

PIANO STRUTTURALE INTERCOMUNALE



QG.00.1

ALL.1 Relazione illustrativa studi di MS livello1

*(con modifiche e integrazioni a seguito dell'istruttoria Genio Civile Valdarno Inferiore
Deposito n.424 del 10.04.2020)*

APPROVAZIONE AI SENSI DELL'ART. 23 L.R 65/2014



Responsabile del procedimento: Ing. Daisy Ricci

Garante della informazione e partecipazione: Dott. Valeria Pagni

Responsabile Macrostruttura Patrimonio e Governo del Territorio- Cascina-: Ing. Luisa Nigro

UFFICIO DI PIANO

arch. Sandro Ciabatti coordinamento tecnico

arch. Alice Lenzi comune di Cascina

arch. Davide Tonelli comune di Cascina

geol. Alessandra Pippi comune di Pisa

dott.ssa biol. Manuela Ferri comune di Pisa

Coadiuvato da:

ufficio Urbanistica, ufficio Edilizia comune di Pisa

servizio Urbanistica, servizio Edilizia comune di Cascina

Sindaco di Pisa
MICHELE CONTI

Assessore Urbanistica
MASSIMO DRINGOLI

Sindaco di Cascina
MICHELANGELO BETTI

Assessore Urbanistica
IRENE MASONI

INDAGINI DI SUPPORTO

geol. Roberta Giorgi indagini geologiche e sismiche

ing. Gazzini (HiderogeolIngegnerie) indagini idrauliche

Città Futura ricognizione patrimonio edilizio esistente – adeguamento

PSI a PRC

Scuola Superiore S. Anna: territorio rurale

dott.ssa Elisabetta Norci: valutazioni ambientali

TAGES Società Cooperativa mobilità

Restituzione grafica e cartografica: dott. Lorenzo Pagnini, dott.ssa Patricia Guerriero, dott. Eni Nurihana

INDICE

1- PREMESSA	3
2 – PERICOLOSITA' DI BASE ED EVENTI DI RIFERIMENTO	4
4 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	14
5 – DATI GEOGNOSTICI E GEOFISICI	16
6. CARTA GEOLOGICO-TECNICA, MODELLO DI SOTTOSUOLO	19
8 - LA CARTA MOPS DI LIVELLO 1	26
6.1 Instabilità potenziale per liquefazione	32
9 - PROCEDURA SEMIQUANTITATIVA DI VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DELLA CARTA MOPS DI LIVELLO 1	40

ELENCO ALLEGATI

CARTA GEOLOGICO TECNICA

QG.07.1	Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica_Quadro 1 - scala 1:10.000
QG.07.2	Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica_Quadro 2 - scala 1:10.000
QG.07.3	Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica_Quadro 3 - scala 1:10.000
QG.07.4	Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica_Quadro 4 - scala 1:10.000
QG.07.5	Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica_Quadro 5 - scala 1:10.000
QG.07.6	Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica_Quadro 6 - scala 1:10.000

SEZIONI GEO-LITOLOGICHE

QG.07.A	Sezioni geologico-stratigrafiche comune di Pisa_scala orizz.1:20.000/vert.1.2.000
QG.07.B	Sezioni geologico-stratigrafiche comune di Cascina_scala orizz.1:20.000/vert.1.2.000

CARTA DELLE FREQUENZE DEI DEPOSITI

QG.08.1	Carta delle frequenze fondamentali dei depositi_Quadro 1_scala 1:10.000
QG.08.2	Carta delle frequenze fondamentali dei depositi_Quadro 2_scala 1:10.000
QG.08.3	Carta delle frequenze fondamentali dei depositi_Quadro 3_scala 1:10.000
QG.08.4	Carta delle frequenze fondamentali dei depositi_Quadro 4_scala 1:10.000
QG.08.5	Carta delle frequenze fondamentali dei depositi_Quadro 5_scala 1:10.000
QG.08.6	Carta delle frequenze fondamentali dei depositi_Quadro 6_scala 1:10.000

CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

QG.09.1	Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica_MOPS_Quadro 1_scala 1:10.000
QG.09.2	Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica_MOPS_Quadro 2_scala 1:10.000
QG.09.3	Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica_MOPS_Quadro 3_scala 1:10.000
QG.09.4	Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica_MOPS_Quadro 4_scala 1:10.000
QG.09.5	Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica_MOPS_Quadro 5_scala 1:10.000
QG.09.6	Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica_MOPS_Quadro 6_scala 1:10.000

DATI DI BASE

QG.00.2 ALL.2 Report dati di base comune di Pisa

QG.00.3 ALL.3 Report dati di base comune di Cascina

1- PREMESSA

Lo studio di Microzonazione Sismica di livello 1 (MS) a supporto del Piano Strutturale Intercomunale (PSI) è redatto in ottemperanza alle Direttive del DPGR 53/R/2011, non è stato oggetto di finanziamenti da parte della Regione Toscana legati allo scorrimento delle graduatorie in funzione dell'accelerazione sismica del territorio comunale.

In particolare, il comune di Cascina aveva già uno studio di MS1 di supporto al Piano Strutturale vigente, approvato e validato dalla Regione, mentre il comune di Pisa aveva completato lo studio di livello 1 che era ancora oggetto di istruttoria da parte del degli uffici regionale della Difesa del Suolo settore Genio Civile Valdarno Inferiore con richieste integrazioni e revisioni. Dalle richieste e accordi intercorsi è emerso che la finalità da perseguire nell'ambito dell'approvazione del PSI è quella di ottenere un quadro conoscitivo omogeneo per entrambi i comuni restando nell'ambito della Microzonazione di Livello 1.

Lo studio ha previsto che le valutazioni interpretative per il territorio del comune di Pisa, fossero condotte in coerenza con le zonazioni e criteri già approvati e validati per il comune di Cascina, ciò ha comunque determinato anche leggere modifiche delle perimetrazioni nel territorio di Cascina al fine di raccordare le aree confinanti e semplificare la zonazione complessiva dato l'estensione areale.

Lo studio è stato condotto secondo le istruzioni tecniche di riferimento "*Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica*" (ICMS) approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome e secondo le specifiche tecniche regionali per la redazione degli studi di MS- Edizione n.6, approvata con Del. GRT n. 1162/2018. Durante l'ultimazione delle analisi si è verificata anche la coerenza con le più recenti specifiche tecniche - Edizione n.7 aggiornamento 08/09/2021 che sostituiscono le precedenti.

La microzonazione sismica di primo livello di approfondimento, così come descritta negli ICMS (2008) con le integrazioni delle specifiche richieste dalla Regione Toscana rappresenta innanzitutto uno strumento di conoscenza del territorio in rapporto alle possibili problematiche indotte dall'occorrenza di eventi sismici potenzialmente distruttivi (carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica o MOPS). Si tratta di un livello propedeutico agli studi di MS di livello superiore 2 e 3 in quanto consiste in una raccolta di dati preesistenti, esecuzione di nuove indagini in situ e realizzazione di elaborati per suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee.

Pertanto, le finalità degli studi sono quelle di:

- ricostruire il modello del sottosuolo in via preliminare;
- definire le tipologie degli effetti attesi in caso di sima;
- individuare aree che necessitano di approfondimenti.

Lo studio è consistito in una raccolta organica e ragionata dei dati di natura geologica, geofisica e geotecnica preesistenti e/o acquisite al fine di suddividere il territorio comunale in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico. Tale approfondimento è finalizzato alla realizzazione della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) e quindi alla valutazione della pericolosità con la finalità di guidare le scelte nella pianificazione attuativa,

nell'ottica di perseguire la ed assicurare la riduzione del rischio sismico, evidenziando le criticità e identificando le aree per le quali sono richiesti studi di approfondimento.

Lo studio fornisce informazioni importanti per attività di pianificazione territoriale volte alla riduzione del rischio sismico e serve alla pianificazione delle ricerche necessarie alla realizzazione delle carte di microzonazione sismica di II livello e, laddove necessario, di III livello.

In linea di principio, la carta di microzonazione di primo livello non determina alcuna forma di prescrizione sull'uso del territorio, quanto piuttosto orienta il pianificatore nella identificazione di possibili criticità che richiedono particolari cautele in fase di progettazione o nella definizione dei possibili priorità negli interventi di ripristino o rinforzo alle strutture.

L'areale di studio non si è limitato al solo territorio urbanizzato (TU), ma si è esteso a comprendere anche areali che disponevano di prove in situ, o comunque omogenei in termini litostratigrafici in accordo con gli uffici regionali, definendo come limite ovest, il confine con l'area Parco S. Rossore.

2 – PERICOLOSITA' DI BASE ED EVENTI DI RIFERIMENTO

Ai sensi della Classificazione Sismica del Territorio Regionale Toscano – Ord. PCM 3519 – DGR n° 431 del 19/06/2006 – e successive modificazioni e integrazioni i territori comunali di Pisa e di Cascina si collocano entrambi in Zona sismica 3 zona con pericolosità sismica bassa ($0,100 < Ag/g < 0,150$), caratterizzati da accelerazione orizzontale massima convenzionale (ag) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico di $0,100-0,125g$ per gran parte del territorio comunale, con alcune minime porzioni a sud che ricadono in $0,125-0,150g$.

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.

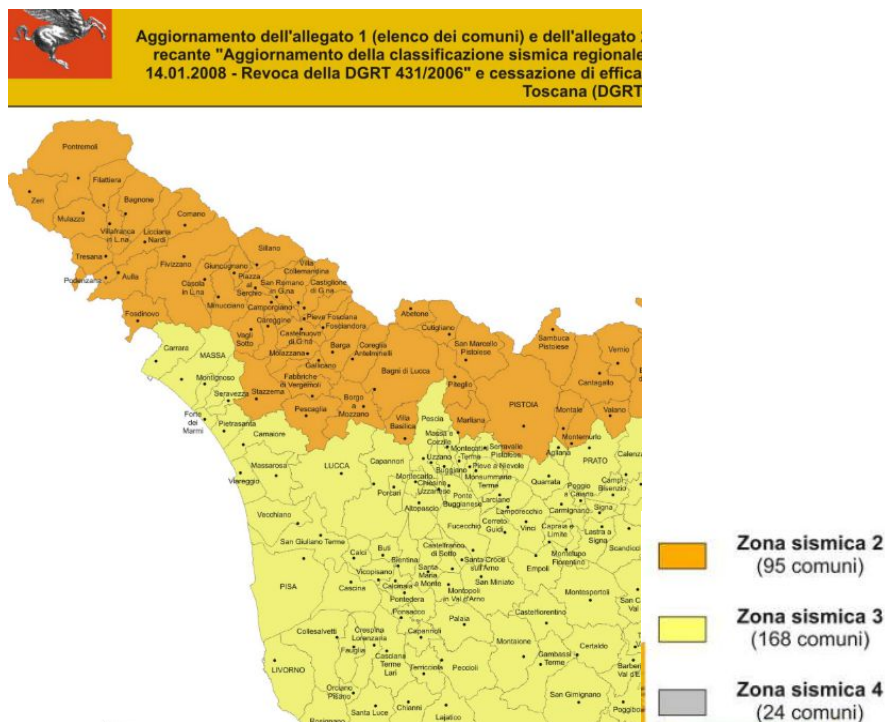


Fig.1 Classificazione Sismica Regionale

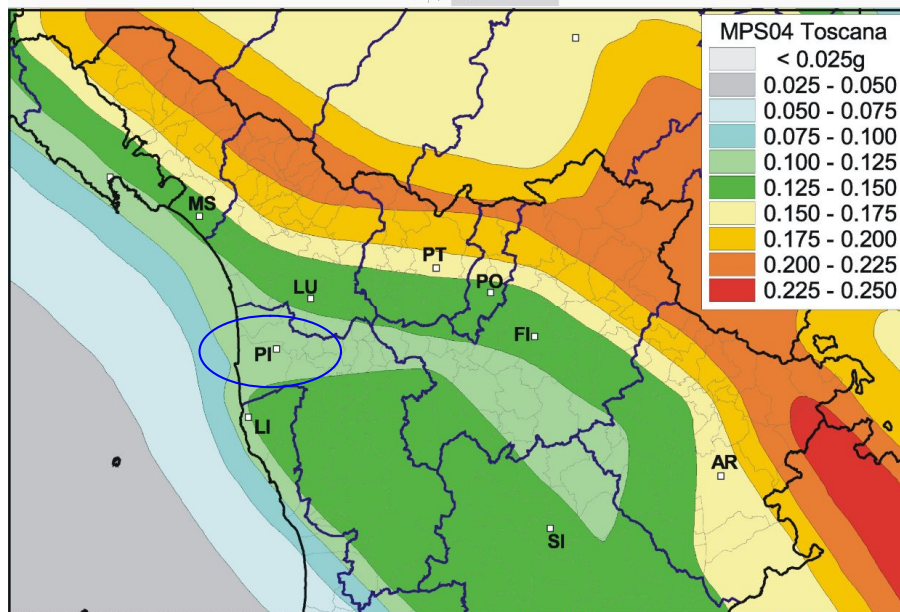


Fig.2 Classificazione Sismica Regionale

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 sismogeniche d'Italia insieme a informazioni geografiche, sismologiche, geologiche e tettoniche di fondo.

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 sismogenetica ZS9 è composta da 36 zone in cui sono previsti terremoti con $M_w > 5$ 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>

I comuni di Pisa e Cascina appartengono al settore in distensione tirrenica definito nel modello sismotettonico di Meletti et al. (2000). Questa zona 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.

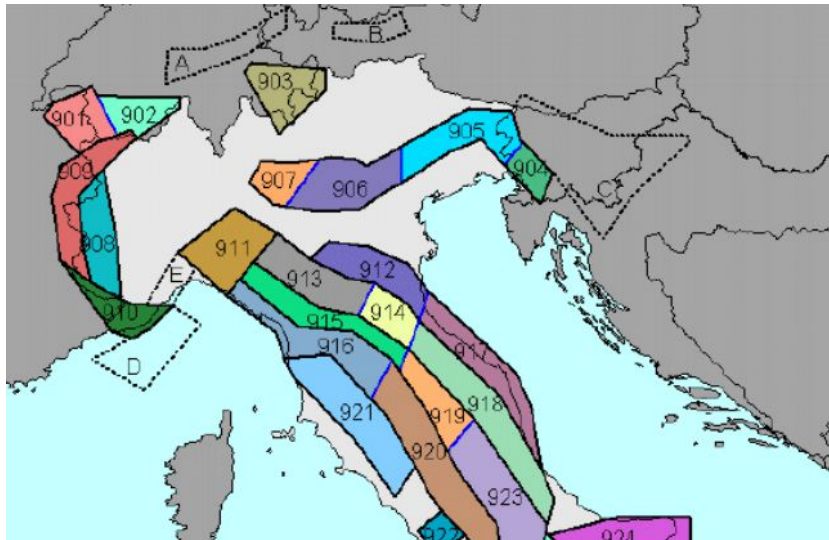
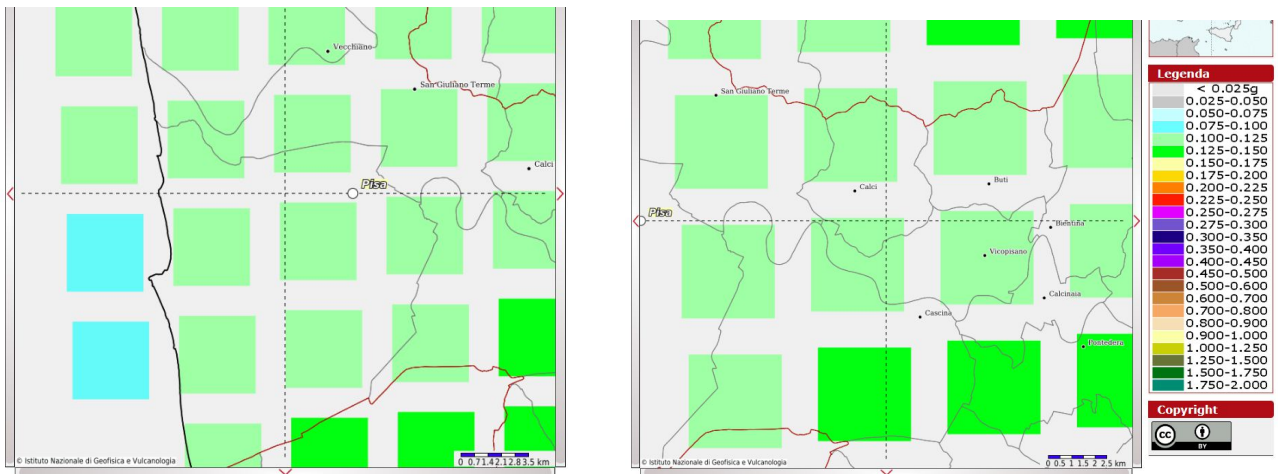


Fig.3 Carta della sismicità

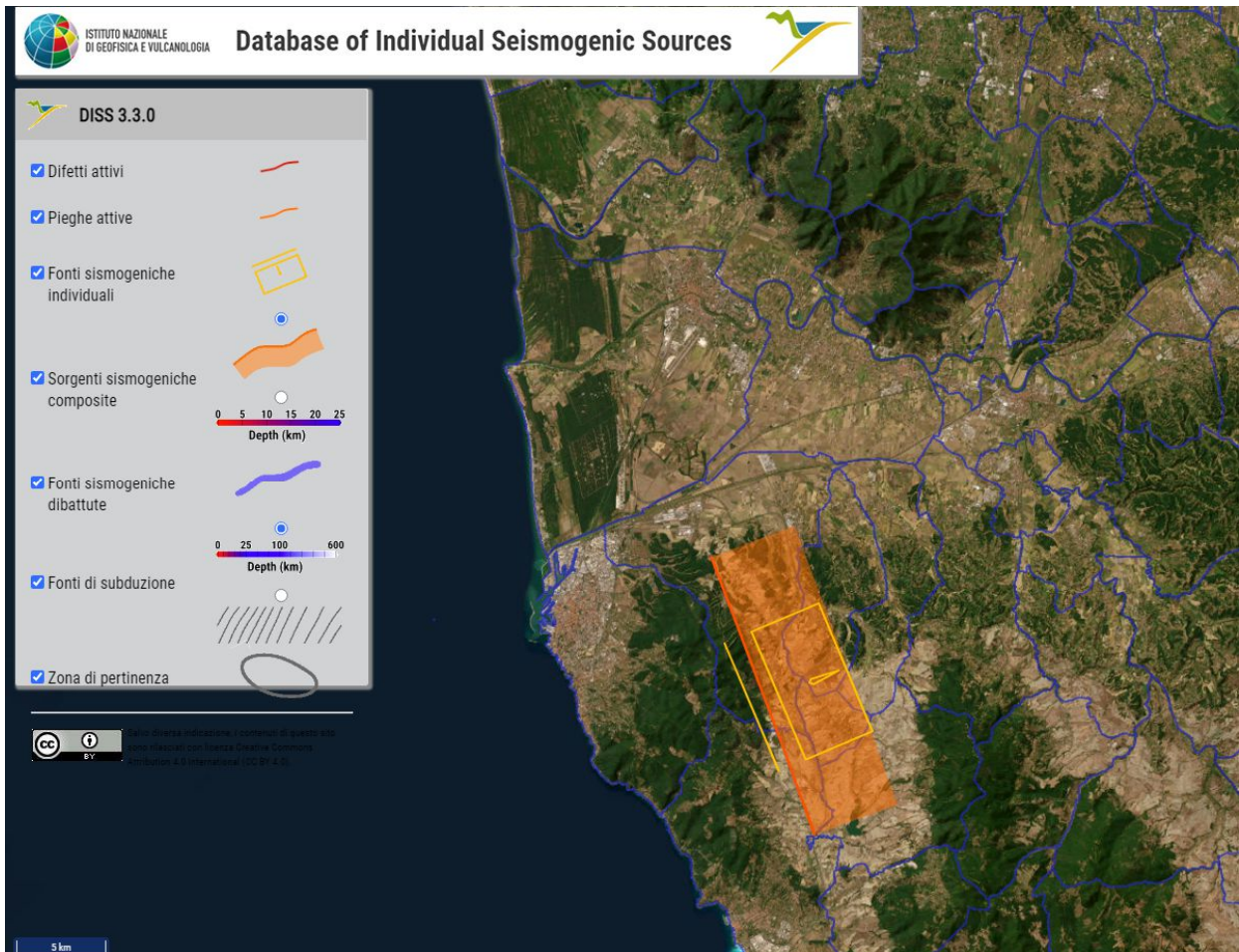
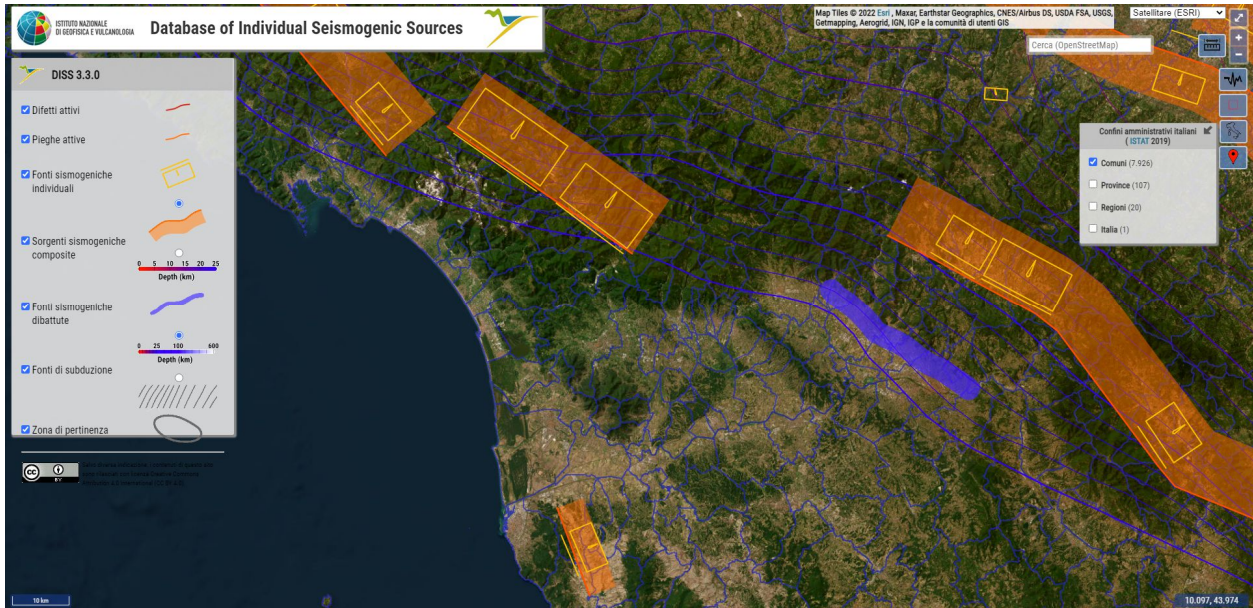


Pisa

Cascina

Fig.4 Carta della sismicità, parametro di riferimento riferito Tempo di ritorno 475 anni

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.



Sorgente sismogenetica composta ITCS088 - Colline Livornesi

Fig.5 Fonti sismogenetiche (progetto DISS_3.3)

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.6 Scheda fonte sismogenetica colline livornesi (progetto DISS_3.3)

Le fonti sismogenetiche individuali (nella figura sopra in giallo) 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 solitocaratteristiche 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 scenari 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 nella figura soprastante, 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.

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".

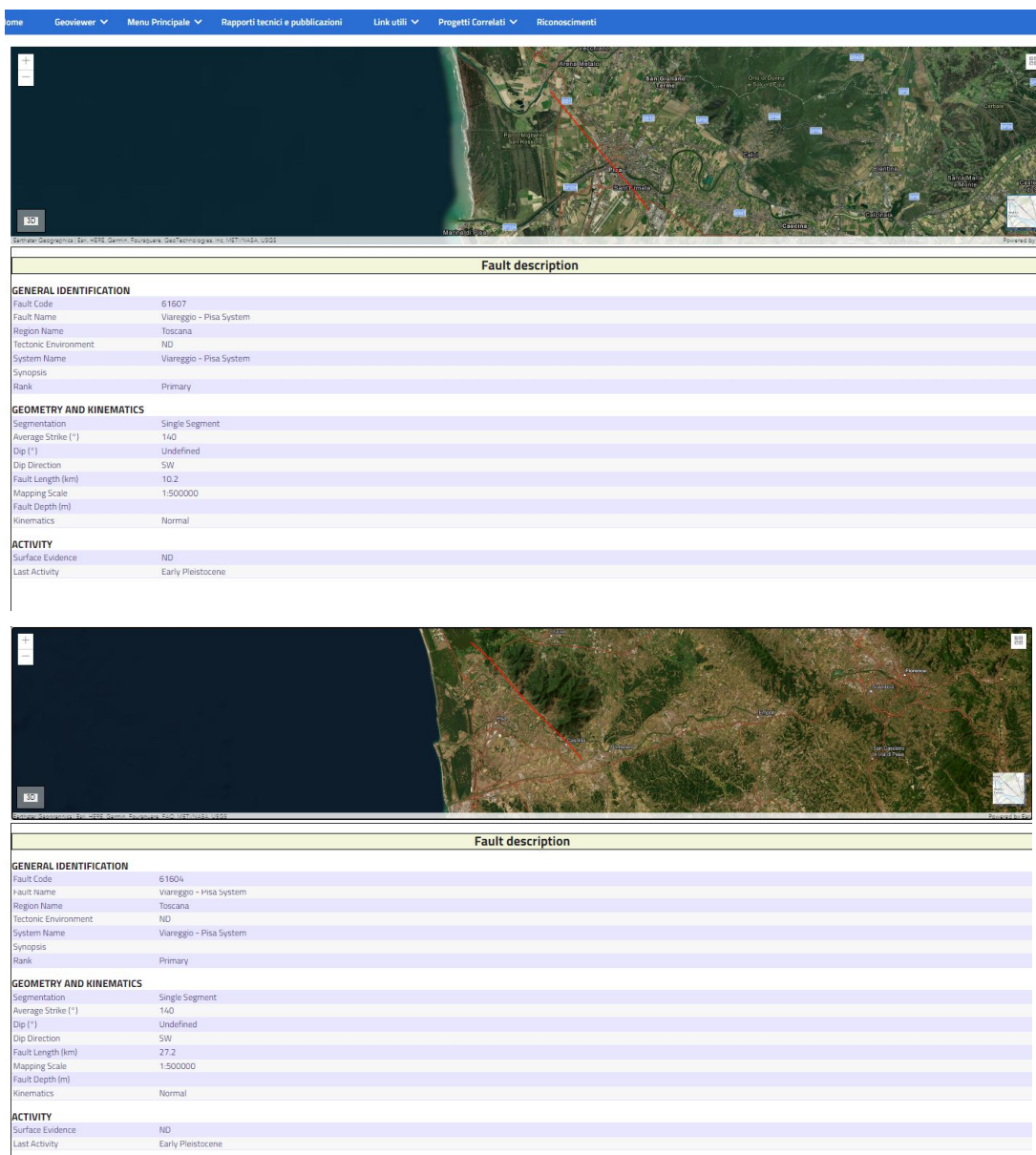


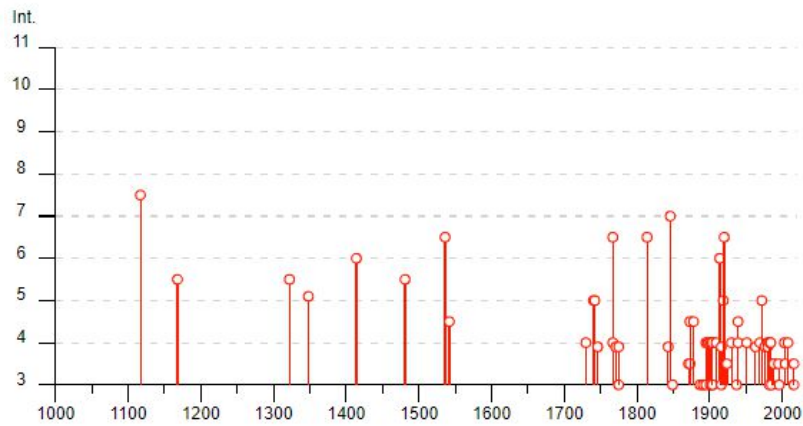
Fig.7 Fonti sismogenetiche (progetto DISS_3.3)

Di seguito si riportano i grafici dei terremoti storici scaricati dal catalogo dell'Istituto Nazionale di geofisica (INGV)

Pisa



PlaceID IT_46303
Coordinate (lat, lon) 43.718, 10.402
Comune (ISTAT 2015) Pisa
Provincia Pisa
Regione Toscana
Numero di eventi riportati 83



Cascina



PlaceID IT_46120
Coordinate (lat, lon) 43.677, 10.549
Comune (ISTAT 2015) Cascina
Provincia Pisa
Regione Toscana
Numero di eventi riportati 23

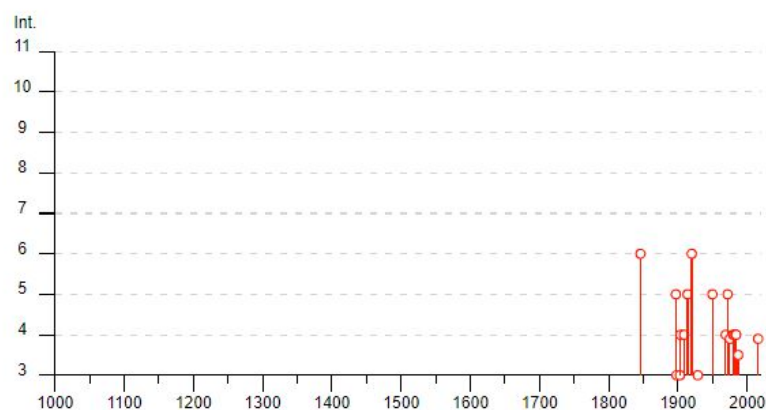


Fig.8 Catalogo terremoti (CPTI15 v4.0)

Tab. 1 - Storia sismica di Pisa [43.716, 10.401] - Numero di effetti riportati in catalogo: 80

Effetti	In occasione del terremoto del:	Ax	Np	Io	Mw
I/(MCS)	Data				
7-8	1117 01 03 15:15	Monti Pisani	5		
5-6	1168 01 10	Pisa	1	5-6	4.40
5-6	1322	Pisa	1	5-6	4.40
HF	1348 01 25	Alpi Giulie	89	9	6.63
NF	1349 09 09 08:15	Viterbese	9		
6	1414 08 07	Colline Metallifere	8	7-8	5.70
5-6	1481 02 06 21:15	Monti Pisani	4	5-6	4.40
6-7	1536 08 17 00:05	Appennino settentrionale	10	6-7	5.12
4-5	1542 06 13 02:15	Mugello	46	9	6.02
4	1730 03 29 00:05	Versilia	4	4	3.70
5	1740 03 06 05:40	Garfagnana	32	8	5.64
5	1742 01 27 11:20	Livornese	16	6	4.87
F	1746 07 23 18:15	Garfagnana	10	7	5.15
6-7	1767 01 21 07:45	Lunigiana	10	7	5.27
4	1767 01 21 09	Lunigiana	7	5-6	4.60
F	1771 01 08 03:30	Livorno	2	5-6	4.40
3	1775 01 04 18	Appennino emiliano	6	4	4.43
F	1775 01 05 22:45	Appennino emiliano	7	5	4.55
6-7	1814 04 03	Costa pisano-livornese	4	6-7	5.12
F	1843 10 25 03:30	Mugello	17	6-7	5.03
7	1846 08 14 12	Colline Pisane	121	9	6.04
3	1849 11 28 18	Val di Tarso	7	6	4.63
3-4	1871 07 29 20:45	Val di Cecina	14	7-8	5.15
3-4	1873 03 12 20:04	Appennino marchigiano	196	8	5.85
4-5	1873 09 17	Appennino tosco-ligure	64	6-7	5.26
4-5	1878 09 10 13:31	Lunigiana	12	6-7	4.98
3	1887 02 23 05:21	Liguria occidentale	1511	9	6.27
NF	1887 11 14 05:48	Fiorentino	101	6	4.47
3	1891 06 07 01:06	Valle d'Ilasi	403	8-9	5.87
4	1895 05 18 19:55	Fiorentino	401	8	5.50
3	1895 08 07 19:49	Appennino tosco-emiliano	84	5	4.67
2	1897 07 27 09:02	Valdarno inferiore	33	5-6	4.27
4	1897 09 06 03:10	Valdarno inferiore	104	5-6	4.59
4	1898 03 04 21:05	Parmense	313	7-8	5.37
4	1899 06 26 23:17	Valle del Bisenzio	138	7	5.02
3	1901 10 30 14:49	Garda occidentale	289	7-8	5.44
4	1902 03 05 07:06	Garfagnana	83	7	4.98
4	1902 08 04 22:36	Lunigiana	60	6	4.78
3	1903 07 27 03:46	Lunigiana	79	7-8	5.19
3	1904 02 25 18:47	Reggiano	62	6	4.81
4	1904 06 10 11:15	Frigiano	101	6	4.82
4	1904 11 17 05:02	Pistoiese	204	7	5.10
4	1909 01 13 00:45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
NF	1909 08 25 00:22	Crete Senesi	259	7-8	5.34
2	1914 01 15 03:27	Livornese	25	5	4.33
6	1914 10 27 09:22	Lucchesia	660	7	5.63
2	1915 01 13 06:52	Marsica	1041	11	7.08
3	1916 05 17 12:50	Riminese	132	8	5.82
F	1916 08 16 07:06	Riminese	257	8	5.82
5	1919 06 29 15:06	Mugello	565	10	6.38
6-7	1920 09 07 05:55	Garfagnana	750	10	6.53
NF	1920 10 06 22:47	Mantovano	19	4-5	4.14
3-4	1924 06 12 21:03	Frigiano	25	5-6	4.46
2	1925 03 15 17:15	Appennino tosco-emiliano	16	4	4.10
4	1930 05 24 22:02	Appennino tosco-emiliano	43	5	4.91
3	1937 12 10 18:04	Frigiano	28	6	5.30
4-5	1939 10 15 14:05	Garfagnana	62	6-7	4.96
4	1939 10 31 06:47	Lunigiana	19	5-6	4.85
2	1950 04 01	Livornese	15	6	4.99
4	1951 08 12 21 19	Garfagnana	21	5	4.59
2	1960 10 29 00:08	Mugello	69	7	4.91
F	1963 07 19 05:46	Mar Ligure	412		5.95
4	1969 01 06 22:03	Appennino pistoiese	74	6-7	4.67
2-3	1970 08 19 12:19	Colline Metallifere	26	6	4.68
5	1972 10 25 21:56	Appennino settentrionale	198	5	4.87
F	1976 09 15 09:21	Friuli	54	8-9	5.95
4	1980 06 07 18:35	Garfagnana	102	6-7	4.64
F	1980 12 23 12:01	Piacentino	69	6-7	4.57
3	1982 09 01 15:33	Valle del Serchio	47	5-6	4.21
4	1983 11 09 16:29	Parmense	850	6-7	5.04
4	1984 04 22 17:39	Costa pisano-livornese	39	6	4.61
4	1984 05 01 22:14	Costa pisano-livornese	16	5	3.89
3	1985 01 23 10:10	Garfagnana	73	6	4.60

Fig.9 Storia sismica di Pisa (num. di effetti riportati in catalogo 80)

Comune	Lat	Lon	Imax
BIENTINA	43.71013	10.62026	7
BUTI	43.72721	10.58782	7
CALCI	43.72654	10.51567	7
CALCINAIA	43.68312	10.61561	7
CAPANNOLI	43.58547	10.67577	8
CASALE MARITTIMO	43.29673	10.61672	8
CASCIANA TERME	43.52532	10.61782	9
CASCINA	43.67659	10.54906	8
CASTELFRANCO DI SOTTO	43.69888	10.74479	7
CASTELLINA MARITTIMA	43.41156	10.57544	8
CASTELNUOVO DI VAL DI CECINA	43.20779	10.90563	7
CHIANNI	43.48578	10.64279	8
CRESPINA	43.57035	10.56354	9
FAUGLIA	43.57000	10.51462	9
GUARDISTALLO	43.31214	10.63274	9
LAJATICO	43.47370	10.72844	8
LARI	43.56650	10.59258	8
LORENZANA	43.53625	10.53490	9
MONTECATINI VAL DI CECINA	43.39171	10.74990	8
MONTESCUDAIO	43.32542	10.62566	9
MONTEVERDI MARITTIMO	43.17613	10.71479	7
MONTOPOLI IN VAL D'ARNO	43.67041	10.76046	7
ORCIANO PISANO	43.49310	10.51052	>=10
PALAIA	43.60418	10.77044	7
PECCIOLI	43.54671	10.72054	9
PISA	43.71596	10.40082	7
POMARANCE	43.29897	10.87428	7
PONSACCO	43.61970	10.63306	8
PONTEDERA	43.66087	10.63460	8
RIPARBELLA	43.36396	10.59937	8
SAN GIULIANO TERME	43.76262	10.44145	7
SAN MINIATO	43.67938	10.84902	7
SANTA CROCE SULL'ARNO	43.71224	10.77983	7
SANTA LUCE	43.47193	10.56584	9
SANTA MARIA A MONTE	43.69796	10.69315	7
TERRICCIOLA	43.52363	10.67720	8
VECCHIANO	43.78131	10.38741	7
VICOPISSANO	43.69917	10.57698	7
VOLTERRA	43.40199	10.85906	7

Fig.10 Consultazione per terremoto (CPTI15)

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

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.

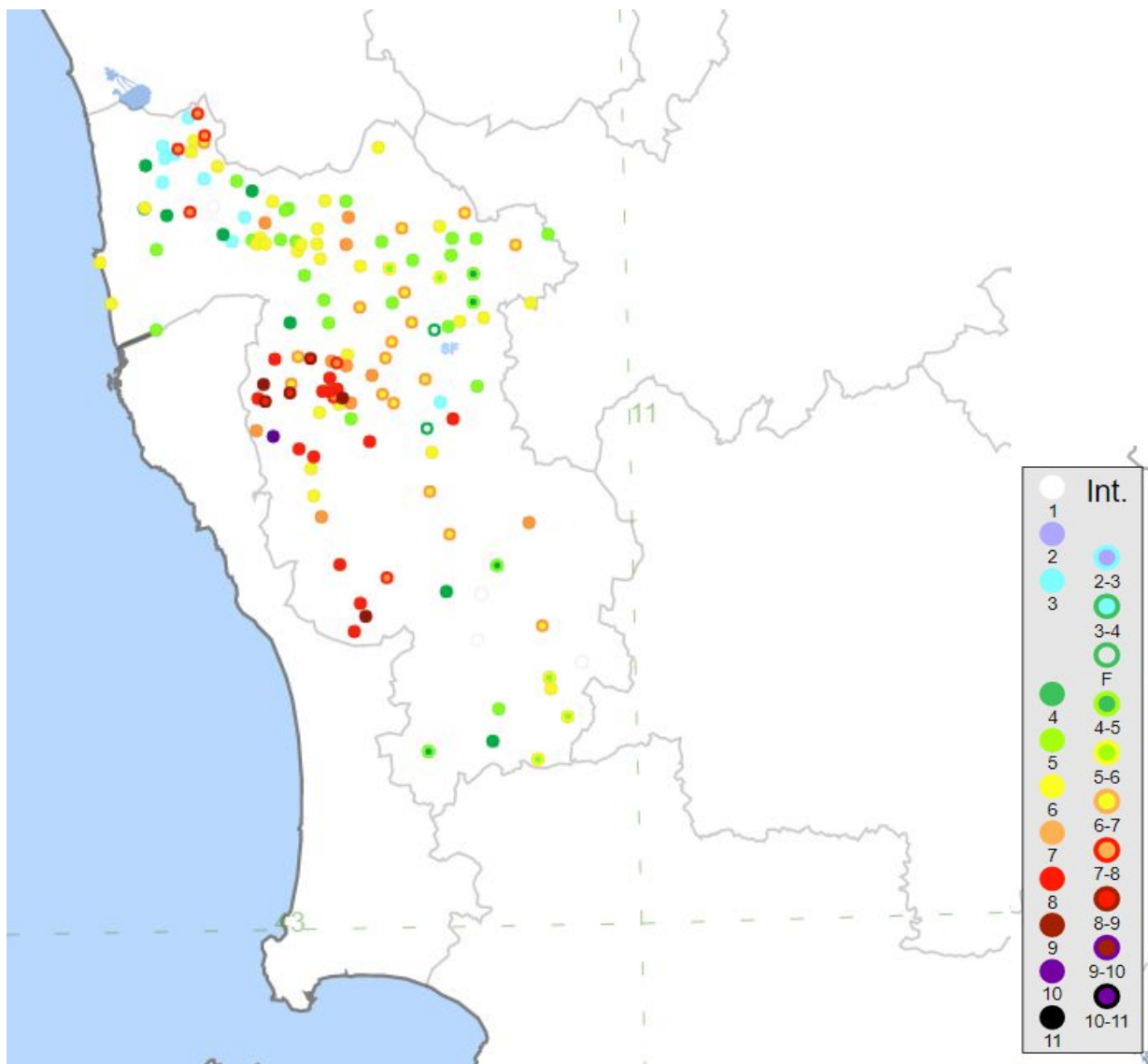


Fig.11 Consultazione per terremoto (CPTI15)

4 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

La pianura di Pisa, Valdarno Inferiore risulta localizzata in corrispondenza di una vasta depressione tettonica, miocenica che si è originata in seguito al progressivo sprofondamento (dell'ordine di migliaia di metri) del litorale pisano-versiliese causato dalla azione distensiva di faglie dirette che ha dato luogo ad un sistema di bacini distensivi Neogenici. Si rimanda alla Relazione geologica QG00 per maggiore dettaglio, di seguito una sintesi del modello geologico di riferimento.

La subsidenza di quest'area, collegata al sollevamento generale dei rilievi montuosi formatisi durante le fasi parossistiche del corrugamento dell'Orogene Appenninico, è stata controbilanciata dalla sedimentazione marina e fluvio-lacustre a partire dal Miocene superiore.

Questa attività tettonica distensiva è ben documentata fino al Pleistocene medio, ma non è escluso che sia tuttora attiva, considerando l'attuale morfologia e le tendenze evolutive della pianura alluvionale di Pisa-Cascina.

Studi più recenti segnalano la probabile presenza di 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, come "faglie potenzialmente attive e capaci".

Il bacino di Pisa-Viareggio include un considerevole spessore di depositi in successione stratigrafica dal Neogene al Quaternario. La successione quaternaria della pianura Pisana è stata suddivisa in n. 3 unità tettonico-stratigrafiche (substrato inferiore, medio e superiore) (FANCELLI & alii, 1986):

- il substrato profondo, con tutte le formazioni litostratigrafiche che stanno al di sotto dei primi sedimenti del complesso neoautoctono, il cui inizio varia da zona a zona, ma non anteriore al Miocene sup. (Tortoniano sup.? Messiniano inf., secondo GIANNELLI & alii, 1981a). I Sondaggi profondi eseguiti nella pianura, hanno messo in evidenza il substrato profondo sul quale è avvenuto il riempimento sedimentario (Fancelli et alii, 1986); si tratta del "tetto" delle successioni litologiche pre - mioceniche, ricostruite mediante rilievo sismico a riflessione a profilo continuo dall'AGIP Mineraria (Ghelardoni et al. 1968) (Pozzo "Zannone-1" a sud di Cascina profondità di 713m, pozzo "Poggio").
- il substrato intermedio, comprensivo dei sedimenti neoautoctoni fino a tutto il Pleistocene inf., caratterizzati da una deposizione prevalentemente controllata dalla subsidenza di origine tettonica;
- il substrato superiore, formato dai sedimenti posteriori al Pleistocene inf. e legati a una deposizione controllata principalmente dalle variazioni eustatiche del livello del mare e da quelle degli apporti fluviali conseguenti alle prime e alle modificazioni climatiche.

I sedimenti che riempiono questa depressione tettonica, sono stati suddivisi in due sequenze successive (Fancelli et al. 1986); quella più profonda, definita substrato intermedio, comprende sedimenti che dal Miocene superiore raggiungono la fine del Pleistocene inferiore (terreni che affiorano sulle Colline dei

Monti Livornesi e sui Monti di Casciana Terme), quella superiore è ben riconoscibile lungo la sezione della strada agli Archi, tra Livorno e la Via Emilia, studiata da Bossio et al. 1981 e riproposta da Fancelli et al. 1986.

La sequenza del **substrato superiore** è costituita da sedimenti successivi al Pleistocene inferiore, depositi in presenza di variazioni del livello del mare e di mutazioni del regime dei fiumi, il cui trasporto solido cambiava, in seguito alle variazioni del clima, sia nella sua entità che nella granulometria dei clasti, questi sedimenti possono essere sintetizzati dalla base a tetto come segue

Argille e sabbie marine poco profonde: questa unità individuata tra circa 86 m e 100 m di profondità dal livello del mare è attribuibile al Pleistocene inferiore;

Conglomerati dell'Arno e del Serchio da Bientina: Questa unità individuata per la prima volta da *Sagri 1955* è considerata un livello guida stratigrafico e idrogeologico per la pianura pisana, si attesta a profondità comprese tra 15 e 145 m sotto il livello del mare ed è la testimonianza di un momento paleoclimatico, marcato dall'intensa azione erosiva e di trasporto di materiali ghiaiosi ad opera dei fiumi della pianura. Nel territorio del comune di Cascina questa formazione si estende con continuità alla profondità di circa 50 m di profondità. I Conglomerati dell'Arno e del Serchio da Bientina, sono costituiti da ciottoli delle formazioni affioranti sui Monti Pisani e sono sede di un importante acquifero artesiano attualmente molto sfruttato. Si ritiene che l'apporto dei clasti più grossolani di questi conglomerati siano dovuti al trasporto del Serchio mentre le acque dell'Arno avrebbero fornito un contributo clastico più fine;

Limi fluvio-palustri: questi depositi che sovrastano i Conglomerati dell'Arno e del Serchio da Bientina sono stati messi in relazione con un forte decremento dell'attività fluviale, sono infatti caratterizzati da una notevole diminuzione delle dimensioni dei clasti rispetto a quelle della formazione sulla quale poggiano;

Calcareniti e sabbie dell'isola di Coltano e Sabbie e limi di Vicarello: queste due unità, interpretate come depositi eolici e fluviali, affiorano localmente nella pianura pisana (bn). In particolare nel territorio del Comune di Cascina si individuano pochi affioramenti delle Sabbie e Limi di Vicarello (QVC) nel quadrante di SE;

Limi di pianura alluvionale: questa unità contraddistingue una porzione significativa della pianura pisana, con spessori che si aggirano intorno ai 30 m (Della Rocca et al., 1987) e attribuibili all'Olocene. L'intero territorio comunale di Pisa e Cascina sono dominati dall'affioramento di questa unità (*b*)
Nella carta geologica in conformità a quanto contenuto nel CARG e nella Cartografia geologica regionale (Progetto Carta Geologico-Regionale della Toscana) sono stati rappresentati i litotipi significativi per caratteristiche litologiche-statigrafiche e sviluppo areale.

TERRENI DI COPERTURA

DEPOSITI OLOCENICI

DEPOSITI EOLICI E DI SPIAGGIA

- Depositi di spiagge emerse:sabbie medie (g2a):Sedimenti delle spiagge attuali costituiti da sabbie sciolte - (s).I sedimenti delle spiagge attuali sono costituiti in generale da sabbie fini, mentre i sedimenti di battigia sono leggermente più grossolani (sabbie medie).
- Depositi eolici: Depositi sabbiosi dei lidi e dune litoranee (da): sabbie da medio a fine. I depositi sabbiosi si trovano lungo una fascia della larghezza di circa 7 km posta in direzione nord-sud che separa la pianura alluvionale di Pisa dal mare. Tale disposizione spaziale rappresenta gli antichi andamenti del litorale che è andato espandendosi fino al secolo scorso.
- Sedimenti interdunali costituiti da limi e sabbie limose talvolta con depositi superficiali costituiti da argille organiche e torbe (Olocene) - (i). I sedimenti interdunali presentano un andamento parallelo ai lidi e sono stati deposti nelle depressioni comprese tra i lidi e le dune. sono costituiti da depositi sabbiosi in particolare arricchiti della frazione più fine.

DEPOSITI CONTINENTALI

- Depositi alluvionali attuali- prevalentemente limoso-argillosi (b) (al)
- Depositi palustri, lagunari e di colmata prevalentemente argillosi (ea)
- Depositi palustri prevalentemente argillosi (e3a) (Olocene)(at). Questi terreni sono costituiti prevalentemente da argille (la cui consistenza può variare localmente), da argille organiche e torbe. Limi e argille laminate di ambiente lagunare.
- Depositi alluvionali attuali prevalentemente sabbiosi e limosi **b** (ls)

DEPOSITI PLEISTOCENICI

Depositi alluvionali terrazzati - bnb - : sabbie medio-fini limose di colore giallo screziate arancione con presenza di piccoli noduli calcarei. Sabbie e limi di Vicarello QVC (Pleistocene Superiore)

Dal punto di vista geomorfologico l'area in studio risulta una vasta area pianeggiante altezze comprese tra gli 0 m s.l.m. della costa fino ai quasi 3-5m slm del centro urbano di Pisa ai 6-8m del territorio di Cascina. m s.l.m. delle zone più alte. L'unico settore rilevato risultano l e colline delle sabbie di Coltano a SW del comune di Pisa con elevazione comunque modesta dell'ordine di 4m slm.

5 – DATI GEOGNOSTICI E GEOFISICI

Per lo studio di Microzonazione Sismica di livello 1 sono indispensabili la raccolta, l'archiviazione organizzata dei dati pregressi che costituiscono un'ottima base di partenza per effettuare il lavoro, ma non sufficienti in quanto non consentono una copertura unitaria di tutta l'area dal punto di vista sismico e vanno pertanto accompagnate dalla realizzazione di nuove indagini ad hoc.

Nel caso specifico per il Comune di Calcinaia esisteva già una banca dati abbastanza aggiornata redatta a cura del dal Dott. Alessandro Murratzu nell'ambito della redazione del Piano Strutturale vigente ("Variante di monitoraggio al regolamento Urbanistico con contestuale variante al Piano strutturale") che è stato implementato dalle indagini geognostiche e geofisiche relative agli interventi edilizi e pianificatori più rilevanti forniti dall'amministrazione. Le indagini geologiche a supporto del PS sono dotate di studio di MS1 ai sensi del DPGR 53R/2011 quindi hanno previsto una campagna di indagini specifiche per l'analisi sismica.

Diversamente, per quanto riguarda il Comune di Pisa, il PS risulta più datato (pubblicazione BURT n. 1 del 05/01/1999), cui è seguita negli ultimi anni una intensa espansione ed attività edilizia soprattutto di tipo artigianale-industriale, di servizi e riqualificazione di aree dismesse e di recupero. Seppur essendo disponibile di banca dati interna all'amministrazione, di fatto si reso necessario un lavoro di aggiornamento in collaborazione con la collega geol. Alessandra Pippi dell'Ufficio di Piano per reperire le indagini geognostiche e geofisiche. In previsione dell'avvio del procedimento del PSI, è stata realizzata una campagna di misure sismiche di rumore HVSR seguita a cura dell'amministrazione.

Tutta la raccolta di indagini geognostiche e geofisiche pregressa e di nuova esecuzione sono state catalogate e inserite nel progetto GIS QGIS 3.4 seguendo gli standard di rappresentazione e archiviazione informatica.

La carta delle indagini redatta secondo gli standard raccoglie le informazioni che in fase di stesura del quadro geologico sono risultate utili per investigare il territorio Comunale, oltre alle indagini eseguite per la redazione dello studio di Microzonazione Sismica di I Livello.






















Di fatto, essendo lo studio di MS1 legato alle Direttive dell'Allegato A del DPGR 53R/2011, si è scelto di rappresentare le indagini nella Carta Litotecnica e dei dati di base Tav. QC03 scala 1:10000

Di seguito si riporta la legenda degli standard con le sigle dei dati geognostici e geofisici e le tabelle dei singoli comuni con il numero delle singole tipologie di prove

Cascina	
Tipo indagini puntuali	Num.
CPT	580
CPTU	24
DH	3
DM	68
DP	1
DPSH	14
ESAC	2
HVSR	48
PA	79
PG	2
S	26
SC	3
SD	29
T	20

Cascina	
Tipo indagini lineari	Num
MASW	31
RIFRAZIONE	1

DATI DI BASE

-  CPT - Prova penetrometrica statica con punta meccanica
-  CPTU - Prova penetrometrica statica con punta elettrica
-  CPTU - Prova penetrometrica statica con piezocono
-  DL - Prova penetrometrica dinamica leggera
-  DM - Prova penetrometrica dinamica media
-  DP - Prova penetrometrica dinamica pesante
-  DPSH - Prova penetrometrica dinamica superpesante
-  SCPT - Prova penetrometrica con cono sismico
-  DH - Prova sismica in foro tipo Downhole
-  S - Sondaggio geognostico a carotaggio continuo
-  PA - Pozzo per acqua
-  SC- Sondaggio da cui sono stati prelevati campioni
-  SP- Sondaggio con piezometro
-  SD- Sondaggio geognostico a distruzione di nucleo
-  T - Trincea o pozzetto esplorativo
-  HVSR - Stazione microtremore a stazione singola
-  ESAC - Array sismico
-  PG - Pozzo per idrocarburi
-  MW - Masw
-  SR - Stesa sismica a rifrazione
-  RM - ReMi

Pisa	
Tipo indagini puntuali	Num
CPT	689
CPTU	143
DH	34
DM	1
DP	3
DPSH	6
HVSR	130
PA	468
PG	270
SC	116
T	10
CPTe	4
DL	92
SCPT	1
SDMT	4
SP	17

Pisa	
Tipo indagini lineari	Num
MASW	64
RIFRAZIONE	2
REMI	2
PR	5

Tutti i dati di sottosuolo (pozzi, sondaggi, prove geognostiche ed indagini geofisiche) disponibili e quelli di nuova acquisizione sono stati oggetto di un'attenta analisi incrociata che correlata alla valutazione locale degli aspetti morfologici, geologici e sismici, ha permesso la costruzione del modello geologico e geofisico dell'area in esame.

Il lavoro si è svolto in più fasi successive partendo dall'acquisizione dei dati geognostici e geofisici esistenti negli archivi regionali, provinciale e comunali, all'esecuzione delle campagne di indagini in siti selezionati per l'acquisizione dei nuovi dati di approfondimento, all'elaborazione dei dati, all'analisi delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e sismiche locali, alla ricostruzione degli andamenti delle coperture e del substrato, alla restituzione cartografica di quanto rilevato ed alla catalogazione ed archiviazione informatica di quanto prodotto.

Gli elaborati sono stati restituiti nel rispetto degli ICMS nazionali e delle specifiche regionali di cui al DGRT n.144 del 23 febbraio 2015, Standard MS 4.2.

L'ubicazione di tutti i punti di controllo considerati, è riportata nella Tav. QG.4 "Carta litotecnica e dei dati di base" in cui il dato è identificato con numero progressivo cui corrisponde l'estratto del documento disponibile nell'Allegato: "Report Dati di base" (formato cartaceo o .pdf), ciò per una rapida

consultazione mediante strumenti ordinari.

I dati sono stati archiviati in due allegati distinti divisi per comune per maggiore praticità di consultazione.

Si sottolinea, infine, che il numero dei dati di base attraverso i quali si può caratterizzare il substrato di un territorio è una componente dinamica; la validità e l'attendibilità dei risultati raggiunti, è legata al numero dei punti di controllo disponibili; è necessario, quindi, un continuo aggiornamento, via, via che saranno acquisiti nuovi dati.

6. CARTA GEOLOGICO-TECNICA, MODELLO DI SOTTOSUOLO

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 – ottobre 2017), 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, 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. Le tipologie dei terreni di copertura e di substrato 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 (Fig. con la legenda con la quale sono state rappresentate le sezioni stratigrafiche di TAV. QC.7A (Pisa) e TAV. QC 7B (Cascina)).

La mancanza di un alto numero di dati di sottosuolo profondi non ha consentito un'analisi ancor più accurata di quella prodotta che comunque risulta essere esaustiva per l'andamento delle coperture alluvionali e dei livelli al suo interno. Maggiori difficoltà si sono incontrati nell'attribuire il passaggio in profondità ai depositi sabbiosi pleistocenici per mancanza di dati di correlazione laterale. Sotto una certa profondità i dati disponibili in quantità considerevole sono perforazione di pozzi, pertanto poco attendibili per definire dei limiti stratigrafici. Solo in alcune situazioni locali se non puntuali è stato possibile identificare senza dubbi il passaggio al substrato geologico dei depositi sabbiosi (SC) alle argille consistenti plioceniche (CO). In sintesi si evidenziano serie di litotipi caratteristici di una vasta piana alluvionale costituita da sedimenti prevalentemente fini argillosi e limosi (ML) che sovrastano un substrato maggiormente consistente di depositi plio-pleistocenici prevalentemente sabbiosi (SC,SM). Riportiamo di seguito un estratto delle Sezioni Stratigrafiche con la relativa legenda, derivanti dall'analisi e ricostruzione delle successioni che caratterizza il passaggio tra la piana più interna di Cascina in cui si evidenzia il "livello guida" del materasso dei Conglomerati dell'Arno e Serchio da Bientina si disperdono nella ampia piana e presentano eteropia laterale e verticale con le sabbie (SC, SM). In questo settore, prossimo ai rilievi è stato possibile ricostruire la presenza di un substrato lapideo (LP) come prolungamento delle pendici del Monte Pisano, che si immerge bruscamente, per la probabile presenza di faglie dirette o trascorrenti molto inclinate, di rilievo. In particolare, la misura ESAC2 (Calcinaia) effettuata a Cascina riporta un netto salto delle Vs alla profondità di circa 100m, con valori delle Vs > 1000 m/s riferibile al substrato calcareo affiorante in corrispondenza dei Monti Pisani.

e le misure HVSR, rivelano la presenza di un bedrock a 65-70m di profondità che lateralmente venendo verso Pisa, lascia il posto a delle argille consistenti interpretabili come substrato pliocenico (CO). Il passaggio appare netto ed è probabilmente una conferma della presenza di una faglia che potrebbe anche avere direzione anti-appenninica (Fig.13).

LEGENDA















-  Terreni contenenti resti di attività antropica (RI)
-  Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbia (GW)
-  Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla (GC)
-  Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose (SW)
-  Sabbie limose, miscela di sabbia e limo (SM)
-  Sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla (SC)
-  Limi inorganici, sabbie fini, limi micacei o diatomici (MH)
-  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)
-  Argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse (CH)
-  Torbe ed altre terre fortemente organiche (PT)
-  Substrato granulare cementato (GR)
-  Substrato coesivo sovraconsolidato (CO)
-  Substrato geologico lapideo (LP)

Fig.12 Tipologie di terreni di copertura descritti, substrato lapideo LP (zona N di Cascina)

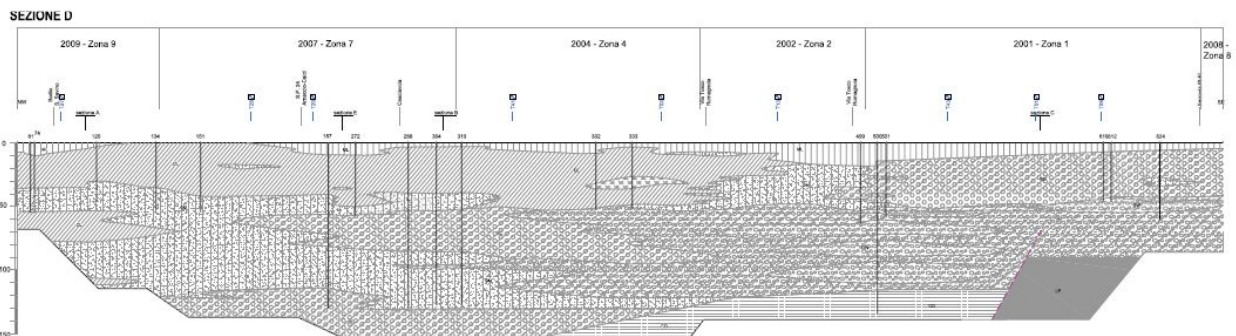


Fig.13 Sez.

Dall'esame dei dati puntuali stratigrafici lungo le sezioni tracciate nelle aree maggiormente urbanizzate riscontrano problematiche di correlazione tra gli strati dovuti anche alla soggettività dell'interpretazione dei sondaggi a distruzione o all'esecuzione dei pozzi, che rappresentano una buona percentuale delle indagini ad oggi eseguite. Sarebbe auspicabile, nelle fasi successive di analisi (livello2) acquisire nuovi dati in aree risultate dubbie o problematiche, Per esempio, dall'analisi eseguita, risulta che la zona di Casciavola presenta stratigrafie diverse da quelle lato Cascina, ad indicare un diverso ambiente deposizionale risulta probabilmente corrispondere o ad un terrazzamento pliocenico sepolto, oppure siamo in presenza di una antica conoide di versante,

corrispondente alla valle interna di Calci, di fatto la sezione litotecnica rimane da meglio definire. Quest'area potrebbe essere oggetto di approfondimenti.

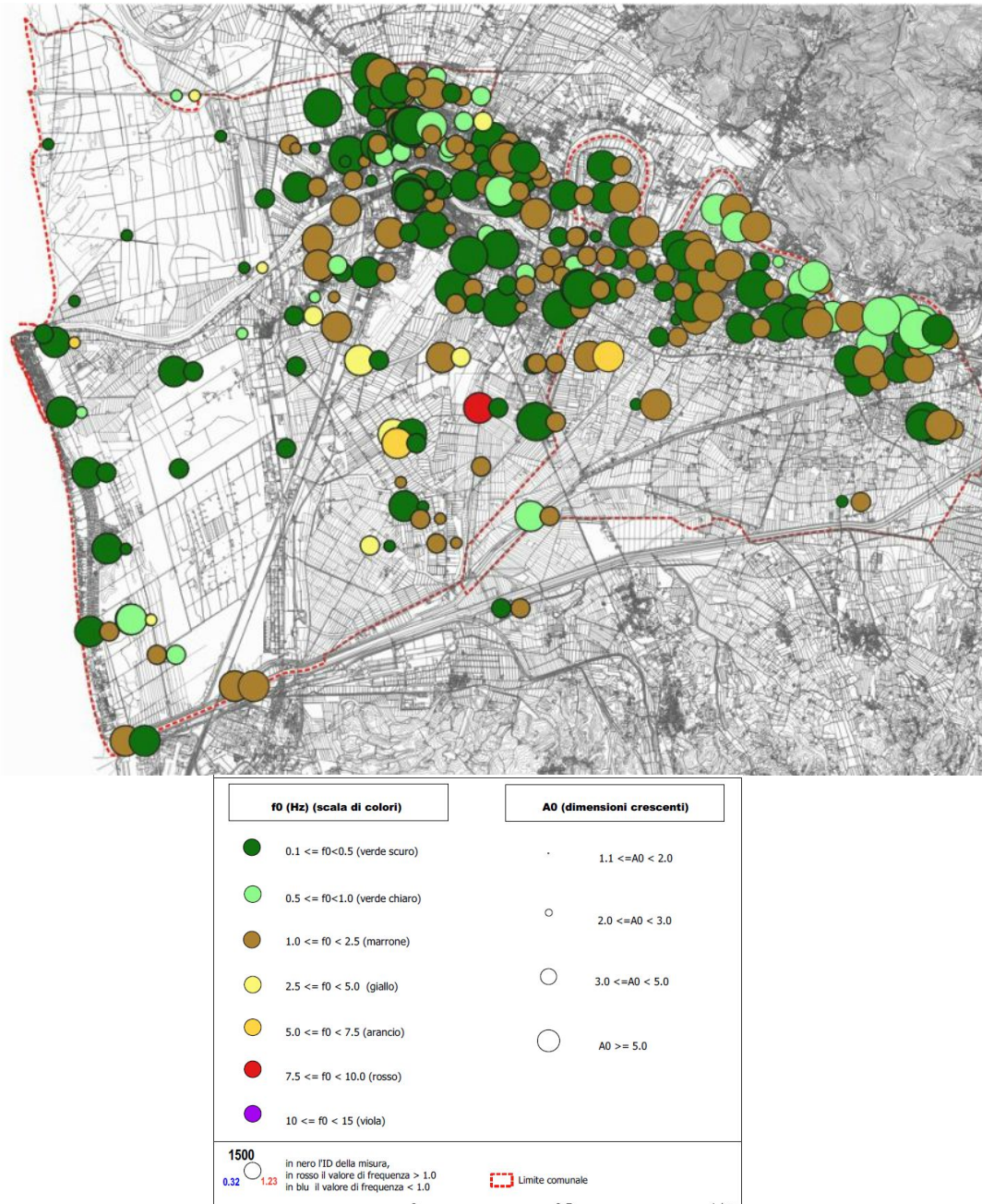


Fig.14 Layout della carta delle frequenze (Tav QG08)

Nella Tavola QG.08 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.

I dati di esplorazione sono costituiti da n. 130 misure passive HVSR nel comune di Pisa e n.44 su quello di cascina per un totale di 178 misure, in parte eseguite ad hoc per la redazione degli MS1 dei singoli comuni e in parte ricavate dall'archivio comunale, elaborate secondo i criteri SESAME, acquisite mediante Tromino, con qualità della prova non inferiore a B (A,B).

HVSR CASCINA

OBJECTID	Tipo	Numero_ID	A1	F1	A2	F2
26	HVSR	DB_T5				
104	HVSR	DB_T58				
95	HVSR	DB_T64				
5	HVSR	T01	4,75	0,5	2	1,43
13	HVSR	T02	4,97	0,44	2,41	1,19
18	HVSR	T03	4,67	0,28	2,28	2,22
2	HVSR	T04	5,27	0,34	2,77	1,22
1	HVSR	T05	4,22	0,34	2,95	1,2
3	HVSR	T06	4,59	0,41	2,92	1,08
4	HVSR	T07	4,32	0,44	3,04	1,16
6	HVSR	T08	5	0,5	2,81	1,13
8	HVSR	T09	4,65	0,63	2,15	1,25
9	HVSR	T10	6,16	0,88		
10	HVSR	T11	7,07	0,84		
7	HVSR	T12	4,66	0,53		
11	HVSR	T13	4,25	0,56	3,29	1,13
12	HVSR	T14	4	0,59	2,74	1,13
14	HVSR	T15	5,06	0,38	2,74	1,13
20	HVSR	T16	3,83	0,38	3,39	1,13
19	HVSR	T17	3,55	0,38	3,36	1,2
17	HVSR	T18	2,95	0,31	2,44	2
15	HVSR	T19	1,93	0,3	3,12	1,06
16	HVSR	T20	4,06	0,38	3,11	1,26
808	HVSR	T21	6,13	0,72		
803	HVSR	T22	5,28	0,81	3,6	0,38
804	HVSR	T23	4	0,41	3,12	1,11
805	HVSR	T24	4,84	0,94		
806	HVSR	T25	4,15	0,31	3,26	1,03
853	HVSR	T26	3,67	0,41	2,85	1,26
852	HVSR	T27	2,82	0,38	2,52	1,38
850	HVSR	T28	3,34	0,34	3,3	1,25
854	HVSR	T29	3,64	0,68	3,67	1,25
848	HVSR	T30	4	0,61	4,21	1,25
851	HVSR	T31	1,96	0,31	3,02	1,28
860	HVSR	T32	2,54	0,31	2,38	1,15
861	HVSR	T33	1,98	0,39	4,77	1,03
858	HVSR	T34	3,49	0,41	2,93	1,07
855	HVSR	T35	2,53	0,5	1,87	0,98
857	HVSR	T36	2,34	0,38	2,64	1,25
849	HVSR	T37	4,28	0,38	3,5	1,25
859	HVSR	T38	4,34	0,41	3	1,13
862	HVSR	T39	1,79	0,47	2,49	1,09
863	HVSR	T40	3,23	0,41	3,03	1,09
856	HVSR	T41	5,1	0,38	2,6	1,14

HVSR PISA

Nome	F1	A1	F2	A2	NUMERO_ID	CLASSE
HVSR44	0,22	3	0,33	2	1480	A
HVSR5	0,2	3,5	0,31	2	1481	A
HVSR45	0,33	2,05			1482	A
HVSR6	0,2	3,1	0,41	1,8	1483	B
HVSR9	0,23	3,1	1,25	2,1	1484	B
HVSR23	1,05	2,8	0,63	2,3	1485	A
HVSR10	1,48	4	0,22	3,6	1486	A
HVSR48	1,08	4	1,64	3,4	1487	A
HVSR49	0,44	2,3	1,25	2,2	1488	A
HVSR56	1,56	2,2	2,16	1,8	1489	B
HVSR57	3,28	2,5	0,34	1,7	1490	A
HVSR11	0,22	3,3	0,44	1,7	1491	A
HVSR46	0,81	3,5	1,22	2,9	1492	B
HVSR61			1,72	2,3	1493	A
HVSR54	1,48	1,8			1494	A
HVSR53	5,38	4,1	0,23	2	1495	A
HVSR12	4,63	4,5	0,2	3,1	1496	A
HVSR16	0,27	5,2	1,72	2	1497	A
HVSR58	7,64	3,3	0,31	2,2	1498	A
HVSR14	0,2	2,2			1499	A
HVSR65	0,31	2,2			1500	B
HVSR38	0,61	1,9			1501	B
HVSR21	2,63	4,8	0,2	2,2	1502	A
HVSR62	2,39	3,8			1503	A
HVSR29	1,33	3,2	4,52	2,2	1504	A
HVSR66	0,45	2,2	2,09	1,9	1505	B
HVSR59	1,41	3,1	5,31	3,1	1506	A
HVSR19	0,28	6,9	1,7	2	1507	B
HVSR18	0,27	8	1,59	1,8	1508	B
HVSR67	1,64	2,4	0,34	2,1	1509	A
HVSR1	0,27	6,3	1,1	2	1510	B
HVSR75	0,53	1,9	2,02	1,8	1511	B
HVSR74	1,7	2,8	0,41	2	1512	A
HVSR73	1,41	4			1513	B
HVSR39	0,3	1,9	4,53	1,5	1514	A
HVSR64	0,31	2			1515	B
HVSR60	0,28	3,1	1,33	2,2	1516	B
HVSR71	1,36	3			1517	B
HVSR93	1,17	3	0,47	2,1	1518	B
HVSR2	0,28	6	1,09	1,8	1519	B
HVSR35	0,61	2,05	1,17	1,9	1520	B
HVSR69	0,28	7			1521	B
HVSR68	0,3	5,7			1522	B
HVSR91	0,53	2,2	1,16	2	1523	B
HVSR92	0,47	2,6	1,33	2,1	1524	B
HVSR77	1,27	2,1	0,52	1,9	1525	B
HVSR28	1,17	2,7	0,59	2	1526	A
HVSR31	1,16	2,2	1,52	2	1527	B
HVSR22	0,38	2,6	1,2	2,4	1528	B

HVSR30	1,3	2,2	0,44	1,8	1529	B
HVSR90	1,09	3,4			1530	B
HVSR20	0,38	3,8	1,17	2,3	1531	B
HVSR17	0,38	3,2	1,13	2,8	1532	B
HVSR52	0,31	6,1	1,16	1,9	1533	B
HVSR70	0,45	3,4	1,14	2,3	1534	B
HVSR88	0,42	2,8	1,16	2,7	1535	B
HVSR89	0,41	3	1,22	2	1536	B
HVSR33	0,55	2,1	0,7	2	1537	A
HVSR94	0,41	2,5			1538	B
HVSR34	0,61	2,3	1,14	2,1	1539	B
HVSR32	0,78	2,2	1,09	2	1540	B
HVSR84	1,03	3,2	0,38	2,5	1541	B
HVSR51	0,31	6,8	1,16	2,1	1542	B
HVSR50	0,31	7,2	1,16	2,3	1543	B
HVSR72	0,67	2,1	1,05	1,9	1544	B
HVSR85	1	2			1545	B
HVSR40	0,52	2	1,25	1,7	1546	B
HVSR27	0,98	2,9			1547	B
HVSR99	1,34	1,8			1548	B
HVSR82	1,34	1,7	1,12	2	1549	B
HVSR83	0,63	2	1,33	1,4	1550	B
HVSR100	0,63	2	1,33	1,2	1551	B
HVSR97	0,58	2	1,11	1,8	1552	B
HVSR95	0,38	3,1	1,23	1,8	1553	B
HVSR98	1,25	2,2	0,44	1,9	1554	B
HVSR81	0,42	3,1	1,19	2	1555	A
HVSR78	1,2	2	0,41	1,7	1556	B
HVSR79	0,5	1,9	1,5	1,7	1557	B
HVSR7	0,28	6,1	1,47	1,9	1558	A
HVSR80	1,41	1,8	0,47	1,8	1559	B
HVSR36	1,34	2,3			1560	B
HVSR63	0,31	8			1561	A
HVSR87	0,39	3	1,42	2,5	1562	B
HVSR26	1,17	2,8	0,73	2,5	1564	B
HVSR8	0,34	5,9	1,72	2,4	1565	B
HVSR86	1,03	3	0,34	2,6	1566	B
HVSR24	1,06	2,8	0,63	2,5	1567	A
HVSR25	1,17	2,7	0,89	2,4	1568	B
HVSR76	0,45	2,2	4,22	2	1569	A
HVSR13	0,22	3,5	1,95	2	1570	B
HVSR41	0,28	1,6			1571	B
HVSR43	0,3	1,8			1572	A
HVSR37	0,23	1,9			1573	A
HVSR42	0,31	1,8			1574	A
HVSR3	0,2	3,5	5,09	1,4	1575	A
HVSR4	0,2	3,2	0,86	1,3	1576	A
HVSR55	2,11	2	1,72	1,8	1578	B
	0,34	2,3	1,5	2	1647	
	1,84	3	0,6	2	1656	
	0,83	3,55	3	1,5	1702	
	0,83	3,7	3	1,3	1703	

	0,35	3,1	1,6	2,85	1767	
	1	2,7	5	2,5	1768	
	1,22	2,8	1,9	2,2	1779	
HVSR96	1,06	2,9	0,36	2,2	1783	B
	1,2	2,8			1797	
	0,31	5,6	1,5	2,7	1798	
	0,28	5,9	1,9	2,1	1799	
	1,34	3,4			1800	
	0,56	3,1	1,2	2,7	1806	
	0,38	3,8	1,2	2,8	1807	
	0,28	4,2	1,5	1,5	1830	
	0,31	4,1	1,4	1,2	1831	
	0,38	3,9	1,4	1,7	1832	
	0,31	4,9	1,4	1,6	1833	
	0,3	8	1,2	2	1834	
	0,35	7	1,1	2,9	1835	
	0,32	7	1	3	1836	
	0,6	1,9	2,8	1,7	1855	
	0,31	4,1	1,4	1,3	1921	
	0,28	5,1	1,05	1,3	1922	
	0,31	5	1,1	1,3	1923	
	0,31	3,8	1,2	1,2	1924	
	0,28	4,6	1,5	1,2	1925	
	0,31	3,5	1,3	1,3	1926	
	1,1	2			1935	
	1,36	2,59			1941	
	0,44	2,2			1949	
	0,31	2,8			1957	
	1,09	3,81	0,47	3,19	1969	
	1,09	3,47	0,5	3,17	1970	

La rappresentazione grafica scelta, data la quantità non eccessiva di dati acquisiti, è quella standard semplificata dei cerchi con colore variabile secondo la frequenza del picco e con raggio variabile in funzione dell'ampiezza H_0 . I risultati ottenuti sono riassunti nella sottostante tabella.

Lo scopo è quello di indagare la possibile presenza di zone con fenomeni di risonanza significativi e quelle con importanti contratti 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 $f_r = V_s / 4H$, anche se in una pianura vasta con terreni di copertura eterogenei con V_s variabili, bisogna riconoscerne che le correlazioni non sono del tutto scontate, anche per la presenza di inversioni di velocità V_s all'interno della copertura. L'interpretazione delle misure deve ovviamente essere sempre tarata su indagini dirette.

Dall'esame della carta delle frequenze ricavata, si conferma il modello geologico del sottosuolo si evince quasi sempre la presenza di due range di frequenze <1Hz e 1.2-1.3Hz, entrambe con ampiezze che possono essere >3. Le misure HVSR presentano quasi sempre 2 picchi. Sono presenti picchi alle basse frequenze 0,3-0,6Hz, comunque con ampiezze a volte rilevanti (>4Hz) indicative della presenza di un substrato geologico coesivo o granulare cementato o lapideo, a profondità comunque rilevanti e non significativi dal punto di vista dell'amplificazione ai fini ingegneristici. Il substrato si approfondisce andando verso ovest e si immerge verso la linea di costa come si vede dal diminuire dell'ampiezza del picco di basse frequenze:

- frequenze di picco 0,2-0,3 nel centro di Pisa, Ospedaletto, lungo la costa possono essere ricondotte al substrato rigido, profondo alcune centinaia di metri cui fa riferimento il sondaggio profondo (Pozzo Zannone-1) a sud di Ospedaletto (Podere il casone) che attesta rocce calcaree a profondità di intorno a 700m.
- Spostandoci verso Cascina la misura ESAC1 realizzata a Titignano indica velocità VS 500m/s alla profondità di 180m senza raggiungere velocità da bedrock sismico, potrebbe trattarsi del substrato geologico del tetto del Pliocene con le sabbie o argille consistenti.
- Frequenze basse possono avere un range da 0.3-0.6Hz (sino a 0.9). Le frequenze tendono ad assumere valori più elevati spostandosi da W-SW verso NE fino a valori di 0.6-0.9Hz, che indicano la progressiva risalita del substrato avvicinandosi alla dorsale dei Monti Pisani.
- La frequenza di 1-1,3Hz sono invece 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 cascinese alla profondità di circa 40-50m slm. Le frequenze collimano con la stratigrafia conosciuta, al di sotto di una copertura superficiale caratterizzata da velocità delle Vs per ampie zone <200m/s. Spostandoci nella piana pisana, i picchi sono dovuti alle sabbie (SM;SC) o lenti di ghiaie superficiali, in situazioni dove i terreni sovrastanti hanno scarso addensamento VS<160 m/s) e nel contempo si riduce lo strato superficiale dei limi e limi sabbiosi (ML) o dei riporti che caratterizzano il centro storico.
- Le prove eseguite nell'intorno della collina di Coltano (misure in giallo, rosso nella Carta) sono invece caratterizzate da frequenze di picco alte e ampiezze>4. Questi valori sono da riferirsi all'assetto stratigrafico particolare che caratterizza questa zona, debolmente rialzata rispetto alla piana circostante, con le sabbie addensate, cementate subaffioranti che rappresentano lo strato risonante;
- Solo una zona prossima ai rilievi a nord di Cascina rileva la presenza di un bedrock sismico, di tipo lapideo (LP) (ESAC E2).
- Sicuramente il limite dei rilievi è rappresentato da una scarpata di faglia o di una gradonata di faglie, in quanto le misure di HVSr a poca distanza non registrano più tale picco di frequenza.

8 - LA CARTA MOPS DI LIVELLO 1

L'adempimento alle direttive per le indagini geologiche del DPGR n.53/R/2011 per gli aspetti sismici ha comportato la redazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) che rappresenta una valutazione degli effetti locali o di sito ai fini della riduzione del rischio sismico, attraverso la rappresentazione degli elementi e delle situazioni di rischio e criticità riscontrate nel quadro conoscitivo e dagli approfondimenti condotti mediante apposita campagna geofisica.

Le aree di interesse del territorio, esaminate sotto il profilo della struttura sismo-stratigrafica attraverso l'analisi della geologia di base e delle indagini stratigrafiche e sismiche ad oggi disponibili, sono suddivise nella carta MOPS tre categorie:

- a) zone stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura;
- 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 di attenzione per le 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.

Nel caso specifico non sono state individuate zone stabili in ragione dell'ambiente geologico di riferimento. Sono state individuate n.15 zone omogenee stabili suscettibili di amplificazioni stratigrafiche, suddivise per stratigrafia-tipo e per entità del contrasto di impedenza sismica.

Per rappresentare il substrato geologico, non avendo poi sondaggi profondi a carotaggio continuo, si è indicato alternativamente la eventualità di un materiale granulare (GR) o coesivo (CO) per i sedimenti pliocenici-pleistocenici del substrato intermedio-

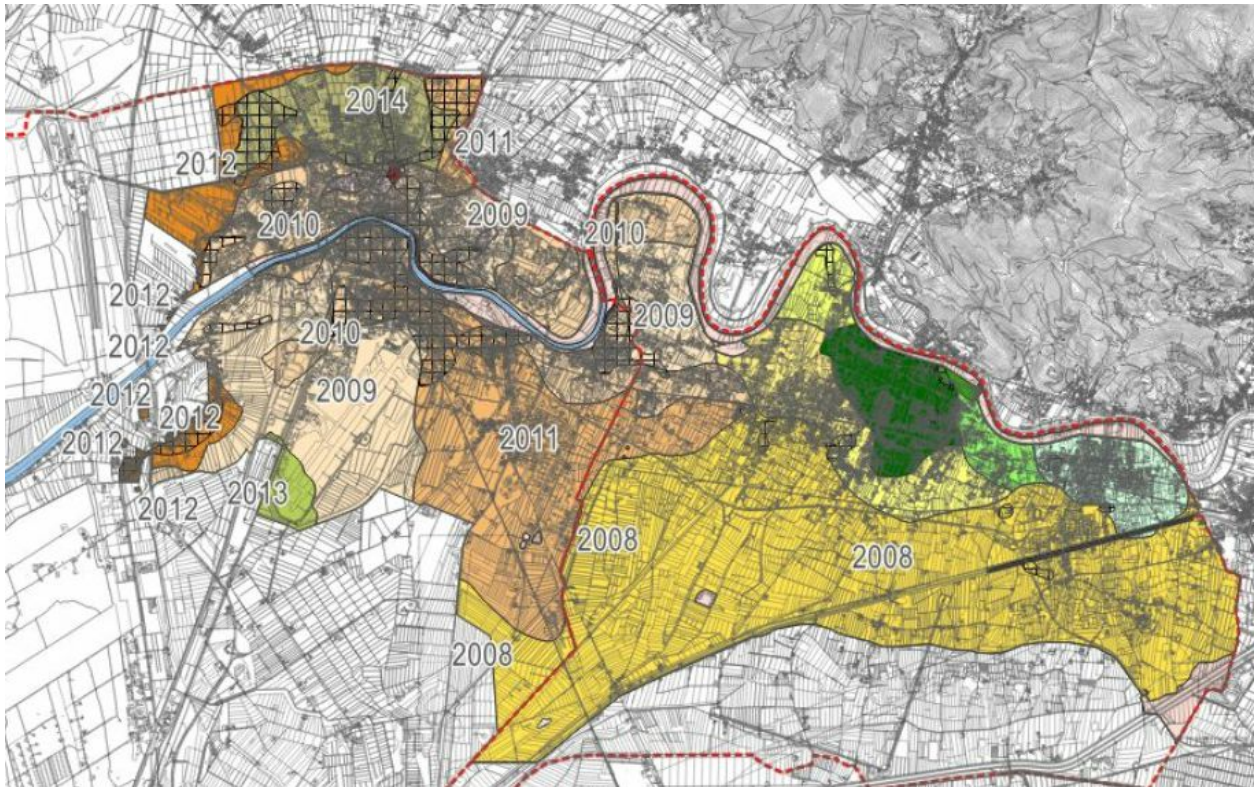
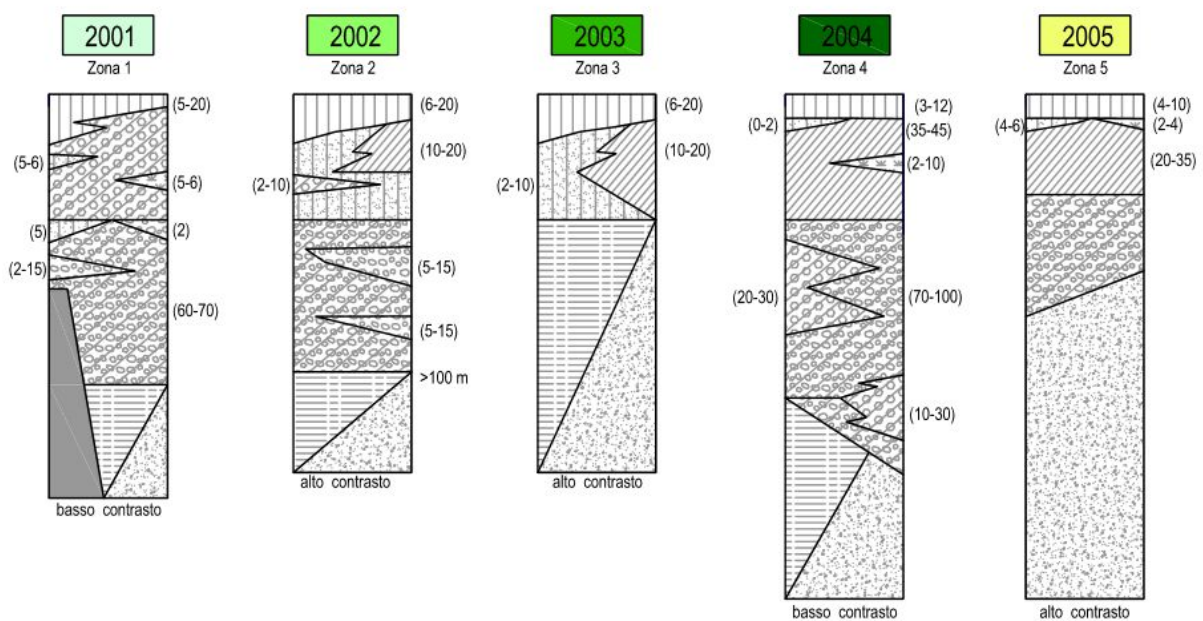
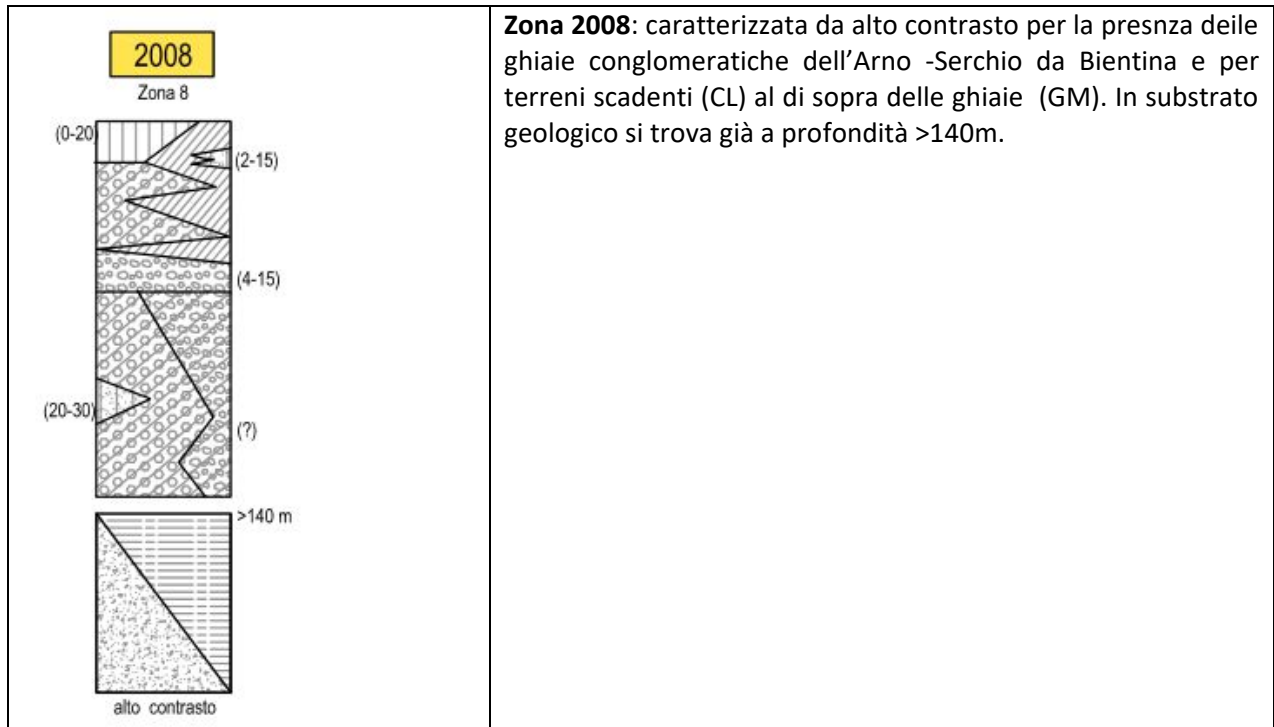


Fig.15- Layout carta delle MOPS (QG09)

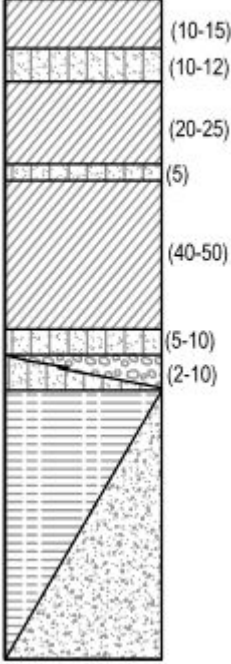
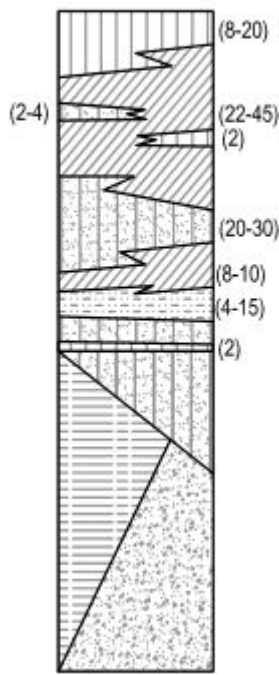


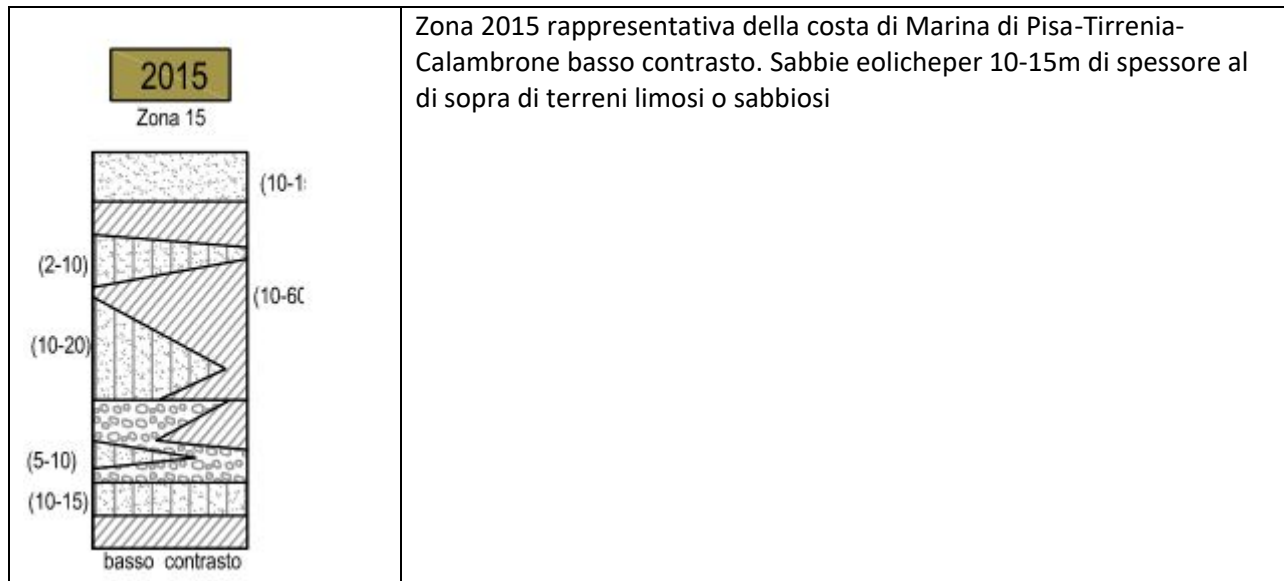
Zone 2001-2005: rappresentano la fascia della dorsale in prossimità dei rilievi a monte a n di Cascina, caratterizzati dalla presenza di un substrato geologico che nella zona 2001 è rappresentao dal lapideoma a profondità tali da non generare amplificazione che è invece legata al contrasto di impedenza superficiale per la presenza dei Conglomerati dell'Arno e Serchio da Bientina, nella zona 2002-2003-2005 lungo il paleoalveo.



	<p>Zona 2009: Area di Musigliano-Pettori, caratterizzata da alto contrasto di impedenza per la presenza di terreni scadenti e a poca profondità sabbie e ghiaie (SC).</p> <p>Spostandoci verso Pisa, area dell'carcere, settore a N dell'Arno con terreni argillosi di scarsa consistenza al di sopra di sabbie (SC,SM).</p> <p>Nella stessa zona sono fatte rientrare, per semplificare il numero di zone anche le aree a sud dell'Arno caratterizzate da un aumento dello spessore dei terreni argillosi e di un approfondirsi del substrato geologico intermedio.</p>
	<p>Zona 2010 Zone a cavallo dell'Arno caratterizzate da un consistente spessore superficiale di terreni limosi debolmente sabbiosi(ML) o argillosi (CL) o sabbiosi (SC), con interposti spessori di argille rispetto al tetto delle sottostanti sabbie più addensate. Basso contrasto</p>

<p style="text-align: center;">2011 Zona 11</p>	<p>Zona 2011 Zona a sud dell' Arno Ospedaletto-Montacchiello. Simile al 2010 per la rilevante plrofondità del substrato geologico, basso contrasto, ma caratterizzato da maggiori spessoti di argille a discapito di ridorri spessori di sabbie (SC)</p>
<p style="text-align: center;">2012 Zona 12</p>	<p>Zona 2012 fascia perimetrale , Zona a est,di Pisa a margini di Campaldo Inizia l'interazione con le sabbie eoliche . basso contrasto</p>

<p style="text-align: center;">2013 Zona 13</p>  <p style="text-align: center;">alto contrasto</p>	<p>Zona 2013 Area a SE di Pisa (venticinque) Alto contrasto legato alla spresna di spessori di sabbie a 10-15m di profondità (Coltano?)</p>
<p style="text-align: center;">2014 Zona 14</p>  <p style="text-align: center;">alto contrasto</p>	<p>Zona 2014: zona ad alto contrasto di impedenza per la presenza di sabbie e ghia (SC) nei primi 20-30m di profondità con al di sopra terreni limosi (ML) Zona a Nord di Pisa , cimitero , Campaldo. Presenza di paleoalvei relitti</p>



Alle zone individuate si sovrappongono le zone di attenzione per instabilità legata alle seguenti problematiche:

- la problematica più rilevante è quella della possibilità di liquefazione in terreni incoerenti con la presenza di falda, data anche l'ampia diffusione;
- presenza argini, rilevati di un certo spessore, terreni particolarmente scadenti (aree golenali, aree a nord del centro di Pisa) dal punto di vista geotecnico che possono subire cedimenti, anche in condizione post-sisma per le variazioni delle pressioni neutre.

6.1 Instabilità potenziale per liquefazione

In particolare per quanto riguarda la problematica della liquefazione, in ragione del rilevante numero di prove CPT (CPTU a disposizione e, sulla scia della studio condotta dalla Regione in accordo con l'Università di Pisa-Dipartimento di Ingegneria Civile ed Industriale -Geotecnica, Responsabile Scientifico Prof. Diego Lo Presti "Analisi finalizzate alla verifica a liquefazione dei terreni nell'area della Provincia di Pisa e Lucca".

Valutazione sulla Suscettibilità alla Liquefazione

Con il termine "liquefazione" si intendono una serie di fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, in presenza di sollecitazione sismica che induca azioni cicliche e dinamiche nel sottosuolo in condizioni non drenate. Tali fenomeni sono legati allo sviluppo di sovrappressioni interstiziali che, se positive, causano una riduzione della tensione media efficace presente nel terreno e quindi una riduzione della resistenza al taglio. Questa può rappresentare solo una condizione temporanea, seguita da un successivo recupero, o può indurre nel terreno una condizione di collasso generalizzata e definitiva.

Il potenziale di liquefazione dei terreni sotto scuotimento sismico è un fenomeno che può verificarsi in terreni sabbiosi monogranulare sotto falda limitatamente ai primi 10÷15 m dalla superficie del terreno a causa della progressiva riduzione delle tensioni efficaci.

Ai sensi delle NTC2018 la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)60 > 30$ oppure $qc1N > 180$ dove $(N1)60$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e $qc1N$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

In merito a possibili fenomeni di liquefazione, è stata effettuata una analisi abbastanza approfondita utilizzando un numero congruo di prove CPT/CPTU con vari metodi, seguendo le linee indicate anche dallo studio dell'Università di Pisa, in modo da avere un raffronto diretto. Le verifiche a liquefazione sono state condotte con il software LAN della Aztec Informatica_Licenza n. U5229R4 col metodo Idriss e Le verifiche sono state attuate per la Zona di Costa e la Zona interna. Di seguito si riportano i risultati dell'Indice di liquefazione (IL) nelle seguenti condizioni e assunzioni di suolo tipo D per la zona interna e suolo C per la costa, valutato dalla banca dati a disposizione:

- metodo Idriss & Boulanger 2014, con calcolo iterativo per I_c , calcolo IPL Iwasaki e Sonmez, Falda a -0.50 m dpc, Magnitudo 5.50, categoria sottosuolo D;
- metodo Idriss & Boulanger 2014, con calcolo iterativo per I_c , calcolo IPL Iwasaki e Sonmez, Falda a -0.50 m dpc, Magnitudo 5.50, categoria sottosuolo.

Nelle figure seguenti si riportano le schermate delle elaborazioni in ambito GIS dei dati di liquefazione ottenuti, sulla base dei quali sono state perimetrare le aree nella carta delle MOPS, con il retino quadrettato, secondo lo standard di archiviazione che si va a sovrapporre alle aree

TABELLA LIQUEFAZIONE (IL) _ ZONA INTERNA

VERIFICA A LIQUEFAZIONE metodo Idriss & Boulanger 2014, con calcolo iterativo per I_c , calcolo IPL Iwasaki e Sonmez, Falda a -0.50 m dpc, Magnitudo 5.50, categoria sottosuolo D

Num ID prova	tipo prova	Indice Liquefazione Iwasaki fs misurati	Rischio Iwasaki fs misurati	Indice Liquefazione Sonmez fs misurati	Rischio Sonmez fs misurati
204	cpt	1.114	basso	2.513	moderato
215	cpt	1.482	basso	2.784	moderato
528	cpt	1.897	basso	5.956	alto
574	cpt	1.908	basso	4.909	moderato
577	cpt	8.131	alto	10.467	alto
578	cpt	2.013	basso	4.759	moderato
646	cpt	9.837	alto	11.266	alto
647	cpt	7.053	alto	10.587	alto
701	cpt	3.187	basso	5.834	alto
752	cpt	1.269	basso	3.424	moderato

757	cpt	0.771	basso	1.441	basso
773	cpt	2.991	basso	5.098	alto
775	cpt	7.126	alto	10.597	alto
784	cpt	2.310	basso	3.333	moderato
785	cpt	8.933	alto	11.870	alto
786	cpt	9.154	alto	12.769	alto
807	cpt	3.220	basso	4.887	moderato
850	cpt	8.979	alto	11.523	alto
856	cpt	1.036	basso	1.618	basso
885	cpt	2.155	basso	4.075	moderato
948	cpt	0.000	molto basso	0.071	basso
960	cpt	3.157	basso	5.053	alto
961	cpt	3.780	basso	9.035	alto
967	cpt	0.892	basso	3.377	moderato
1283	cpt	1.129	basso		
1307	cpt	1.493	basso	2.021	moderato
1374	cpt	5.878	alto	9.258	alto
1376	cpt	7.601	alto	9.410	alto
1386	cpt	0.004	basso	1.359	basso
1387	cpt	1.129	basso	3.507	moderato
1388	cpt	1.466	basso	2.713	moderato
1406	cpt	3.956	basso	6.411	alto
1424	cpt	4.337	basso	6.155	alto
1432	cpt	2.916	basso	5.127	alto
1451	cpt	13.600	alto	12.833	alto
1454	cpt	0.278	basso	1.122	basso
1463	cpt	0.800	basso	1.850	basso
1478	cpt	0.003	basso	0.938	basso
1652	cpt	4.830	basso	6.483	alto
1683	cptu	1.837	basso	3.629	moderato
1685	cptu	1.243	basso	2.832	moderato
1687	cptu	5.282	alto	7.758	alto
1694	cptu	7.984	alto	8.297	alto
1698	cptu	9.790	alto	10.982	alto
1704	cptu	0.977	basso	1.301	basso
1724	cptu	1.452	basso	1.548	basso
1742	cpt	0.000	molto basso	0.129	basso
1743	cptu	0.000	molto basso	0.000	non liquefacibile
1751	cpt	0.018	basso	1.440	basso
1756	cptu	0.000	molto basso	0.000	non liquefacibile
1758	cpt	2.648	basso	4.256	moderato
1765	cptu	2.420	basso	5.330	alto
1789	cptu	0.002	basso	0.677	basso
1791	cptu	2.845	basso	4.711	moderato
1795	cptu	3.032	basso	4.388	moderato
1826	cpt	1.188	basso	1.796	basso
1828	cpt	1.348	basso	2.322	moderato
1837	cpt	3.930	basso	4.122	moderato
1840	cpt	9.682	alto	2.869	moderato
1841	cpt	6.208	alto	8.905	alto
1843	cpt	11.284	alto	4.790	moderato
1845	cpt	2.243	basso	6.487	alto

1848	cpt	1.160	basso	4.161	moderato
1849	cpt	4.981	basso	2.994	moderato
1850	cpt	3.127	basso	5.857	alto
1882	cpt	0.659	basso	1.666	basso
1900	cptu	0.776	basso		
1907	cptu	0.000	molto basso		
1943	cpt	4.282	basso	6.283	alto
1945	cpt	5.602	alto	7.726	alto
1960	cpt	2.565	basso	4.592	moderato
1965	cptu	2.363	basso	3.612	moderato
1992	cptu	0.001	basso	0.332	basso
1995	cptu	0.625	basso	1.933	basso

TABELLA LIQUEFAZIONE (IL) _ ZONA COSTA

VERIFICA A LIQUEFAZIONE metodo Idriss & Boulanger 2014, con calcolo iterativo per I_c, calcolo IPL Iwasaki e Sonmez, Falda a -0.50 m dpc, Magnitudo 5.50, categoria sottosuolo C

Num ID prova	tipo prova	Indice Liquefazione Iwasaki fs misurati	Rischio Iwasaki fs misurati	Indice Liquefazione Sonmez fs misurati	Rischio Sonmez fs misurati
1823	cpt	0.000	molto basso	0.009	basso
1435	cpt	0.002	basso	0.094	basso
1415	cpt	0.003	basso	0.131	basso
1863	cpt	0.039	basso	0.231	basso
914	cpt	0.137	basso	0.402	basso
1423	cptu	0.287	basso	0.645	basso
1727	cpt	0.455	basso	0.886	basso
1320	cpt	0.729	basso	1.857	basso
1319	cpt	1.036	basso	2.108	moderato
1321	cpt	1.558	basso	2.500	moderato
1642	cpt	3.100	basso	7.734	alto

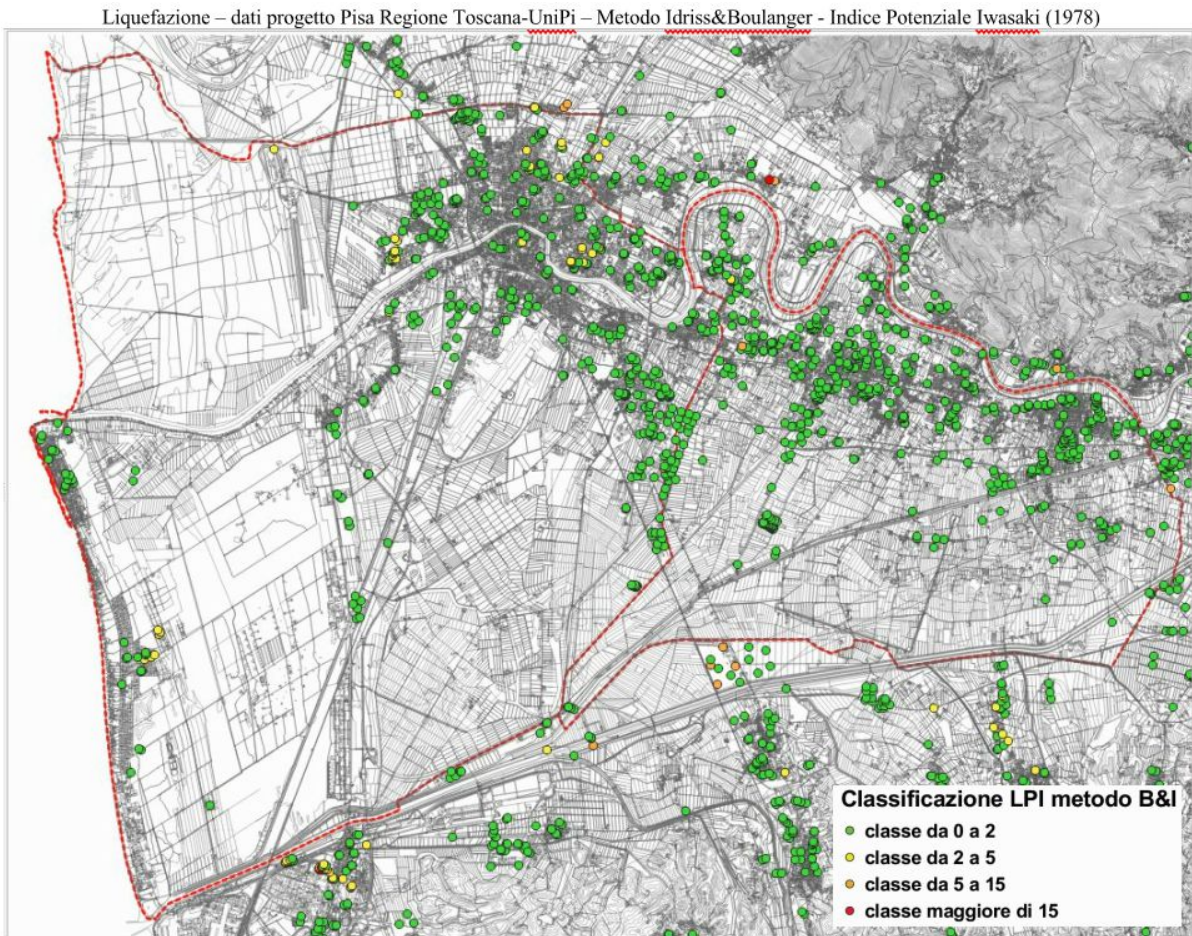


Fig.16- dati progetto Regione Toscana-UNIPi metodo Idriss&Boulanger-IP Iwasaki(1978)

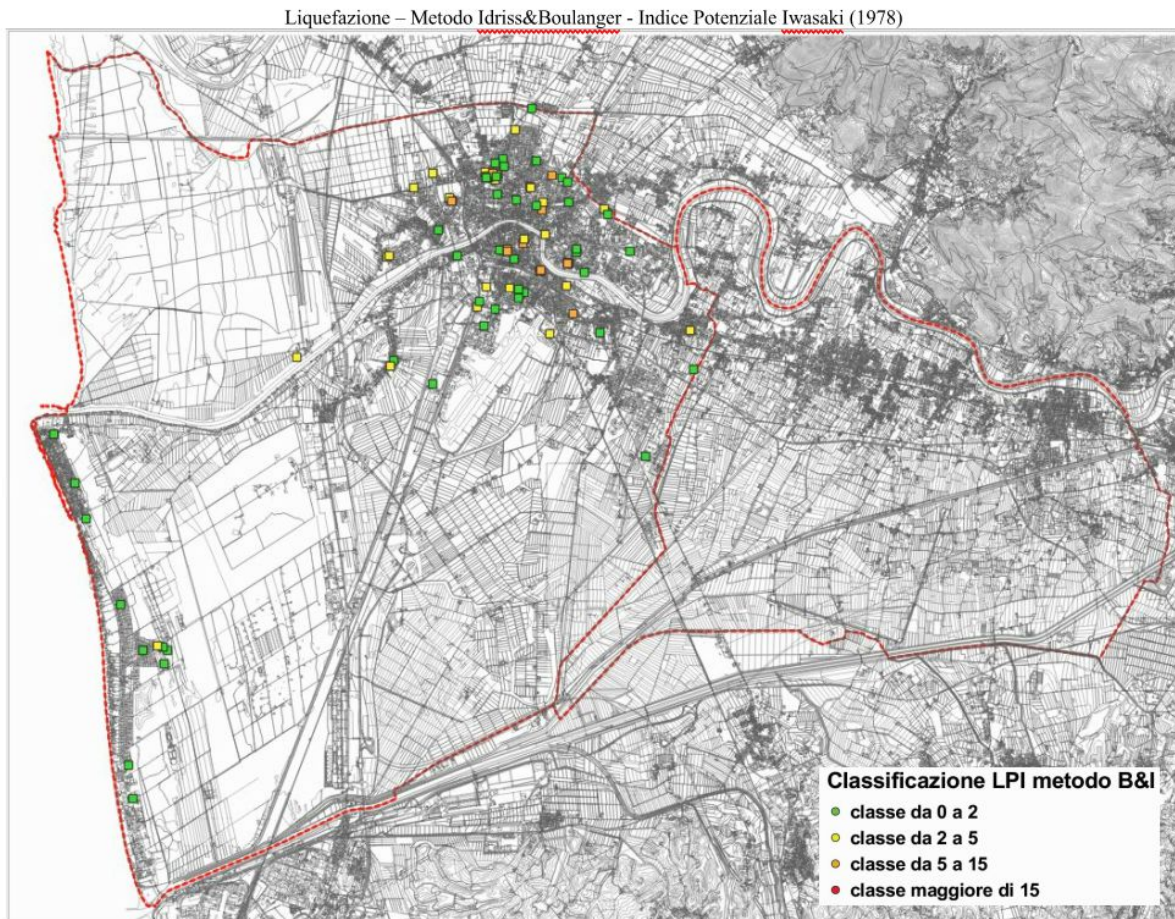


Fig.17- dati database comunale elaborati + dati Regione Toscana-UNIFI metodo Idriss&Boulanger
-IP Iwasaki(1978)

Liquefazione – nostra (quadrati) + dati progetto Pisa Regione Toscana-UniPi (cerchi) – Metodo Idriss&Boulanger - Indice Potenziale Iwasaki (1978)

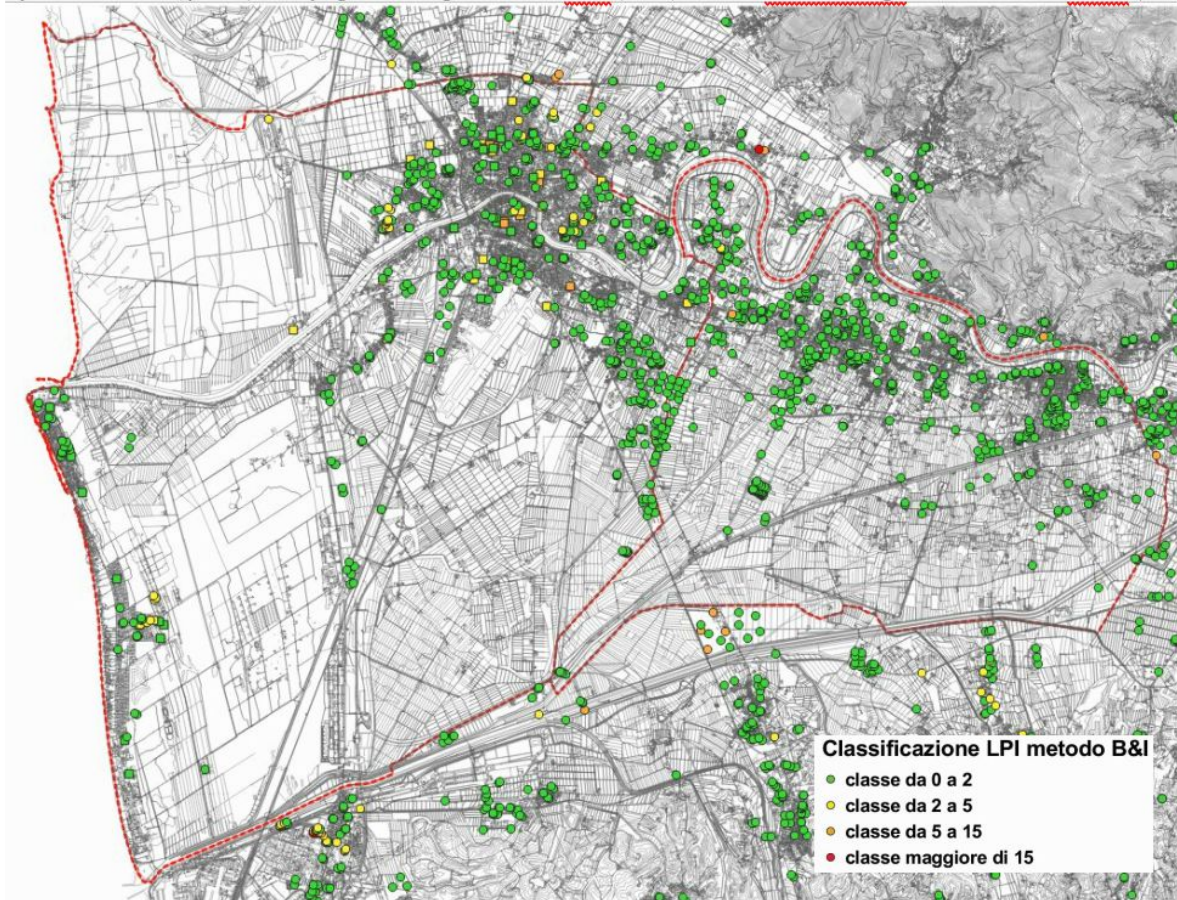


Fig.18- dati nostri elaborati database comunale elaborati con metodo Idriss&Boulanger
IP Iwasaki(1978)

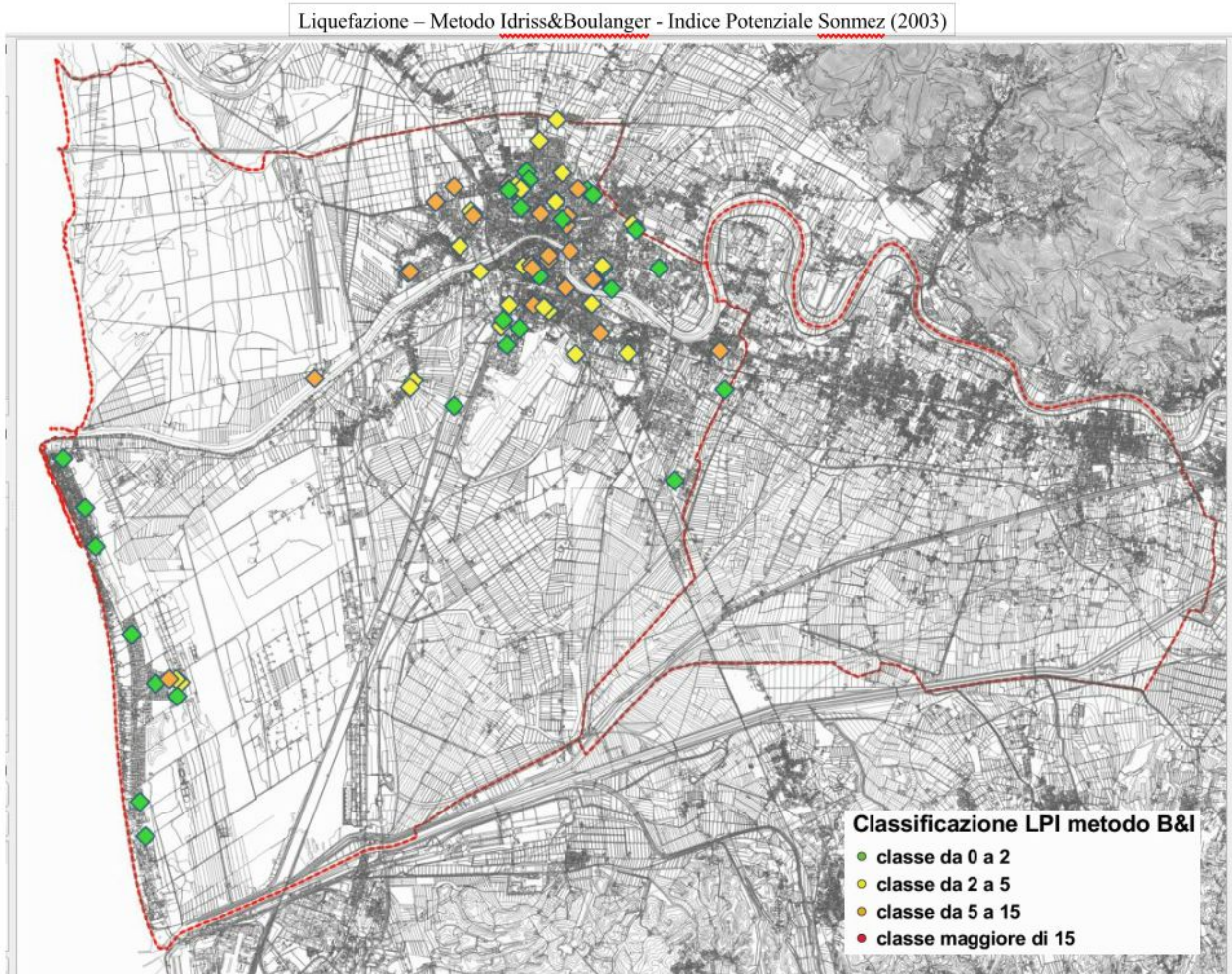


Fig.17- dati nostri elaborati da database comunale sommati a dati regione Toscana-UNIFI elaborati con metodo Idriss&Boulanger-IP Sommezi(1978)

Liquefazione – nostra (rombi) + dati progetto Pisa Regione Toscana-UniPi (cerchi) – Metodo Idriss&Boulanger - Indice Potenziale Sonmez (2003)

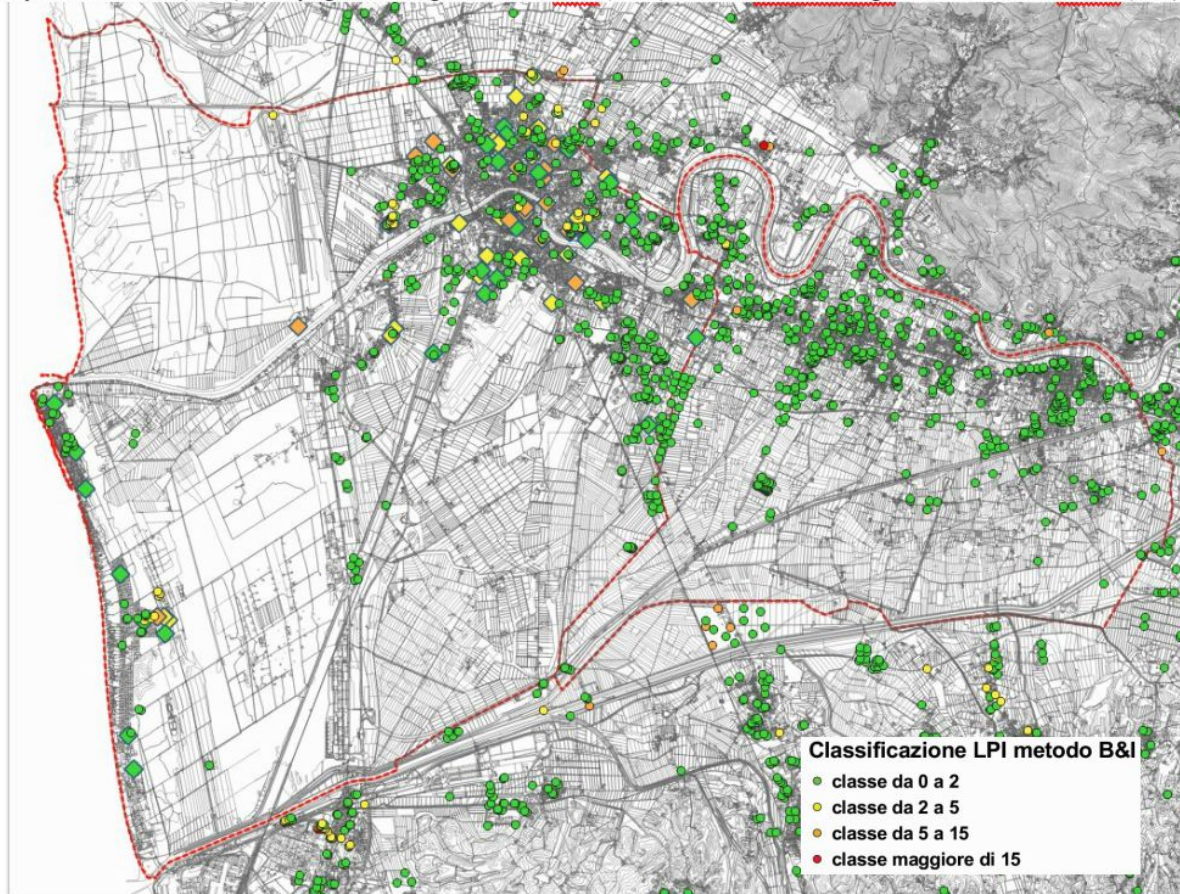


Fig.18- dati nostri elaborati da database comunale sommati a dati regione Toscana-UNIPi elaborati con metodo Idriss&Boulanger-IP Sommezi(1978)

Si è scelto questo ultimo metodo di approccio ritenuto il più attendibile e ci ha permesso di perimetrare le aree effettivamente a rischio liquefazione, da attenzionare per il livello 2 di Microzonazione.

Le sabbie di Marina di Pisa e Tirrenia, danno valori coerenti e non liquefacibili, a meno di un piccolo areale al limite con il Parco, Le analisi a Marina si sono ovviamente limitate all'interno del territorio Urbanizzato.

9 - PROCEDURA SEMIQUANTITATIVA DI VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DELLA CARTA MOPS DI LIVELLO 1

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 (200), mediante il foglio di calcolo messo a disposizione on-line dal servizio sismico della regione La procedura ha previsto 4 fasi:

1. E' stato costruito un reticolato di celle quadrate orientate N-S e E-W, con lato di 250m, sulle aree da indagare (UTOE+ Case Bianche + cimiteri e viabilità di collegamento tra le UTOE)
2. E' 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. In allegato di seguito nel testo si riporta la scheda di valutazione. Il punteggio risente ovviamente del fatto 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.

Le carte, stimate separatamente on il confine comunale risultano:

Carta	Classe	punteggio
Comune di Pisa	Classe A	75.3
Comune di Cascina	Classe B	74,7

risulta di Classe B con un punteggio di 61, 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 MICROZONAZIONE SISMICA SULLA BASE DELLE INDAGINI PREGRESSE E/O NUOVE

Comune di Pisa non inserito nel Programma VEL, cartografia allegata strumento urbanistico, scala 1:10000 e recente, n. 468 pozzi, n. 116 sondaggi a c.c., n. 2 stese sismiche, n. 130 misure di frequenza

Inserire il valore gato nelle celle colorate in viola

a	Parametro	4			
b	Carta Geologica Tecnica	1	Anno Rilevamento	Progetto	Scala
	Punteggi indicatori	1		1	0,66
	Pesi indicatori	0,33	0,33	0,33	0,33
c	Sondaggi a distruzione	0,5	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock
	Punteggi indicatori	1	1	1	0,33
	Pesi indicatori	0,33	0,33	0,33	0,33
d	Sondaggi a carotaggio continuo	1	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock
	Punteggi indicatori	1	1	0,66	0,33
	Pesi indicatori	0,33	0,33	0,33	0,33
e	Indagini geofisiche	0,5	Numero misure	% celle occupate	% indagini al bedrock
	Punteggi indicatori	1	1	0,66	0,33
	Pesi indicatori	0,33	0,33	0,33	0,33
f	Prove geotecniche	0,25	Numero prove	% celle occupate	% prove al bedrock
	Punteggi indicatori	1	1	1	0,33
	Pesi indicatori	0,33	0,33	0,33	0,33
g	Misure Frequenze	0,75	Numero misure	% celle occupate	Classe di affidabilità
	Punteggi indicatori	1	1	0,66	0,66
	Pesi indicatori	0,33	0,33	0,33	0,33

Tabella 1 - Quadri riassuntivi dei parametri e dei relativi indicatori con l'attribuzione dei pesi ed i punteggi

Parametri (per parametri)	Pesi indicatori	Indicazioni	Valutazione Indicatori (punteggi)		Migliori (1-200)
			Migliori (0-100)	Worst (100)	
Carta geologica-terza (1)	0,33	Area sismica	0-100	100	100
	0,33	Progetto	0-100	100	100
	0,33	Scala, strumento, numero di sondaggi a c.c.	0-100	100	100
Sondaggi a distruzione (0,5)	0,33	Numero di sondaggi a c.c. occupate da sondaggi a distruzione	0-100	100	100
	0,33	Numero di sondaggi a c.c. occupate da sondaggi a carotaggio continuo	0-100	100	100
Indagini geofisiche (0,5)	0,33	Numero di sondaggi a c.c. occupate da indagini geofisiche	0-100	100	100
	0,33	Numero di sondaggi a c.c. occupate da prove geotecniche	0-100	100	100
	0,33	Numero di sondaggi a c.c. occupate da misure di frequenza	0-100	100	100
Misure di frequenza (0,75)	0,33	Numero di sondaggi a c.c. occupate da misure di frequenza	0-100	100	100
	0,33	Numero di sondaggi a c.c. occupate da misure di frequenza	0-100	100	100
	0,33	Numero di sondaggi a c.c. occupate da misure di frequenza	0-100	100	100

INDICAZIONI	VALORI	CLASSE
Carta di livello 1 di ottima qualità	75%	A
Sarebbero auspicabili migliorare almeno uno dei parametri	50%-74%	B
Sarebbero auspicabili ulteriori indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità	25%-49%	C
Carta di livello 1 di scarsa qualità: non risponde ai requisiti minimi richiesti da ICM, S08 e Linee Guida Regione Toscana	≤ 25%	D

a	25	punteggi parziali	
b	0,88	21,9	
c	0,38	9,6	
d	0,66	16,4	
e	0,33	8,2	
f	0,19	4,8	
g	0,97	14,4	
Tot	75,3		75,3

classe A - Carta di Livello 1 di ottima qualità



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

Comune di Cascina non inserito nel Programma VEL, cartografia allegata strumento urbanistico, scala 1:10000 e recente, n.81 pozzi, n.29 sondaggi a c.c., n.3 stese sismiche, n.48 misure di frequenze

a	Parametro	4
---	-----------	---

Inserire il valore zero nelle celle colorate in viola

b	Carta Geologica tecnica Punteggi indicatori Pesi indicatori	1 0,33	Anno Rilevamento 1 0,33	Progetto 1 0,33	Scala 0,66 0,33
c	Sondaggi a distruzione Punteggi indicatori Pesi indicatori	0,5 1 0,33	Numero sondaggi 1 0,33	% celle occupate 1 0,33	Num. Sondaggi bedrock 0,33 0,33
d	Sondaggi a carotaggio continuo Punteggi indicatori Pesi indicatori	1 0,33	Numero sondaggi 1 0,33	% celle occupate 1 0,33	Num. Sondaggi bedrock 0,33 0,33
e	Indagini geofisiche Punteggi indicatori Pesi indicatori	0,5 1 0,33	Numero misure 1 0,66	% celle occupate 1 0,66	% indagini al bedrock 0,33 0,33
f	Prove geotecniche Punteggi indicatori Pesi indicatori	0,25 1 0,33	Numero prove 1 0,33	% celle occupate 1 0,33	% prove al bedrock 0,33 0,33
g	Misure Frequenze Punteggi indicatori Pesi indicatori	0,75 1 0,66	Numero misure 1 0,66	% celle occupate 1 0,66	Classe di affidabilità 1 0,33

a	25	punteggi parziali
b	0,88	21,9
c	0,38	9,6
d	0,55	13,7
e	0,33	8,2
f	0,19	4,8
g	0,66	16,5
Tot	74,7	74,7

classe B - Sarebbe auspicabile migliorare uno dei parametri

Tabella 1 - (A) - Indicazione dei parametri e dei valori indicati nell'attribuzione dei punteggi

Parametro (pesi parametri)	Peso risultato (0,33)	Indicazione	VALORI		MUTUO (MUTUO) (0,33)	MUTUO (MUTUO) (0,33)
			da 0,00 a 0,33	da 0,33 a 1,00		
Carta geologica (0,33)	0,33	Avvicinamento	da 0,00 a 0,33	da 0,00 a 0,33	da 0,00 a 0,33	da 0,00 a 0,33
		Fragile	da 0,33 a 0,66	da 0,33 a 0,66	da 0,33 a 0,66	da 0,33 a 0,66
		Stabile	da 0,66 a 1,00	da 0,66 a 1,00	da 0,66 a 1,00	da 0,66 a 1,00
Sondaggi a distruzione (0,33)	0,33	Percentuale di celle occupate con sondaggi a distruzione	da 0,00 a 0,33	da 0,33 a 0,66	da 0,00 a 0,33	da 0,00 a 0,33
		Percentuale di celle occupate con sondaggi a distruzione	da 0,33 a 0,66	da 0,66 a 1,00	da 0,33 a 0,66	da 0,33 a 0,66
		Percentuale di celle occupate con sondaggi a distruzione	da 0,66 a 1,00	da 1,00 a 1,00	da 0,66 a 1,00	da 0,66 a 1,00
Sondaggi a carotaggio continuo (0,33)	0,33	Percentuale di celle occupate con sondaggi a carotaggio continuo	da 0,00 a 0,33	da 0,33 a 0,66	da 0,00 a 0,33	da 0,00 a 0,33
		Percentuale di celle occupate con sondaggi a carotaggio continuo	da 0,33 a 0,66	da 0,66 a 1,00	da 0,33 a 0,66	da 0,33 a 0,66
		Percentuale di celle occupate con sondaggi a carotaggio continuo	da 0,66 a 1,00	da 1,00 a 1,00	da 0,66 a 1,00	da 0,66 a 1,00
Indagini geofisiche (0,33)	0,33	Percentuale di celle occupate con indagini geofisiche	da 0,00 a 0,33	da 0,33 a 0,66	da 0,00 a 0,33	da 0,00 a 0,33
		Percentuale di celle occupate con indagini geofisiche	da 0,33 a 0,66	da 0,66 a 1,00	da 0,33 a 0,66	da 0,33 a 0,66
		Percentuale di celle occupate con indagini geofisiche	da 0,66 a 1,00	da 1,00 a 1,00	da 0,66 a 1,00	da 0,66 a 1,00
Prove geotecniche (0,25)	0,25	Percentuale di celle occupate con prove geotecniche	da 0,00 a 0,25	da 0,25 a 0,50	da 0,00 a 0,25	da 0,00 a 0,25
		Percentuale di celle occupate con prove geotecniche	da 0,25 a 0,50	da 0,50 a 0,75	da 0,25 a 0,50	da 0,25 a 0,50
		Percentuale di celle occupate con prove geotecniche	da 0,50 a 0,75	da 0,75 a 1,00	da 0,50 a 0,75	da 0,50 a 0,75
Misure Frequenze (0,75)	0,75	Percentuale di celle occupate con misure frequenze	da 0,00 a 0,25	da 0,25 a 0,50	da 0,00 a 0,25	da 0,00 a 0,25
		Percentuale di celle occupate con misure frequenze	da 0,25 a 0,50	da 0,50 a 0,75	da 0,25 a 0,50	da 0,25 a 0,50
		Percentuale di celle occupate con misure frequenze	da 0,50 a 0,75	da 0,75 a 1,00	da 0,50 a 0,75	da 0,50 a 0,75



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