



PROTEZIONE CIVILE  
Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Dipartimento della Protezione Civile

REGIONE  
TOSCANA



CONFERENZA DELLE REGIONI E  
DELLE PROVINCE AUTONOME

Attuazione dell'articolo 11 dalla legge 24 giugno 2009, n.77

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Relazione tecnica illustrativa

Regione Toscana  
Comune di Calcinaia



Regione

REGIONE  
TOSCANA



REGIONE TOSCANA  
Settore Sismica  
Coordinamento regionale  
Prevenzione sismica  
Via San Gallo,34/a 50129 Firenze

Soggetto realizzatore

Tecnici incaricati  
Geol. Roberta Giorgi

Data: Agosto 2023

**INDICE**

1. PREMESSA.....	2
2. RIFERIMENTI NORMATIVI E SPECIFICHE TECNICHE.....	2
3. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....	4
4. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....	12
5. CARTA DELLE INDAGINI.....	15
6. CARTA GEOLOGICO-TECNICA (CGT_MS).....	16
7. CARTA DELLE FREQUENZE FONDAMENTALI DEI DEPOSITI.....	20
8. CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA MOPS.....	23
9. PROCEDURA SEMIQUANTITATIVA DI VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLA CARTA MOPS.....	30
10. CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 2.....	31

**APPENDICI NEL TESTO**

APPENDICE 1 - Scheda di valutazione semiquantitativa della Carta di MS di livello 2

APPENDICE 2 - Tabelle di correlazione codice identificativo indagini

**ELENCO TAVOLE ALLEGATE**

Carta delle indagini	scala 1:10000
Carta Geologico-tecnica per la MS	scala 1:10000
Sezioni geologico-tecniche	scala 1:10000/1:1000
Carta delle frequenze fondamentali	scala 1:10000
Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica	scala 1:10000
Carta di Microzonazione Sismica livello 2 - FA0.1-0.5	scala 1:10000
Carta di Microzonazione Sismica livello 2 - FA0.4-0.8	scala 1:10000
Carta di Microzonazione Sismica livello 2 - FA0.7-1.1	scala 1:10000

## 1 PREMESSA

Il Comune ha assegnato con Determinazione comunale n.368 del 13/09/2022 (CUP F13E2200000002 CIG Z4E36A81CE), l'incarico per la redazione degli studi di Microzonazione Sismica Livello 2 e delle analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE), previa verifica dei requisiti assegnataria alla sottoscritta Geol. Roberta Giorgi con studio ubicato in Via del Poggetto n. 439L, Comune di Lucca (LU) già incaricata per le indagini geologiche di supporto alla redazione del Piano Operativo.

La presente relazione illustrativa accompagna gli elaborati cartografici richiesti per gli studi di Microzonazione Sismica Livello 2 svolta per il Comune di Calcinaia.

Il comune di Calcinaia è dotato di:

- Piano Strutturale Comunale approvato con Delib. C.C. 83 del 18/12/2012, nell'ambito del quale è stato condotto uno studio di Microzonazione di Livello 1, redatto in conformità agli *Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (ICMS)*, approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle regioni e delle Province autonome.

- Regolamento Urbanistico approvato con Delib. di C.C. n. 24 del 03/04/2014,

- Piano Strutturale Intercomunale dell'Unione della Valdera adottato con Delib. CC n. 41 del 03/07/2020, in attesa di approvazione.

Nell'ambito del Piano Strutturale Intercomunale, in occasione del quale sono state effettuate indagini sismiche integrative (MASW e HVSR) è stata revisionata la carta di Pericolosità sismica, senza ad ogni modo modificare la Carta delle MOPS di MS livello 1.

I Quadri Geologici derivante dai tre piani suddetti sono stati redatti ai sensi del Regolamento Regionale 53/R/2011

E' in corso la predisposizione del Piano Operativo comunale le cui indagini geologiche di supporto sono redatte ai sensi del Regolamento Regionale 5/R, ed è in fase di istruttoria l'analisi delle Condizioni Limite di Emergenza (CLE), entrambi redatti dalla scrivente.

A seguito di accordi presi con il Settore Sismica della Regione Toscana, l'estensione dello studio di Microzonazione di Livello 2 ha riguardato l'intero territorio comunale, inserendo rispetto allo studio MS1 anche l'area collinare delle Cerbaie, situata nel settore orientale del territorio comunale. E' stata inoltre definita una campagna di indagini integrative realizzate dalla Ditta Gaia Servizi di S. Giuliano Terme, composta da:

- n. 6 prove penetrometriche statiche CPTU;
- n. 2 Indagini sismiche MASW;
- n. 6 indagini sismiche passive ESAC;
- n. 30 indagini sismiche passive HVSR.

## 2. RIFERIMENTI NORMATIVI E SPECIFICHE TECNICHE

Lo studio e le indagini geofisiche sono state condotte secondo le specifiche tecniche contenute nei seguenti testi di riferimento normativo e tecnico:

- OPCM n. 3907 del 13.11.2010, che disciplina i contributi economici per gli interventi di prevenzione del rischio sismico, previsti dall'Art. 11 della Legge n. 77 del 24/06/2009;
- DGRT N.261 del 18.04.2011, recepimento a livello regionale dell' OPCM n. 3907/2010 con riferi-

mento all' Allegato A che individua i territori nei quali è prioritaria la realizzazione degli studi di Microzonazione Sismica , le modalità di predisposizione delle specifiche tecniche per la realizzazione dei suddetti studi, le modalità di recepimento e utilizzo dei risultati degli studi di MS in fase pianificatoria e i criteri di selezione dei soggetti realizzatori degli studi di MS;

- Ordinanza del Capo Dipartimento di Protezione Civile n. 780 del 20 maggio 2021 – Attuazione dell'articolo 11 del Decreto legge 28 aprile 2009 n. 39, convertito con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2009, n. 77;
- Del. G.R.Toscana n. 421 del 26/05/2014 - Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'O.P.C.M. 3519 /2006 ed ai sensi del D.M. 14.01.2008;
- Decreto Ministeriale Infrastrutture e Trasporti del 17.01.2018 – Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni;
- D.P.G.R. del 30 Gennaio 2020 n. 5R – Regolamento di attuazione dell'art. 104 della L.R. 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche.

Le specifiche tecniche e gli standard di riferimento con cui è stato condotto lo studio di MS di livello 2, indicate dalla struttura Servizio Sismico regionale, sono le seguenti:

- Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (ICMS) approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle regioni e delle Province autonome;
- Standard di rappresentazione e archiviazione informatica per la Microzonazione Sismica – Commissione Tecnica per la microzonazione sismica – Versione 4.2 – Dicembre 2020;
- Specifiche tecniche regionali: Allegato A alla DGRT n.261/2010, Aggiornamento 08/09/2021 – Edizione 7;
- Linee Guida per la gestione del territorio in aree interessate da faglie attive e capaci (FAC) – Conferenza delle Regioni e Provincia Autonome – Presidenza Consiglio dei Ministri (DPC) - Versione 1.0 – Giugno 2015;
- Linee Guida per la gestione del territorio in aree interessate da Liquefazione (LQ) – Commissione Tecnica per la microzonazione sismica – Versione 1.0 – Marzo 2017;
- Linee Guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte (FR) – Commissione Tecnica per la microzonazione sismica – Versione 2.1 – Gennaio 2018;
- Linee Guida per la gestione del territorio in aree interessate da amplificazione (AMPL) – Commissione Tecnica per la microzonazione sismica – Versione 2.0 – 2022;
- Indicazioni contenute nel Volume di Ingegneria Sismica 2/2011;
- Istruzioni Tecniche per le indagini geologico-tecniche, geofisiche e geotecniche, statiche e dinamiche, finalizzate alla valutazione degli effetti locali nei comuni classificati sismici della Toscana - Programma VEL Toscana – Del. GRT. n. 1343 del 18 dicembre 2000 e s.m.e.i.

### 3. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

Ai sensi della Classificazione Sismica del Territorio Regionale Toscano – Delib. G.R.T. n° 421 del 26/05/2014, il Comune di Calcinaia è censito tra le aree a sismicità 3 con valori di ag/g compresi tra 0,100 e 0,125, con l'eccezione di una modesta porzione posta nel settore meridionale del territorio comunale in cui i valori di ag aumentano e sono compresi tra 0.125 e 0.150 ag/g. L'accelerazione, considerata al suolo su bedrock rigido categoria di sottosuolo "A", si intende quella con la probabilità di superamento del 10% in 50 anni, pari a tempi di ritorno di 475 anni. (Fig.4).

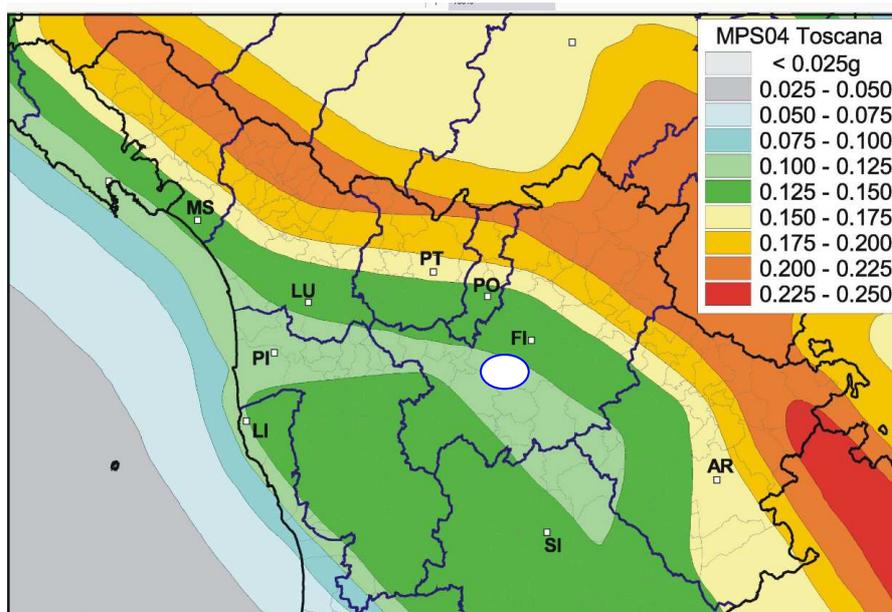


Fig.1. Classificazione sismica regionale

La zonazione sismogenetica ZS9 è un modello di sorgente sismica per l'Italia da utilizzare come input per la valutazione probabilistica della pericolosità sismica a livello nazionale (PSHA) nell'ambito della compilazione della mappa di riferimento nazionale. La zonazione è composta da 36 zone in cui sono previsti terremoti con  $M_w \geq 5$  inoltre ogni zona è caratterizzata anche dalla sua profondità sismogenetica media (la profondità del volume crostale che presumibilmente rilascerà terremoti futuri) e dal meccanismo focale predominante (il loro meccanismo di rottura più probabile). Meletti C., Galadini F., Valensise G., Stucchi M., Basili R., Barba S., Vannucci G., Boschi E. (2004). Zonazione sismogenetica ZS9 [Set di dati]. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). (<https://doi.org/10.13127/sh/zs9>).

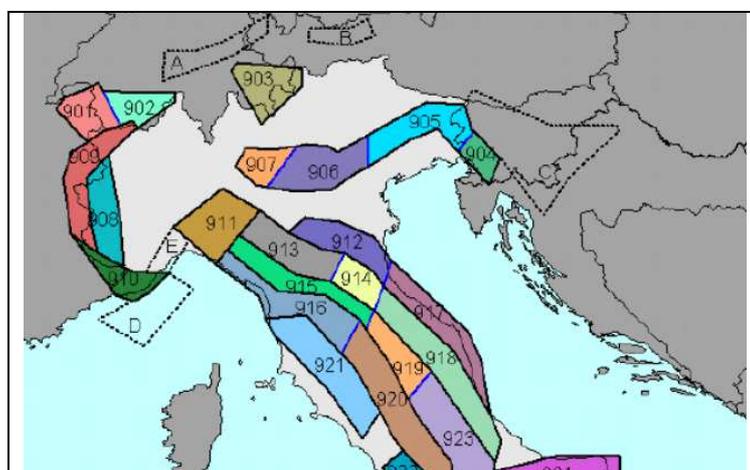


Fig.2 Carta della sismicità

Dal punto di vista sismotettonico, l'area appartiene ad una zona caratterizzata da bassa-media sismicità. Considerando la zonazione sismogenetica ZS9 (Gruppo di lavoro, 2004), secondo la quale la sismicità può essere distribuita in 36 zone, a ciascuna delle quali è associata una magnitudo massima  $M_{wmax}$ . Il territorio comunale di Calcinaia ricade nella zona 916, alla quale corrisponde una magnitudo massima pari a 6,14, la zona coincide con il settore in distensione tirrenica definito nel modello sismotettonico di Meletti et al. (2000) ed è caratterizzata da una sismicità di bassa energia che sporadicamente raggiunge valori di magnitudo relativamente elevati.

L'area sismicamente più attiva è quella riguardante le aree della Garfagnana Lunigiana, che appartengono alla zona 915 con sistemi di faglie legati all'estensione appenninica a differenza della zona 916 e 921 che rappresentano una distensione tirrenica e peritirrenica.

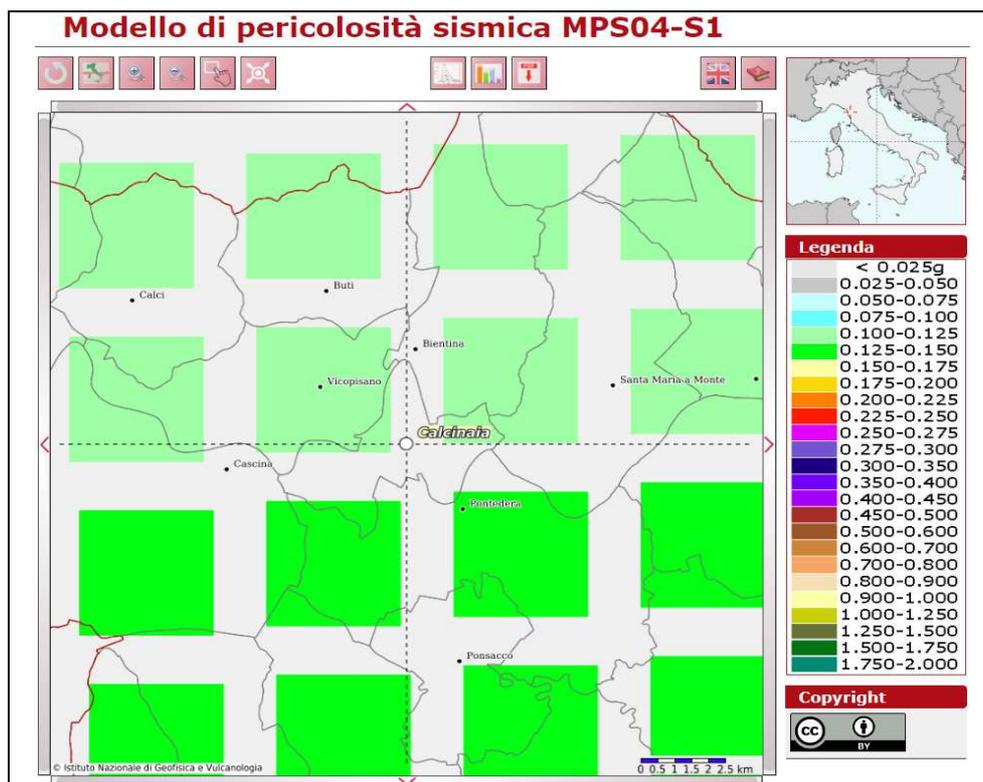


Fig.3. Carta della sismicità, parametro di riferimento riferito Tempo di ritorno 475 anni  
(<https://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

Per la valutazione delle sorgenti sismogenetiche è utilizzato il Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. Il Database comprende una grande quantità di materiale originale e pubblicato sulle principali fonti sismogenetiche d'Italia insieme a informazioni geografiche, sismologiche, geologiche e tettoniche di fondo. Dal progetto DISS\_3.3 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia si nota come le faglie attive e capaci e in particolare le sorgenti sismogenetiche siano ad Sud e NE rispetto ai territori in esame.

Le fonti sismogenetiche individuali (in giallo in Fig.4) sono definite da dati geologici e geofisici e sono caratterizzate da una serie completa di dati geometrici (strike, dip, lunghezza, larghezza e profondità), cinematici (rake), e parametri sismologici (spostamento singolo evento, magnitudo, slip rate, periodo di ritorno). Si assume che le fonti sismogenetiche individuali abbiano una ripetitività strettamente periodica in funzione del rapporto lunghezza/larghezza a rottura, dell'immersione dell'evento e della magnitudo attesa. Esse sono confrontate con i database di tutto il mondo per la coerenza interna, in termini di lunghezza, larghezza, spostamento del singolo evento e magnitudo, e possono essere aumentati attraverso la scarpata di faglia o asse della piega quando disponibili (di solito caratteristiche strutturali con attività documentata dal Pleistocene superiore - Olocene). Questa categoria ha lo scopo di fornire le informazioni più accurate disponibili tra le migliori sorgenti identificate, ma la completezza delle fonti stesse non può essere garantita. Le fonti sismogenetiche individuali possono quindi essere utilizzate per il calcolo di sce-

nari di terremoto e tsunami e per le indagini tettonico/geodinamiche, ma non hanno lo scopo di comprendere un insieme di dati completo per la valutazione probabilistica della pericolosità sismica.

Sempre in Fig.4 colorate in arancio, sono rappresentate fonti sismogenetiche composite. Le fonti sismogenetiche composite (aree sismogenetiche) sono basate su dati geologici e geofisici e sono caratterizzate da parametri geometrici (strike, dip, larghezza, profondità) e cinematici (rake). Una sorgente sismogenetica composta è essenzialmente una struttura dedotta da dati geologici regionali superficiali e profondi. La lunghezza della rottura del terremoto atteso, è comunque poco definita o sconosciuta; quindi una tipica sorgente sismogenetica composta si estende ad un numero imprecisato di sorgenti individuali. Come risultato, fonti di questa categoria non vengono considerate capaci di un terremoto di specifiche dimensioni, ma il loro potenziale sismico può essere stimato dai cataloghi di terremoti esistenti.

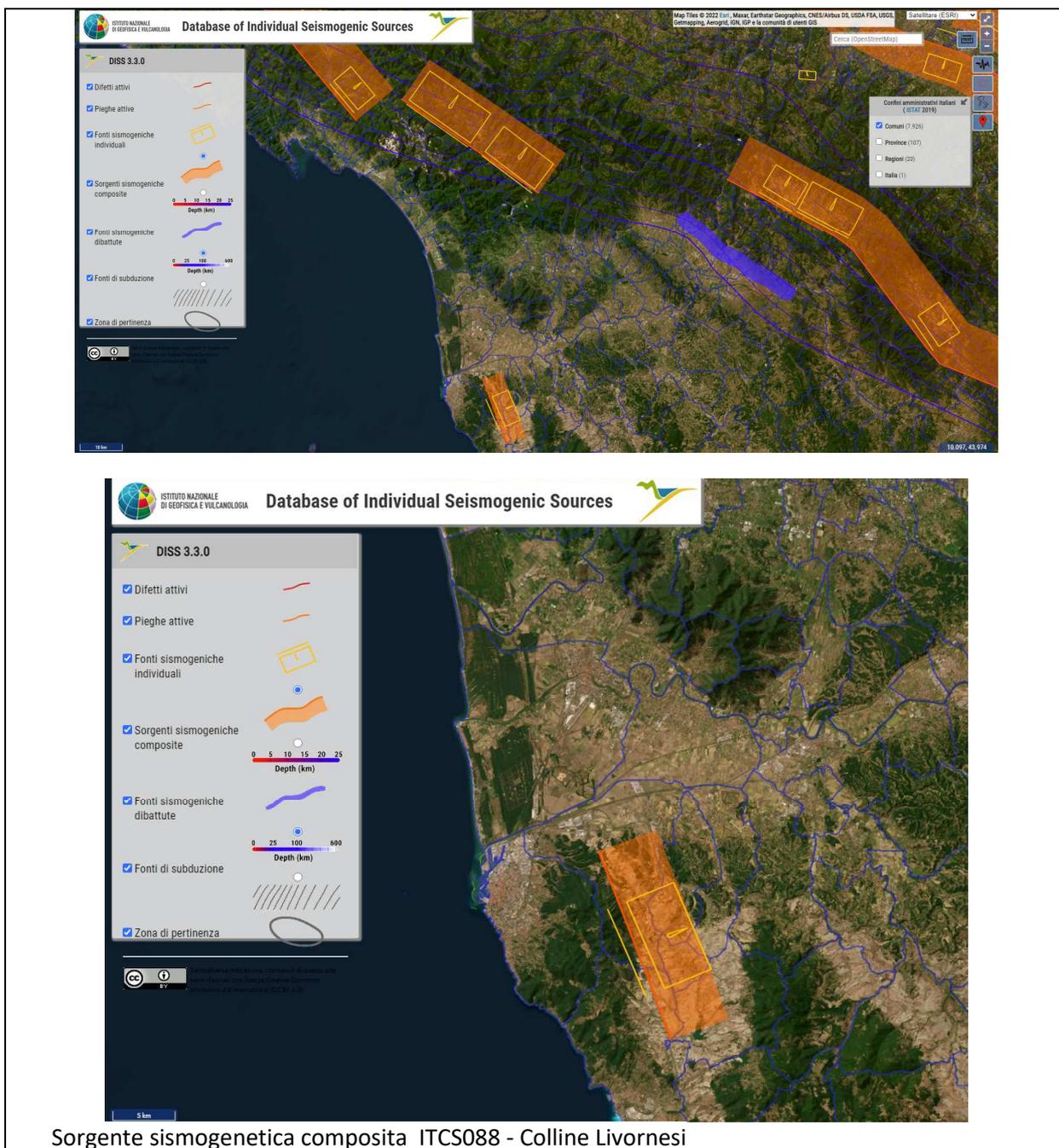


Fig.4. Fonti sismogenetiche (progetto DISS\_3.3)

**COMPOSITE SEISMOGENIC SOURCES**

Information Commentary Pictures References

**GENERAL INFORMATION**

DISS-ID	ITCS088
Name	Livorno Hills
Compiler(s)	Fracassi U.(1)
Contributor(s)	Fracassi U.(1), Vannoli P.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione Roma 1; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	11/05/2010
Updated	11/05/2010
Display map	
Related sources	<a href="#">ITIS066</a>

**PARAMETRIC INFORMATION**

Parameter	Quality	Evidence
Min depth [km]	1.0	EJ Inferred from geological and macroseismic observations.
Max depth [km]	7.0	EJ Inferred from geological and macroseismic observations.
Strike [deg] min... max	330...350	EJ Inferred from geological observations.
Dip [deg] min... max	40...60	EJ Inferred from geological observations.
Rake [deg] min... max	260...280	EJ Inferred from geological observations.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1000... 1.0000	EJ Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	6.2	ER Estimated from Leonard's (2014) scaling relations.

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement

Fig.5. Scheda fonte sismogenetica colline livornesi (progetto DISS\_3.3)

A differenza delle fonti sismogenetiche individuali, questa categoria di sorgenti è stata concepita per raggiungere la completezza delle registrazioni delle potenziali fonti di terremoto, anche se questo può comportare una precisione minore nella loro descrizione.

E' identificata una faglia diretta sepolta comunque non attiva né capace in base ai dati ufficiali del progetto ITHACA, di età tardo pleistocenica, attribuibile al sistema di faglie distensive a direzione SE-NW chiamato Meloria-Bientina. Tale faglia sepolta borda il settore sud-orientale dei Monti Pisani causando la depressione tettonica compresa tra i monti stessi e il rilievo delle Cerbaie (Cantini ed al., 2000). Alla faglia principale sono probabilmente associate faglie minori, due faglie presunte sono riportate in cartografia. Data l'incertezza sulla localizzazione sono state definite, ai fini dello studio di microzonazione sismica di livello 1, in accordo con gli uffici regionali, come "faglie potenzialmente attive e capaci" (Fig.6).

Di seguito si riportano i grafici dei terremoti storici scaricati dal catalogo dell'Istituto Nazionale di geofisica (INGV) come risulta dal DataBase Macrosismico Italiano, DBMI15 (<https://emidius.mi.ingv.it/CPT115-DBMI15>).

Dalla consultazione del catalogo si osserva che non sono stati rilevati forti terremoti (con  $M > 5$ ) con epicentri localizzati nel territorio comunale di Calcinaia e gli epicentri catalogati si collocano essenzialmente in area appenninica.

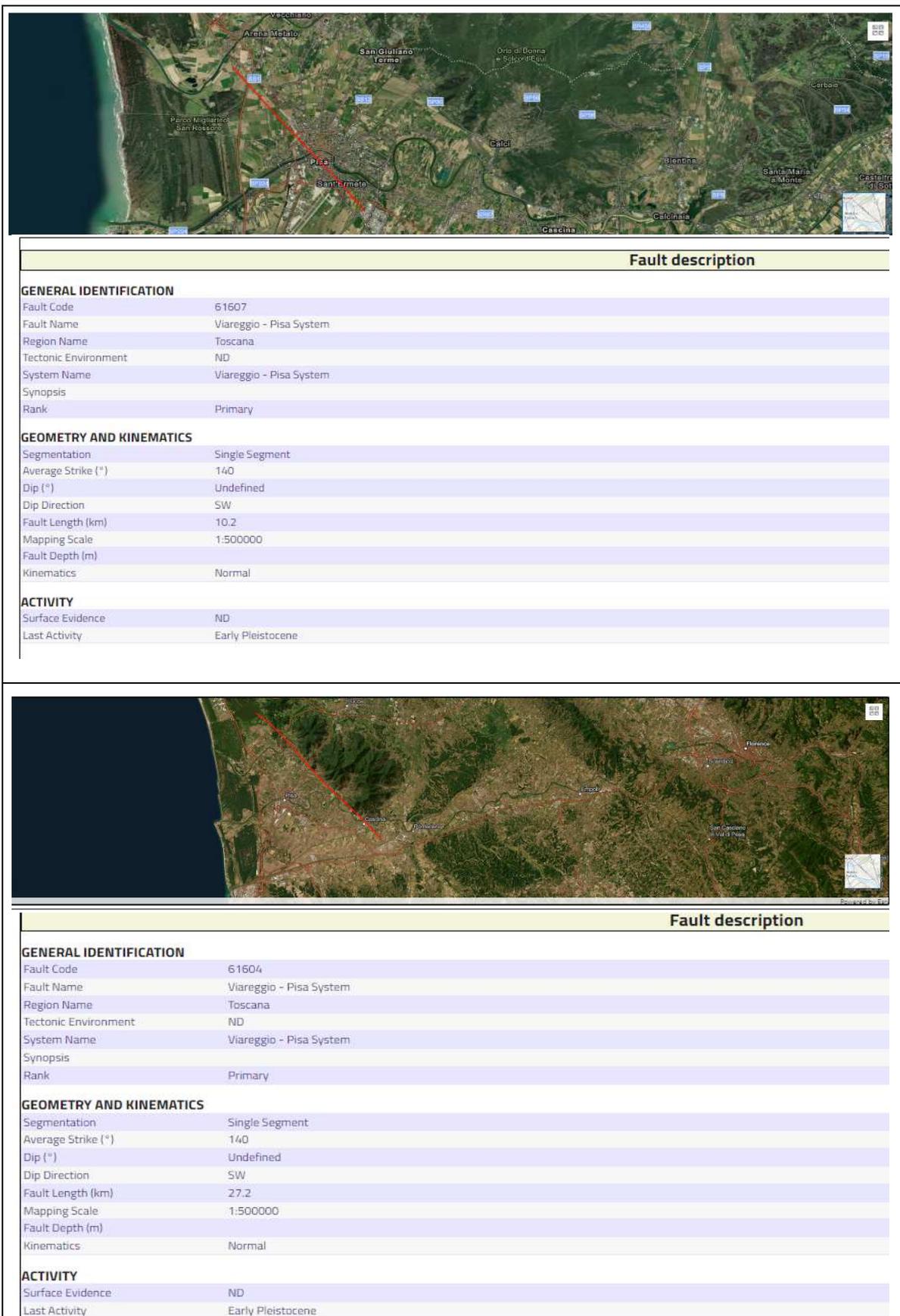


Fig.7. Fonti sismogenetiche (progetto DISS\_3.3)

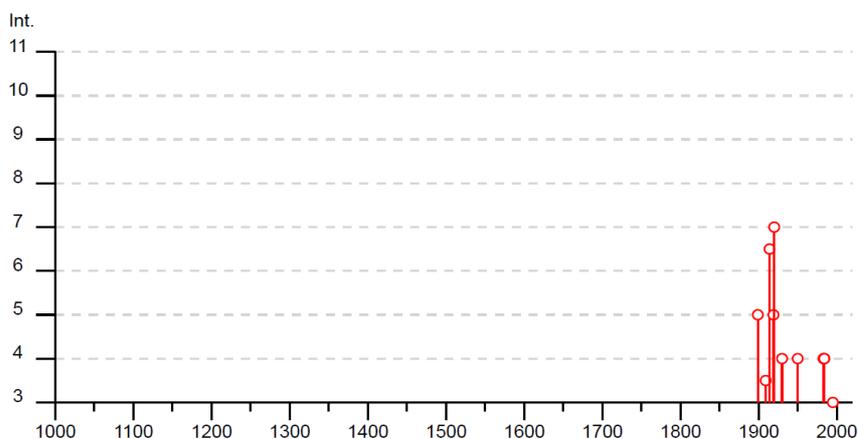
Di seguito si riportano i grafici dei terremoti storici scaricati dal catalogo dell'Istituto Nazionale di geofisica (INGV) come risulta dal DataBase Macrosismico Italiano, DBMI15 (<https://emidius.mi.ingv.it/CPT115->

[DBMI15](#)).

Dalla consultazione del catalogo si osserva che non sono stati rilevati forti terremoti (con  $M > 5$ ) con epicentri localizzati nel territorio comunale di Calcinaia e gli epicentri catalogati si collocano essenzialmente in area appenninica.

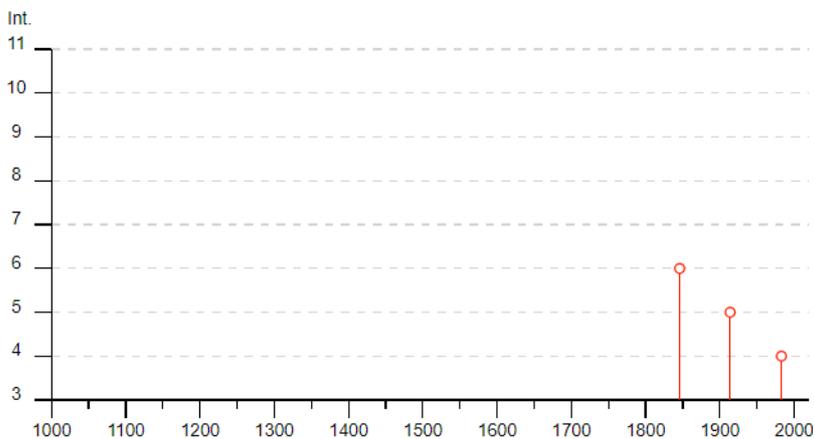
### Calcinaia

PlaceID	IT_46098
Coordinate (lat, lon)	43.683, 10.616
Comune (ISTAT 2015)	Calcinaia
Provincia	Pisa
Regione	Toscana
Numero di eventi riportati	13



### Fornacette

PlaceID	IT_46101
Coordinate (lat, lon)	43.669, 10.580
Comune (ISTAT 2015)	Calcinaia
Provincia	Pisa
Regione	Toscana
Numero di eventi riportati	3



**Fig.8.** Storia sismica di Calcinaia come risulta dal DataBase Macrosismico Italiano, DBMI15 (<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>)

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
2	1887	11	14	05	48	0	Fiorentino	101	6	4.47
5	1899	06	26	23	17	2	Valle del Bisenzio	138	7	5.02
3-4	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
6-7	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63
5	1919	06	29	15	06	1	Mugello	565	10	6.38
7	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53
4	1930	05	24	22	02		Appennino tosco-emiliano	43	5	4.91
4	1950	04	01				Livornese	15	6	4.99
2	1951	08	12	21	19		Garfagnana	21	5	4.59
4	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
4	1984	04	22	17	39	2	Costa pisano-livornese	39	6	4.61
4	1984	05	01	22	14	2	Costa pisano-livornese	16	5	3.89
3	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6	1846	08	14	12			Colline Pisane	121	9	6.04
5	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63
4	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04

Fig.9. Lista terremoti storici come risulta dal DataBase Macrosismico Italiano, DBMI15

In epoca storica il sisma più intenso registrato nella Valdera e nell'area pisana è quello del 14 Agosto 1846 che colpì la zona di Orciano Pisano, S. Luce e Lorenzana con intensità massima fino al X° grado della scala Mercalli provocando danni notevoli e numerose vittime. Questo terremoto ebbe i suoi massimi effetti tra le province di Pisa e Livorno dove una quarantina di paesi subirono gravi danni; il più paese più colpito fu Orciano Pisano dove crollarono 99 case su 113; vi furono danni lievi anche nelle città di Pisa, Livorno e Volterra; le vittime in totale furono 60.

Di altri terremoti di intensità minore (V° - VI° grado) si ha notizia tra il Dicembre 1896 ed il Luglio 1897 con epicentro Pontedera. Il 27 Ottobre 1914 un evento avvenuto a forte profondità e con risentimento su un'area molto vasta provocò alcuni danni agli edifici, ma il terremoto più avvertito fu quello del 7 Settembre 1920 dove si produssero delle fenditure in alcune case e l'ospedale Lotti riportò delle lesioni (a Calcinaia si contò un morto e quattro feriti e danni, oltre che ad alcune abitazioni, alla chiesa ed al municipio). Chianni fa registrare un sisma del V° grado nel Luglio 1930 ed uno del VII° grado nel

Novembre 1947, Vicopisano uno del V° grado nel 1930. Scosse ancora più deboli (III° e IV° grado) e con epicentro sempre nei dintorni di Pontedera sono avvenute nel 1934, 1977 e 1978. Non si hanno ulteriori notizie o effetti di particolare rilevanza sul territorio di Pontedera.

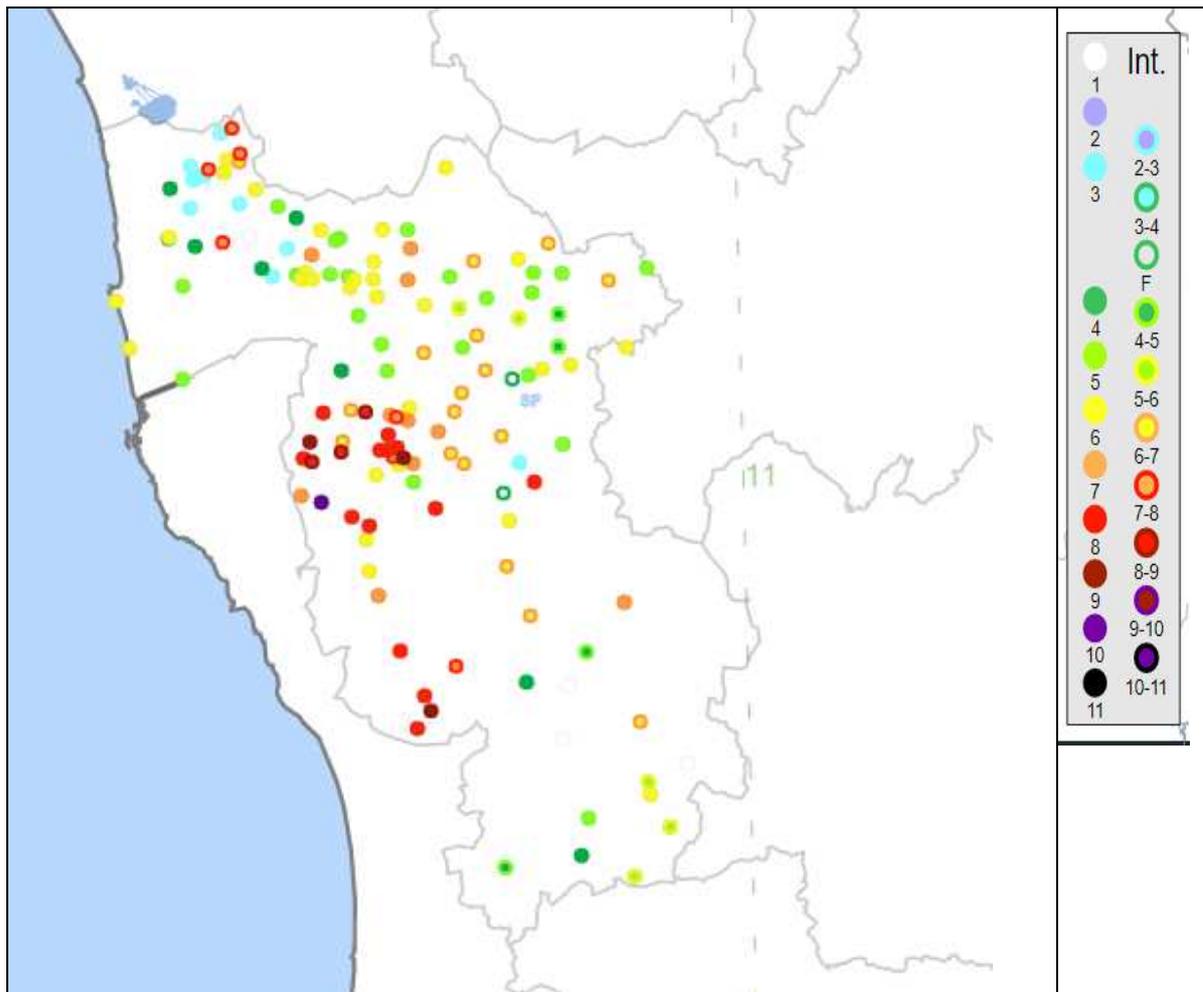


Fig.10. Consultazione per terremoto (CPTI15)

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

L'area territoriale in cui s'inserisce il Comune di Calcinaia, occupa l'estremità nord orientale della più vasta pianura pisana. Essa presenta caratteri morfologici che rispecchiano la diversa natura geologica dei terreni affioranti.

I Monti Pisani con forme aspre e scoscese, costituiscono un massiccio carbonatico in brusco contrasto con l'uniformità della pianura, mentre le forme morbide delle colline delle Cerbaie, rivelano la presenza di depositi fluvio lacustri facilmente erodibili che si raccordano dolcemente con la pianura e formano il così detto "Pianalto delle Cerbaie", costituito a livello sommitale da terreni prevalentemente sabbiosi del Pleistocene medio. Il lato occidentale di quest'ultimo rilievo, è inclinato verso la valle di Bientina e rappresenta il limite fisiografico tra la valle suddetta e quella dell'Usciana (Federici 1987)

Tra questi due rilievi si estende il breve tratto di pianura formata da depositi fluvio – palustri del sistema Arno – Serchio; questa stretta fascia pianeggiante che nell'ambito territoriale di Calcinaia è localizzata a quote comprese tra 10 – 13 m. s.l.m., in un recente passato è stata percorsa dal F. Serchio, mentre in un periodo più recente, diventò sede (in parte) di un lago. Attualmente ha carattere di valle morta perché non è attraversata da alcun corso d'acqua naturale, ma soltanto dal canale Emissario di Bientina, realizzato per la bonifica dell'omonimo lago o padule, formatosi per gli accumuli alluvionali dell'Arno, definitivamente prosciugato nel 1859 (Federici 1987), grazie alla realizzazione del sistema di canali che drenano le acque verso il canale Emissario ed attraverso "la Botte", di S. Giovanni alla Vena, possono defluire in mare a Calambrone.

L'Arno ha contribuito allo sviluppo di questo tratto della pianura con un percorso tortuoso che ha raggiunto Bientina e Vicopisano.

La pianura di Calcinaia, è formata da sedimenti del Pliocene superiore e quaternari. Sondaggi profondi eseguiti nella pianura, hanno messo in evidenza il substrato profondo sul quale è avvenuto il riempimento sedimentario (Fancelli et al. 1986) si tratta cioè del "tetto" delle successioni litologiche pre – mioceniche che per l'area specifica si trova ad una profondità di oltre 500 metri dal p.c. (calcarei analoghi a quelli affioranti sui Monti Pisani).

All'interno del territorio di Calcinaia è possibile distinguere i seguenti depositi:

##### **Depositi di ambiente continentale riferibili al Rusciano –Villafranchiano (VIL)**

Nella porzione meridionale dei rilievi delle Cerbaie affiorano depositi di ambiente continentale in particolare fluviali e di piana deltizia (Sarti et al., 2008) che sono riferibili all'intervallo temporale compreso fra il Pliocene ed il Pleistocene Inferiore. In prevalenza sono costituiti da conglomerati ghiaie e sabbie. I fossili sono sporadici. Nella carta geologica sono state distinte le facies prevalentemente sabbiose (**VILs**) da quelle prevalentemente ghiaiose (**VILg**).

##### **- Depositi di ambiente continentale riferibili all' Aureliano-Galeriano (AUR)**

Questi corpi sedimentari poggiano in discordanza stratigrafica, con contatto visibile solo localmente, sopra le formazioni neogeniche-quaternarie e sono costituiti principalmente da ghiaie in matrice sabbiosa. Le caratteristiche sedimentologiche sono indicative di un ambiente deposizionale di tipo fluviale. Questi depositi affiorano nel settore settentrionale delle Colline Pisane.

All'interno di questa categoria sono stati inseriti sia i depositi di conoide antico, sia i depositi alluvionali terrazzati antichi riferiti da letteratura ad un generico Pleistocene superiore.

Nella carta geologica sono state distinte le facies prevalentemente sabbiose (**AURs**) da quelle prevalentemente ghiaiose (**AURg**) e quelle a tessitura mista (**AURm**). Nel territorio comunale Calcinaia è cartografata come prevalente la facies ghiaiosa (**AURg**).

**- Depositi continentale recenti e attuali**

Sono rappresentati da deposito alluvionali attuale o recente (b1n), in cui sono state distinte le facies argillose (b1a), sabbiose (b1s), limose (b1l) e a tessitura mista (b1m).

Di seguito si riporta uno stralcio della Carta Geologica estratta dal PSI

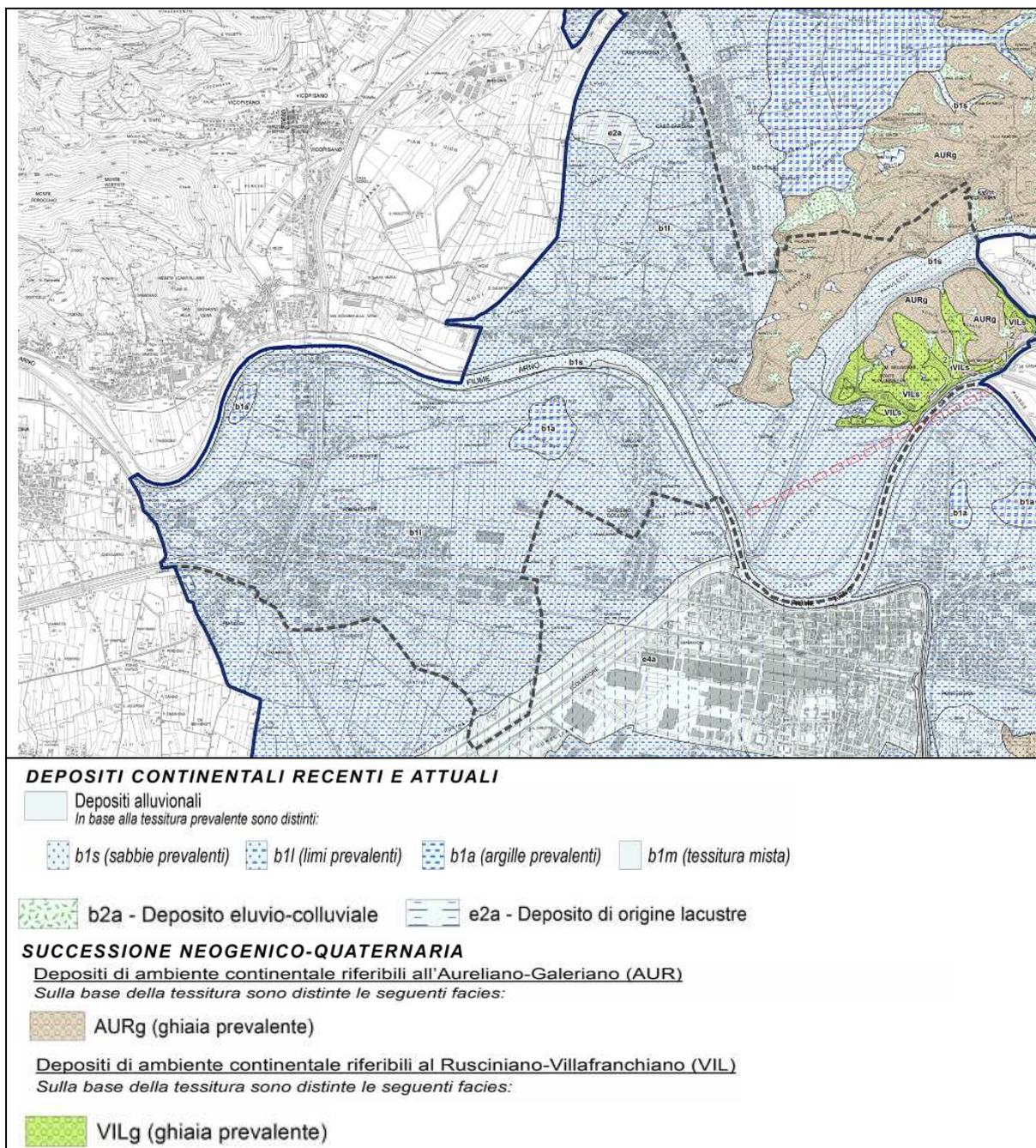
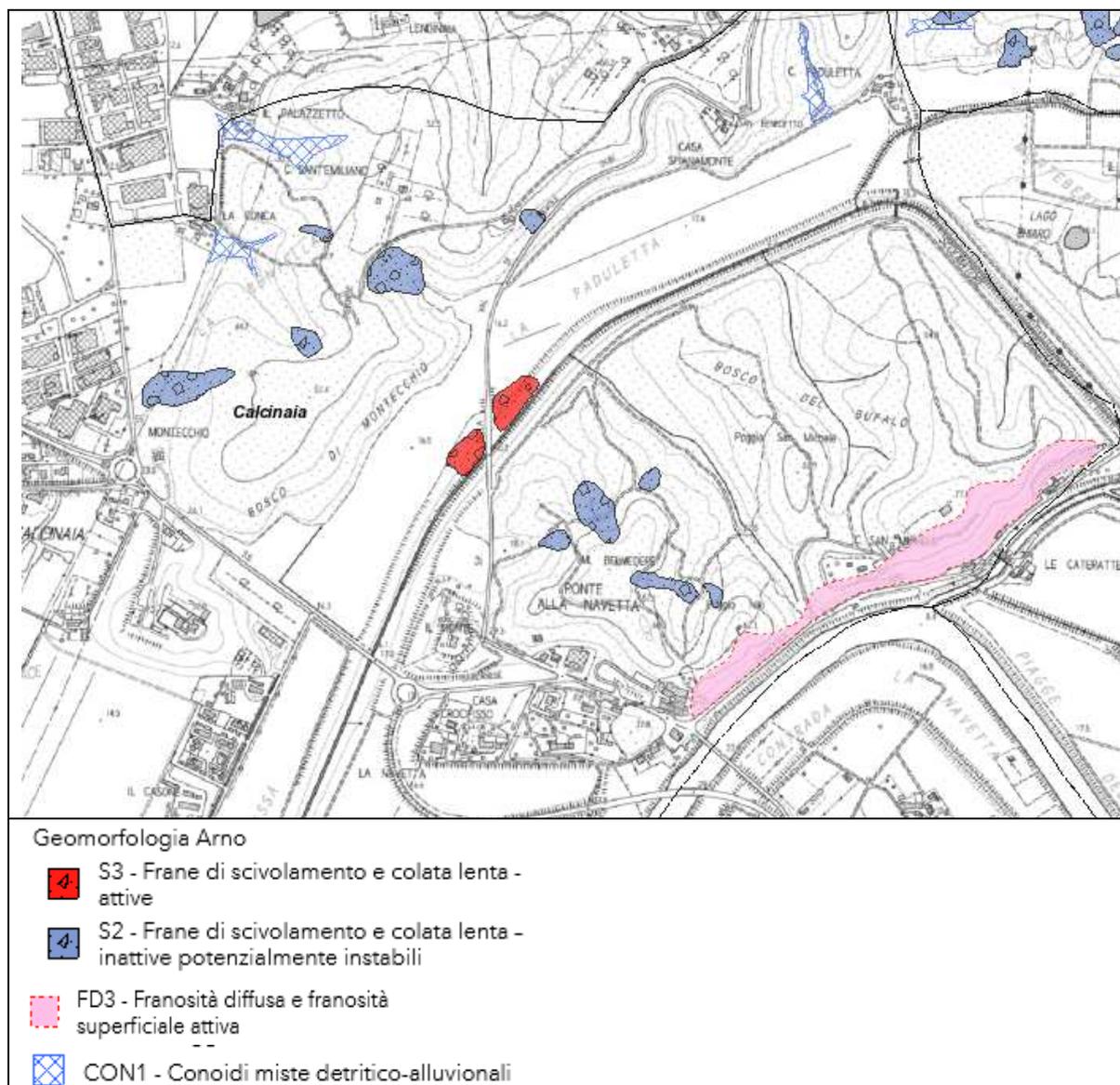


Fig.11. Carta Geologica PSI adottata e modificata a seguito osservazioni

Dal punto di vista geomorfologico, riprendendo la cartografia geomorfologica del Progetto Dissesti Geomorfologici dell’Autorità di Bacino Distrettuale Appennino settentrionale, di cui uno stralcio è di seguito riportato, le aree collinari presentano morfologie caratterizzate da ampie spianate sommitali e scarpate più o meno acclivi, morfologia guidata dall’assetto stratigrafico delle formazioni plio-pleistoceniche e dall’alternarsi di litotipi ghiaiosi e sabbiosi e di livelli di minore spessore a composizione limo-argillosa. L’alternanza di litotipi con diversa permeabilità e comunque facilmente erodibili determina forme di dissesto tipo scivolamento/scoscendimento o colata. Dalla cartografia del Piano di bacino i dissesti sono di li-

mitata estensione e classificate come “inattive potenzialmente instabili”.

Si evidenzia come elemento di pericolosità la pendice a monte della S.P. n°5 (Francesca), tra Ponte alla Navetta ed il limite del Comune, caratterizzato da “franosità diffusa e franosità superficiale attiva”. L'area è stata oggetto di interventi di consolidamento superficiale, ma permangono situazioni di elevata propensione al dissesto.



**Fig.12.** Progetto Dissesti Geomorfologici dell'Autorità di Bacino Distrettuale Appennino settentrionale

## 5. CARTA DELLE INDAGINI

La "Carta delle Indagini" riporta l'ubicazione e l'indicazione della somma dei dati esistenti sul territorio comunale di Calcinaia derivante dalla somma dei:

- dati di base allegati alla MS1
- dati indagini integrative effettuate a supporto del PSI
- dati relativi alle indagini nel sottosuolo – pozzi con stratigrafia – estratti dal portale ISPRA
- dati derivanti dalla campagna di indagine geofisica condotta per lo studio di MS2.

I dati di base derivanti dalla MS1, sono stati oggetto di una scrematura, omettendo di riportare in questa fase i punti indagine relativi alle penetrometrie dinamiche leggere (DL) e le trincee e pozzetti esplorativi (T) ritenuti non utili alla definizione della Microzonazione Sismica di Livello 2.

L'insieme dei dati raccolti, ha permesso di disporre di un totale di 450 tra dati puntuali e lineari così suddivisi e rappresentati, in forma simbolica e per tipologia, secondo la legenda prevista negli standard regionali per l'informatizzazione degli studi di MS con riferimento agli Indirizzi e Criteri di Microzonazione sismica (ICMS) a cura della Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile e catalogati e archiviati mediante software QGIS.

Quant.	Sigla	Descrizione
<b>indagini puntuali</b>		
273	CPT	Prove penetrometriche statiche con punta meccanica
11	CPTU	Prove penetrometriche statiche con punta conica
13	DP	Prova penetrometrica dinamica pesante
8	S	Sondaggio a carotaggio continuo
10	SC	Sondaggio con prelievo di campioni
2	DH	DownHole
68	HVSR	Microtremore a stazione singola
5	ESAC	Array sismico Esac
22	PA	Pozzo per acqua
<b>indagini lineari</b>		
25	MASW	Prospezione sismica MASW
13	SR	Profilo sismico a rifrazione onde p e s
<b>450</b>		<b>Totale punti indagati</b>

Tab.1. Tabella riassuntiva indagini

Tutti i dati di base sono stati informatizzati (Soft\_MS, shapefile), secondo quanto indicato negli "standard di rappresentazione e archiviazione informatica versione 4.2" – Commissione tecnica per la microzonazione sismica".

Le tabelle relative alle schede del Database .... riportano per ogni punto indagine identificato da un univoco IDSPU, la provenienza di ciascun dato (MS1, PSI, ISPRA) e relativa la numerazione originaria.

Per una rapida consultazione, in allegato si riportano le tabelle per ricondurre i punti indagine inseriti in Soft\_MS ai corrispondenti dati di base delle campagne originarie, distinte per indagini lineari e puntuali.

## 6. CARTA GEOLOGICO-TECNICA (CGT\_MS)

La descrizione della carta geologico-tecnica è stata adeguata al nuovo standard di rappresentazione e archiviazione. Le carte geologico tecniche sono state redatte per ogni area investigata e rappresentano, secondo quanto previsto dalle norme ICMS (versione 4.2), l'elaborato di compendio di tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche ed idrogeologiche) necessarie alla definizione del modello di sottosuolo e funzionali alla carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS).

Le unità geologico-litologiche vengono distinte tra terreni di copertura, con spessore minimo di 3,0 m, e substrato geologico rigido o non rigido, per giungere ad una standardizzazione delle informazioni relative agli aspetti geologici e litotecnici.

La suddivisione dei litotipi in classi predefinite permette, così, di identificare situazioni litostratigrafiche potenzialmente suscettibili di amplificazione locale o di instabilità.

### Terreni di copertura

Le tipologie dei terreni di copertura in base alle caratteristiche litologiche e i relativi codici corrispondenti vengono descritti utilizzando l'Unified Soil Classification System (ASTM, 1985, modificato) come di seguito presentato:

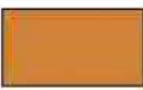
Terreni di copertura		
	RI	Terreni contenenti resti di attività antropica
	GW	Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie
	GP	Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia
	GM	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo
	GC	Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla
	SW	Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose
	SP	Sabbie pulite con granulometria poco assortita
	SM	Sabbie limose, miscela di sabbia e limo
	SC	Sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla
	OL	Limi organici, argille limose organiche di bassa plasticità
	OH	Argille organiche di media-alta plasticità, limi organici
	MH	Limi inorganici, sabbie fini, Limi micacei o diatomitici
	ML	Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità
	CL	Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre
	CH	Argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse
	PT	Torbe ed altre terre fortemente organiche

Fig.13. Legenda CGT\_MS per terreni di copertura, Standard di rappresentazione ver.4.2

In aggiunta per i terreni di copertura vengono riportati i codici relativi agli ambienti di possibile genesi e deposizione dei terreni di copertura che, sulla base delle conoscenze geologiche del PSI sui depositi del Pliocene sup-Pleistocene nel territorio in esame sono di:

- ambiente di versante;
- ambiente fluvio-lacustre.

<b>Ambiente di versante</b>	
Falda detritica	fd
Conoide detritica	cd
Conoide di deiezione	cz
Eluvi/colluvi	ec
<b>Ambiente fluvio - lacustre</b>	
Argine/barre/canali	es
Piana deltizia	dl
Piana pedemontana	pd
Bacino (piana) intramontano	in
Conoide alluvionale	ca
Terrazzo fluviale	tf
Varve	va
Lacustre	lc
Palustre	pa
Piana inondabile	pi

Fig.14. Legenda CGT\_MS per i terreni di copertura

Di seguito la tabella di correlazione dei litotipi della carta Litotecnica del PSI e della carta CGT\_MS:

UNITA_LIT	DESC_UL	CLASSE_LIT	DESCR_CL	TIPO_LIT	DESC_TL	CGT_MS	Codice
E	Materiali granulari non cementati o poco cementati	E2	Ghiaie non cementate o poco cementate	E2 a1-2	Ghiaie da addensate a moderatamente addensate	GC	tf
E	Materiali granulari non cementati o poco cementati	E2	Ghiaie non cementate o poco cementate	E2 a3-4	Ghiaie da poco addensate a sciolte	GC	tf ec cd
E	Materiali granulari non cementati o poco cementati	E3	Sabbie non cementate o poco cementate	E3 a3-4	Sabbie da poco addensate a sciolte	SM	tf pi zz
F	Materiali con consistenza limitata o nulla	F1	Limi con consistenza limitata o nulla	F1 s5-6	Limi da poco consistenti a privi di consistenza	ML	pi
F	Materiali con consistenza limitata o nulla	F2	Argille con consistenza limitata o nulla	F2 s5-6	Argille da poco consistenti a prive di consistenza	ML	pi

Tab.2. Tabella di correlazione litotipi copertura del PSI

Di seguito si riporta brevemente la descrizione delle varie "unità geologico-tecniche" individuate con il dettaglio delle varie formazioni geologiche della carte geologica del PSI che a ciascuna di esse si è ritenuto far corrispondere:

- Unità geologico-tecnica **Gctf**: si tratta di terreni costituiti da ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaie e sabbie ambiente deposizionale continentale fluvio-lacustre di tipo terrazzo fluviale attribuito alle formazioni plio-pleistoceniche (AURg, VILg).
- Unità geologico-tecnica **Gcec**: si tratta di terreni costituiti da ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaie e sabbie di ambiente deposizionale di falda detritica tipo eluvio colluviale derivante dal disfacimento delle formazioni plio-pleistoceniche (b2a) e alcuni corpi di frana quiescente.
- Unità geologico-tecnica **Gccd**: si tratta di terreni costituiti da ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaie e sabbie di ambiente deposizionale di falda detritica tipo eluvio colluviale derivante dal disfacimento delle formazioni plio-pleistoceniche (b2a) e alcuni corpi di frana quiescente che, sulla base della morfologia e dislivello locale assumono la conformazione e

- assetto geomorfologico di tipo conoide detritica, anche secondo quanto riportato dalla carta dei dissesti geomorfologici del Piano di bacino.
- Unità geologico-tecnica **GCpi**: si tratta di terreni costituiti da ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaie e sabbie di ambiente deposizionale di piana inondabile, riferiti a quanto cartografato lungo il corso del F.Arno (b).
  - Unità geologico-tecnica **SMtf**: si tratta di terreni costituiti da sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico fluvio-lacustre di terrazzo fluviale attribuito alle formazioni i sabbiose del Pliocene sup Pleistocene inf (VILs).
  - Unità geologico-tecnica **SMpi**: si tratta di terreni costituiti prevalentemente da sabbie da poco addensate a sciolti corrispondenti all'alveo recente del F.Arno, ai paleoalvei recenti e alla valle laterale della Paduletta, dove corre lo Scolmatore Arno (b1s, b1m).
  - Unità geologico-tecnica **MLpi**: si tratta di terreni costituiti prevalentemente da limi da poco consistenti a privi di consistenza e in parte argillosi, della vasta piana inondabile del F.Arno e di Bientina (b1l, b1,e4a,e2a).

### Substrato geologico

Le unità del substrato rigido o non rigido vengono definite tenendo conto della tipologia (lapideo, granulare cementato, coesivo sovraconsolidato, alternanza di litotipi), della stratificazione (qualora esistente) e del grado di fratturazione (secondo una valutazione qualitativa).

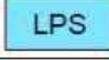
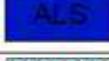
Substrato geologico		
	LP	Lapideo
	GR	Granulare cementato
	CO	Coesivo sovraconsolidato
	AL	Alternanza di litotipi
	LPS	Lapideo, stratificato
	GRS	Granulare cementato, stratificato
	COS	Coesivo sovraconsolidato, stratificato
	ALS	Alternanza di litotipi, stratificato
	SFLP	Lapideo fratturato / alterato
	SFGR	Granulare cementato fratturato / alterato
	SFCO	Coesivo sovraconsolidato fratturato / alterato
	SFAL	Alternanza di litotipi fratturato / alterato
	SFLPS	Lapideo, stratificato fratturato / alterato
	SFGRS	Granulare cementato, stratificato fratturato / alterato
	SFCOS	Coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato / alterato
	SFALS	Alternanza di litotipi, stratificato fratturato / alterato

Fig.15. Legenda CGT\_MS per substrato geologico, Standard di rappresentazione ver.4.2

In considerazione della copertura detritica superficiale e delle velocità sismiche  $V_s$  risultanti dalla campagna di indagini geofisiche eseguite nella zona collinare, le formazioni del plio-pleistoceniche sono state classificate come copertura nella CGT\_MS. Un substrato geologico tipo CO è riportato nelle sezioni geologiche sulla base delle stratigrafie disponibili e dalle prove geofisiche dei picchi di amplificazione.

- Unità geologico-tecnica CO: substrato geologico di tipo coesivo sovraconsolidato.

## 7. CARTA DELLE FREQUENZE FONDAMENTALI DEI DEPOSITI

Nella Carta sono riportati i risultati della campagna di misure di microtremore a stazione singola HVSR, comunemente nota con il termine H/V condotte secondo gli standard e i criteri stabiliti dagli ICMS e indicati nel Volume di Ingegneria sismica 2/11 per la misura delle frequenze fondamentali dei depositi che costituiscono la copertura della pianura alluvionale.

Per una dettagliata trattazione e valutazione della procedura di acquisizione ed elaborazione e quindi della qualità del dato, si rimanda all'Allegato "Dati Campagna Geofisica".

I dati di esplorazione sono costituiti da:

- n. 15 misure passive eseguite ad hoc per lo studio di MS1;
- n.3 misure passive ricavate dall'archivio comunale, elaborate secondo i criteri SESAME, acquisite mediante Tromino (dati di base del PS);
- n. 20 misure passive eseguite ad hoc per il PSI;
- n. 30 misure passive eseguite ad hoc per lo studio di MS2.

La rappresentazione grafica della carta è quella indicata in Appendice 3 dell'Allegato A delle *Specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di micro zonazione sismica (aggiornamento 02/10/2018)* che prevede per ogni misura cerchi con colore variabile secondo la frequenza del picco e con raggio variabile in funzione dell'ampiezza  $A_0$ . I risultati ottenuti sono riassunti nella sottostante tabella.

ID_SPU	località	A1 HVSR	F1 (Hz)	A2 HVSR	F2 (Hz)
296	Fornacette W	4,80	0,60		
314	Fornacette	1,80	1,20		
315	Fornacette	2,30	1,40		
323	Case Sardina	3,10	1,90		
324	Case Sardina	2,90	2,40		
325	Case Sardina	2,40	2,30		
326	zona collinare Le Cerbaie	2,40	2,60		
327	Case Sardina	2,90	1,70		
328	Calcinaia	2,40	1,90		
329	Calcinaia	2,80	1,50		
330	Calcinaia	2,70	1,30		
331	Oltrarno	3,00	1,50		
332	Oltrarno	2,50	1,30		
333	La Botte	2,10	1,30		
334	Fornacette N	1,80	1,70		
335	Fornacette	2,20	1,40		
336	Fornacette	3,10	1,10		
337	La Botte	3,10	1,20	2,90	0,52
338	Case Sardina	3,80	1,28		
339	Case Sardina	3,30	1,19		
340	Case Sardina	4,20	1,47	2,60	0,50
341	Calcinaia	2,80	0,44	2,70	1,20
342	Calcinaia	3,70	0,41	2,60	1,80
343	Calcinaia	3,90	2,03	2,80	0,40
344	Calcinaia	3,60	1,78	3,20	0,40
345	Ponte alla Navetta SP 5	4,00	0,41	2,10	1,80
346	La Botte	5,20	0,94		
347	Case Bianche	3,90	0,72		
348	Oltrarno	3,20	0,35	2,20	1,20
349	Oltrarno	3,90	1,16	3,30	0,35
350	Fornacette W	3,70	0,50		
351	Fornacette N	3,60	1,19		
352	Fornacette E	4,00	0,50	3,30	1,20

353	Fornacette S	4,00	0,47	3,80	1,20
354	Fornacette SE	4,20	0,63		
355	Fornacette E	4,10	1,19	3,30	0,40
356	Case Sardina	3,50	1,16		
363	Ponte alla Navetta	3,80	1,80		
364	zona collinare Le Cerbaie	2,41	5,04		
365	Calcinaia	2,62	2,42	4,30	0,35
366	Calcinaia	2,96	2,05	3,70	0,32
367	Case Sardina	5,86	0,40	2,90	1,90
368	Case Sardina	5,24	1,12		
369	Case Sardina Lago del Marrucco	7,29	0,53	3,90	1,00
370	Calcinaia	6,45	0,53	3,90	1,20
371	Oltrarno	7,27	0,46	3,90	0,95
372	Fornacette W	5,01	0,37	2,80	1,40
373	La Botte	11,70	0,30		
374	Case Bianche	7,83	0,81		
375	Case Bianche	3,98	1,15		
376	Oltrarno San Benedetto Zona	5,80	0,70		
377	scolmatore Arno	3,72	1,81	5,00	0,32
378	Fornacette S	5,50	1,54	6,50	0,35
379	Calcinaia	7,20	0,44	3,10	1,30
380	Ponte alla Navetta Ponte alla Navetta Loc. La	3,05	3,20	6,00	0,30
381	Sassa	3,91	1,04	4,10	0,40
382	Ponte alla Navetta SP 5	3,60	1,06	4,50	0,32
383	Fornacette E	4,76	0,44	2,20	2,20
384	Fornacette E	4,51	1,08	5,00	0,35
385	Fornacette E loc Borselli	5,45	0,39	3,60	1,20
386	Fornacette E	3,51	1,43	5,80	0,38
387	zona collinare Le Cerbaie	3,76	1,26	5,20	0,38
388	zona collinare Le Cerbaie	3,43	2,42	5,10	0,35
389	Fornacette E	5,38	0,35	3,20	2,80
390	Paduletta scolmatore Arno	4,39	1,17	6,00	0,38
391	zona collinare Le Cerbaie	5,26	1,59	6,30	0,35
392	Ponte alla Navetta	3,11	2,31	5,20	0,35
412	Ponte alla Navetta	5,19	0,44	3,00	12,00

**Tab.3.** Risultanze misure di microtremore a stazione singola

Lo scopo è quello di indagare la possibile presenza di zone con fenomeni di risonanza significativi e quelle con importanti contrasti di impedenza. Inoltre, le misure in numero sufficiente possono fornire indicazioni o conferme sulla ricostruzione del modello geologico del sottosuolo, mediante la nota formula di correlazione  $fr=Vs/4H$ , anche se in una pianura vasta con terreni di copertura eterogenei con Vs variabili, bisogna riconoscere che le correlazioni non sono del tutto scontate, anche per la presenza di inversioni di velocità VS all'interno della copertura. L'interpretazione delle misure deve ovviamente essere sempre tarata su indagini dirette.

Questa correlazione ha consentito, tramite l'utilizzo delle Vs ricavate dalle indagini MASW e dalle prospezioni a rifrazione con onde P e SH eseguite in prossimità della misura passiva di rumore, ha permesso di valutare la profondità del livello che genera risonanza e di confrontarlo con i dati geognostici raccolti (sondaggi, CPTU).

Dall'esame della carta delle frequenze ricavata, si evince quasi sempre la presenza di due range di frequenze <1Hz e 1.0-1.5Hz, entrambe con ampiezze che possono essere superiori a 3. Fa eccezione la zona est del territorio comunale in cui prevalgono le misure con un unico picco con frequenze in genere inferiori a 1 Hz.

In generale è possibile riconoscere i seguenti elementi coerenti con il modello geologico-tecnico del territorio:

- Le frequenze di picco 0,2-0,4 Hz riconosciute in maniera quasi uniforme sul territorio comunale, possono essere ricondotte al substrato rigido, profondo alcune centinaia di metri riconducibile ai litotipi calcarei o comunque a un substrato geologico affiorante nelle colline circostanti.
- Le frequenze maggiori di 1.0 Hz sono legate all'alto contrasto di impedenza sismica tra i depositi superficiali limoso-sabbiosi-argillosi e il livello granulare-ghiaioso superficiale dei Conglomerati dell'Arno e del Serchio da Bientina che si estende con continuità nell'area alla profondità di circa 30-50m dal p.c.. Laddove la copertura superficiale è caratterizzata da elevati spessori di depositi argillosi e/o sabbiosi sciolti, contraddistinti da bassi valori di Vs (indicativamente inferiori a 200/220 ms) le misure di rumore individuano picchi con ampiezza superiore 3. Le ampiezze dei picchi si riducono laddove la composizione delle coperture presenta un maggior contenuto in sabbia, con valori di Vs più elevati.
- L'area collinare delle Cerbaie e quella pedecollinare presentano misure con picchi di frequenza, compresi tra circa 1.5 e 3.2 Hz riferibile al contrasto tra i terreni di copertura superficiale e un substrato geologico granulare cementato stratificato (GRS) e/o coesivo sovraconsolidato (CO) delle formazioni delle Cerbaie (Depositati di ambiente continentale Plio-Pleistocenici ghiaioso-sabbiosi). Le misure hanno in quasi tutti i casi individuato anche un secondo picco con frequenza di 0.3-0.5 Hz riferibili ad un substrato sismico più profondo.
- Le misure ricadenti nel settore di territorio compreso tra la zona est di Fornacette e il F. Arno sono contraddistinte da un unico picco di frequenza di 0.6-0.9 Hz e con ampiezza in genere inferiore a 3. Le Vs<sub>30</sub> in questa zona presentano valori in genere superiori a 220 m/s; la stratigrafia media di tale zona individua la presenza di uno spessore di almeno 20 m rappresentato da limi sabbiosi e sabbie. In questo caso il picco è riferibile ad un contrasto di impedenza sismica localizzato oltre diverse decine di metri e riferibile ad un substrato geologico sovraconsolidato. In tale settore di territorio è presente una misura che si discosta dalle circostanti, posta in prossimità dell'ansa del F. Arno, contraddistinta da un picco con frequenza di 1.5 Hz ed ampiezza di 3; essa è riconducibile al contrasto di un substrato sismico riferibile ai depositi ghiaiosi dell'Arno e del Serchio sottostanti una copertura a bassa velocità sismica.
- Le frequenze di 1-1,3Hz sono legate all'alto contrasto di impedenza sismica tra il livello granulare-ghiaioso superficiale dei Conglomerati dell'Arno e del Serchio da Bientina che si estende con continuità nell'area alla profondità di circa 30-50m dal p.c.. Le frequenze collimano con la stratigrafia conosciuta, al di sotto di una copertura superficiale caratterizzata da velocità delle Vs per ampie zone <220/s.

## 8. CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA MOPS

La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica costituisce il documento fondamentale del primo livello di approfondimento. 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, liquefazione, ecc).

L'integrazione dei dati noti con la campagna geognostica e geofisica effettuata in questa fase di lavoro e l'inserimento di nuove stratigrafie desunte dai pozzi estratti dal portale ISPRA, ha comportato la necessità, in adempimento alle Specifiche tecniche regionali, di revisionare sia le sezioni geologico-tecniche che la carta delle MOPS eseguite nell'ambito della Microzonazione di livello 1.

In particolare i nuovi dati geotecnici e idrogeologici hanno permesso di affinare le conoscenze stratigrafiche per i terreni di copertura e talvolta individuare la profondità dell'orizzonte ghiaioso. I dati geofisici hanno consentito di verificare la profondità dell'orizzonte contraddistinto da un brusco incremento delle velocità sismiche o da un contrasto di impedenza sismica che come detto nel paragrafo precedente è stato attribuito, a seconda dei casi, ai depositi ghiaiosi o al substrato consolidato o cementato.

Con la revisione della carta, la carta delle MOPS è stata estesa all'intero territorio comunale, in virtù anche della specifica richiesta dell'ufficio del settore sismica della Regione Toscana.

La carta è stata effettuata secondo gli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica redatti dalla Commissione tecnica per la micro zonazione sismica (versione 4.2 del dicembre 2020), che prevede la distinzione del territorio esaminato in:

Zone Stabili: zone nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura (litotipi assimilabili al substrato sismico in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata) e pertanto gli scuotimenti attesi sono equivalenti a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base;

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica: zone in cui il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio;

Zone suscettibili di instabilità: zone suscettibili di attivazione dei fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fagliazioni superficiale).

Le caratteristiche litologiche e morfologiche del territorio comunale di Calcinaia hanno escluso la presenza di Zone stabili non essendo presenti aree con affioramento di substrato sismico con morfologia pianeggiante o poco inclinata.

Per quanto riguarda le **Zone Stabili suscettibili di amplificazioni locali per amplificazione stratigrafica** l'analisi delle indagini disponibili, ha permesso di definire 5 microzone nelle aree di pianura e 2 microzone per l'area collinare delle Cerbaie.

Per quanto riguarda l'area di pianura la suddivisione nelle diverse zone ha in linea di massima confermato le perimetrazioni eseguite nell'ambito della microzonazione di livello 1, andando a definire con maggior dettaglio le stratigrafie tipo per ciascuna zona e modificando localmente i perimetri.

Le misure di rumore hanno permesso di attribuire in generale una condizione di alto contrasto per le microzone 2001, 2003 e 2005, e di basso contrasto sismico per le zone 2002 e 2004. Ciò dipende da una combinazione di due fattori prevalenti: la velocità delle onde sismiche Vs dei terreni della copertura (in relazione anche alla presenza o meno di orizzonti sabbiosi addensati) e la profondità dell'orizzonte ghiaioso fattori. In dettaglio:



**Fig.13. Carta delle MOPS**

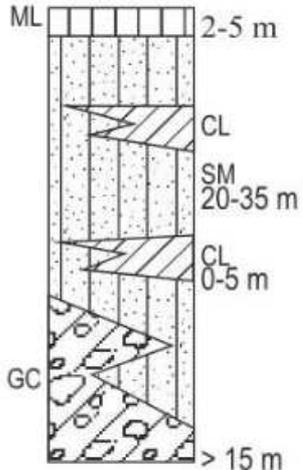
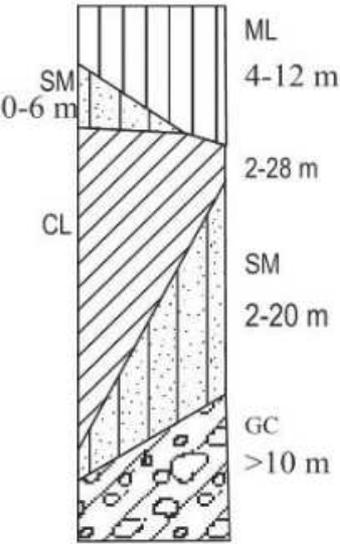
Di seguito si riportano le colonne rappresentative delle zone MOPS con breve descrizione e la relativa legenda

**Legenda terreni di copertura**

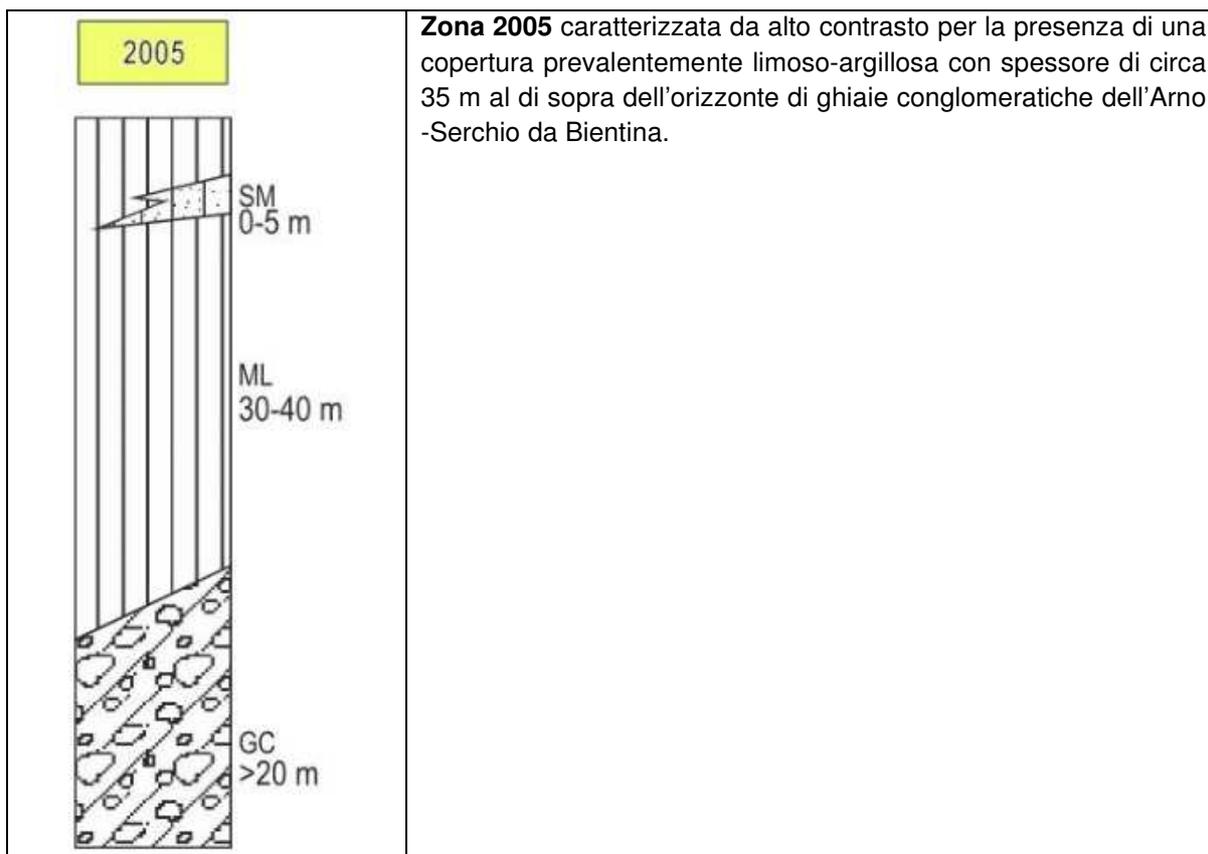
- 
Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla (GC)
- 
Sabbie limose, miscela di sabbia e limo (SM)
- 
Limi inorganici, farina di roccia, Sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità (ML)
- 
Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, Argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre (CL)

**Legenda substrato geologico**

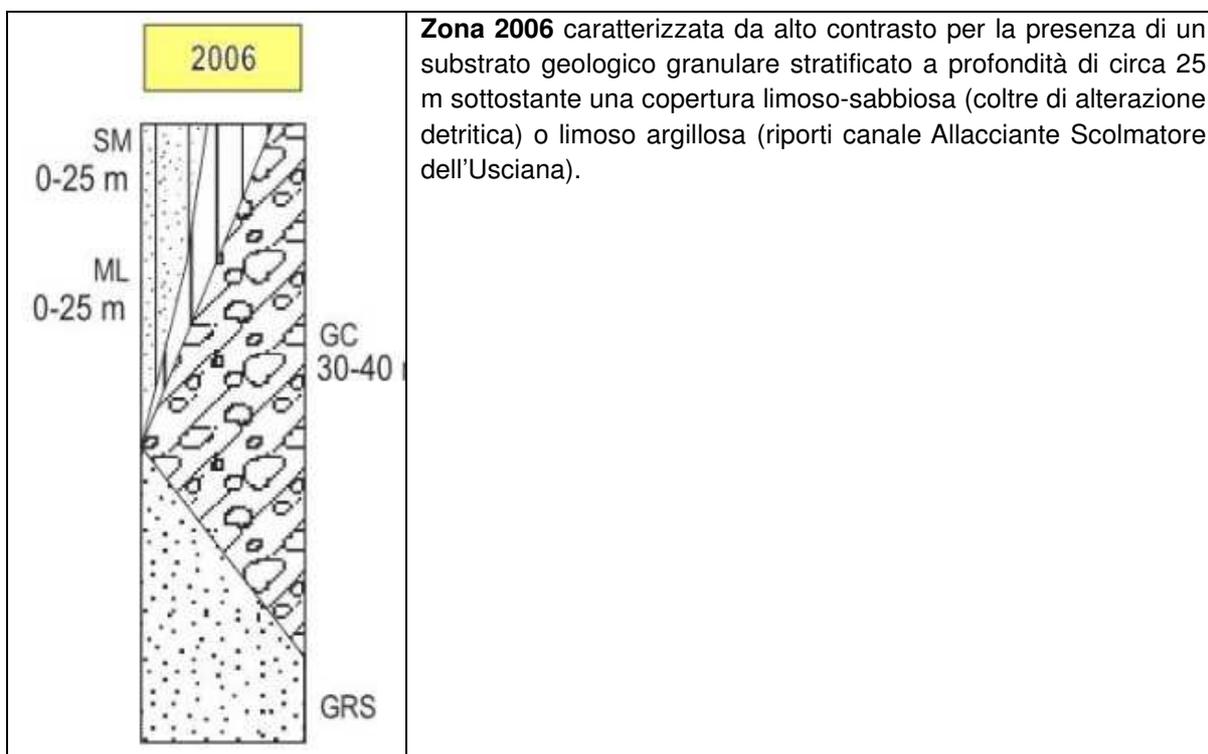
- 
Substrato geologico coesivo sovraconsolidato (CO)
- 
Substrato geologico granulare cementato stratificato (GRS)

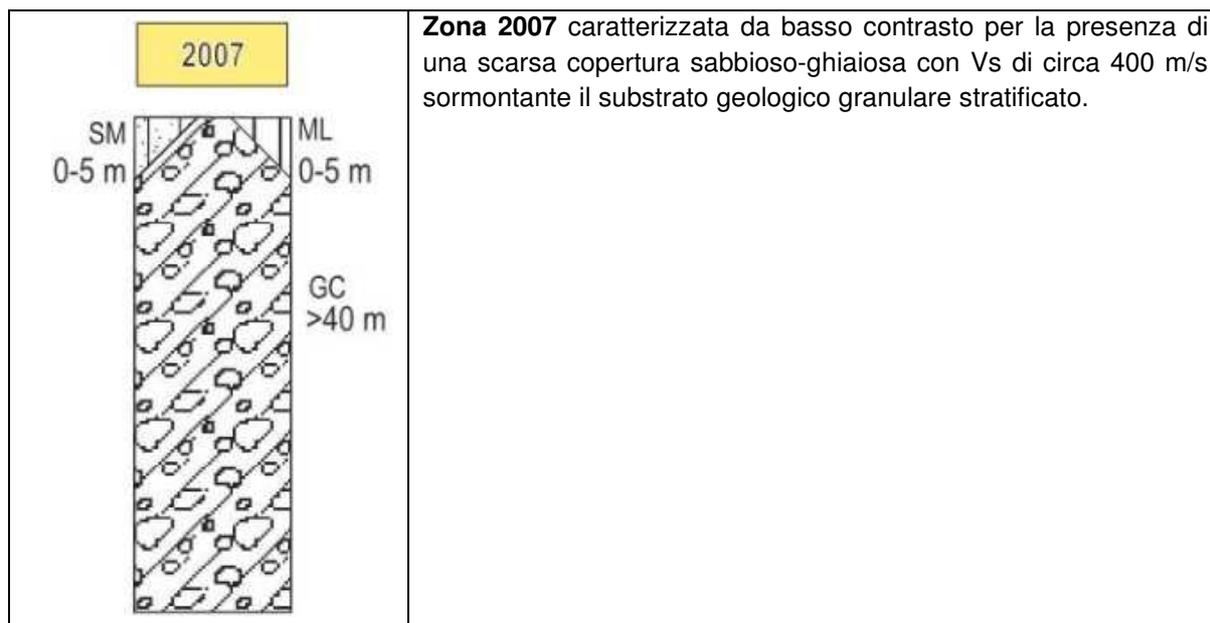
<p style="text-align: center;"><b>2001</b></p>  <p>ML 2-5 m</p> <p>CL</p> <p>SM 20-35 m</p> <p>CL 0-5 m</p> <p>GC &gt; 15 m</p>	<p><b>Zona 2001:</b> caratterizzata da alto contrasto per la presenza delle ghiaie conglomeratiche dell'Arno -Serchio da Bientina a profondità di circa 25-35 m sottostanti una copertura sabbiosa e limoso argillosa contraddistinta da basse velocità <math>V_s &lt; 200-220</math> m/s.</p>
<p style="text-align: center;"><b>2002</b></p>  <p>SM 0-6 m</p> <p>ML 4-12 m</p> <p>CL 2-28 m</p> <p>SM 2-20 m</p> <p>GC &gt; 10 m</p>	<p><b>Zona 2002:</b> caratterizzata da basso contrasto per la presenza delle ghiaie conglomeratiche dell'Arno -Serchio da Bientina a profondità maggiori di 35 m sottostanti una copertura sabbiosa e limoso argillosa contraddistinta da velocità <math>V_s = 240-300</math> m/s.</p>

	<p><b>Zona 2003:</b> caratterizzata da alto contrasto per la presenza di una copertura sabbiosa e limoso argillosa a basse velocità <math>V_s &lt; 200</math> m/s, sovrastante il livello ghiaioso interdigidato con il substrato geologico sovraconsolidato (CO) a profondità di circa 45 m.</p>
	<p><b>Zona 2004</b> caratterizzata da basso contrasto per la presenza di una copertura sabbiosa e limoso argillosa contraddistinta da velocità <math>V_s = 240 \div 260</math> m/s con spessore di oltre 45 m al di sopra dell'orizzonte di ghiaie conglomeratiche dell'Arno -Serchio da Bientina a sua volta sormontante l'orizzonte sovraconsolidato CO</p>



Relativamente all'area collinare delle Cerbaie la carta MOPS ha suddiviso il territorio in due microzone, a diverso contrasto simico. Nel dettaglio:





Per quanto concerne le **zone suscettibili di instabilità**: la carta ha riportato le aree di instabilità di versante (ZA<sub>FR</sub>), distinguendole in base alle tipologie di instabilità definite dalla carta geomorfologica di supporto al Progetto di Piano "Dissesti geomorfologici", secondo la tabella di cui agli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica per la Microzonazione Sismica i cui codici -Versione 4.2, di seguito riportata:

<b>Zone di Attenzione per Instabilità di versante ZA<sub>FR</sub></b>	1 - crollo o ribaltamento	2 - scorrimento	3 - colata	4 - complessa	5 - non definito
1 - attiva (FR_A)	301120xy	301220xy	301320xy	301420xy	301520xy
2 - quiescente (FR_Q)	302120xy	302220xy	302320xy	302420xy	302520xy
3 - inattiva (FR_I)	303120xy	303220xy	303320xy	303420xy	303520xy
4 - non definita (FR_ND)	304120xy	304220xy	304320xy	304420xy	304520xy

La presenza di area di attenzione per instabilità di versante indica che il riattivarsi di fenomeni franosi possa essere tra i principali problemi dovuti ad un eventuale sisma oltre chiaramente alle amplificazioni di tipo stratigrafico.

Per quanto riguarda l'instabilità connessa al possibile fenomeno **diliquefazione**, in questa fase di revisione delle MOPS, si è provveduto ad effettuare alcune verifiche alla liquefazione dei terreni utilizzando un numero congruo di prove CPT/CPTU con vari metodi. Le verifiche a liquefazione sono state condotte con il software LAN della Aztec Informatica\_Licenza n. U5229R4 col metodo Robertson e Wride Idriss e Boulanger (2014).

Le verifiche sono state volte in corrispondenza delle aree contraddistinte da una maggiore componente sabbiosa nei primi metri dal piano campagna, considerando la categoria dei suoli e la profondità della falda in funzione dei dati disponibili per i siti di verifica, nelle condizioni più cautelative.

Di seguito si riportano i risultati dell'Indice di liquefazione (IL), calcolato secondo Somnez, da cui si osserva una nulla o scarsa propensione alla problematica della liquefazione

IDSPU	profondità falda (m dal p.c.)	sottosuolo	zona MOPS	robertson Wride		Idriss e Boulanger	
				rischio liquef	indice liquef somnez	rischio liquef	indice liquef somnez
357	7	C	2001	nullo	0	basso	0
358	3	C	2003	nullo	0	basso	0
294	3,1	D	2001	nullo	0	basso	0,483
293	3	D	2001	nullo	0	basso	0,274
290	3	D	2001	nullo	0	basso	0,424
361	3,5	C	2006	nullo	0	nullo	0
302	3	C	2002	nullo	0	basso	0,247
242	0,6	C	2003	nullo	0	basso	1,114
241	0,6	C	2003	nullo	0	basso	0,172
93	3	C	2003	nullo	0	basso	0,035
359	7	C	2004	nullo	0	basso	0,014
48	3	C	2004	nullo	0	basso	0,004
63	3	C	2004	nullo	0	basso	0,204
46	3	C	2004	nullo	0	basso	0,004
268	3	C	2001	nullo	0	basso	0,008
58	3	C	2004	nullo	0	basso	0,011
51	3	C	2004	nullo	0	basso	0,026
94	3	C	2003	nullo	0	basso	0,095
114	3	C	2003	nullo	0	basso	0,062
282	3	C	2003	nullo	0	basso	0,293
289	3	D	2001	nullo	0	basso	0,381
137	2,5	D	2001	nullo	0	moderato	2,614
295	2,9	D	2001	nullo	0	basso	1,466
204	3	D	2001	nullo	0	basso	0,176
284	3	C	2003	nullo	0	basso	0,505
256	3	C	2003	nullo	0	nullo	0
255	3	C	2002	nullo	0	basso	0,009
120	3	C	2002	nullo	0	basso	0,155
362	3	C	2002	basso	0,609	nullo	0

**Tab.3.** Tabella riassuntiva verifiche a liquefazione condotte

### 9. PROCEDURA SEMIQUANTITATIVA DI VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DELLA CARTA MOPS

La procedura con cui si è cercato di valutare in via semiquantitativa la qualità della carta di sintesi MOPS ottenuta è quella indicata dagli ICMS (2008), mediante il foglio di calcolo messo a disposizione on-line dal servizio sismico della regione

La procedura ha previsto 4 fasi:

1. è stato costruito un reticolato di celle quadrate orientate N-S e E-W, con lato di 250m, su tutta l'area comunale (Fig.14);
2. è stata compilata la tabella che prevede 6 parametri ai quali viene assegnato un peso;
3. si è applicata la formula (sommatoria) indicata per determinare il Fattore di qualità FQ;
4. si è associata al Fattore di qualità la corrispondente classe di qualità;

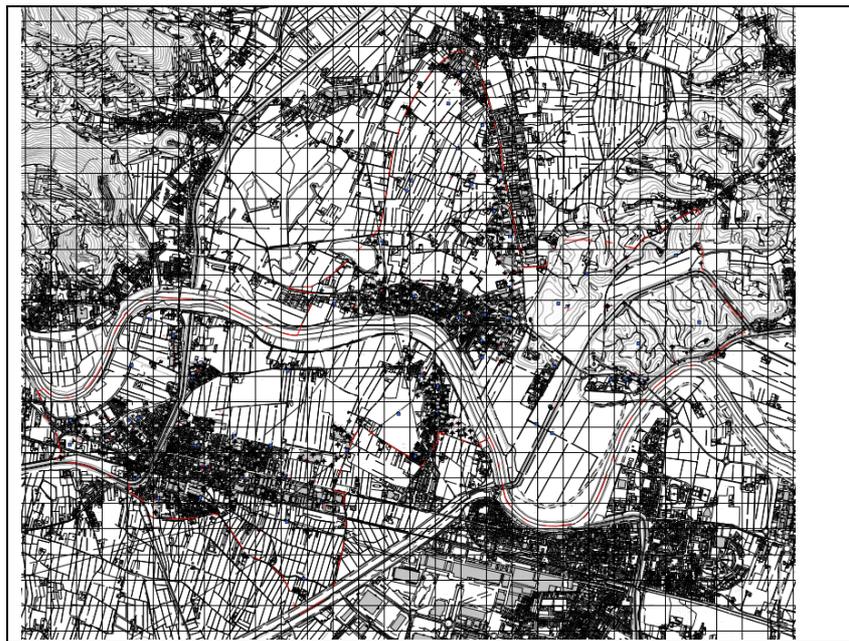


Fig.14. Costruzione reticolato 250m con QGis

In allegato di seguito nel testo si riporta la scheda di valutazione (Appendic1). Il punteggio risente del fattore penalizzante di non avere nell'area un bedrock sismico rigido su cui si attestino i sondaggi più profondi e le indagini sismiche e seguite ad hoc, altrimenti risulterebbe di Classe A.

La carta risulta di **Classe B con un punteggio di 51,4%**, ma per il motivo sopra menzionato, non migliorerebbe la qualità anche incrementando i punti di indagini o agendo su alcuno dei parametri.

FOGLIO DI CALCOLO PER LA VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DELLA CARTA DEL LIVELLO DI INDICAZIONE SISMICA SULLA BASE DELLE INDAGINI PREGRESSE E/O NUOVE			
Comune di Calcinai (CS) non ricadente nel Programma VSL, cartografia elaborata attraverso elaborazioni, scala 1:50000 e recente, n.18 sondaggi e c.c., n.48 ind. geofisiche, n.68 misure sismiche, n. 207 ind. geotecniche		Somma di misure più nella carta elaborata in scala 278 scale	
a	Parametri	4	
b	Carte geologiche tecniche	1	Area rilevamento
	Parametri indicatori	0,33	0,33
c	Sondaggi a dilatazione	0,9	Numero sondaggi / % celle occupate / Num. Sondaggi bedrock
	Parametri indicatori	0,33	0,33
d	Sondaggi a carotaggio continuo	1	Numero sondaggi / % celle occupate / Num. Sondaggi bedrock
	Parametri indicatori	0,33	0,33
e	Indagini geofisiche	0,5	Numero misure / % celle occupate / % indagini al bedrock
	Parametri indicatori	0,33	0,33
f	Prove geotecniche	0,58	Numero prove / % celle occupate / % prove al bedrock
	Parametri indicatori	0,33	0,33
g	Misure Frequence	0,75	Numero misure / % celle occupate / Classe di affidabilità
	Parametri indicatori	0,33	0,33
Totale		51,4	Classe B

CLASSE	VALORE	INDICAZIONE
A	> 75%	Carta di livello 1 di ottima qualità
B	50%-74%	Sondaggi sospicibili in alcune aree del territorio Sondaggi sospicibili in alcune indagini (che possono a che sono valutate di sempre qualità)
C	25%-49%	Carta di livello 1 di scarsa qualità non risponde ai requisiti minimi indicati da EN8008 e Linee Guida Regione Toscana
D	< 25%	

parametri parziali	valore
a	25
b	0,88
c	0,00
d	0,44
e	0,27
f	0,14
g	0,33
Totale	51,4

Fig.15. Scheda di valutazione (v. Appendice 1)

## 10. CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 2

Il passaggio dalla Microzonazione Sismica di Livello 1 al superiore Livello 2 si traduce essenzialmente nel passaggio da un livello qualitativo, rappresentato dalla suddivisione del territorio in zone omogenee dal punto di vista della risposta sismica locale attraverso la cartografia MOPS (Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica), ad un livello quantitativo, ovvero ad una cartografia che prevede la suddivisione del territorio in zone caratterizzate da fattori di amplificazione del moto sismico (Fa) omogenei.

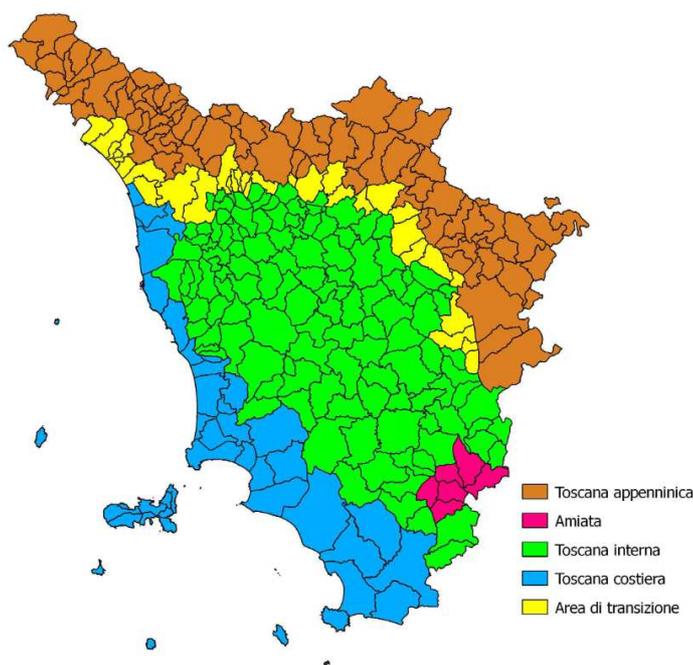
La carta di microzonazione sismica è stata redatta seguendo le specifiche tecniche riportate negli ICMS2008 e successive modificazioni e gli standard di rappresentazione e archiviazione informatica versione 4.2.

Per quanto riguarda le amplificazioni litostratigrafiche e quindi per il calcolo dei coefficienti di amplificazione FA0105, FA0408 e FA0711 sono stati usati gli abachi proposti dalla Regione Toscana seguendo i seguenti criteri e modalità illustrati di seguito.

Al fine di agevolare le modalità di utilizzo degli abachi, di seguito sono illustrati gli step che il professionista incaricato della redazione dello studio di microzonazione sismica di livello 2 deve seguire:

### 1) Determinazione della macroarea di appartenenza del comune

Nella mappa di seguito riportata è possibile visualizzare le differenti macroaree in cui è stato suddiviso il territorio regionale e, cliccando sull'area, scaricare gli abachi relativi;



**Fig.16.** Macroaree per la scelta degli abachi di secondo livello  
(da: specifiche tecniche regionali Allegato A- Edizione n.7)

L'area geografica al cui interno ricade il comune interessato (Comune di Calcinaia) e' quella della Toscana Interna.

### 2) Stima del valore di accelerazione di base

Definita la macroarea, si stima il valore di accelerazione di base per un tempo di ritorno di 475anni (ag475anni) del centro abitato oggetto di analisi di secondo livello, con riferimento alla Mappa di Pericolosità sismica (INGV, 2004) riportata nell' Allegato B delle NTC2008. I valori di soglia sono 0.15g per le ma-

croaree della Toscana appenninica e dell'area di transizione e 0.125g per la Toscana interna. Tale operazione permette di ricondursi alla tipologia di abachi più idonei al contesto macrosismico dell'area d'indagine.

Per un tempo di ritorno  $TR = 475$  anni, il valore di accelerazione di base "ag", per l'area indagata, risulta  $<0.125g$ .

### 3) Stima della profondità del substrato

Sulla base dei dati di sottosuolo a disposizione per ogni sito di misura del valore di FHa, stimare se la profondità del substrato sismico è minore o superiore a 30m. Tale informazione è essenziale per la scelta dell'abaco più idoneo al contesto sismostratigrafico della verticale di analisi.

Per quanto riguarda tale aspetto, da un confronto con il personale tecnico del settore sismico regionale, si è convenuto di considerare, per le zone collinari delle Cerbaie, il substrato sismico a profondità minori di 30m, a titolo cautelativo, data la variabilità delle velocità sismiche e del comportamento di bedrock sismico.

Per ogni singolo sito di misura è stata individuata, attraverso i risultati delle indagini eseguite e disponibili, la profondità del substrato sismico, maggiore di 30 m nella zona di pianura e minore di 30 m nella zona collinare.

### 4) Determinazione dei valori di FHa

Avendo a disposizione, per la verticale oggetto di analisi, il dato sulla frequenza fondamentale ed il valore di Vs30 o Vsh (le cui classi sono visibili nella Tabella sotto riportata), si può pervenire alla determinazione dei valori di FHa (0.1-0.5s ; 0.4-10.8s; 0.7-1.1s). Qualora, a seguito della realizzazione di appropriate campagne di misura, non sia disponibile un valore di frequenza fondamentale del sito, al fine di stimare i valori dei fattori di amplificazione, deve essere realizzata un'apposita analisi di Risposta Sismica Locale (RSL) o, in alternativa, utilizzare il valore riportato negli abachi in corrispondenza della colonna "75° perc." e relativo al fattore di amplificazione che scaturisce dal 75° percentile di tutte le analisi effettuate per quel determinato range di Vs30 o Vsh;

Definiti puntualmente i fattori di amplificazione, l'estensione areale tiene conto del modello geologico s.l. desunto dallo studio di MS di livello 1, opportunamente integrato nell'ambito di questa fase.

Per ogni area sono stati individuati i relativi valori di frequenza fondamentale (Hz) e di Vs30 (m/s) o Vsh (m/s), quest'ultima nei casi in cui il substrato sismico si colloca ad una profondità  $h < 30$  metri rispetto al piano campagna.

Le classi di frequenza e di velocità riconosciute per gli abachi sono riportati nella tabella seguente:

Classi		
frequenza (Hz)	fo < 1	
	1.5	1 ≤ fo < 2
	2.5	2 ≤ fo < 3
	3.5	3 ≤ fo < 4
	4.5	4 ≤ fo < 5
	5.5	5 ≤ fo < 6
	6.5	6 ≤ fo < 7
	7.5	7 ≤ fo < 8
	fo ≥ 8	
velocità (m/s)	Vs < 200	
	300	200 ≤ Vs < 400
	500	400 ≤ Vs < 600
	700	600 ≤ Vs < 800
		Vs ≥ 800

**Tab.4.** Classi di frequenza e velocità riconosciute nel territorio comunale

Determinati, per ogni area di indagine, i dati sulla frequenza fondamentale e sul valore di Vs30 o Vsh, sono stati definiti, attraverso l'utilizzo degli abachi, in funzione della profondità attribuita al locale substrato geologico (> 30 m o ≤ 30 m), per gli intervalli di FHa 0.1-0.5s; 0.4-10.8s; 0.7-1.1s, i relativi valori del fattore di amplificazione.

Sono stati valutati i coefficienti di amplificazione stratigrafica derivanti dall'incrocio della velocità delle onde S nei primi 30 metri di sottosuolo o della Vsh se il substrato è meno profondo di 30 metri, e il relativo picco derivante dalle misure di rumore H/V.

**Toscana Interna (Substrato sismico ≤ 30m)**



Valore di ag (Tr=475 anni) < 0.125g

FA 0.1 < T < 0.5 s

	f0 (Hz)										
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
[v/m] FFA	<200	1.1	1.5	1.9	2.5	2.1	2.1	2.1	2.1	1.5	1.9
	300	0.6	1.3	1.8	2.0	1.9	1.8	1.8	1.8	1.6	1.9
	500			1.6	1.6	1.6	1.6	1.4	1.5	1.3	1.4
	700					1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	≥800										

FA 0.4 < T < 0.8 s

	f0 (Hz)										
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
[v/m] FFA	<200	1.5	2.4	2.4	1.8	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	2.2
	300	1.0	2.2	2.1	1.7	1.4	1.2	1.2	1.1	1.1	1.7
	500			1.6	1.5	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1
	700					1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.1
	≥800										

FA 0.7 < T < 1.1 s

	f0 (Hz)										
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
[v/m] FFA	<200	2.3	2.5	1.6	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	2.1
	300	1.5	2.0	1.5	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.3
	500			1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
	700					1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	≥800										

**CLASSI**

[v/m] FFA	Vs < 200
	300 200 ≤ Vs < 400
	500 400 ≤ Vs < 600
	700 600 ≤ Vs < 800
	Vs ≥ 800

[zf] ezuebeif	f0 < 1
	1.5 1 ≤ f0 < 2
	2.5 2 ≤ f0 < 3
	3.5 3 ≤ f0 < 4
	4.5 4 ≤ f0 < 5
	5.5 5 ≤ f0 < 6
	6.5 6 ≤ f0 < 7
7.5 7 ≤ f0 < 8	
≥ 8	

**Fig.17.** Abachi utilizzati per la redazione della carta MS2

**Toscana Interna (Substrato sismico > 30m)**



**Valore di  $a_g$  ( $T_r=475$  anni) < 0.125g**

		FA 0.1 < T < 0.5 s										
		$f_0$ (Hz)									75° perc.	
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8		
[g/m] 0.05A	<200	1.1	1.4	1.3								1.2
	300	1.1	1.4	1.7	1.8	1.7	1.9	2.0	2.0	1.8		1.4
	500	1.1	1.3	1.5	1.6	1.6	1.6	1.5	1.6	1.6		1.4
	700	0.9	1.1	1.3	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.3		1.2
	≥800	1.0	1.0	1.0							1.1	1.0

		FA 0.4 < T < 0.8 s										
		$f_0$ (Hz)									75° perc.	
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8		
[g/m] 0.05A	<200	1.6	2.1	2.1								2.0
	300	1.4	1.9	2.0	1.7	1.6	1.7	1.5	1.6	1.8		1.8
	500	1.2	1.6	1.7	1.5	1.5	1.6	1.4	1.6	1.6		1.5
	700	1.0	1.2	1.5	1.4	1.2	1.4	1.3	1.1	1.2		1.2
	≥800	1.1	1.2	1.2							1.1	1.1

		FA 0.7 < T < 1.1 s										
		$f_0$ (Hz)									75° perc.	
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8		
[g/m] 0.05A	<200	2.1	2.6	2.5								2.4
	300	1.5	2.1	1.6	1.7	1.5	1.7	1.7	1.6	1.7		1.8
	500	1.2	1.8	1.4	1.3	1.5	1.4	1.4	1.3	1.5		1.5
	700	1.1	1.5	1.3	1.1	1.2	1.3	1.2	1.2	1.2		1.2
	≥800	1.1	1.3	1.1							1.0	1.2

		CLASSI	
velocità (m/s)	V <sub>s</sub> < 200		
	300	200 ≤ V <sub>s</sub> < 400	
	500	400 ≤ V <sub>s</sub> < 600	
	700	600 ≤ V <sub>s</sub> < 800	
	≥ 800	V <sub>s</sub> ≥ 800	

frequenza (Hz)	f <sub>0</sub> < 1	
	1.5	1 ≤ f <sub>0</sub> < 2
	2.5	2 ≤ f <sub>0</sub> < 3
	3.5	3 ≤ f <sub>0</sub> < 4
	4.5	4 ≤ f <sub>0</sub> < 5
	5.5	5 ≤ f <sub>0</sub> < 6
	6.5	6 ≤ f <sub>0</sub> < 7
7.5	7 ≤ f <sub>0</sub> < 8	
	≥ 8	

**Fig.18.** Abachi utilizzati per la redazione della carta MS2

## **APPENDICE 1**

**Scheda di valutazione semiquantitativa della Carta di MS di livello 2**

FOGLIO DI CALCOLO PER LA VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DELLA CARTA DEL LIVELLO DI MICROZONAZIONE SISMICA SULLA BASE DELLE INDAGINI PREGRESSE E/O NUOVE

a Parametro 4 **Comune di Calcinaia (PI) non inserito nel Programma VEL, cartografia allegata strumento urbanistico, scala 1:10000 e recente, n.18 sondaggi a c.c., n.45 ind. geofisiche, n.68 misure di frequenze, n. 297 ind. geotecniche**

Inserire il valore solo nelle celle colorate in viola

278 celle

b	Carta Geologico tecnica	1	Anno Rilevamento	Progetto	Scala
	<i>Punteggi indicatori</i>	1	0,66	1	
	<i>Pesi indicatori</i>	0,33	0,33	0,33	

c	Sondaggi a distruzione	0,5	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>	0	0	0	
	<i>Pesi indicatori</i>	0,33	0,33	0,33	

d	Sondaggi a carotaggio continuo	1	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>	1	0,33	0	
	<i>Pesi indicatori</i>	0,33	0,33	0,33	

e	Indagini geofisiche	0,5	Numero misure	% celle occupate	% indagini al bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>	1	0,33	0,33	
	<i>Pesi indicatori</i>	0,33	0,33	0,33	

f	Prove geotecniche	0,25	Numero prove	% celle occupate	% prove al bedrock
	<i>Punteggi indicatori</i>	1	0,66	0	
	<i>Pesi indicatori</i>	0,33	0,33	0,33	

g	Misure Frequenze	0,75	Numero misure	% celle occupate	Classe di affidabilità
	<i>Punteggi indicatori</i>	1	0,33	0	
	<i>Pesi indicatori</i>	0,33	0,33	0,33	

Tabella 1 – Quadro riassuntivo dei parametri e dei relativi indicatori con l'attribuzione dei pesi e dei punteggi

Parametro (peso parametro)	Peso Indicatore	Indicatore	Valutazione indicatore (punteggio)			
			Nulla (0)	Bassa (0,33)	Media (0,66)	Alta (1)
Carta geologico-tecnica (1)	0,33	Anno rilevamento	No data	< 2000		> 2000
	0,33	Progetto	No data	Altro	Allegato piano urbanistico	Ad hoc
	0,33	Scala rilevamento	No data	50.000-26.000	25.000-11.000	10.000-2.000
Sondaggi a distruzione (0,50)	0,33	Numero di sondaggi a distruzione	No data	1-5	6-10	>10
	0,33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a distruzione	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0,33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Sondaggi a carotaggio continuo (1)	0,33	Numero di sondaggi a carotaggio	No data	1-5	6-10	>10
	0,33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a carotaggio	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0,33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Indagini geofisiche (0,50)	0,33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0,33	Percentuale di celle occupate da indagini	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0,33	Percentuale indagini che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Prove geotecniche in situ (Prove Penetrometriche, ecc.) e di laboratorio (0,25)	0,33	Numero di prove	No data	1-5	6-10	>10
	0,33	Percentuale di celle occupate da prove	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0,33	Percentuale prove che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Misure delle frequenze del sito (0,75)	0,33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0,33	Percentuale di celle occupate da misure	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0,33	Classe di affidabilità misure (Albarelli et alii)*	No data	Classe A < 33%	Classe A 34-66%	Classe A >66%

\* D. Albarello, C. Cesi, V. Enlili, F. Guerrini, E. Lunedi, E. Paoletti, D. Pilgri, L.M. Puzilli - Il contributo della sismica passiva nella microzonazione di due macroaree abruzzesi. In stampa su Boll Geofis Teor Appl.

a	25	punteggi parziali
b	0,88	21,9
c	0,00	0,0
d	0,44	11,0
e	0,27	6,8
f	0,14	3,4
g	0,33	8,2
Tot	51,4	51,4

Classe B

CLASSE	VALORI	INDICAZIONI
A	≥ 75%	Carta di livello 1 di ottima qualità
B	50%-74%	Sarebbero auspicabili migliorare almeno uno dei parametri
C	25%-49%	Sarebbero auspicabili ulteriori indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità
D	≤ 25%	Carta di livello 1 di scarsa qualità: non risponde ai requisiti minimi richiesti da ICMS08 e Linee Guida Regione Toscana

Risultato condizionato dall'assenza di bedrock per assetto geologico locale



## **APPENDICE 2**

**Tabelle di correlazione codice identificativo indagini**

## INDAGINI LINEARI

ID_SLN	CLASSE INDAGINE	TIPO INDAGINE	CAMPAGNA	PRECEDENTE IDENTIFICATIVO
1	GEOFISICA	MASW	MS1	206
2	GEOFISICA	SISMICA RIFRAZIONE	MS1	277
3	GEOFISICA	SISMICA RIFRAZIONE	MS1	278
4	GEOFISICA	SISMICA RIFRAZIONE	MS1	279
5	GEOFISICA	SISMICA RIFRAZIONE	MS1	281
6	GEOFISICA	SISMICA RIFRAZIONE	MS1	282
7	GEOFISICA	SISMICA RIFRAZIONE	MS1	286
8	GEOFISICA	SISMICA RIFRAZIONE	MS1	321
9	GEOFISICA	MASW	MS1	323
10	GEOFISICA	MASW	MS1	324
11	GEOFISICA	MASW	MS1	329
12	GEOFISICA	SISMICA RIFRAZIONE	MS1	334
13	GEOFISICA	MASW	MS1	342
14	GEOFISICA	MASW	MS1	344
15	GEOFISICA	MASW	MS1	346
16	GEOFISICA	SISMICA RIFRAZIONE	MS1	356
17	GEOFISICA	SISMICA RIFRAZIONE	MS1	357
18	GEOFISICA	SISMICA RIFRAZIONE	MS1	358
19	GEOFISICA	SISMICA RIFRAZIONE	MS1	359
20	GEOFISICA	SISMICA RIFRAZIONE	MS1	360
21	GEOFISICA	MASW	MS1	376
22	GEOFISICA	MASW	MS1	377
23	GEOFISICA	MASW	MS1	378
24	GEOFISICA	MASW	MS1	379
25	GEOFISICA	MASW	MS1	380
26	GEOFISICA	MASW	MS1	381
27	GEOFISICA	MASW	MS1	382
28	GEOFISICA	MASW	MS1	383
29	GEOFISICA	MASW	MS1	384
30	GEOFISICA	MASW	PSI	01
31	GEOFISICA	MASW	PSI	02
32	GEOFISICA	MASW	MS2	MASW02
33	GEOFISICA	MASW	MS2	MASW01
34	GEOFISICA	MASW	MS2	ESAC01MW03
35	GEOFISICA	MASW	MS2	ESAC02MW04
36	GEOFISICA	MASW	MS2	ESAC03MW05
37	GEOFISICA	MASW	MS2	ESAC04MW06
38	GEOFISICA	MASW	MS2	ESAC05MW07

**INDAGINI PUNTUALI**

<b>ID_SPU</b>	<b>CLASSE INDAGINE</b>	<b>tipo</b>	<b>CAMPAGNA INDAGINI</b>	<b>ID_CAMPAGNA</b>
1	geotecnica in sito	CPT	PS	1
2	geotecnica in sito	CPT	PS	2
3	geotecnica in sito	CPT	PS	3
4	geotecnica in sito	CPT	PS	4
5	geotecnica in sito	CPT	PS	5
6	geotecnica in sito	CPT	PS	5b
7	geotecnica in sito	CPT	PS	6
8	geotecnica in sito	CPT	PS	7
9	geotecnica in sito	CPT	PS	8
10	geotecnica in sito	CPT	PS	9
11	geotecnica in sito	CPT	PS	10
12	geotecnica in sito	CPT	PS	11
13	geotecnica in sito	CPT	PS	12
14	geotecnica in sito	CPT	PS	13
15	geotecnica in sito	CPT	PS	14
16	geotecnica in sito	CPT	PS	15
17	geotecnica in sito	CPT	PS	16
18	geotecnica in sito	CPT	PS	17
19	geotecnica in sito	CPT	PS	18
20	geotecnica in sito	CPT	PS	19
21	geotecnica in sito	CPT	PS	20
22	geotecnica in sito	CPT	PS	21
23	geotecnica in sito	CPT	PS	22
24	geotecnica in sito	CPT	PS	23
25	geotecnica in sito	CPT	PS	24
26	geotecnica in sito	CPT	PS	25
27	geotecnica in sito	CPT	PS	26
28	geotecnica in sito	CPT	PS	27
29	geotecnica in sito	CPT	PS	28
30	geotecnica in sito	CPT	PS	29
31	geotecnica in sito	CPT	PS	30
32	geotecnica in sito	CPT	PS	31
33	geotecnica in sito	CPT	PS	32
34	geotecnica in sito	CPT	PS	33
35	geotecnica in sito	CPT	PS	34
36	geotecnica in sito	CPT	PS	35
37	geotecnica in sito	CPT	PS	36
38	geotecnica in sito	CPT	PS	37
39	geotecnica in sito	CPT	PS	38
40	geotecnica in sito	CPT	PS	39
41	geotecnica in sito	CPT	PS	40
42	geotecnica in sito	CPT	PS	41
43	geotecnica in sito	CPT	PS	42
44	Idrogeologia	PA	PS	43
45	geotecnica in sito	CPT	PS	44
46	geotecnica in sito	CPT	PS	45
47	geotecnica in sito	CPT	PS	46
48	geotecnica in sito	CPT	PS	47
49	geotecnica in sito	CPT	PS	48
50	geotecnica in sito	CPT	PS	49
51	geotecnica in sito	CPT	PS	50
52	geotecnica in sito	CPT	PS	51
53	geotecnica in sito	CPT	PS	52
54	geotecnica in sito	CPT	PS	53
55	geotecnica in sito	CPT	PS	54
56	geotecnica in sito	CPT	PS	55
57	geotecnica in sito	CPT	PS	56
58	geotecnica in sito	CPT	PS	57
59	geologia	S	PS	58
60	geologia	S	PS	59

INDAGINI PUNTUALI

61	geologia	S	PS	60
62	geologia	S	PS	61
63	geotecnica in sito	CPT	PS	62
64	geotecnica in sito	CPT	PS	63
65	geotecnica in sito	CPT	PS	64
66	geotecnica in sito	CPT	PS	65
67	geotecnica in sito	CPT	PS	66
68	geotecnica in sito	CPT	PS	67
69	geotecnica in sito	CPT	PS	68
70	geotecnica in sito	CPT	PS	69
71	geotecnica in sito	CPT	PS	70
72	geotecnica in sito	CPT	PS	71
73	geotecnica in sito	CPT	PS	72
74	geotecnica in sito	CPT	PS	73
75	geotecnica in sito	CPT	PS	74
76	geotecnica in sito	CPT	PS	76
77	geotecnica in sito	CPT	PS	77
78	geotecnica in sito	CPT	PS	78
79	geotecnica in sito	CPT	PS	79
80	geotecnica in sito	CPT	PS	80
81	geotecnica in sito	CPT	PS	81
82	geotecnica in sito	CPT	PS	82
83	geotecnica in sito	CPT	PS	84
84	geotecnica in sito	CPT	PS	85
85	geotecnica in sito	CPT	PS	86
86	geotecnica in sito	CPT	PS	87
87	geotecnica in sito	CPT	PS	90
88	geotecnica in sito	CPT	PS	91
89	geotecnica in sito	CPT	PS	92
90	geotecnica in sito	CPT	PS	93
91	geotecnica in sito	CPT	PS	94
92	geotecnica in sito	CPT	PS	95
93	geotecnica in sito	CPT	PS	96
94	geotecnica in sito	CPT	PS	97
95	geotecnica in sito	CPT	PS	98
96	geotecnica in sito	CPT	PS	99
97	geotecnica in sito	CPT	PS	100
98	geotecnica in sito	CPT	PS	101
99	geotecnica in sito	CPT	PS	102
100	geotecnica in sito	CPT	PS	103
101	Idrogeologia	PA	PS	105
102	geotecnica in sito	S	PS	106
103	geotecnica in sito	CPT	PS	107
104	geotecnica in sito	CPT	PS	108
105	geotecnica in sito	CPT	PS	109
106	geotecnica in sito	CPT	PS	110
107	geotecnica in sito	CPT	PS	114
108	geotecnica in sito	CPT	PS	115
109	geotecnica in sito	CPT	PS	116
110	geotecnica in sito	CPT	PS	117
111	geotecnica in sito	CPT	PS	118
112	geotecnica in sito	CPT	PS	119
113	geotecnica in sito	CPT	PS	120
114	geotecnica in sito	CPT	PS	121
115	geotecnica in sito	CPT	PS	122
116	geotecnica in sito	CPT	PS	123
117	geotecnica in sito	CPT	PS	124
118	geotecnica in sito	CPT	PS	125
119	geotecnica in sito	CPT	PS	126
120	geotecnica in sito	CPT	PS	127

## INDAGINI PUNTUALI

121	geotecnica in sito	CPT	PS	128
122	Idrogeologia	PA	PS	129
123	Idrogeologia	PA	PS	131
124	Idrogeologia	PA	PS	132
125	Idrogeologia	PA	PS	133
126	geotecnica in sito	DP	PS	134
127	geotecnica in sito	DP	PS	135
128	geotecnica in sito	DP	PS	139
129	geotecnica in sito	CPT	PS	140
130	geotecnica in sito	CPT	PS	141
131	geotecnica in sito	DP	PS	142
132	geotecnica in sito	DP	PS	143
133	geotecnica in sito	DP	PS	144
134	Idrogeologia	PA	PS	145
135	geotecnica in sito	CPT	PS	146
136	geotecnica in sito	CPT	PS	147
137	geotecnica in sito	CPT	PS	148
138	geotecnica in sito	CPT	PS	149
139	geotecnica in sito	CPT	PS	150
140	geotecnica in sito	CPT	PS	151
141	geotecnica in sito	CPT	PS	152
142	Idrogeologia	PA	PS	153
143	geotecnica in sito	DP	PS	154
144	geotecnica in sito	CPT	PS	155
145	geotecnica in sito	CPT	PS	156
146	geotecnica in sito	CPT	PS	157
147	geotecnica in sito	CPT	PS	158
148	geotecnica in sito	CPT	PS	159
149	geotecnica in sito	CPT	PS	160
150	geotecnica in sito	CPT	PS	161
151	geotecnica in sito	CPT	PS	162
152	geotecnica in sito	CPT	PS	163
153	geotecnica in sito	CPT	PS	164
154	geotecnica in sito	CPT	PS	165
155	geotecnica in sito	CPT	PS	166
156	geotecnica in sito	CPT	PS	167
157	geotecnica in sito	CPT	PS	168
158	geotecnica in sito	CPT	PS	169
159	geotecnica in sito	CPT	PS	170
160	geotecnica in sito	CPT	PS	172
161	geotecnica in sito	CPT	PS	173
162	geotecnica in sito	CPT	PS	174
163	geotecnica in sito	CPT	PS	175
164	geotecnica in sito	CPT	PS	176
165	geotecnica in sito	DP	PS	177
166	geotecnica in sito	DP	PS	178
167	geotecnica in sito	DP	PS	179
168	geotecnica in sito	DP	PS	180
169	geotecnica in sito	DP	PS	181
170	geotecnica in sito	CPT	PS	182
171	geotecnica in sito	CPT	PS	183
172	geotecnica in sito	CPT	PS	185
173	geotecnica in sito	CPT	PS	186
174	geotecnica in sito	CPT	PS	187
175	geotecnica in sito	CPT	PS	188
176	geotecnica in sito	CPT	PS	189
177	geotecnica in sito	CPT	PS	190
178	geotecnica in sito	CPT	PS	191
179	geotecnica in sito	CPT	PS	192
180	geotecnica in sito	CPT	PS	193

## INDAGINI PUNTUALI

181	geotecnica in sito	CPT	PS	194
182	geotecnica in sito	CPT	PS	195
183	geotecnica in sito	CPT	PS	196
184	geotecnica in sito	CPT	PS	197
185	geotecnica in sito	CPT	PS	198
186	geotecnica in sito	CPT	PS	199
187	geotecnica in sito	CPT	PS	200
188	geotecnica in sito	CPT	PS	201
189	geotecnica in sito	CPT	PS	202
190	geotecnica in sito	CPT	PS	203
191	geotecnica in sito	CPT	PS	204
192	geotecnica in sito	CPTU	PS	205
193	geotecnica in sito	CPT	PS	207
194	geotecnica in sito	CPT	PS	208
195	geotecnica in sito	CPT	PS	209
196	geotecnica in sito	CPT	PS	210
197	geotecnica in sito	CPT	PS	211
198	geotecnica in sito	CPT	PS	212
199	geologia	SC	PS	213
200	geofisica	DH	PS	214
201	geotecnica in sito	CPT	PS	215
202	geotecnica in sito	CPT	PS	216
203	geotecnica in sito	CPT	PS	217
204	geotecnica in sito	CPT	PS	218
205	geotecnica in sito	CPT	PS	219
206	geotecnica in sito	CPT	PS	220
207	geotecnica in sito	CPT	PS	221
208	geotecnica in sito	CPT	PS	222
209	geotecnica in sito	CPT	PS	223
210	geotecnica in sito	CPT	PS	224
211	geotecnica in sito	CPT	PS	225
212	geotecnica in sito	CPT	PS	226
213	geotecnica in sito	CPT	PS	227
214	geotecnica in sito	CPT	PS	228
215	geotecnica in sito	CPT	PS	229
216	geotecnica in sito	CPT	PS	230
217	geotecnica in sito	CPT	PS	231
218	geotecnica in sito	CPT	PS	232
219	geotecnica in sito	CPT	PS	233
220	geotecnica in sito	CPT	PS	234
221	geotecnica in sito	CPT	PS	235
222	geotecnica in sito	CPT	PS	236
223	geotecnica in sito	CPT	PS	237
224	geotecnica in sito	CPT	PS	238
225	geotecnica in sito	CPT	PS	239
226	geotecnica in sito	CPT	PS	240
227	geotecnica in sito	CPT	PS	241
228	geotecnica in sito	CPT	PS	242
229	geotecnica in sito	CPT	PS	243
230	geotecnica in sito	CPT	PS	244
231	geotecnica in sito	CPT	PS	245
232	geotecnica in sito	CPT	PS	246
233	geotecnica in sito	CPT	PS	247
234	geotecnica in sito	CPT	PS	248
235	geotecnica in sito	CPT	PS	249
236	geotecnica in sito	CPT	PS	250
237	geotecnica in sito	CPT	PS	251
238	geotecnica in sito	CPT	PS	252
239	geotecnica in sito	CPT	PS	253
240	geotecnica in sito	CPT	PS	254

## INDAGINI PUNTUALI

241	geotecnica in sito	CPT	PS	255
242	geotecnica in sito	CPT	PS	256
243	geotecnica in sito	CPT	PS	257
244	geotecnica in sito	CPT	PS	258
245	geotecnica in sito	CPT	PS	259
246	geotecnica in sito	CPT	PS	260
247	geotecnica in sito	CPT	PS	261
248	geotecnica in sito	CPT	PS	262
249	geotecnica in sito	CPT	PS	263
250	geotecnica in sito	CPT	PS	264
251	geotecnica in sito	CPT	PS	265
252	geotecnica in sito	CPT	PS	266
253	geotecnica in sito	CPT	PS	267
254	geotecnica in sito	CPT	PS	271
255	geotecnica in sito	CPT	PS	272
256	geotecnica in sito	CPT	PS	273
257	geotecnica in sito	CPT	PS	274
258	geotecnica in sito	CPT	PS	275
259	geotecnica in sito	CPT	PS	276
260	geologia	S	PS	280
261	geotecnica in sito	CPT	PS	283
262	geotecnica in sito	CPT	PS	284
263	geotecnica in sito	CPT	PS	285
264	geotecnica in sito	CPT	PS	287
265	geotecnica in sito	CPT	PS	288
266	geotecnica in sito	CPT	PS	289
267	geotecnica in sito	CPT	PS	290
268	geotecnica in sito	CPT	PS	291
269	geotecnica in sito	DP	PS	292
270	geotecnica in sito	CPT	PS	293
271	geotecnica in sito	CPT	PS	294
272	geotecnica in sito	CPT	PS	297
273	geotecnica in sito	CPT	PS	298
274	geologia	S	PS	299
275	geotecnica in sito	CPT	PS	300
276	geotecnica in sito	CPT	PS	301
277	geotecnica in sito	CPT	PS	302
278	geotecnica in sito	CPT	PS	303
279	geotecnica in sito	CPT	PS	304
280	geotecnica in sito	CPT	PS	305
281	geotecnica in sito	CPT	PS	306
282	geotecnica in sito	CPT	PS	307
283	geotecnica in sito	CPT	PS	308
284	geotecnica in sito	CPT	PS	309
285	geotecnica in sito	CPT	PS	310
286	geotecnica in sito	CPT	PS	311
287	geotecnica in sito	CPT	PS	312
288	geotecnica in sito	CPT	PS	313
289	geotecnica in sito	CPT	PS	314
290	geotecnica in sito	CPT	PS	315
291	geotecnica in sito	CPT	PS	316
292	geotecnica in sito	CPT	PS	317
293	geotecnica in sito	CPT	PS	318
294	geotecnica in sito	CPT	PS	319
295	geotecnica in sito	CPT	PS	320
296	geofisica	HVSR	PS	322
297	geotecnica in sito	CPTU	PS	325
298	geotecnica in sito	CPTU	PS	326
299	geotecnica in sito	CPTU	PS	327
300	geologia	S	PS	328

## INDAGINI PUNTUALI

301	geotecnica in sito	CPT	PS	330
302	geotecnica in sito	CPT	PS	331
303	geologia	SC	PS	332
304	geologia	SC	PS	333
305	geotecnica in sito	CPT	PS	335
306	geotecnica in sito	CPT	PS	336
307	geotecnica in sito	CPT	PS	337
308	geotecnica in sito	CPT	PS	338
309	geofisica	DH	PS	339
310	geotecnica in sito	CPT	PS	340
311	geotecnica in sito	CPT	PS	341
312	geotecnica in sito	CPT	PS	343
313	geotecnica in sito	CPTU	PS	345
314	geofisica	HVSR	PS	347
315	geofisica	HVSR	PS	348
316	geologia	SC	PS	349
317	geologia	SC	PS	350
318	geologia	SC	PS	351
319	geologia	SC	PS	352
320	geologia	SC	PS	353
321	geologia	SC	PS	354
322	geologia	SC	PS	355
323	geofisica	HVSR	PS	361
324	geofisica	HVSR	PS	362
325	geofisica	HVSR	PS	363
326	geofisica	HVSR	PS	364
327	geofisica	HVSR	PS	365
328	geofisica	HVSR	PS	366
329	geofisica	HVSR	PS	367
330	geofisica	HVSR	PS	368
331	geofisica	HVSR	PS	369
332	geofisica	HVSR	PS	370
333	geofisica	HVSR	PS	371
334	geofisica	HVSR	PS	372
335	geofisica	HVSR	PS	373
336	geofisica	HVSR	PS	374
337	geofisica	HVSR	PS	375
338	geofisica	HVSR	PSI	01
339	geofisica	HVSR	PSI	02
340	geofisica	HVSR	PSI	03
341	geofisica	HVSR	PSI	4
342	geofisica	HVSR	PSI	05
343	geofisica	HVSR	PSI	06
344	geofisica	HVSR	PSI	07
345	geofisica	HVSR	PSI	08
346	geofisica	HVSR	PSI	09
347	geofisica	HVSR	PSI	10
348	geofisica	HVSR	PSI	11
349	geofisica	HVSR	PSI	12
350	geofisica	HVSR	PSI	14
351	geofisica	HVSR	PSI	15
352	geofisica	HVSR	PSI	16
353	geofisica	HVSR	PSI	17
354	geofisica	HVSR	PSI	13
355	geofisica	HVSR	PSI	18
356	geofisica	HVSR	PSI	25
357	geotecnica in sito	CPTU	MS2	CPTU 01
358	geotecnica in sito	CPTU	MS2	CPTU 02
359	geotecnica in sito	CPTU	MS2	CPTU 03
360	geotecnica in sito	CPTU	MS2	CPTU 04

**INDAGINI PUNTUALI**

361	geotecnica in sito	CPTU	MS2	CPTU 05
362	geotecnica in sito	CPTU	MS2	CPTU 06
363	geofisica	HVSR	MS2	HVSR 01
364	geofisica	HVSR	MS2	HVSR 02
365	geofisica	HVSR	MS2	HVSR 03
366	geofisica	HVSR	MS2	HVSR 04
367	geofisica	HVSR	MS2	HVSR 05
368	geofisica	HVSR	MS2	HVSR 06
369	geofisica	HVSR	MS2	HVSR 07
370	geofisica	HVSR	MS2	HVSR 08
371	geofisica	HVSR	MS2	HVSR 09
372	geofisica	HVSR	MS2	HVSR 10
373	geofisica	HVSR	MS2	HVSR 11
374	geofisica	HVSR	MS2	HVSR 12
375	geofisica	HVSR	MS2	HVSR 13
376	geofisica	HVSR	MS2	HVSR 14
377	geofisica	HVSR	MS2	HVSR 15
378	geofisica	HVSR	MS2	HVSR 16
379	geofisica	HVSR	MS2	HVSR 17
380	geofisica	HVSR	MS2	HVSR 18
381	geofisica	HVSR	MS2	HVSR 19
382	geofisica	HVSR	MS2	HVSR 20
383	geofisica	HVSR	MS2	HVSR 21
384	geofisica	HVSR	MS2	HVSR 22
385	geofisica	HVSR	MS2	HVSR 23
386	geofisica	HVSR	MS2	HVSR 24
387	geofisica	HVSR	MS2	HVSR 25
388	geofisica	HVSR	MS2	HVSR 26
389	geofisica	HVSR	MS2	HVSR27 ES1
390	geofisica	HVSR	MS2	HVSR28ES3
391	geofisica	HVSR	MS2	HVSR29MW1
392	geofisica	HVSR	MS2	HVSR30MW2
393	geofisica	ESAC	MS2	ESAC 01
394	geofisica	ESAC	MS2	ESAC 02
395	geofisica	ESAC	MS2	ESAC 03
396	geofisica	ESAC	MS2	ESAC 04
397	geofisica	ESAC	MS2	ESAC 05
398	Idrogeologia	PA	ISPRA	191850
399	Idrogeologia	PA	ISPRA	191854
400	Idrogeologia	PA	ISPRA	191848
401	Idrogeologia	PA	ISPRA	192728
402	Idrogeologia	PA	ISPRA	191839
403	Idrogeologia	PA	ISPRA	191847
404	Idrogeologia	PA	ISPRA	191844
405	Idrogeologia	PA	ISPRA	154205
406	Idrogeologia	PA	ISPRA	154207
407	Idrogeologia	PA	ISPRA	191845
408	Idrogeologia	PA	ISPRA	191840
409	Idrogeologia	PA	ISPRA	191843
410	Idrogeologia	PA	ISPRA	191856
411	Idrogeologia	PA	ISPRA	191852
412	geofisica	HVSR	PSI	24
413	elaborazioni	SMS	MS2	zona MOPS-2001
414	elaborazioni	SMS	MS2	zona MOPS 2002
415	elaborazioni	SMS	MS2	zona MOPS-2003
416	elaborazioni	SMS	MS2	zona MOPS-2004
417	elaborazioni	SMS	MS2	zona MOPS-2005
418	elaborazioni	SMS	MS2	zona MOPS-2006
419	elaborazioni	SMS	MS2	zona MOPS-2007