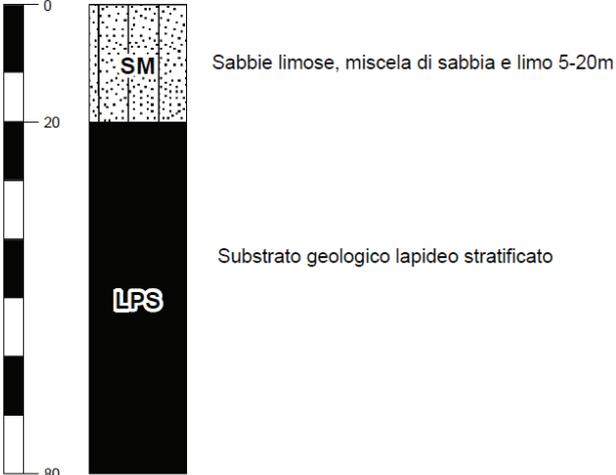
|  |   |
|--|---|
|  <p><b>ZONA 13</b></p> <p>0<br/>10<br/>80<br/>100</p> <p><b>SFLPS</b> Lapideo, stratificato fratturato/alterato 2-4m<br/> <b>LPS</b> Substrato geologico lapideo stratificato 3-10m</p> <p>Alternanza di litotipi, stratificato fratturato/alterato 60-70m</p> <p><b>SFALS</b></p> <p><b>ALS</b> Alternanza di litotipi, stratificato</p> | <p>La <b>Zona 13</b>, unicamente riscontrata in località Nibbiaia, occupa gran parte della porzione nord dell'abitato ed è caratterizzata da un elevato spessore di litotipi stratificati e fratturati variabile da 50 m a 110 m dove si riscontra un substrato maggiormente rigido e compatto che comporta una certa amplificazione sismica come risulta dalle misure di rumore.</p>   |
|  <p><b>ZONA 14</b></p> <p>0<br/>10<br/>50<br/>80</p> <p><b>SFCOS</b> Coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato/alterato 20-50m</p> <p><b>COS</b> Coesivo sovraconsolidato, stratificato</p>  | <p>La <b>Zona 14</b>, riscontrata in località Castelnuovo, occupa gran parte della porzione centro orientale dell'area di studio ed è caratterizzata da un elevato spessore di un substrato coesivo sovraconsolidato stratificato e fratturato (SFCOS) variabile da 20 m a 50 m dove si riscontra un substrato maggiormente rigido e compatto che comporta una certa amplificazione sismica come risulta dalle misure di rumore.</p>                    |
|  <p><b>ZONA 15</b></p> <p>0<br/>40<br/>80</p> <p><b>SFCOS</b> Coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato/alterato 20-30m</p> <p><b>LPS</b> Substrato geologico lapideo stratificato</p>  | <p>La <b>Zona 15</b>, riscontrata in località Castelnuovo, occupa una piccola parte della porzione centrale dell'area di studio ed è caratterizzata da un spessore consistente di substrato coesivo sovraconsolidato stratificato e fratturato (SFCOS) variabile da 20 m a 30 m, al di sotto si riscontra un substrato geologico e sismico stratificato (LPS) che comporta una certa amplificazione sismica come risulta dalla misura di rumore T1.</p> |

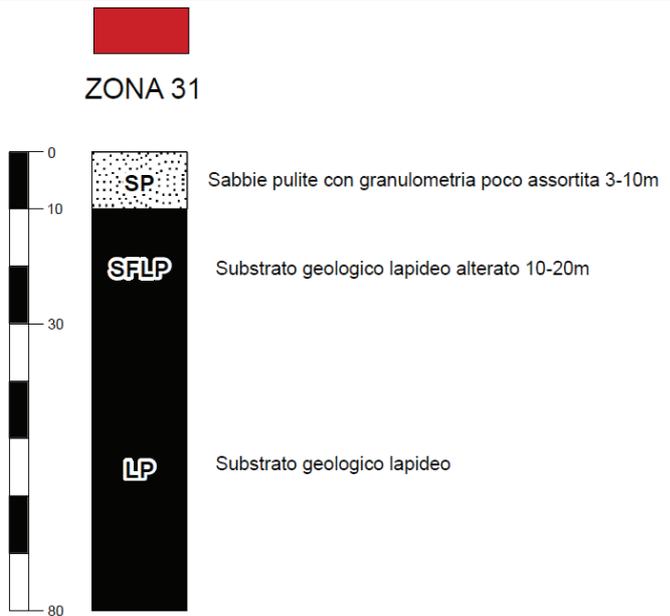
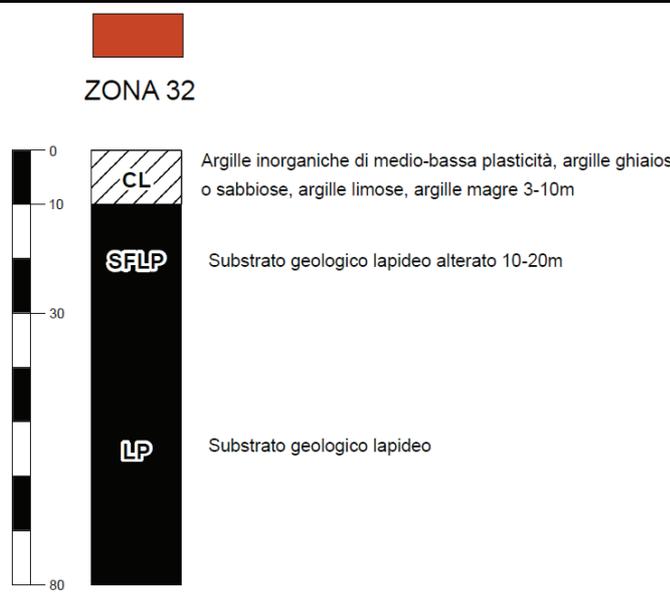
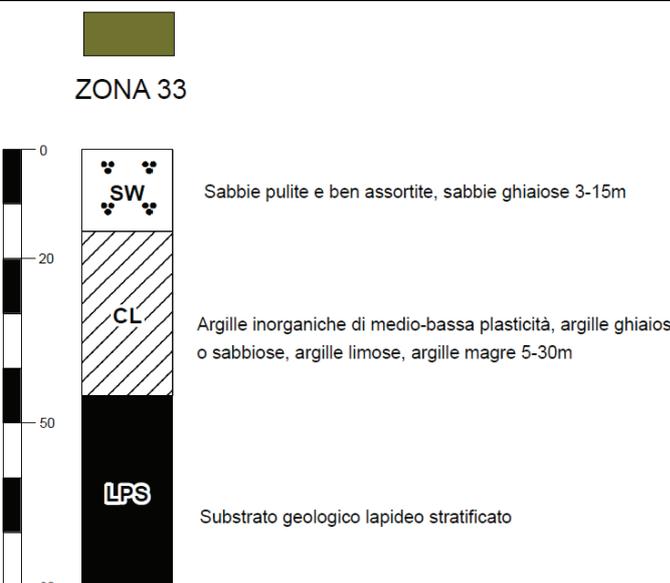
|  |  |
|--|--|
|  <p><b>ZONA 16</b></p> <p>0<br/>10<br/>40<br/>80</p> <p><b>GM</b> Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo 2-4m</p> <p><b>SFCOS</b> Coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato/alterato 20-30m</p> <p><b>LPS</b> Substrato geologico lapideo stratificato</p> | <p>La <b>Zona 16</b>, riscontrata in località Castelnuovo, occupa una piccola parte della porzione centrale dell'area di studio e molto simile alla zona 15 dalla quale si differenzia in quanto alla sommità è presente un livello di copertura (GM) variabile da 2 m a 4 m.</p>  |
|  <p><b>ZONA 17</b></p> <p>0<br/>30<br/>80</p> <p><b>SFCOS</b> Coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato/alterato 3-30m</p> <p><b>LP</b> Substrato geologico lapideo</p>  | <p>La <b>Zona 17</b>, riscontrata in località Rosignano, occupa gran parte del centro storico del capoluogo ed è caratterizzata da un spessore molto variabile da 3 m a 30 m di substrato coesivo sovraconsolidato stratificato e fratturato (SFCOS), al di sotto si riscontra un substrato geologico compatto (LP) che comporta una certa amplificazione sismica come risulta dalle misure di rumore.</p> |
|  <p><b>ZONA 18</b></p> <p>0<br/>10<br/>50</p> <p><b>SM</b> Sabbie limose, miscela di sabbia e limo 3-10m</p> <p><b>LP</b> Substrato geologico lapideo</p>   | <p>La <b>Zona 18</b>, riscontrata in piccole porzioni dell'area di studio di Rosignano in corrispondenza e nelle vicinanze del reticolo idrografico dove in affioramento si riscontrano depositi di coperture di spessori variabili da 3 m a 10 m di sabbie limose (SM). Tali coperture poggiano sul substrato lapideo (LP).</p>   |

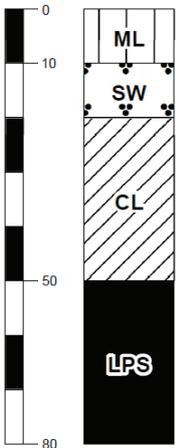
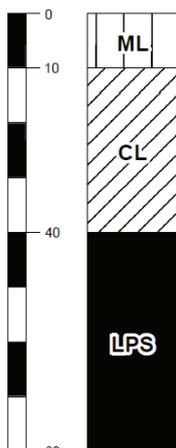
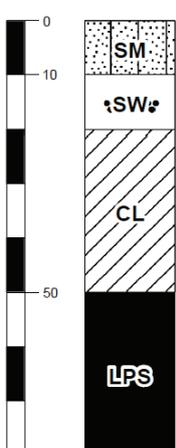
|  |  |
|--|--|
|  <p>ZONA 19</p> <p>0</p> <p>SW</p> <p>Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose 30-40m</p> <p>40</p> <p>LP</p> <p>Substrato geologico lapideo</p> <p>80</p>  | <p>La <b>Zona 19</b>, riscontrata in piccola fascia in un'area a valle dell'abitato di Rosignano, in affioramento si riscontrano depositi di coperture di spessori variabili di 30/40m di sabbie ghiaiose (SW). Tali coperture poggiano sul substrato lapideo (LP).</p>  |
|  <p>ZONA 20</p> <p>0</p> <p>SM</p> <p>Sabbie limose, miscela di sabbia e limo 15-35m</p> <p>30</p> <p>SW</p> <p>Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose 25-35m</p> <p>80</p> <p>CL</p> <p>Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre 150-?m</p> <p>280</p> <p>LPS</p> <p>Substrato geologico lapideo stratificato</p> <p>300</p> | <p>La <b>Zona 20</b>, riscontrata nella porzione sud dell'area di studio di Rosignano è caratterizzata da elevati spessori di copertura con granulometrie molto variabili da prevalentemente granulari fino a 50-70 m di profondità (SM+SW) a litologie prevalentemente coesive e con spessori rilevanti. A circa 280/300 m di profondità dovrebbe collocarsi il substrato lapideo stratificato (LPS).</p> |
|  <p>ZONA 21</p> <p>0</p> <p>SFLPS</p> <p>Substrato lapideo, stratificato fratturato/alterato 5-10m</p> <p>10</p> <p>LPS</p> <p>Substrato geologico lapideo stratificato</p> <p>50</p> <p>80</p>   | <p>La <b>Zona 21</b>, riscontrata in gran parte della località Chioma e in piccole aree a Castelnuovo, ed è caratterizzata da uno spessore di 5-10 m di litotipi stratificati e fratturati (SFLPS) al di sotto del quale si riscontra un substrato maggiormente rigido (LPS).</p>  |

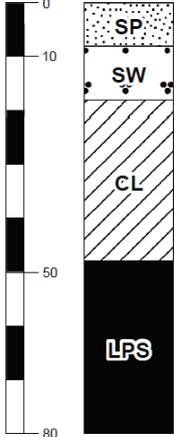
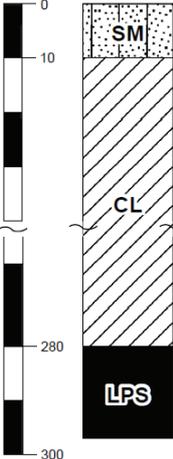
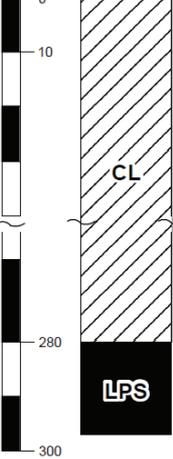
|  |   |
|--|---|
|  <p><b>ZONA 22</b></p> <p>0<br/>10<br/>40<br/>80</p> <p><b>CGM</b> Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo 3-5m</p> <p><b>LPS</b> Substrato geologico lapideo stratificato</p>  | <p>La <b>Zona 22</b>, riscontrata in una piccola porzione dell'area di studio di Chioma è caratterizzato in affioramento da depositi di coperture di spessori variabili da 3 m a 5 m di ghiaie, sabbie e limo (GM). Tali coperture poggiano sul substrato lapideo stratificato (LPS).</p>         |
|  <p><b>ZONA 23</b></p> <p>0<br/>40<br/>80</p> <p><b>ML</b> Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità 3-5m</p> <p><b>LPS</b> Substrato geologico lapideo stratificato</p> | <p>La <b>Zona 23</b>, riscontrata in tre piccole porzioni dell'area di studio di Chioma, è caratterizzato in affioramento da depositi di coperture di spessori variabili da 3 m a 5 m di limi, argille e sabbie (ML). Tali coperture poggiano sul substrato lapideo stratificato (LPS).</p>       |
|  <p><b>ZONA 24</b></p> <p>0<br/>40<br/>80</p> <p><b>SM</b> Sabbie limose, miscela di sabbia e limo 3-5m</p> <p><b>LPS</b> Substrato geologico lapideo stratificato</p>  | <p>La <b>Zona 24</b>, riscontrata in una piccola porzione dell'area di studio di Chioma lungo la costa, è caratterizzato in affioramento da depositi di coperture di spessori variabili da 3 m a 5 m di sabbie e limo (SM). Tali coperture poggiano sul substrato lapideo stratificato (LPS).</p> |

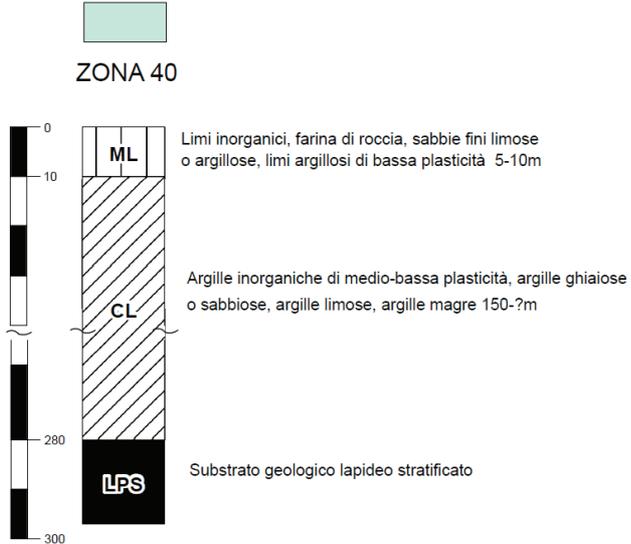
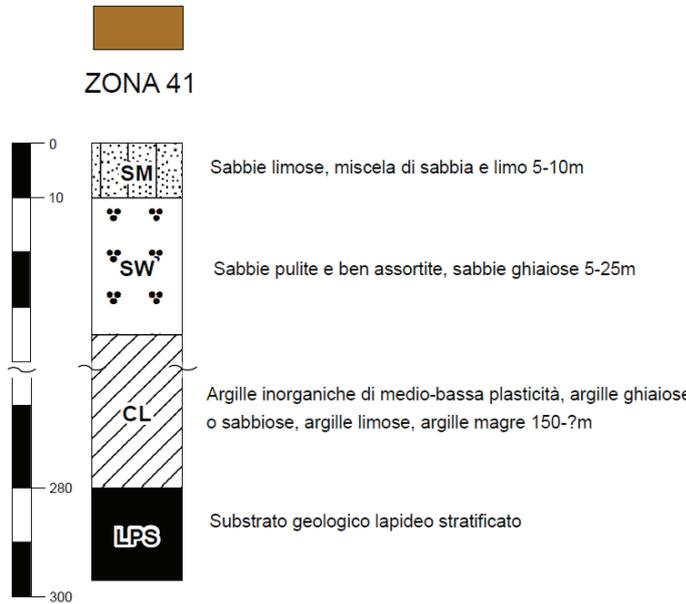
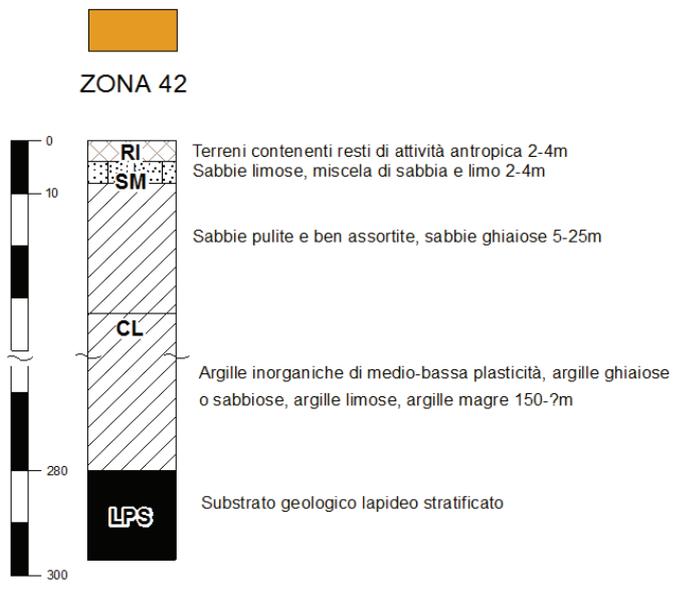
|  |  |
|--|--|
|  <p><b>ZONA 25</b></p> <p>SM Sabbie limose, miscela di sabbia e limo 10-25m</p> <p>COS Substrato geologico lapideo stratificato</p>                                     | <p>La <b>Zona 25</b>, riscontrata nella porzione centrale di Castiglioncello, è caratterizzato in affioramento da depositi di coperture di spessori variabili da 10 m a 25 m di sabbie e limo (SM). Tali coperture poggiano sul substrato lapideo stratificato (COS).</p>                      |
|  <p><b>ZONA 26</b></p> <p>GP Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia 10-20m</p> <p>COS Substrato geologico lapideo stratificato</p> | <p>La <b>Zona 26</b>, riscontrata nella porzione Sud-Ovest di Castiglioncello, è caratterizzato in affioramento da depositi di coperture di spessori variabili da 10 m a 20 m di depositi prevalentemente ghiaiosi (GP). Tali coperture poggiano sul substrato lapideo stratificato (COS).</p> |
|  <p><b>ZONA 27</b></p> <p>SFLP Substrato lapideo, fratturato/alterato 10-30m</p> <p>LP Substrato geologico lapideo</p>  | <p>La <b>Zona 27</b>, riscontrata nella zona Nord di Castiglioncello, ed è caratterizzata da uno spessore di 10-30 m di litotipi stratificati e fratturati (SFLPS) al di sotto del quale si riscontra un substrato maggiormente rigido (LP).</p>   |

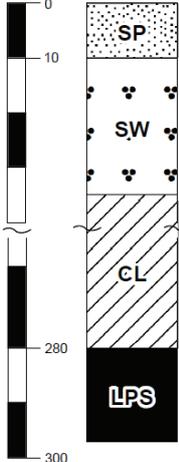
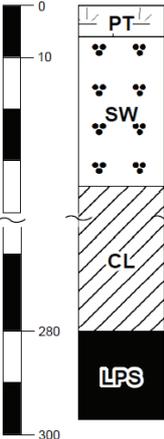
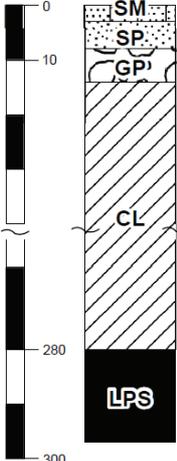
|   |   |
|---|---|
| <p style="text-align: center;"><br/>ZONA 28</p>  <p>GM<br/>Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo 3-10m</p> <p>SFLPS<br/>Substrato geologico lapideo stratificato/alterato 10-20m</p> <p>LPS<br/>Substrato geologico lapideo stratificato</p>  | <p>La <b>Zona 28</b>, riscontrata una piccola area nella zona Nord di Castiglioncello, è caratterizzato in affioramento da depositi di coperture di spessori variabili da 3 m a 10 m di depositi misti di sabbia e ghiaia (GM), al di sotto dei quali si rinviene un substrato caratterizzato da uno spessore di 10-20 m costituito da litotipi stratificati e fratturati (SFLPS). Quest'ultimo poggia su un substrato maggiormente rigido (LPS).</p>             |
| <p style="text-align: center;"><br/>ZONA 29</p>  <p>ML<br/>Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità 3-10m</p> <p>SFLPS<br/>Substrato geologico lapideo stratificato/alterato 10-20m</p> <p>LPS<br/>Substrato geologico lapideo stratificato</p> | <p>La <b>Zona 29</b>, riscontrata una piccola area nella zona Nord-Est di Castiglioncello, è caratterizzato in affioramento da depositi di coperture di spessori variabili da 3 m a 10 m costituite da sabbie limose e limi argillosi (ML), al di sotto dei quali si rinviene un substrato caratterizzato da uno spessore di 10-20 m costituito da litotipi stratificati e fratturati (SFLPS). Quest'ultimo poggia su un substrato maggiormente rigido (LPS).</p> |
| <p style="text-align: center;"><br/>ZONA 30</p>  <p>SM<br/>Sabbie limose, miscela di sabbia e limo 5-20m</p> <p>LPS<br/>Substrato geologico lapideo stratificato</p>  | <p>La <b>Zona 30</b>, riscontrata una piccola porzione della zona Nord di Castiglioncello, è caratterizzato in affioramento da depositi di coperture di spessori variabili da 5 m a 20 m di sabbie e limo (SM). Tali coperture poggiano sul substrato lapideo stratificato (LPS).</p>   |

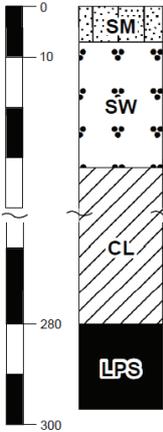
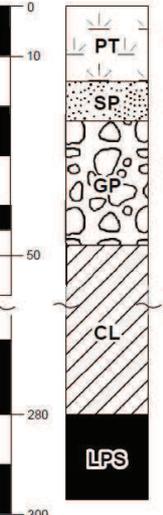
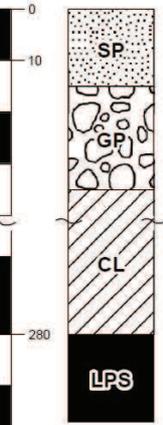
|   |   |
|---|---|
|  <p><b>ZONA 31</b></p> <p>0<br/>10<br/>30<br/>80</p> <p><b>SP</b> Sabbie pulite con granulometria poco assortita 3-10m</p> <p><b>SFLP</b> Substrato geologico lapideo alterato 10-20m</p> <p><b>LP</b> Substrato geologico lapideo</p>   | <p>La <b>Zona 31</b>, riscontrata una piccola area nella zona Nord-Est di Castiglioncello, è caratterizzato in affioramento da depositi di coperture di spessori variabili da 3 m a 10 m costituite prevalentemente da sabbie (SP), al di sotto dei quali si rinviene un substrato caratterizzato da uno spessore di 10-20 m costituito da litotipi stratificati e fratturati (SFLPS). Quest'ultimo poggia su un substrato maggiormente rigido (LP).</p>  |
|  <p><b>ZONA 32</b></p> <p>0<br/>10<br/>30<br/>80</p> <p><b>CL</b> Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre 3-10m</p> <p><b>SFLP</b> Substrato geologico lapideo alterato 10-20m</p> <p><b>LP</b> Substrato geologico lapideo</p>                       | <p>La <b>Zona 32</b>, riscontrata una piccola area nella zona Nord-Est di Castiglioncello, è caratterizzato in affioramento da depositi di coperture di spessori variabili da 3 m a 10 m costituite prevalentemente da argille (CL), al di sotto dei quali si rinviene un substrato caratterizzato da uno spessore di 10-20 m costituito da litotipi stratificati e fratturati (SFLPS). Quest'ultimo poggia su un substrato maggiormente rigido (LP).</p> |
|  <p><b>ZONA 33</b></p> <p>0<br/>20<br/>50<br/>80</p> <p><b>SW</b> Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose 3-15m</p> <p><b>CL</b> Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre 5-30m</p> <p><b>LPS</b> Substrato geologico lapideo stratificato</p> | <p>La <b>Zona 33</b>, riscontrata nella porzione Sud-Ovest di Castiglioncello è caratterizzata da discreti spessori di copertura con granulometrie molto variabili da prevalentemente granulari fino a 3-15 m di profondità (SW) a litologie prevalentemente coesive e con spessori pari a circa 5-30 m (CL). Al di sotto di tali litologie si ritrova un substrato lapideo stratificato (LPS).</p>   |

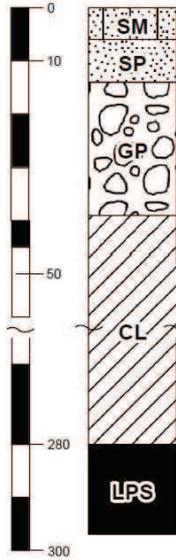
|  |  |
|--|--|
| <p style="text-align: center;"><br/><b>ZONA 34</b></p>  <p><b>ML</b> Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità 3-10m</p> <p><b>SW</b> Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose 5-10m</p> <p><b>CL</b> Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre 5-30m</p> <p><b>LPS</b> Substrato geologico lapideo stratificato</p> | <p>La <b>Zona 34</b>, riscontrata in due piccole aree nella porzione Sud di Castiglioncello è caratterizzata da discreti spessori di copertura con granulometrie molto variabili: più in superficie troviamo sabbie limose e limi argillosi fino a 3-10 m di profondità (ML), successivamente si rilevano litologie prevalentemente granulari con spessori da 5-10 m (SW) ed infine litologie prevalentemente coesive e con spessori pari a circa 5-30 m (CL). Al di sotto di tali litologie si ritrova un substrato lapideo stratificato (LPS).</p> |
| <p style="text-align: center;"><br/><b>ZONA 35</b></p>  <p><b>ML</b> Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità 3-10m</p> <p><b>CL</b> Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre 5-30m</p> <p><b>LPS</b> Substrato geologico lapideo stratificato</p>  | <p>La <b>Zona 35</b>, riscontrata in quattro piccole aree Sud-Est di Castiglioncello è caratterizzata da discreti spessori di copertura con granulometrie variabili da sabbie limose e limi argillosi fino a 3-10 m di profondità (ML) a litologie prevalentemente coesive e con spessori pari a circa 5-30 m (CL). Al di sotto di tali litologie si ritrova un substrato lapideo stratificato (LPS).</p>  |
| <p style="text-align: center;"><br/><b>ZONA 36</b></p>  <p><b>SM</b> Sabbie limose, miscela di sabbia e limo 5-10m</p> <p><b>SW</b> Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose 5-10m</p> <p><b>CL</b> Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre 5-30m</p> <p><b>LPS</b> Substrato geologico lapideo stratificato</p>   | <p>La <b>Zona 36</b>, riscontrata nella porzione Sud di Castiglioncello è caratterizzata da discreti spessori di copertura con granulometrie molto variabili: più in superficie troviamo sabbie limose fino a 5-10 m di profondità (SM), successivamente si rilevano litologie prevalentemente granulari con spessori da 5-10 m (SW) ed infine litologie prevalentemente coesive e con spessori pari a circa 5-30 m (CL). Al di sotto di tali litologie si ritrova un substrato lapideo stratificato (LPS).</p>                                      |

|   |  |
|---|--|
| <p style="text-align: center;"><br/><b>ZONA 37</b></p>  <p>SP Sabbie pulite con granulometria poco assortita 3-8 m</p> <p>SW Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose 5-10m</p> <p>CL Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre 5-30m</p> <p>LPS Substrato geologico lapideo stratificato</p> | <p>La <b>Zona 37</b>, riscontrata nella porzione Sud della costa tra Castiglioncello e Rosignano Solvay è caratterizzata da discreti spessori di copertura con granulometrie molto variabili: più in superficie troviamo litologie prevalentemente granulari fino a 8-18 m di profondità (SP+SW), successivamente si rilevano litologie prevalentemente coesive e con spessori pari a circa 5-30 m (CL). Al di sotto di tali litologie si ritrova un substrato lapideo stratificato (LPS).</p> |
| <p style="text-align: center;"><br/><b>ZONA 38</b></p>  <p>SM Sabbie limose, miscela di sabbia e limo 5-10m</p> <p>CL Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre 150-?m</p> <p>LPS Substrato geologico lapideo stratificato</p>   | <p>La <b>Zona 38</b>, riscontrata nella porzione Nord-Est di Rosignano Solvay è caratterizzata da elevati spessori di copertura con granulometrie molto variabili da prevalentemente granulari più in superficie fino alla profondità di 5-10 m a prevalentemente coesive fino a 150 m di profondità (SM+CL). A circa 280/300 m di profondità dovrebbe collocarsi il substrato lapideo stratificato (LPS).</p>   |
| <p style="text-align: center;"><br/><b>ZONA 39</b></p>  <p>CL Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre 150-?m</p> <p>LPS Substrato geologico lapideo stratificato</p>  | <p>La <b>Zona 39</b>, riscontrata nella porzione Nord di Rosignano Solvay è caratterizzata da elevati spessori di copertura con granulometrie prevalentemente coesive fino ad almeno 150 m di profondità (CL). A circa 280/300 m di profondità dovrebbe collocarsi il substrato lapideo stratificato (LPS).</p>  |

|   |  |
|---|--|
|  <p><b>ZONA 40</b></p> <p>0<br/>10<br/>280<br/>300</p> <p><b>ML</b> Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità 5-10m</p> <p><b>CL</b> Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre 150-?m</p> <p><b>LPS</b> Substrato geologico lapideo stratificato</p>   | <p>La <b>Zona 40</b>, riscontrata in un'area a nella zona Sud di Rosignano Solvay è caratterizzata da elevati spessori di copertura con granulometrie prevalentemente coesive quali limi argillosi e argille limose fino ad almeno 150 m di profondità (SM+CL). A circa 280/300 m di profondità dovrebbe collocarsi il substrato lapideo stratificato (LPS).</p>   |
|  <p><b>ZONA 41</b></p> <p>0<br/>10<br/>280<br/>300</p> <p><b>SM</b> Sabbie limose, miscela di sabbia e limo 5-10m</p> <p><b>SW</b> Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose 5-25m</p> <p><b>CL</b> Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre 150-?m</p> <p><b>LPS</b> Substrato geologico lapideo stratificato</p>  | <p>La <b>Zona 41</b>, riscontrata nella porzione centrale Rosignano Solvay è caratterizzata da elevati spessori di copertura con granulometrie molto variabili: più in superficie troviamo litologie prevalentemente granulari fino a 2-35 m di profondità (SM+SW), successivamente si rilevano litologie prevalentemente coesive fino ad almeno 150 m di profondità (CL). A circa 280/300 m di profondità dovrebbe collocarsi il substrato lapideo stratificato (LPS).</p>  |
|  <p><b>ZONA 42</b></p> <p>0<br/>10<br/>280<br/>300</p> <p><b>RI</b> Terreni contenenti resti di attività antropica 2-4m</p> <p><b>SM</b> Sabbie limose, miscela di sabbia e limo 2-4m</p> <p><b>SW</b> Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose 5-25m</p> <p><b>CL</b> Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre 150-?m</p> <p><b>LPS</b> Substrato geologico lapideo stratificato</p> | <p>La <b>Zona 42</b>, riscontrata in tre aree nella zona Sud di Rosignano Solvay è caratterizzata da coperture antropiche con spessori variabili da 2 a 4 m (RI), tali riporti poggiano su terreni caratterizzati da granulometrie granulari quali sabbie limose e miscele di sabbie e limo dello spessore variabile da 2 m a 4 m (SM). Aldi sotto si incontrano terreni prevalentemente coesivi quali argille limoso-sabbiose fino ad almeno 150 m di profondità (CL). A circa 280/300 m di profondità dovrebbe collocarsi il substrato lapideo stratificato (LPS).</p> |

|   |   |
|---|---|
| <p style="text-align: center;"><br/><b>ZONA 43</b></p>  <p>SP Sabbie pulite con granulometria poco assortita 6-10m</p> <p>SW Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose 5-25m</p> <p>CL Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre 150-?m</p> <p>LPS Substrato geologico lapideo stratificato</p>  | <p>La <b>Zona 43</b>, riscontrata nella porzione di costa di Rosignano Solvay e Vada Solvay è caratterizzata da discreti spessori di copertura con granulometrie molto variabili: più in superficie troviamo litologie prevalentemente granulari fino a 6-35 m di profondità (SP+SW), successivamente si rilevano litologie prevalentemente coesive fino ad almeno 150 m di profondità (CL). A circa 280/300 m di profondità dovrebbe collocarsi il substrato lapideo stratificato (LPS).</p>   |
| <p style="text-align: center;"><br/><b>ZONA 44</b></p>  <p>PT Torbe ed altre terre fortemente organiche 3-6m</p> <p>SW Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose 5-25m</p> <p>CL Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre 150-?m</p> <p>LPS Substrato geologico lapideo stratificato</p>   | <p>La <b>Zona 44</b>, riscontrata nella porzione Est di Polveroni e in un'ampia area di Vada è caratterizzata da torbe nella parte più superficiale con spessori di 3-6 m che poggiano su terreni di copertura caratterizzati da elevati spessori con granulometrie molto variabili: più in superficie troviamo litologie prevalentemente granulari fino a 8-31 m di profondità (SW), successivamente si rilevano litologie prevalentemente coesive fino ad almeno 150 m di profondità (CL). A circa 280/300 m di profondità dovrebbe collocarsi il substrato lapideo stratificato (LPS).</p> |
| <p style="text-align: center;"><br/><b>ZONA 45</b></p>  <p>SM Sabbie limose, miscela di sabbia e limo 2-3m</p> <p>SP Sabbie pulite con granulometria poco assortita 3-5m</p> <p>GP Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia 4-6m</p> <p>CL Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre 150-?m</p> <p>LPS Substrato geologico lapideo stratificato</p> | <p>La <b>Zona 45</b>, riscontrata in un'area a Sud-Est di di Vada è caratterizzata da coperture caratterizzate da elevati spessori con granulometrie molto variabili: più in superficie troviamo litologie prevalentemente granulari sabbie e ghiaie fino a 9-14 m di profondità (SM+SP+GP), successivamente si rilevano litologie prevalentemente coesive fino ad almeno 150 m di profondità (CL). A circa 280/300 m di profondità dovrebbe collocarsi il substrato lapideo stratificato (LPS).</p>  |

|   |   |
|---|---|
| <p style="text-align: center;"><br/><b>ZONA 46</b></p>  <p>SM Sabbie limose, miscela di sabbia e limo 3-7m</p> <p>SW Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose 5-25m</p> <p>CL Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre 150-?m</p> <p>LPS Substrato geologico lapideo stratificato</p>  | <p>La <b>Zona 46</b>, riscontrata nella porzione sud dell'area di studio di Rosignano Solvay e in due aree a Nord di Polveroni è caratterizzata da elevati spessori di copertura con granulometrie molto variabili da prevalentemente granulari fino a 8-32 m di profondità (SM+SW) a litologie prevalentemente coesive (CL). A circa 280/300 m di profondità dovrebbe collocarsi il substrato lapideo stratificato (LPS).</p>  |
| <p style="text-align: center;"><br/><b>ZONA 47</b></p>  <p>PT Torbe ed altre terre fortemente organiche 5-15m</p> <p>SP Sabbie pulite con granulometria poco assortita 3-8m</p> <p>GP Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia 10-25m</p> <p>CL Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre 150-?m</p> <p>LPS Substrato geologico lapideo stratificato</p> | <p>La <b>Zona 47</b>, riscontrata in gran parte del territorio di Mazzanta è caratterizzata da torbe nella parte più superficiale con spessori di 5-15 m che poggiano su terreni di copertura prevalentemente granulari, quali sabbie, con spessori di 3-8 m (SP), a di sotto si rilevano terreni ghiaiosi con spessori tra i 10-25 m (GP); successivamente si rilevano litologie prevalentemente coesive fino ad almeno 150 m di profondità (CL). A circa 280/300 m di profondità dovrebbe collocarsi il substrato lapideo stratificato (LPS).</p> |
| <p style="text-align: center;"><br/><b>ZONA 48</b></p>  <p>SP Sabbie pulite con granulometria poco assortita 8-15m</p> <p>GP Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia 10-20m</p> <p>CL Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre 150-?m</p> <p>LPS Substrato geologico lapideo stratificato</p>   | <p>La <b>Zona 48</b>, riscontrata nella porzione di costa di Mazzanta e Sud di Vada è caratterizzata da spessori di copertura granulari fino a 18-35 m di profondità (SP+GP) a litologie prevalentemente coesive fino ad almeno 150 m di profondità (CL). A circa 280/300 m di profondità dovrebbe collocarsi il substrato lapideo stratificato (LPS).</p>  |

|  |   |
|--|---|
| <p><b>ZONA 49</b></p>  <p>SM: Sabbie limose, miscela di sabbia e limo 3-6m<br/>         SP: Sabbie pulite con granulometria poco assortita 3-8m<br/>         GP: Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia 10-25m<br/>         CL: Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre 150-?m<br/>         LPS: Substrato geologico lapideo stratificato</p> | <p>La <b>Zona 49</b>, riscontrata nella porzione di Vada è caratterizzata da spessori di copertura granulari fino a 16-39 m di profondità (SM+SP+GP) e da litologie prevalentemente coesive fino ad almeno 150 m di profondità (CL). A circa 280/300 m di profondità dovrebbe collocarsi il substrato lapideo stratificato (LPS).</p> |
| <p><b>ZONA 50</b></p>  <p>SFGRS: Substrato granulare cementato, stratificato fratturato / alterato (spessore non conosciuto)</p>  | <p>La <b>Zona 50</b>, riscontrata esclusivamente nell'area di Podere Gonnellino è costituita da un substrato granulare cementato stratificato fratturato di cui non è noto lo spessore(SFGRS).</p>  |

Zone suscettibili di instabilità

Le zone suscettibili di instabilità cartografate nel territorio di Rosignano Marittimo sono riferibili ad aree con presenza di fenomeni di instabilità gravitativa.

Per quanto riguarda queste zone di instabilità gravitativa, derivano dalla cartografia geomorfologica di base (aggiornamento Piano Strutturale), fornita dallo Studio Geotecnico di Firenze, sono presenti numerosi corpi di frana con stati di attività quiescenti, attivi, inattivi e non conosciuti.

In particolare la quasi totalità delle frane sono poste nelle aree dell'entroterra, come Gabbro, Nibbiaia, Castelnuovo, Rosignano Marittimo, ma anche a Chioma, Castiglioncello, inoltre si rilevano due fenomeni gravitativi a Rosignano Solvay. In base alle codifiche previste dai criteri di archiviazione e rappresentazione, in allegato ad Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica, ciascun corpo di frana è stato suddiviso, in base alle informazioni disponibili riguardo lo stato di attività e alla Zona MOPS sulla quale ricade.

Per quanto riguarda le zone legate a possibili fenomeni di liquefazione in Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica-vengono previsti due tipi di zone di attenzione ~~ZALQ1 e ZALQ2~~ **previste le ZALQ per le quali devono verificarsi 4 condizioni predisponenti (AGI, 2008):**

~~Le  $Z_{A_{LQ1}}$  sono le zone nelle quali sono state verificate 4 condizioni predisponenti:~~

1. terreni sabbiosi;
2. falda a profondità inferiore a 15m;
3.  $M_w$  attesa al sito  $>5$ ;
4. Accelerazioni massime in superficie ( $p_{ga}$ )  $>0.1g$ .

~~Le  $Z_{A_{LQ2}}$  sono zone in cui sussistono solo le prime 3 condizioni, mentre per la quarta ( $p_{ga}>0.1g$ ) è necessaria una verifica nei livelli di approfondimento superiori.~~

In base a quanto delineato nel Capitolo 3, per l'intero territorio di Rosignano Marittimo sussistono le condizioni 3 e 4 predisponenti la liquefazione (al limite lungo la costa per quanto riguarda le accelerazioni massime in superficie), per cui è stata eseguita una analisi sulle litologie dei materiali su basi bibliografiche (senza approfondimenti sulle reali granulometriche in quanto non a disposizione) e sulla profondità della falda. In dettaglio, è stato possibile definire all'interno delle Microzone ~~11, 14, 15, 22, 24, 25, 35 e 44~~ **31, 33, 36, 37, 41, 43, 44, 46, 47, 48 e 49** delle sotto aree in cui sussistono le condizioni di liquefazione. ~~di tipo 1 ( $Z_{A_{LQ1}}$ ).~~

Tali aree, indicate nella carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) risiedono nella zona Sud di Rosignano Marittimo, Castiglioncello, Rosignano Solvay, Vada, Vada Est, Polveroni, Lupo e Mazzanta. Da notare che nell'abitato di Castiglioncello e di Rosignano Marittimo vi sono aree suscettibili di liquefazione che presentano anche criticità dal punto di vista della stabilità. Tuttavia, non essendo previste per lo stadio di I livello apposite indagini utili per l'analisi a liquefazione, per maggiori approfondimenti si rimanda alle fasi successive.

## 7. CONCLUSIONI

Lo studio di microzonazione sismica effettuato ha consentito di analizzare molte aree urbane/urbanizzabili del comune di Rosignano Marittimo, data la complessità geologica e morfologica del territorio è stato necessario suddividerlo in numerose Zone Omogenee dal punto di vista sismico.

Come conseguenza di tale complessità ed eterogeneità si precisa che vi sono aree dove la densità dei dati a disposizione non è stata sufficiente a chiarire tutti i dubbi riguardo le geometrie del sottosuolo, come nel caso di Podere Gonnellino, oppure zone che, pur avendo un certo numero di indagini lasciano comunque aperti dubbi su spessori e andamenti dei litotipi nel sottosuolo in particolare a Chioma, Nibbiaia e Rosignano Marittimo. Ci auspichiamo nei successivi livelli della microzonazione di approfondire tali aspetti.

Goecho snc - Dott. Geol. Andrea Marini



Collaboratori: Dott. Geol. Fausto Capacci Dott. Geol. Jenny Migliorini

## 8. BIBLIOGRAFIA

*Albarelo et al., 2010* "The contribution of the ambient vibration prospecting in seismic microzoning: an example from the area damaged by the April 6, 2009 L'Aquila (Italy) earthquake".

*Squarci Paolo Geol.-2003* "Piano Strutturale del Comune di Rosignano Marittimo (LI)".

*Comune di Rosignano Marittimo* – Relazioni geologiche varie.

### **Siti web consultati:**

[http://diss.rm.ingv.it/diss/;](http://diss.rm.ingv.it/diss/)

<http://esse1-gis.mi.ingv.it;>

<http://itaca.mi.ingv.it;>

[www.regionetoscana.it;](http://www.regionetoscana.it;)

<http://sgi1.isprambiente.it/GMV2/index.html;>

<http://emidius.mi.ingv.it/DBM.>

<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI11/>

[http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/standard\\_studi\\_ms.wp](http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/standard_studi_ms.wp)