STUDIO ASSOCIATO GEOLOGICA Dott.
Geol. Daniele Chiuminatto & Corrado Duregon
Sede legale: Centro Comm.le "Pila2000", sc.A/94, 11020 Gressan (AO)
Sede operativa: Piazza Martiri della Libertà 2, 10082 Cuorgné (TO)
Cell. 349/2588017- e-mail: info@studiogeologica.it
Partita I.V.A. 01089590077

REGIONE PIEMONTE

CITTA' METROPOLITANA DI TORINO

CITTA' DI

CIRIE'

1° Variante Strutturale al P.R.G.C. ai sensi dell'art.17, comma 4 della L.R. 56/'77 e s.m.i. finalizzata all'ampliamento del Cimitero comunale del Capoluogo

PROGETTO PRELIMINARE

Elaborato 2

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA – LIVELLO 1

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Committente:

COMUNE DI CIRIE'

Corso Martiri della Libertà, 33 – Ciriè (TO)

C.F. 83000390019

P.IVA 02084870019

settembre 2026

INDICE

PREMESSA 3
1. EVOLUZIONE DELLA LEGISLAZIONE ANTISISMICA 5
2. ZONAZIONE SISMOGENETICA NAZIONALE PER LA DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA . 7
3. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO 9
3.1. SISMICITA' REGIONALE 9
3.2. STORIA SISMICA LOCALE 10
3.3. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE 12
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO 15
5. DATI GEOGNOSTICI E GEOFISICI 16
5.1. INDAGINE SISMICA MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) 17
5.2. INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE DI TIPO TOMOGRAFICO 21
6. ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO E IDROGEOLOGICO – MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO 23
7. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE 25
8. ELABORATI CARTOGRAFICI 25
8.1. CARTA DELLE INDAGINI 25
8.2. CARTA GEOLOGICO-TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA 25
8.3. CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (CARTA DELLE MOPS) .. 26
ALLEGATI 27

PREMESSA

Nell'ambito degli studi geologici a supporto della Variante Strutturale puntale del Piano Regolatore Generale Comunale finalizzata all'ampliamento del Cimitero comunale, sono state condotte in un intorno significativo di quest'ultimo le indagini e gli studi di microzonazione sismica con grado di approfondimento corrispondente al livello 1 di cui agli Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica (ICMS), secondo quanto previsto dalla D.G.R. n. 17-2172 del 13.06.2011.

La microzonazione sismica (MS) ha lo scopo di suddividere un territorio in zone in cui le condizioni locali sono in grado di modificare sensibilmente il moto sismico atteso o produrre deformazioni permanenti per le costruzioni e le infrastrutture. L'esito della MS è quindi innanzitutto una carta in cui le aree sono caratterizzate da effetti sismici dello stesso tipo o della stessa entità e queste aree sono definite Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS).

La componente sismica è stata indagata attraverso la definizione del Modello Geologico e Geomorfologico di riferimento e la redazione della Carta Geologico-Tecnica (CGT), che è stata funzionale alla realizzazione della Carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS): le modalità operative con le quali tali temi sono stati affrontati sono conformi alle disposizioni di cui all'Annesso III dei "*Criteri e indirizzi in materia di difesa del suolo e pianificazione territoriale e urbanistica*" di cui alla D.G.R. 8-905 del 24.03.2025. Gli elaborati tecnici di riferimento per l'esecuzione degli studi sono rappresentati dagli "*Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica"* (ICMS) e successivi approfondimenti e integrazioni, approvati nella seduta del 13/11/2008 dalla Conferenza delle Regioni e Province Autonome ed individuati dalla D.G.R. n. 17-2172 del 13 giugno 2011 quale elaborato tecnico di riferimento per il territorio regionale; per la redazione degli elaborati cartografici e l'organizzazione delle informazioni, i documenti di riferimento sono stati gli "*Standard di rappresentazione e archiviazione informatica*", versione 4.2 elaborati dalla Commissione Tecnica per la microzonazione sismica, che propongono le legende tipo ed i layout di tutte le carte e le specifiche tecniche per la predisposizione delle strutture di archiviazione dei dati alfanumerici e dei dati cartografici.

Le attività svolte si sono articolate attraverso la ricerca bibliografica dei dati geognostici e geofisici disponibili sul territorio comunale, affiancata da sopralluoghi in situ e dalla realizzazione di nuove indagini geofisiche mirate, rappresentate da n. 1 MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) e n. 1 tomografia sismica a rifrazione, finalizzate ad implementare il quadro conoscitivo, sotto il profilo sismico, dell'area di indagine.

I risultati del livello 1 di microzonazione sismica sono rappresentati nei seguenti elaborati cartografici estesi, come detto, ad un intorno significativo dell'area del Cimitero comunale:

- **Carta delle indagini** (scala 1:10.000), nella quale sono state rappresentate le indagini geognostiche e geofisiche pregresse e le nuove indagini sismiche effettuate;
- **Carta Geologico-tecnica per la Microzonazione Sismica** (scala 1:10.000), redatta a partire dai dati geologici e geomorfologici a disposizione, integrati con ulteriori indagini di terreno;
- **Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica** (Carta delle MOPS, scala 1:10.000), nella quale, a partire dagli elaborati precedenti, sono state individuate zone omogenee in prospettiva sismica, propedeutiche ai successivi livelli di approfondimento.

La base topografica utilizzata è la BDTRE (Banca Dati Territoriale di Riferimento degli Enti) alla scala 1:10.000.

1. EVOLUZIONE DELLA LEGISLAZIONE ANTISISMICA

L'individuazione delle zone sismiche, in Italia, è avvenuta agli inizi del '900 attraverso lo strumento del Regio Decreto emanato a seguito dei terremoti distruttivi di Reggio Calabria e Messina del 28 dicembre 1908. La legislazione antisismica vigente è essenzialmente basata sull'apparato normativo costituito dalla Legge 2 febbraio 1974, n. 64, *recante Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche*. Infatti, solamente nel 1974, attraverso la Legge n. 64, è stata approvata una nuova normativa sismica nazionale che ha stabilito il quadro di riferimento per le modalità di classificazione sismica del territorio nazionale, oltre che di redazione delle norme tecniche.

Successivamente, gli studi di carattere sismologico effettuati all'indomani del terremoto del Friuli Venezia Giulia del 1976 e di quello in Irpinia del 1980, svolti all'interno del Progetto finalizzato "Geodinamica" del CNR, hanno portato ad un notevole aumento delle conoscenze sulla sismicità del territorio nazionale ed hanno consentito la formulazione di una proposta di classificazione sismica presentata dal CNR al Governo, che è stata tradotta in una serie di decreti del Ministero dei Lavori Pubblici approvati tra il 1980 ed il 1984, costituendo, pertanto, la classificazione sismica italiana fino all'emanazione dell'**Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003** "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*", all'interno della quale tutto il territorio nazionale è stato successivamente suddiviso in 4 classi di rischio sismico.

Per quanto riguarda il territorio piemontese, con il **Decreto Ministeriale 04/02/1982 n. 82** vengono individuati 41 Comuni sismici nella zona della bassa Val Susa e del Pinerolese.

A seguito del processo di distribuzione delle competenze fra Stato, Regioni ed Enti Locali, la competenza per l'individuazione delle zone sismiche, la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone è stata trasferita alle Regioni, mentre resta in capo allo Stato quella di definire i relativi criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e le norme tecniche per le costruzioni nelle medesime zone.

Alla luce della sopra citata Ordinanza n. 3274, a differenza di quanto previsto dalla normativa precedente, come si è detto tutto il territorio nazionale è stato classificato come sismico e suddiviso in 4 zone, caratterizzate da pericolosità sismica decrescente; tali zone sono individuate da 4 classi di accelerazione massima del suolo con probabilità di accadimento del 10% in 50 anni. Le prime tre zone della nuova classificazione corrispondono, dal punto di vista degli adempimenti previsti dalla Legge n. 64 del 1974, alle zone di sismicità alta, media e bassa, mentre per la zona 4, di nuova introduzione, viene data facoltà alle regioni di imporre l'obbligo

della progettazione antisismica. In ogni zona è, infatti, prevista l'applicazione della progettazione sismica con livelli differenziati di severità, salvo, come detto, nella zona 4.

Con D.G.R. n. 61-11017 del 17.11.2003 la Regione Piemonte ha successivamente recepito la classificazione sismica dei Comuni come proposto dall'Ordinanza del 2003 ed ha indicato le modalità applicative della nuova normativa antisismica, demandando a specifiche circolari del Presidente della Giunta Regionale la definizione tecnica e procedurale di quanto disposto nella D.G.R.; successivamente è stato effettuato l'aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche con la Deliberazione della Giunta Regionale n. 11-13058 del 19.01.2010 (secondo i criteri del OPCM 3519/2006), meglio precisata dalla D.G.R. n. 65-7656 del 21.05.2014. Con la OPCM 3519/2006 viene riconosciuta una zona 3, differenziata in due ambiti soggetti a distinti regimi procedurali.

La classificazione al momento vigente è stata approvata con la D.G.R. n. 6-887 del 30.12.2019: il territorio regionale è suddiviso secondo le zone 3S, 3 e 4.

Il Comune di Ciriè, ai sensi della D.G.R. n. 6-887 del 30.12.2019 ricade in Classe 3.

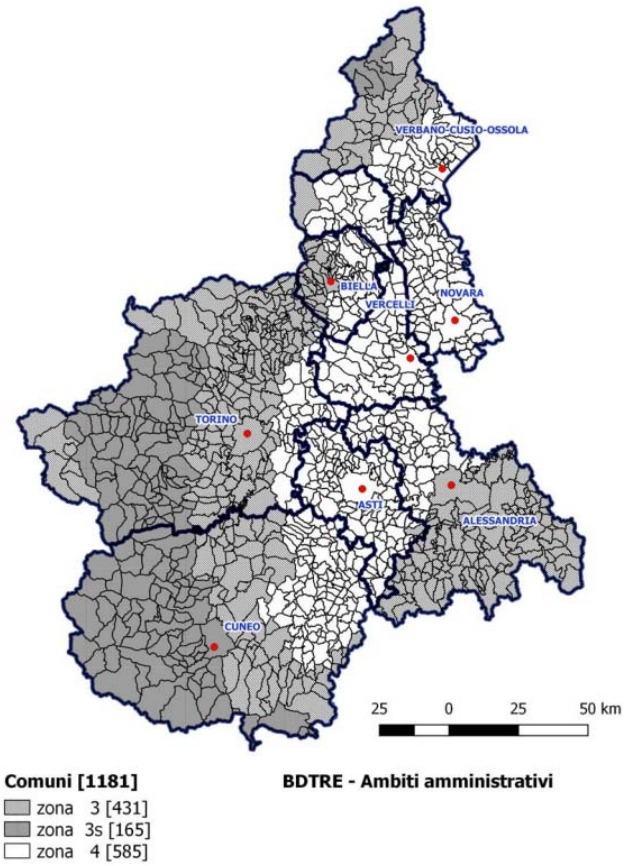


Fig. 1: Mappa di zonazione sismica aggiornata con DGR 6-887/2019

2. ZONAZIONE SISMOGENETICA NAZIONALE PER LA DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) in ottemperanza all'OPCM n. 3274/2003 ha provveduto a rielaborare le mappe relative alla zonazione sismogenetica (ZS9) del territorio nazionale.

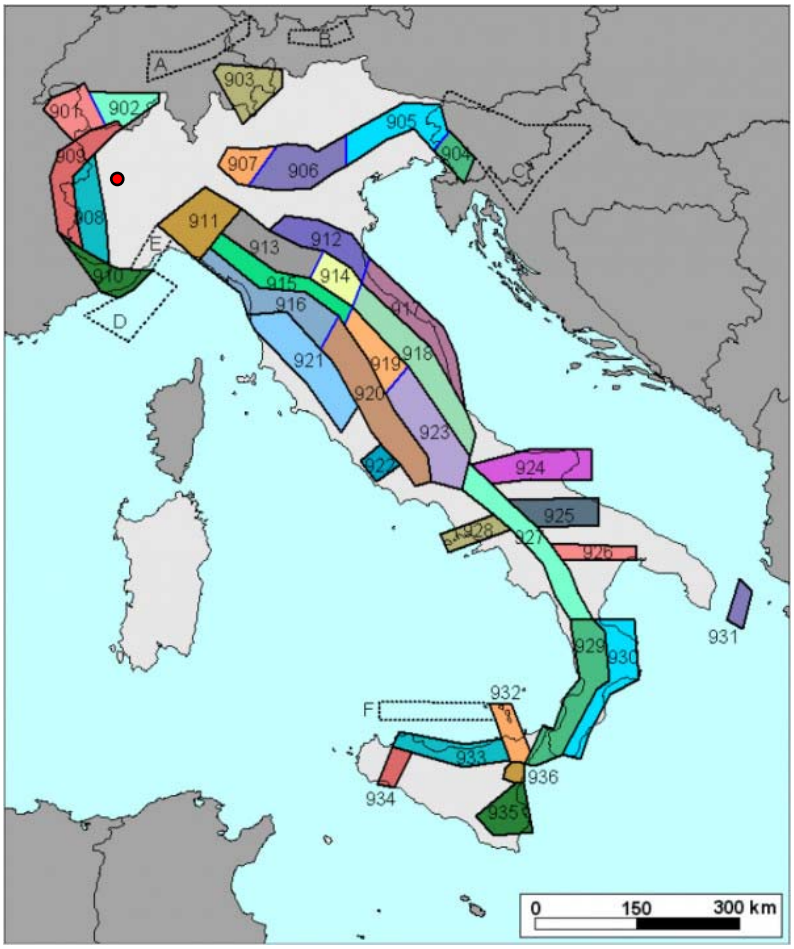


Fig. 2: Zonazione sismogenetica ZS9; in rosso posizione del territorio comunale di Ciriè

Rispetto al catalogo precedente vengono introdotte con la ZS9 informazioni sia per quanto riguarda gli aspetti geometrici delle sorgenti sia per quanto concerne il loro comportamento atteso. Per definire queste zone sono state utilizzate molte fonti tra cui le informazioni sulle sorgenti sismogenetiche italiane del DISS (*Database of the Individual Sismogenetic Sources*), elaborato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e di Vulcanologia (http://diss.rm.ingv.it).

Il territorio di Ciriè si colloca ad una distanza di circa 20 km a nord della sorgente sismogenetica classificata come ITCS023 "Western Piemonte", ascrivibile alle strutture sepolte dell'Arco del Monferrato, il più esterno dei fronti di "thrust" (struttura originata dalla spinta tettonica) dell'Appennino settentrionale.

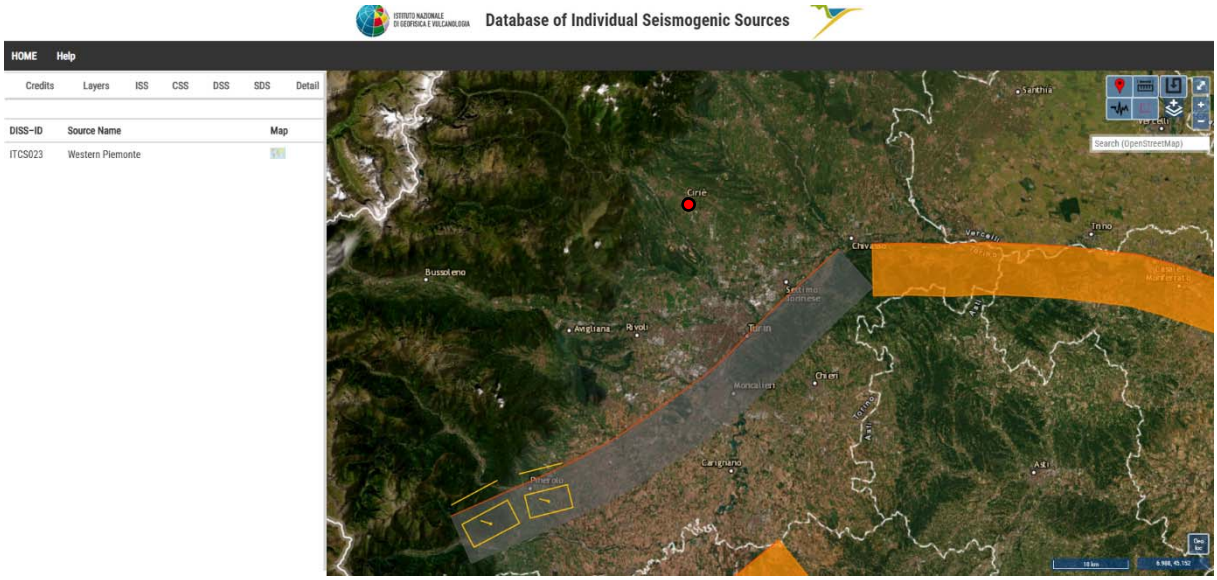


Fig. 3: Posizione del concentrico di Ciriè (in rosso) rispetto alla sorgente sismogenetica

Parameter		Quality	Evidence
Min depth [km]	1.0	OD	Based on inference from intensity data of the 1808 earthquakes.
Max depth [km]	8.0	OD	Based on the maximum depth of the individual seismogenic sources.
Strike [deg] min... max	35...78	LD	Based on geological observations.
Dip [deg] min... max	40...50	EJ	Inferred from geological considerations.
Rake [deg] min... max	130...155	EJ	Inferred from geological data, constrained by orientation of T axes.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1400... 0.2000	OD	Based on modeling of subsurface geological data.
Max Magnitude [Mw]	7.1	ER	Estimated from Leonard's (2014) scaling relations.

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

Fig. 4: Parametri caratteristici della sorgente sismogenetica ITCS023 Western Piemonte"

3. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

3.1. SISMICITA' REGIONALE

La distribuzione areale degli epicentri storici che hanno interessato l'Italia nord-occidentale permette di individuare le aree sismicamente più attive, nonché le direttrici principali lungo le quali di dispongono i meccanismi focali dei sismi.

Il territorio piemontese è caratterizzato lungo i confini settentrionali, occidentali e meridionali dai rilievi montuosi del sistema alpino occidentale e del sistema appenninico settentrionale.

La storia geologica del Piemonte è dominata dalla storia della catena alpina, la cui evoluzione può essere ricostruita in relazione ai movimenti relativi delle placche litosferiche dell'Eurasia e dell'Africa. Il contesto tettonico e i regimi geodinamici attivi portano la regione ad essere sede di frequente attività sismica, solitamente modesta dal punto dell'intensità – con alcuni più rari, ma significativi, eventi più forti rilevati dai dati storici e strumentali – ma notevole in termini di frequenza.

Gli epicentri osservati nell'area alpina occidentale si distribuiscono prevalentemente lungo due direttrici, note storicamente come Arco Sismico Piemontese e Arco Sismico Brianzonese. La prima segue la direzione dell'arco alpino occidentale nella sua parte interna, in corrispondenza del massimo gradiente orizzontale della gravità, lungo il limite fra le Unità Pennidiche e la Pianura Padana. La seconda, più allargata e più superficiale, segue l'allineamento dei massicci cristallini esterni in corrispondenza del minimo gravimetrico delle Alpi occidentali francesi, lungo il Fronte Pennidico, fino a raggiungere l'area del Vallese. Le due direttrici convergono verso sud tra le Alpi del Monviso e le Alpi Marittime. Si osserva una distribuzione di eventi con maggiore dispersione procedendo verso la costa del Mar Ligure. Significativa anche la sismicità dell'Alto Monferrato e del Tortonese. Si osservano inoltre alcuni eventi a maggiore profondità ipocentrale, in particolare in corrispondenza della Pianura Piemontese Occidentale, tra il Torinese e il Cuneese, e del Bacino di Alessandria, correlati alla subduzione delle propaggini rispettivamente dell'arco alpino e di quello appenninico.

La dinamica alla base delle manifestazioni sismiche nel settore occidentale dell'arco alpino consegue gli effetti combinati di una tettonica di tipo convergente-collisionale tra le zolle Euroasiatica e Africana, di una rotazione antioraria dell'interposta microplacca Adria, con polo euleriano collocato in corrispondenza delle Alpi Cozie (Weber et alii, 2010) e di forze di galleggiamento isostatiche. Da ciò ne deriva un regime deformativo di tipo prevalentemente compressivo nel settore alpino interno e regimi trascorrenti nelle altre parti dell'edificio alpino occidentale.

3.2. STORIA SISMICA LOCALE

Con riferimento al territorio comunale di Ciriè, le informazioni relative alla sismicità storica sono scarse.

La versione 2022 v4.0 del Database delle Osservazioni Macrosismiche Italiane (DBMI15 v4.0 https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/) riporta la storia sismica di Ciriè: per questo centro abitato esistono 15 segnalazioni di eventi sismici nella documentazione storica disponibile.

L'evento di maggiore intensità (MW 6.27) risale al 1887, ma con epicentro lontano; per il resto di tratta di fenomeni di bassa intensità.

Ciriè

PlaceID	IT_00720
Coordinate (lat, lon)	45.231, 7.604
Comune (ISTAT 2015)	Ciriè
Provincia	Torino
Regione	Piemonte
Numero di eventi riportati	15

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
4	1905	04	29	01	46	4	Haute-Savoie, Vallorcine	267	7-8	5.10
NF	1905	05	30	04	55		Cuneese	121	5-6	4.65
F	1912	05	31	21	40		Canavese	51	5-6	4.71
NF	1913	12	07	01	28		Valle Scrivia	56	5	4.57
6	1914	10	26	03	43	2	Torinese	63	7	5.24
3-4	1938	12	23	17	37	4	Canavese	28	5	4.22
4	1960	03	23	23	10		Vallese	178	7	5.00
4	1968	06	18	05	27		Valle d'Aosta	60	6	4.86
4	1987	07	03	10	46	5	Canavese	25	6	4.08
5	1990	02	11	07	00	3	Torinese	201	6	4.69
NF	1992	06	17	00	47	0	Valli di Lanzo	26	4-5	3.35
4-5	1995	11	21	04	04	3	Torinese	64	5-6	4.07
NF	2005	06	12	21	16	1	Val di Susa	102	5	3.79
3	2005	09	08	11	27	1	Massif du Mont-Blanc	281		4.44

Anche considerando comuni vicini a Ciriè (in un raggio di 10 km) le storie sismiche risultano composte da poche eventi.

Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
San Carlo Canavese	5	2
San Maurizio Canavese	5	3
Nole	5	3
San Giovanni	1	4
Villanova Canavese	7	4
San Francesco al Campo	4	4
Grosso	3	5
Robassomero	5	5
Vauda Canavese (Vauda Canavese Superiore)	5	5
Mathi	7	6
Fiano	9	7
Barbania	6	7
Cafasse	2	7
Caselle Torinese	7	7
Front	2	7
Monasterolo	1	8
Balangero	7	8
Vallo Torinese	4	8
La Cassa	4	9
Rocca Canavese	3	9
Rivarossa	4	9
Varisella	4	9
Levone	6	10
Borgaro Torinese	3	10

3.3. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica è lo strumento di previsione delle azioni sismiche attese in un certo sito su base probabilistica. La valutazione della pericolosità è propedeutica a qualsiasi azione di valutazione e mitigazione del rischio sismico.

Per il territorio di Ciriè si è fatto ricorso alla disaggregazione della pericolosità sismica: questa operazione consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito.

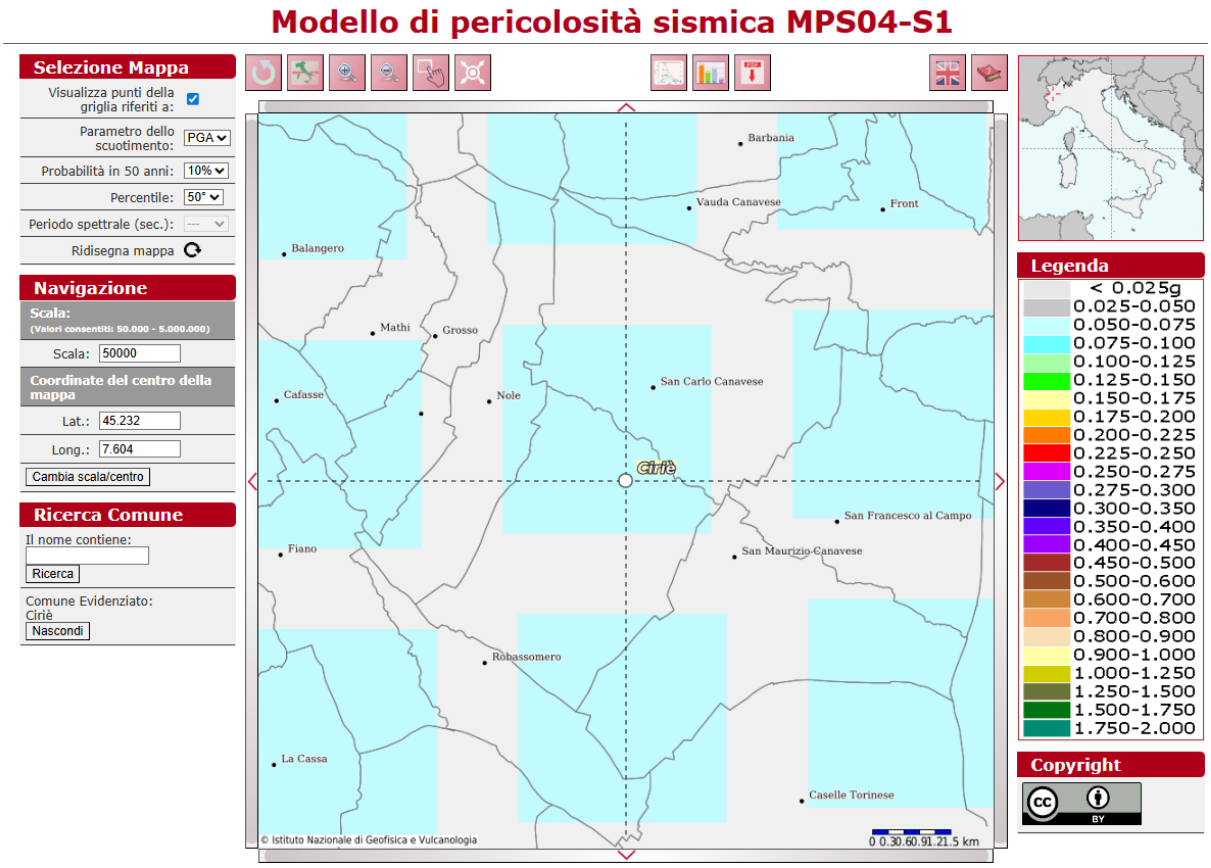


Fig. 5: Mappa di pericolosità sismica

La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza (M-R) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M.

Il processo di disaggregazione considerato fornisce informazioni circa l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito. Analogamente alla disaggregazione in MR è possibile definire la

disaggregazione tridimensionale in M-R-ε dove ε rappresenta il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento (logaritmico) devia dal valore mediano.

I risultati per il capoluogo sono i seguenti valori medi:

Magnitudo MI = 4.9

Distanza (km) = 43.6

ε = 1.68.

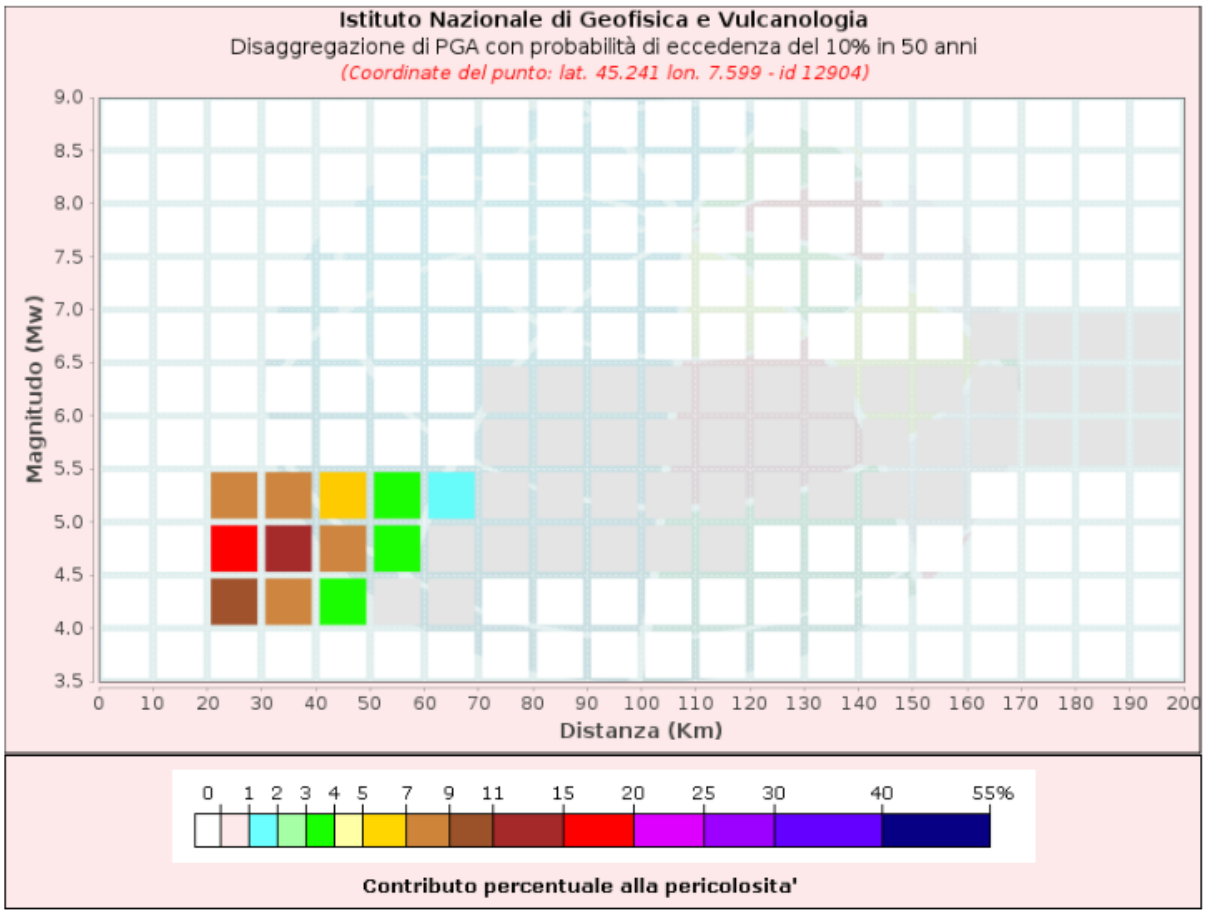


Fig. 6: Disaggregazione del valore di A(g)

Sono stati inoltre identificati i parametri sismici del sito sulla base delle coordinate, utilizzando il programma di calcolo Spettri-NTC ver 1.0.3**.**

I dati del reticolo sismico per la determinazione dell'accelerazione al suolo risultano:

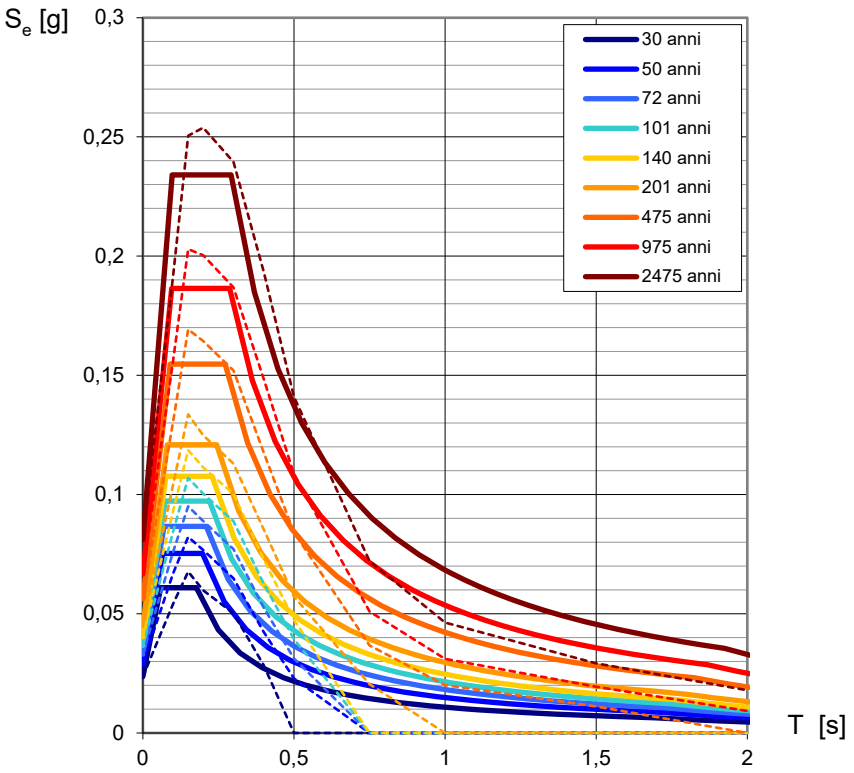
Coordinate geografiche (UTM ED50) Longitudine = 7.599170
Latitudine = 45.242943

Di seguito si riportano i valori dei parametri sismici ed i relativi spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento caratteristici del sito in esame.

Valori dei parametri a_g, F_o, T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento per il sito in esame:

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,024	2,585	0,177
50	0,029	2,585	0,197
72	0,033	2,622	0,210
101	0,037	2,649	0,220
140	0,040	2,671	0,229
201	0,045	2,685	0,244
475	0,056	2,751	0,272
975	0,067	2,798	0,287
2475	0,081	2,888	0,292

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento per il sito in esame:



4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Il territorio comunale di Ciriè si estende in corrispondenza del settore mediano del corpo alluvionale terrazzato riferibile al conoide della Stura di Lanzo, il cui termine più antico ed elevato si identifica con il cosiddetto "*Sistema delle Vaude*".

Il conoide alluvionale della Stura, struttura che prende origine al margine pedemontano in corrispondenza di Lanzo Torinese e si estende con asse NW-SE fino alla Collina di Torino, è inciso dalle valli dei torrenti Stura di Lanzo e Ceronda, ed è dissecato da una serie di solchi vallivi minori connessi al reticolato idrografico affluente.

I depositi che costituiscono il conoide alluvionale hanno età compresa tra il Pleistocene medio-superiore (unità non più in rapporto diretto con il corso d'acqua principale) e l'Olocene attuale.

Il corpo alluvionale è costituito da sedimenti ghiaioso-ciottolosi, con frazione fine sabbiosa e sabbioso-limosa. Le unità più antiche, pleistoceniche, sono coperte da una coltre di spessore metrico di limi argillosi pedogenizzati di colore arancio (löess). Verso la porzione apicale del conoide i depositi alluvionali poggiano direttamente sul basamento roccioso di pertinenza del Massiccio Ultrabasico di Lanzo, mentre la restante parte del complesso alluvionale poggia al di sopra del complesso lacustre e fluvio-lacustre "*Villafranchiano*", di età compresa tra il Pliocene medio-inf. e il Pleistocene inferiore.

Dal punto di vista morfologico il conoide è caratterizzato da una successione di più superfici terrazzate, delimitate da scarpate di erosione più o meno acclivi e di altezza variabile, fino a 20 metri.

Per la descrizione dettagliata del modello geologico utilizzato quale base del presente studio di microzonazione, si rimanda al successivo Cap.6.

5. DATI GEOGNOSTICI E GEOFISICI

I dati geognostici e geofisici acquisiti ai fini dello studio di microzonazione sismica sono rappresentati da dati pregressi e dalle risultanze di nuove indagini effettuate in occasione del presente studio.

I dati pregressi sono relativi ad indagini geognostiche effettuate dal 1981 al 2007 nel settore nord del territorio comunale, le cui stratigrafie sono riportate all'interno della Banca Dati di ARPA Piemonte e da prove penetrometriche effettuate dallo Scrivente in un intorno significativo dell'area in esame.

In tabella seguente sono riassunte le indagini geognostiche effettuate in passato, le cui relative stratigrafie disponibili sono contenute nella documentazione trasmessa in allegato, secondo gli *Standard ICMS v.4.2*.

INDAGINE	PROFONDITA' (m)	TIPOLOGIA
001086P01	12.50	Sondaggio a rotazione a carotaggio continuo
001086P02	11.50	Sondaggio a rotazione a carotaggio continuo
001086P03	10.0	Sondaggio a rotazione a carotaggio continuo
001086P04	10.0	Sondaggio a rotazione a carotaggio continuo
001086P05	10.0	Sondaggio a rotazione a carotaggio continuo
001086P06	2.40	Prova penetrometrica dinamica
001086P07	2.20	Prova penetrometrica dinamica

La numerazione adottata per le indagini è quella riportata all'interno della *Carta delle indagini* allegata alla presente relazione.

Le nuove indagini, effettuate in data novembre 2025, sono rappresenta da:

- N. 1 indagine sismica di tipo MASW
- N. 1 tomografia sismica a rifrazione

Le nuove indagini sono state effettuate lungo la strada sterrata posta immediatamente ad ovest dell'attuale area cimiteriale (Allegato A – *Carta delle indagini*).

5.1. INDAGINE SISMICA MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES)

Al fine di fornire una caratterizzazione sismica dei depositi costituenti il sottosuolo è stata effettuata una prospezione sismica di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves). Tale tipologia di indagine si propone di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali (onde di Rayleigh), che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde stesse. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione (da "Caratterizzazione sismica dei suoli con il metodo MASW - Multichannel Analysis of Surface Waves - Ing. Vitantonio Roma).

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano e quindi interessano e caratterizzano gli strati più profondi del suolo ***(Fig. 7)***.

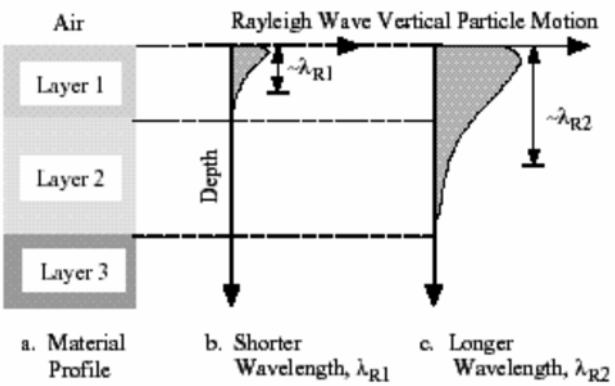


Fig. 7: La profondità investigata dalle onde di Rayleigh dipende dalla lunghezza d'onda, dalla velocità delle onde di taglio Vs e dalla frequenza. (Stokoe II and Santamarina, 2000)

Nel dettaglio nel caso in esame, viste le condizioni morfologiche e di operatività che caratterizzano il sito di indagine, è stata eseguita una prospezione MASW attiva ***(Fig. 8).***

Lo stendimento è stato costituito da n. 24 geofoni verticali da 4.5 Hz (interasse tra i geofoni pari a 3.0 m) per una lunghezza complessiva di 69.0 m.

Nella figura seguente è riportato lo schema tipo della procedura di campagna seguito per la realizzazione della prospezione MASW attiva.

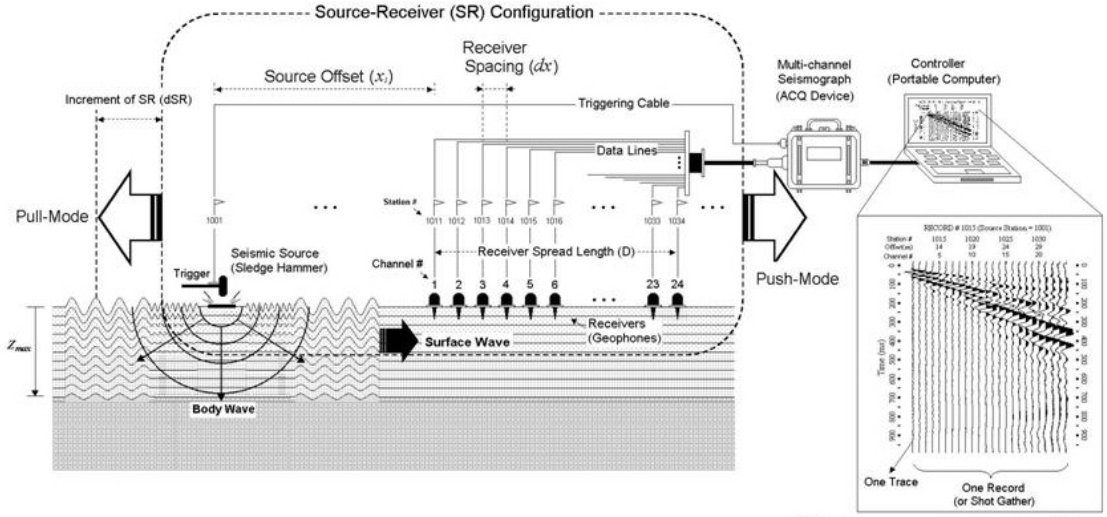


Fig. 8: Schema tipo prospezione sismica "MASW" attiva

L'indagine è consistita nell'acquisizione del segnale prodotto percuotendo con una mazza del peso di circa 8 kg una piastra metallica posta a diretto contatto con il terreno. L'avvio dell'acquisizione è stato realizzato mediante la posa in prossimità della piastra metallica di battuta di un geofono detto "di trigger" o "starter", collegato a sua volta all'apparecchiatura per la registrazione del segnale.

Al fine di limitare l'effetto del rumore sismico di fondo e di conseguenza aumentare il Rapporto S/N (Segnale/Rumore), è stata attivata la procedura di "vertical stacking" in corrispondenza di ciascun punto sorgente di onde, che consiste nell'eseguire più scoppi reiterando la misura e sommando i valori registrati di volta in volta.

L'elaborazione dei dati acquisiti è stata effettuata per mezzo del programma SurfSeis 6.0 elaborato dal Kansas Geological Survey dell'Università del Kansas (U.S.A.).

A partire dai dati registrati in sito con l'acquisizione multicanale attiva il programma ricostruisce l'immagine di dispersione, detta anche "Overtone", che indica la distribuzione della velocità di fase (asse delle ordinate) delle onde sismiche rispetto alla frequenza d'onda (asse delle ascisse, vedi ***Fig. 9*** Overtone e curva di dispersione).

In seguito, per mezzo del processo di inversione il programma ricava l'andamento della velocità delle onde di taglio (Vs) dei depositi costituenti il sottosuolo secondo la configurazione correlata alla curva di dispersione teorica che meglio approssima la curva di dispersione ottenuta dai dati misurati in sito. Le velocità delle onde di taglio (Vs) che, per

convenzione, vengono attribuite al punto medio dello stendimento (vedi ***Fig. 10*** Profilo stratigrafico monodimensionale delle Vs).

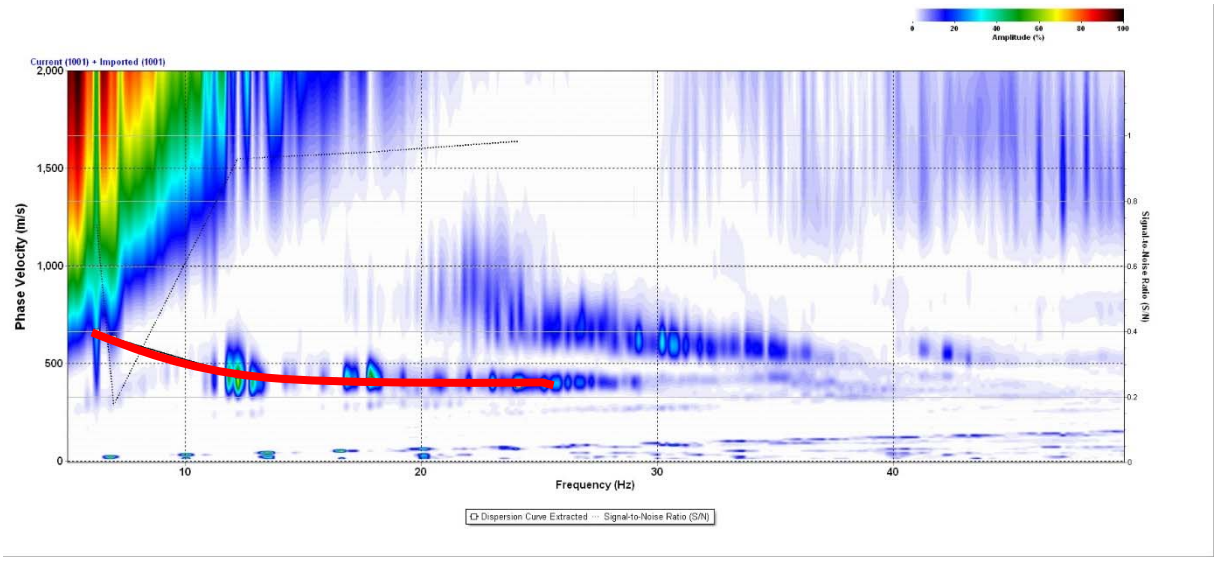


Fig. 9: Overtone e curva di dispersione

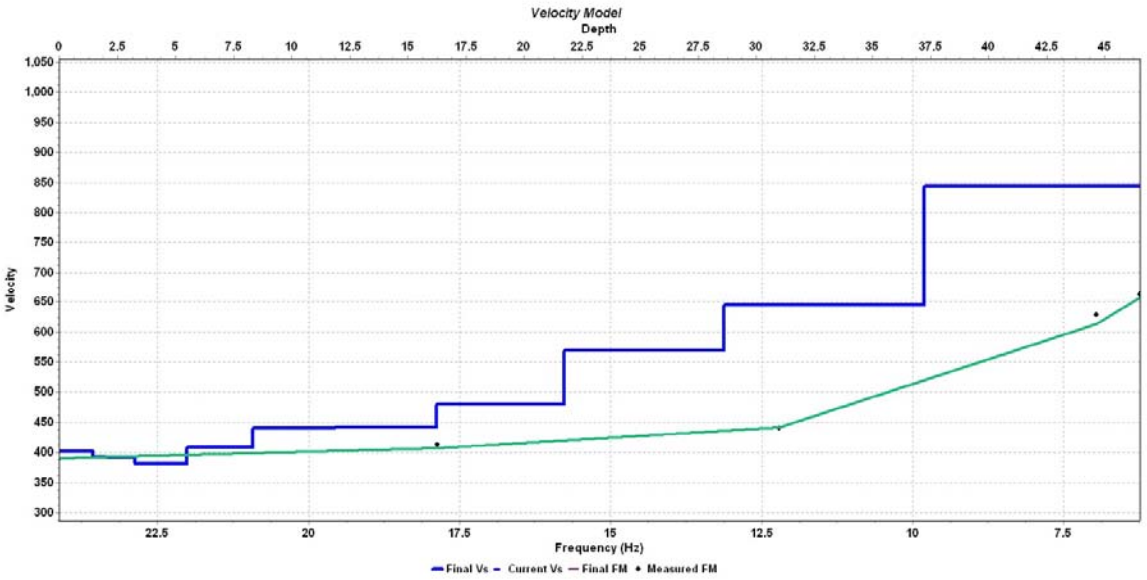


Fig. 10: Profilo stratigrafico monodimensionale delle Vs

Noti quindi i valori di Vs dei vari orizzonti indagati è stato calcolato il valore di $V_{s,eq}$ ossia la velocità media di propagazione delle onde di taglio mediante la relazione di seguito riportata (D.M. 17/01/2018):

$$Vs,eq = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{v_{S,i}}}$$

Dove:

hi [m]: spessore dello strato i-esimo;
vS,i [m/s]: velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo;
N : numero totale di strati;
H : profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $Vs_{,eq}$ è definita dal parametro Vs_{30}, ottenuto ponendo H=30 m e considerando le profondità degli strati di terreno fino a tale profondità.

Per il sito in esame si è ricavato un valore di ***$Vs_{,eq}$*** **pari a 463.9 m/s corrispondente, con riferimento alle NTC 2018 (Cap. 3, Tab. 3.2.II), a**:

- suoli di categoria B: *"Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s."*

5.2. INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE DI TIPO TOMOGRAFICO

Al fine di indagare il sottosuolo dell'area direttamente interessata dalla Variante in oggetto, è stata realizzata un'indagine sismica a rifrazione mediante n. 1 stendimento costituito da n. 24 geofoni da 12 Hz ciascuno infissi nel terreno, ad un interasse pari a 3 m, per una lunghezza complessiva di 69 m.

I metodi sismici studiano la propagazione delle onde sismiche generate artificialmente, permettendo di ricostruire la struttura geologica del sottosuolo. Tra i metodi sismici, la sismica a rifrazione consiste nella realizzazione di profili longitudinali strumentati con sensori (geofoni), posti tra loro ad una distanza prefissata e regolare. L'energia liberata da uno scoppio o dalla percussione di una massa battente giunge ai sensori provocando una perturbazione che viene registrata da un sismografo. La misura dei tempi di arrivo delle onde elastiche ai geofoni fornisce il valore della velocità di propagazione e dello spessore dei diversi materiali attraversati.

Le onde sismiche sono state generate artificialmente, colpendo una piastra metallica posta a diretto contatto con il terreno con una mazza del peso di 8 kg.

L'avvio dell'acquisizione è stato realizzato mediante il posizionamento in prossimità della piastra metallica di battuta di un geofono detto "di trigger" o "starter", collegato a sua volta all'apparecchiatura per la registrazione del segnale. È stata utilizzata attrezzatura MAE srl mod. X824S, sismografo 24 bit.

L'indagine ha previsto la realizzazione di n. 7 scoppi di energizzazione disposti lungo lo stendimento come di seguito indicato:

Scoppio	***Ubicazione scoppi di energizzazione***
1	Esterno allo stendimento, ad un interasse di distanza dal geofono n.1
2	Interno allo stendimento, intermedio tra i geofoni n. 4 e 5
3	Interno allo stendimento, intermedio tra i geofoni n. 8 e 9
4	Interno allo stendimento, intermedio tra i geofoni n. 12 e 13
5	Interno allo stendimento, intermedio tra i geofoni n. 16 e 17
6	Interno allo stendimento, intermedio tra i geofoni n. 20 e 21
7	Esterno allo stendimento, ad un interasse di distanza dal geofono n.24

L'elaborazione dei dati acquisiti in campo è stata effettuata per mezzo del programma Rayfract 3.33 della "*Intelligent Resources Inc.*" (Canada e Svizzera). Questo programma consente di ricostruire, una volta individuati i tempi di primo arrivo delle onde sismiche registrate da ogni geofono per ciascun punto di energizzazione, un'immagine tomografica del sottosuolo indicante la distribuzione della velocità delle onde.

Di seguito si riporta la sezione tomografica ottenuta per il sito in esame.

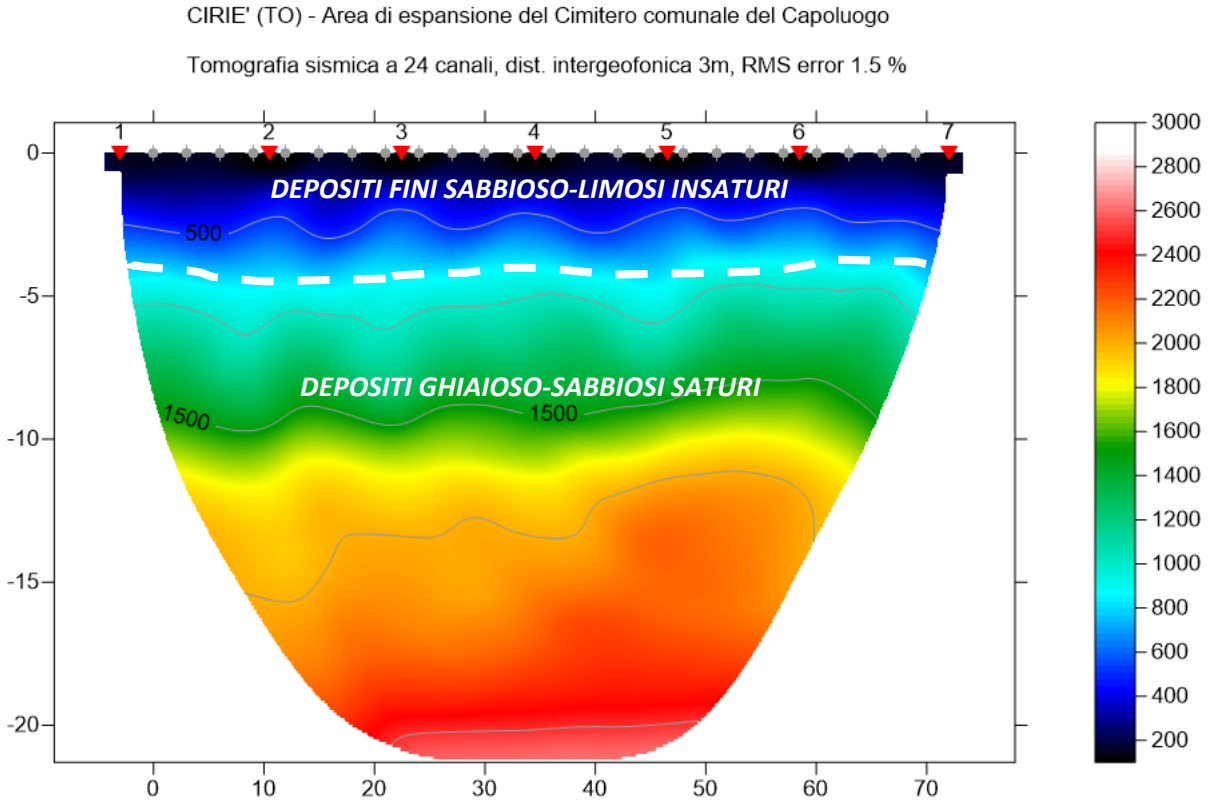


Fig. 11: Tomografia sismica

6. ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO E IDROGEOLOGICO – MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO

A partire dalle informazioni geologiche e dai dati geognostici acquisiti è stato ricostruito il modello geologico di riferimento per il sottosuolo del territorio indagato, rappresentato sulla Carta Geologico-tecnica.

I depositi olocenico-pleistocenici che costituiscono il conoide alluvionale sono rappresentati da sedimenti ghiaioso-ciottolosi con frazione fine sabbioso-limosa sormontati da una coltre metrica di limi sabbioso-argillosi interpretati come prodotti loessici o di eventuale rielaborazione di originario loess ad opera del reticolo idrografico minore. La base del corpo alluvionale olocenico-pleistocenico è rappresentata dal complesso dei depositi lacustri e fluvio-lacustri del "*Villafranchiano*", di età compresa tra il Pliocene medio-inferiore ed il Pleistocene inferiore, che rappresentano una successione sedimentaria costituita da depositi continentali di tipo fluviale-deltizio e fluvio-lacustre; esso è rinvenibile in affioramento saltuario nell'ambito del territorio comunale lungo l'incisione della Stura, ove è caratteristica la presenza di livelli di lignite e di resti arborei in posto (Foresta fossile). Tale unità (intercettata dalle perforazioni più profonde per approvvigionamento idrico) raggiunge il massimo spessore in corrispondenza dell'areale tra Fiano-Druento-Venaria, dove supera i 200 m circa, e si assottiglia bruscamente nel suo settore distale, sino a scomparire presso il margine settentrionale della Collina di Torino.

Per quanto riguarda l'assetto litostratigrafico profondo ed il modello idrogeologico ad esso riconducibile, si è fatto riferimento alla letteratura specifica pubblicata negli anni scorsi a cura della Provincia di Torino (BORTOLAMI G.C., FRANCERI E., RICCI B., "Lineamenti geoidrologici della provincia di Torino con riferimento allo stato idrogeochimico delle falde del sottosuolo dell'area ecologica torinese", 1980; BORTOLAMI G.C., DE LUCA D., FILIPPINI G., "Le acque sotterranee della pianura di Torino - Aspetti e problemi", 1990; BORTOLAMI G.C., DE LUCA D., MASCIOCCO L., MORELLI di POPOLO e TICINETO A., "Le acque sotterranee della pianura di Torino - Carta della base dell'acquifero superficiale", 2003) e della Regione Piemonte ("Progetto per la pianificazione delle risorse idriche del territorio piemontese", 1980; A. IRACE, P. CLEMENTE, M. NATALICCHIO, L. OSSELLA, S. TRENKWALDER, D. A. DE LUCA, P. MOSCA, F. PIANA, R. POLINO e D. VIOLANTI "Geologia e idrostratigrafia profonda della Pianura Padana occidentale", 2009).

Si è tenuto conto della stratigrafia dei pozzi idropotabili ("Campasso" 200 m e "Ciriè" 106 m) le cui stratigrafie sono allegate alla documentazione trasmessa secondo gli Standard ICMS.

Dal punto di vista idrogeologico l'area in esame è quindi caratterizzabile da 2 complessi deposizionali sovrapposti al substrato geologico (*La successione stratigrafica del settore destro del Conoide di Lanzo e il suo significato per l'utilizzo del territorio - Forno et al., 2009*):

- Complesso A = depositi di conoide alluvionale (Olocene-Pleistocene medio-sup.)
- Complesso B = "*Villafranchiano*" (Pliocene medio-inf a Pleistocene inf.) suddivisibile in due complessi caratterizzati da ambiente deposizionale differente e separati da netta superficie erosionale (complesso inf. di piana deltizia, complesso sup. di piana alluvionale)

A tali complessi deposizionali corrispondono n.2 complessi idrogeologici:

- Complesso acquifero superficiale compreso nell'ambito dei depositi alluvionali Pleistocenici ed Olocenici, sede della falda freatica, avente soggiacenza dell'ordine di 3-4 m in corrispondenza dell'area in oggetto (spessore indicativo 30-50 m)
- Complesso acquifero profondo rappresentato dalle alternanze di orizzonti sabbioso-ghiaiosi e limoso-argillosi del "*Villafranchiano*" (spessore minimo 150-200 m)

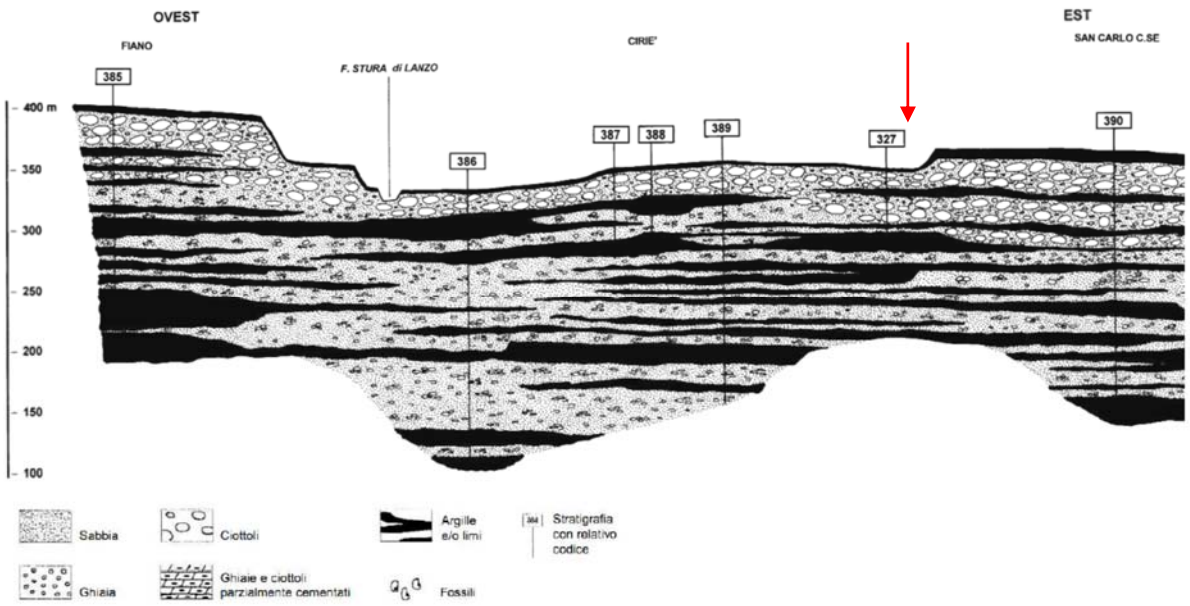


Fig. 12: Schema dei rapporti stratigrafici che sottendono la suddivisione degli acquiferi (da: "Le acque sotterranee della Provincia di Torino, 2002")

7. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

I dati geognostici e geofisici a disposizione si ritengono esaustivi nella caratterizzazione dell'area in oggetto, in quanto l'area non mostra significativa variabilità laterale dal punto di vista geologico.

8. ELABORATI CARTOGRAFICI

Nell'ambito dello studio di Microzonazione sismica di livello 1, nel rispetto dei criteri indicati dalla Regione Piemonte, sono state prodotte tre cartografie tematiche, a scala dell'area di indagine: la Carta delle indagini, la Carta geologico-tecnica, la Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS).

8.1. CARTA DELLE INDAGINI

La carta individua la distribuzione delle indagini reperite, con particolare riferimento a quelle di maggiore significatività che consistono nelle indagini geofisiche (MASW e tomografia sismica a rifrazione) e geotecniche (sondaggi a carotaggio continuo, prove penetrometriche dinamiche).

Tutte le indagini di cui al precedente paragrafo sono state riportate sulla carta tematica in esame, rappresentandole mediante la simbologia introdotta dagli Standard di Microzonazione Sismica (v 4.2).

8.2. CARTA GEOLOGICO-TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA

La carta geologico-tecnica a supporto degli studi di microzonazione sismica di livello 1 deriva dalla raccolta delle informazioni geologiche disponibili tratte da studi geologici pregressi a supporto delle varianti di P.R.G.C. o da relazioni a supporto di interventi edilizi pubblici e/o privati.

La carta fornisce elementi utili alla definizione di microzone omogenee in prospettiva sismica individuando le aree in cui i terreni quaternari di copertura individuano, per assetto geometrico, costituzione e grado di addensamento/consistenza, differenti unità litotecniche.

Seguendo la metodologia prevista dagli Standard di microzonazione sismica (v. 4.2), di cui al § 1.1.2 "*Carta geologico-tecnica per la Microzonazione Sismica*", sono state cartografate le seguenti unità geologico-litotecniche:

A. Terreni di copertura:

- SM: sabbie limose, miscela di sabbia e limo
- GM: ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo

Nella carta, al codice identificativo della litologia di terreno di copertura è associato un secondo codice relativo all'ambiente genetico e deposizionale:

- *ca – conoide alluvionale*
- *tf - terrazzo fluviale*

Tra gli elementi geologici sono riportati i sondaggi con indicata la profondità raggiunta, nel caso non si sia intercettato il bedrock sismico.

A tale proposito si ribadisce che le varie tipologie di depositi presenti nell'area oggetto di studio non sono del tutto compiutamente rappresentate nelle classi granulometriche proposte dagli standard rappresentativi di riferimento. I depositi alluvionali si contraddistinguono per uno spettro granulometrico estremamente eterogeneo, caratterizzato dall'abbondante presenza di frazione più fine (sabbioso-limosa e argillosa) soprattutto nei primi metri a partire dal p.c. (es. depositi fini di pertinenza del T. Banna oppure coltre superficiale alterata dei depositi ghiaiosi alluvionali terrazzati del T. Stura), risultando in transizione verticale verso livelli più grossolani, francamente ghiaiosi, più o meno alterati a seconda dell'età di deposizione.

8.3. CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (CARTA DELLE MOPS)

Sulla base delle informazioni raccolte e contenute nelle due tavole precedenti è stata redatta la Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS).

Nell'area in oggetto, allo stato attuale delle conoscenze, è stata individuata un'unica zona omogenea stabile, suscettibile di amplificazioni locali: lo spessore complessivo dei sedimenti costituenti i Complessi di copertura del substrato è stimabile in almeno 200 m. Il generale contesto geologico-stratigrafico regionale descritto e la similitudine delle componenti spettrali delle prove MASW disponibili, consentono di escludere, alla scala del settore indagato, locali amplificazioni e conseguenti effetti di sito riconducibili alla superficialità del substrato. In cartografia è stata indicata la colonna stratigrafica rappresentativa, non sono state individuate zone di attenzione per instabilità o liquefazione.

ALLEGATI

- ***A. Carta delle indagini***
- ***B. Carta geologico-tecnica***
- ***C. Carta delle MOPS***