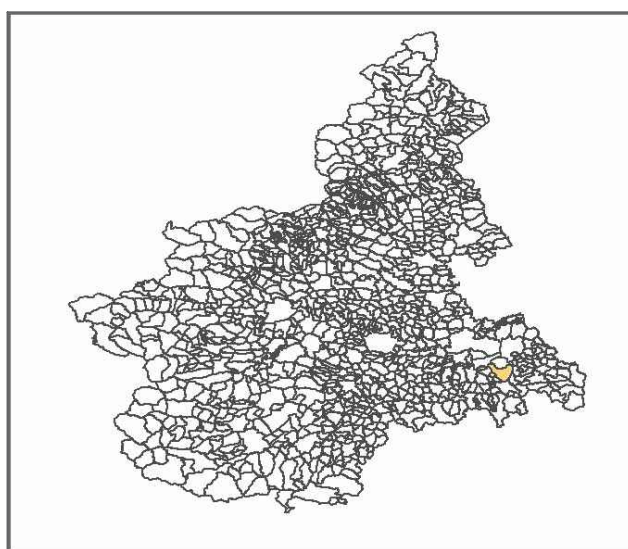


Attuazione dell'articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione illustrativa

Regione Piemonte Comune di Novi Ligure



Regione	<p>Soggetto realizzatore</p> <p>Dott. Geol. Riccardo Ferretti A.P. SEZ. A n. 134 O.R.G.P.</p> <p>Dott. Geol. Maria Cristina Pleba A.P. SEZ. A n. 257 O.R.G.P.</p> <p>Collaboratore: Dott. Geol. Elena L. Scarpa A.P. SEZ. A n. 782 O.R.G.P.</p> <p>Studio Geologico Dott. Geol. Ferretti Riccardo Via Marsala 9 – 15057 Tortona (AL)</p> <p>Studio Geologico PLEBA & PLEBA Via Mentana 10 – 15045 Sale (AL)</p>	<p>Data</p> <p>Marzo 2017</p>
---------	---	-------------------------------

SOMMARIO

	PAG.
1. INTRODUZIONE	2
2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	4
2.1 RICERCA STORICA	4
2.2 QUADRO DELLE CARATTERISTICHE SISMOLOGICHE – PERICOLOSITA’ DI BASE.....	49
3. ASSETTO GEOLOGICO–TETTONICO–GEOMORFOLOGICO DELL’AREA	52
3.1 AMBITO STRUTTURALE.....	52
3.2 AMBITO GEOLOGICO	63
3.3 AMBITO GEOLITOLOGICO.....	65
3.4 AMBITO GEOMORFOLOGICO	65
3.5 AMBITO GEOIDROLOGICO	66
4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI.....	67
5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO	68
6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE.....	70
7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI.....	71
7.1 ATTENUAZIONE DELL’ACCELERAZIONE SISMICA	71
7.2 EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE DELL’ACCELERAZIONE SISMICA	71
7.3 EFFETTI DI INSTABILITA’ DOVUTI A FENOMENI “COSISMICI”	72
7.4 ANALISI DELLA LIQUEFAZIONE	72
8. ELABORATI CARTOGRAFICI	74
8.1 CARTA DELLE INDAGINI.....	74
8.2 CARTA GEOLOGICO TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA (CGT_MS).....	75
8.3 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS).....	77
9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI	82
10. BIBLIOGRAFIA	84

ELABORATI CARTOGRAFICI:

- CARTA DELLE INDAGINI - base cartografica BDTRE scala 1:10.000
- CARTA GEOLOGICO TECNICA - base cartografica BDTRE scala 1:10.000
- CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA- base cartografica BDTRE scala 1:10.000.

1. INTRODUZIONE

Il PRGC del Comune di Novi Ligure, approvato con D.G.R. n. 48-1721 del 19/11/1990, è stato redatto ai sensi del titolo III della L.R. 56/77 e s.m.i e successivamente integrato e modificato da diverse varianti.

E' in corso il procedimento di Variante Strutturale di adeguamento al PAI e Sismico secondo le procedure previste Circ. P.G.R. 7/LAP del 8/05/1996, ex L.R. 1/2007, ex D.G.R. n. 2-11830/2009, ex D.G.R. 31-1844/2011, D.G.R. n. 4-3084/2011.

Sono state effettuate le analisi e gli approfondimenti specifici per le verifiche di compatibilità idraulica ed idrogeologica al P.A.I. sulla base di indagini conformi alla Circ. 7/LAP e redatti dal Dott. Geol. Davide Fossati i seguenti elaborati:

- Tav. 1: Carta geomorfologica e dei dissesti – scala 1:10.000
- Tav. 1bis: Carta geologica – scala 1:10.000
- Tav. 2: Carta della dinamica fluviale, del reticolo idrografico minore, delle opere di difesa idraulica censite e dell'ultimo evento alluvionale – scala 1:10.000
- Tav. 3: Carta geoidrologica e schema litostratigrafico – scala 1:10.000
- Tav. 4: Carta dell'acclività – scala 1:10.000
- Tav. 5: Carta litotecnica – scala 1:10.000
- Tav. 6: Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica – scala 1:10.000.

La Procedura regionale di esame del dissesto risultante dalle Verifiche di compatibilità idraulica ed idrogeologica è stata conclusa ed il Parere di idoneità del quadro del dissesto locale espresso dal Gruppo Interdisciplinare è stato trasmesso dalla Regione Piemonte in data 28-5-2010.

Con D.G.R. 19 gennaio 2010 n. 11-13058 il Comune di Novi Ligure è stato classificato in zona sismica 3. Con Determina Sett. 3 Urbanistica n. 57/822 del 17/10/2011 e successive n. 4/38 del 22/1/2013 e n. 62/1133 del 20/11/2014 è stato pertanto conferito incarico per redigere gli elaborati integrativi a quelli di cui alle Verifiche PAI sopraelencati finalizzati al Parere Regionale per quanto concerne gli aspetti sismici ai sensi dell'art. 89 del D.P.R. 380/01, come previsto dalla D.G.R. n. 17-2172 del 13/06/2011.

A seguito dell'entrata in vigore della D.G.R. n. 4-3084 del 12/12/2011, che ha recepito la classificazione sismica ed i disposti dell'art. 89 del D.P.R. 380/2001 e richiama l'obbligatorietà del parere preventivo sul progetto preliminare degli Strumenti Urbanistici Generali e delle loro Varianti dei comuni dichiarati sismici (norma già presente nella Legge n. 64 del 02/02/1974 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"), è stato dato incarico di predisporre gli elaborati secondo quanto previsto al punto 4.2 "Modalità e procedure per il rilascio del parere preventivo" della soprarichiamata D.G.R. n. 4-3084/2011 che recita *"Gli studi geologici allegati allo strumento urbanistico generale sono predisposti sulla base degli standard fissati dai criteri tecnici regionali in materia, strutturando le informazioni rilevanti sotto il profilo sismico secondo le indicazioni contenute negli "Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica" (di seguito ICMS), individuati come elaborato tecnico di riferimento per il Piemonte con D.G.R. n. 17-2172 del 13.06.2011"*.

Infatti a partire dal 1/6/2012 gli studi finalizzati alla prevenzione del rischio sismico a supporto degli strumenti urbanistici generali, e loro varianti generali e strutturali, dei Comuni

compresi nelle zone sismiche 3S e 3, devono essere predisposti secondo le modalità previste dall'allegato A alla D.D. 540/DB1400 del 9/03/2012 che prevede, in sede di richiesta di parere ai sensi dell'art. 89 del DPR 380/2001, a corredo degli strumenti urbanistici, una specifica indagine di microzonazione sismica con approfondimenti corrispondenti al livello 1 degli ICMS "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" a cura del Dipartimento della Protezione Civile (approvati dalla Conferenza delle Regioni e Province autonome il 13/11/2008 ed individuati dall'O.P.C.M. n. 3907/2010 quale documento tecnico di riferimento per la realizzazione degli studi).

Il livello 1 degli ICMS prevede, oltre alla presente relazione geologico-tecnica, la realizzazione dei seguenti elaborati predisposti tramite tecnologia GIS e georeferenziati UTM-WGS 1984:

- Carta delle Indagini
- Carta Geologico Tecnica per la microzonazione sismica (CGT_MS)
- Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS).

La microzonazione sismica (MS) ha lo scopo di riconoscere ad una scala sufficientemente grande le condizioni locali che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso o produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni e le infrastrutture.

Il modello tridimensionale del sottosuolo, strumento conoscitivo propedeutico alla redazione della carta di MS, è stato pertanto ricostruito sulla base della valutazione dei dati litostratigrafici e geofisici disponibili esistenti (Rif. Carta delle indagini) e di osservazioni geologiche e geomorfologiche (Rif. Carta geologico tecnica).

La metodologia di studio seguita si può schematizzare secondo le seguenti fasi:

- ricerca storica finalizzata a reperire informazioni sugli effetti conseguenti ad eventi sismici avvenuti in passato nella zona di studio;
- inquadramento delle caratteristiche sismologiche del territorio comunale attraverso la raccolta dei dati e delle informazioni derivanti da studi e pubblicazioni effettuati da organismi, enti ed istituti di ricerca di settore;
- raccolta delle informazioni e dei dati di indagini presso le diverse Fonti di archivio e Banche Dati e redazione della relativa Carta delle Indagini secondo gli standard di codifica previsti nella pubblicazione dell'ottobre 2015 "Microzonazione Sismica – Standard di rappresentazione e archiviazione informatica" a cura della Commissione Tecnica per la microzonazione sismica nominata con D.P.C.M. 21 Aprile 2011;
- elaborazione delle informazioni ricavabili dalle indagini raccolte con la ricostruzione degli schemi dei rapporti stratigrafici più significativi attraverso n. 2 sezioni geologiche;
- elaborazione e sovrapposizione di tutte le informazioni di carattere geomorfologico, idrogeologico, geologico-litotecnico, stratigrafico attraverso la redazione della Carta geologico-tecnica che pertanto revisiona totalmente, secondo gli standard ed i dati integrativi richiesti, la cartografia tematica originaria delle Verifiche PAI così come aggiornata in seguito all'evento alluvionale 13/10/2014 ;
- elaborazione della Carta delle MOPS (delle microzone omogenee in prospettiva sismica) con la zonazione del territorio comunale in scala 1:10.000 e georeferenziata UTM-WGS1984 secondo gli standard di codifica previsti nella pubblicazione del ottobre 2015 "Microzonazione Sismica – Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Versione 4.0b" a cura della Commissione Tecnica per la microzonazione sismica nominata con D.P.C.M. 21 Aprile 2011.

2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

2.1 RICERCA STORICA

E' stata effettuata una raccolta dei dati relativi alla pericolosità sismica del territorio comunale e delle notizie storiche sull'attività sismica dell'area.

E' stata eseguita una ricerca di informazioni storiche presso i siti:

- dell'INGV (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI/>)
- dell'ARPA (<http://www.arpa.piemonte.gov.it/approfondimenti/temi-ambientali/terremoti/documentazione-e-dati>)
- della Regione Piemonte (http://www.regione.piemonte.it/oopp/rischio_sismico/microzonazione.htm)
- della Protezione Civile (<http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/microzonazione.wp>)
- di ISPRA Ambiente (<http://sgi1.isprambiente.it/GeoMapView/index.html>)

Sul sito dell'**ARPA Piemonte** è possibile la consultazione della documentazione relativa alla sismicità in Piemonte realizzata anche attraverso i dati registrati dalle centraline di rilevamento della Rete Sismografica RSNi (Regional Seismic network of Northwestern Italy), gestita dall'Università di Genova.

Nella Figura 1 sono riportate le segnalazioni e le registrazioni, relative a:

- Eventi sismici dal 1000 al 1981, da registrazioni strumentali e bibliografia, derivanti dalla Banca Dati Geologica del Centro Regionale per le Ricerche Territoriali e Geologiche di Arpa Piemonte;
- Eventi sismici dal 1981 al 2000 del "Catalogo Sismico 1982-2000" pubblicato da Regione Piemonte e Università degli Studi di Genova nel 2000. Le informazioni contenute nel dataset fanno riferimento alla sismicità in Piemonte e aree limitrofe. Fonte del dato è il Regional Seismic Network of Northwestern Italy – RSNi (UNI Genova), mentre la gestione è dell'Area delle attività regionali per l'indirizzo e il coordinamento in materia di previsione e monitoraggio ambientale di Arpa Piemonte. Le coperture rappresentano l'elaborazione su base territoriale dei dati inseriti nel Sistema Informativo Monitoraggio.
- Eventi sismici dal 2001 al 2008, comunicati in tempo reale dalla rete RSNi e salvati nella Banca Dati Monitoraggi di Arpa Piemonte. Le informazioni contenute nel dataset fanno riferimento alla sismicità in Piemonte e aree limitrofe. Fonte del dato è il Regional Seismic Network of Northwestern Italy – RSNi (Università di Genova), mentre la gestione è dell'Area delle attività regionali per l'indirizzo e il coordinamento in materia di previsione e monitoraggio ambientale di Arpa Piemonte. Le coperture rappresentano l'elaborazione su base territoriale dei dati inseriti nel Sistema Informativo Monitoraggio.

La cartografia riportata in Figura 1 evidenzia nel territorio comunale n. 7 sismi dal 2001 al 2008. Ad ogni evento è stato assegnato un numero identificativo come riferimento per facilitare la lettura dei dati di archivio ARPA riportati nella tabella a seguito.

Tabella 1 – Eventi sismici periodo 1000-2008 nell'intorno del territorio comunale di Novi Ligure –Fonte sito ARPA -SIGEOonline

	Comune	Anno	Mese	Giorno	Ora	Magnitudo
1	NOVI LIGURE	2008	06	15	05:54:10	1.9
2	POZZOLO FORMIGARO	2007	07	08	00:08:17	2.3
3	CASSANO SPINOLA	2003	04	12	0:13:10	3
4	CASSANO SPINOLA	2003	11	02	20:49:09	2.9
5	CASSANO SPINOLA	2003	12	23	6:15:46	2.6
6	CASSANO SPINOLA	2003	05	01	19:58:16	2.2
7	STAZZANO	2001	11	27	12:18:53	2

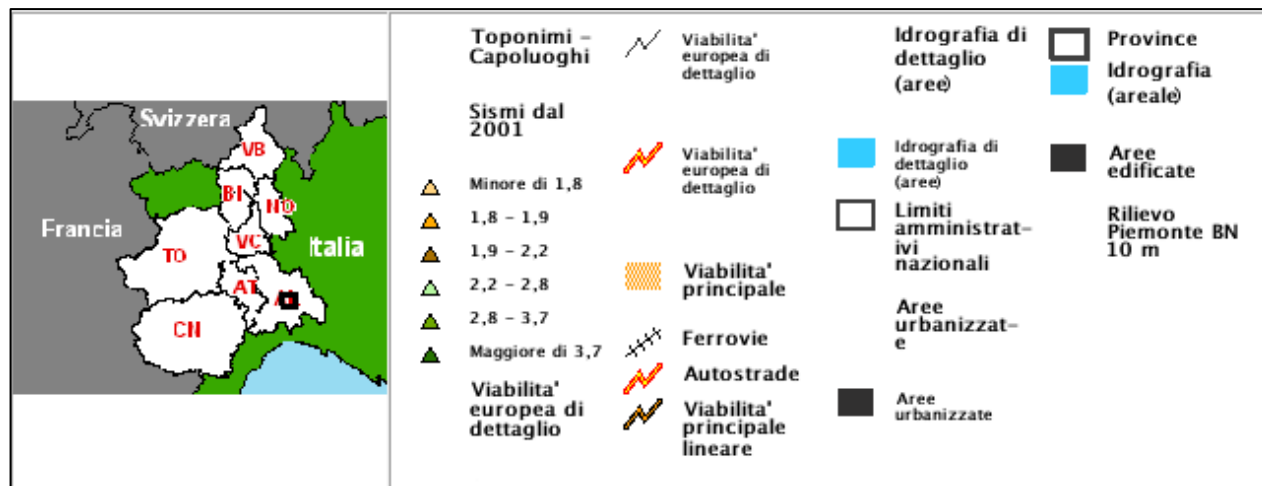
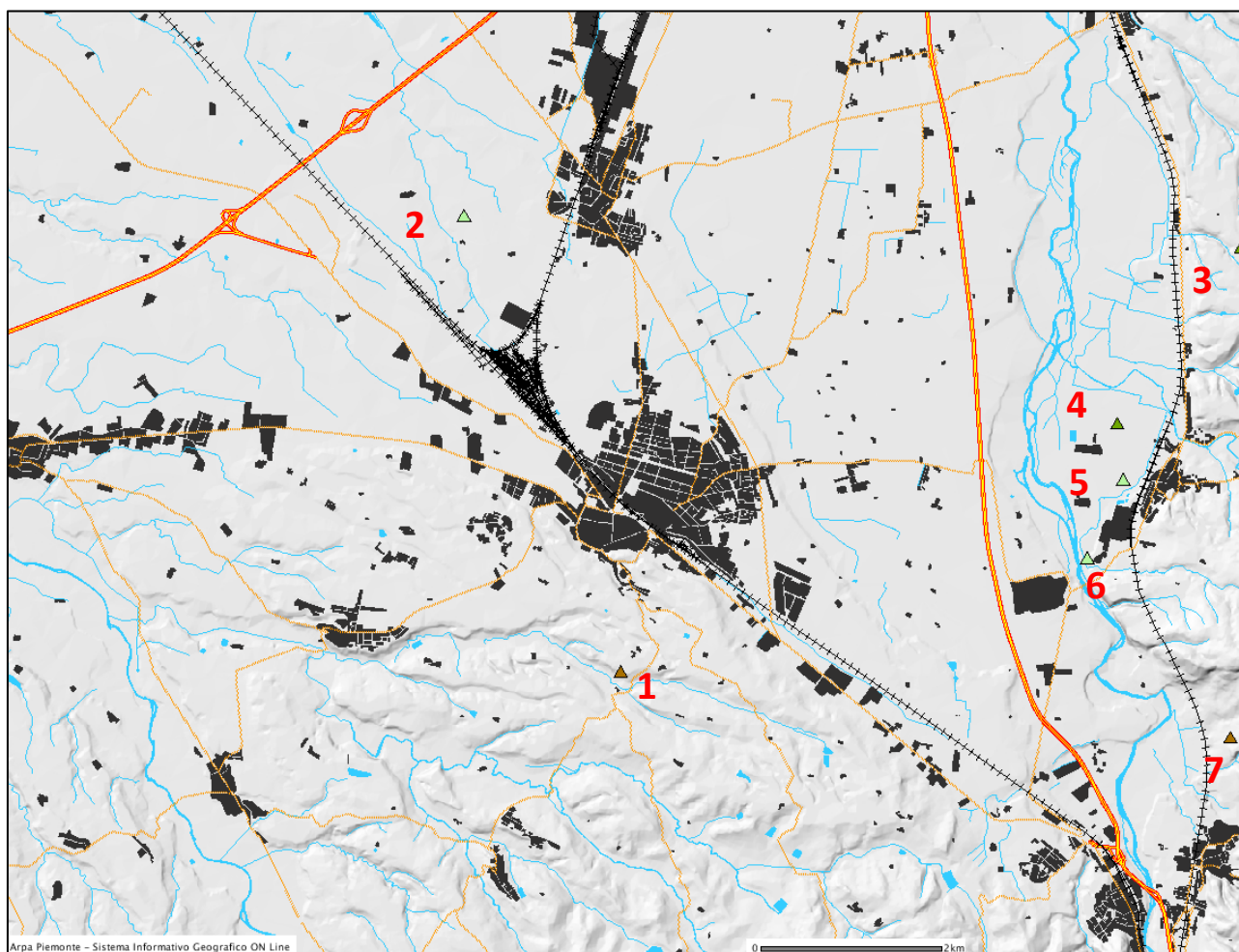


Figura 1 – Estratto planimetrico con ubicazione dei sismi nell'intorno del territorio comunale di Novi Ligure e relativa legenda (Fonte sito ARPA-SIGEOonline, consultazione ottobre 2012).

Nel corso del 2011 sono stati rilevati e localizzati dalla citata Rete Sismografica RSNI 1790 eventi sismici a distanza locale o regionale, di cui 1092 con magnitudo superiore o uguale a 1 (figura 2). Nelle tabelle 1 e 2 si riportano le distribuzioni dei terremoti in funzione della distanza dell'epicentro rispetto ai limiti regionali piemontesi e in funzione rispettivamente della profondità focale e della magnitudo locale.

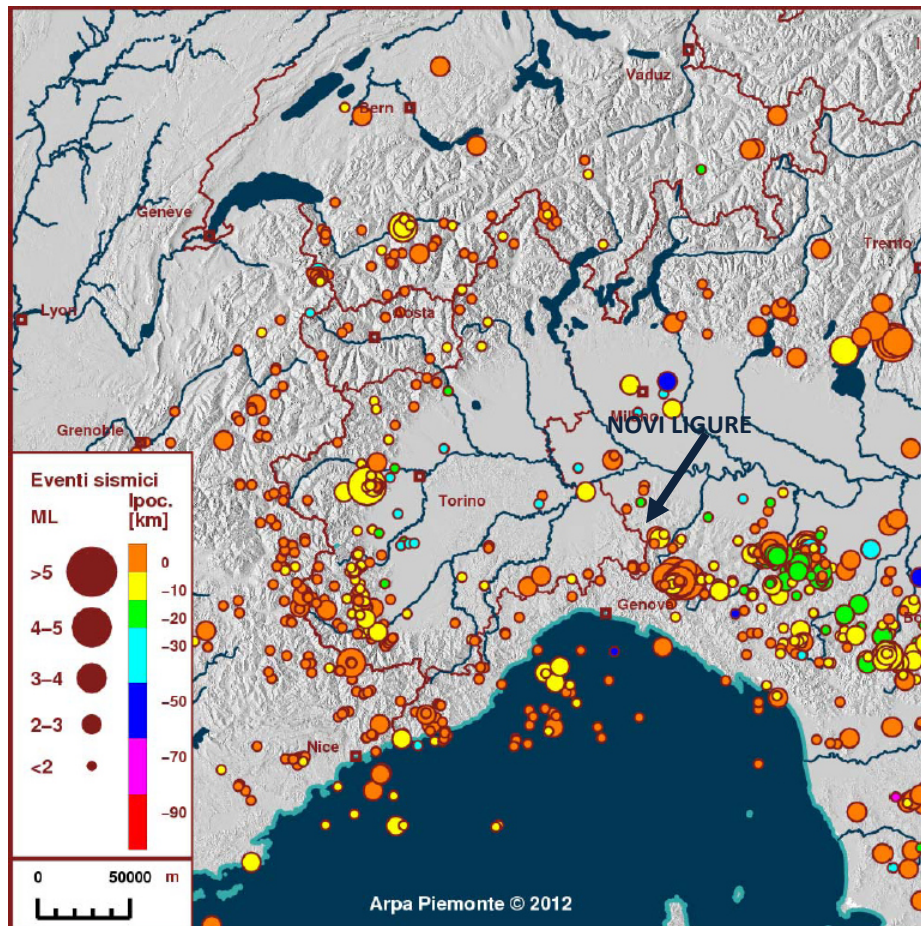


Figura 2 – Mappa della sismicità nel 2011 - I cerchi indicano la posizione degli epicentri, la dimensione dei simboli è proporzionale alla magnitudo e il colore è in funzione della profondità ipocentrale – Fonte sito Arpa Piemonte (consultazione settembre 2016).

La distribuzione sul territorio delle stazioni sismiche utilizzate dalla rete fornisce una copertura ottimale per l'area alpina occidentale, per il monitoraggio della cui sismicità è finalizzata e configurata la rete regionale. Pertanto, per terremoti eccentrici rispetto alla geometria delle stazioni, a grandi distanze e con elevati gap azimutali (angolo formato tra due stazioni con l'epicentro dell'evento nel vertice), i parametri focali sono stimati con minore accuratezza, in particolare per quanto riguarda la profondità.

Tabella 1 – Numero di terremoti con magnitudo $M_I \geq 1$ rilevati nel 2011 in funzione della profondità focale – Fonte sito Arpa Piemonte (consultazione settembre 2016).

Tabella 1. Numero di terremoti con magnitudo $M_I \geq 1$ rilevati nel 2011.							
Profondità (km)	Distanza degli epicentri rispetto ai limiti regionali						
	in Piemonte	≤ 25 km	25-50 km	50-75 km	75-100 km	> 100 km	totale
<10	72	140	77	66	79	161	595
10-20	102	44	34	26	40	81	327
20-30	9	1	3	28	77	15	133
30-40	7	1	2	2	3	6	21
40-50	2	1	0	1	1	2	7
50-60	0	0	3	1	0	2	6
60-70	0	0	1	0	0	1	2
≥ 70	0	0	0	0	0	1	1
totale	192	187	120	124	200	269	1092

Tabella 2 – Numero di terremoti con magnitudo $M_I \geq 1$ rilevati nel 2011 in funzione della magnitudo locale – Fonte sito Arpa Piemonte (consultazione settembre 2016).

Tabella 2. Numero di terremoti con magnitudo $M_I \geq 1$ rilevati nel 2011.							
Magnitudo (M_I)	Distanza degli epicentri rispetto ai limiti regionali						
	in Piemonte	< 25 km	25-50 km	50-75 km	75-100 km	> 100 km	totale
1 – 2	178	152	104	99	123	83	739
2 – 3	13	23	15	23	65	148	287
3 – 4	0	11	1	2	12	34	60
4 - 5	1	1	0	0	0	3	5
≥ 5	0	0	0	0	0	1	1
totale	192	187	120	124	200	269	1092

Si riportano i principali parametri dei terremoti con la magnitudo più elevata localizzati entro o in prossimità dei limiti regionali (tabella 3).

Tabella 3 – Principali parametri dei terremoti con la magnitudo più elevata localizzati entro o in prossimità dei limiti regionali – Fonte sito Arpa Piemonte (consultazione settembre 2016).

Tabella 3. Principali parametri dei terremoti con le più alte magnitudo rilevati nel 2011 in Piemonte e dintorni.		
Sisma con max Magnitudo Locale	Distanza degli epicentri rispetto ai limiti regionali	
	in Piemonte	< 25 km
Magnitudo (MI)	4.4	4.0
Data (UTC)	25/07/2011	20/10/2011
Ora (UTC)	12:31:20.91	06:11:18.93
Profondità (km)	20	9
Longitudine (°E)	7.2915	9.478
Latitudine (°N)	45.0115	44.5668
Max gap (°)	90	159
Municipalità	Giaveno	Zerba
Provincia	TO	PC
Regione	Piemonte	Emilia-Romagna

Per il terremoto nel torinese del 25 luglio 2011, di magnitudo 4.4, avvertito in gran parte della regione, nei giorni successivi il Dipartimento Sistemi Previsionali ha prodotto un rapporto d'evento, pubblicato on-line sul sito di Arpa Piemonte, al quale si rimanda per informazioni più approfondite.

Infine in tabella 4 si riporta il numero di terremoti, per intervalli di magnitudo superiore a 1, localizzati in Piemonte o entro 25 km dai confini regionali negli anni dal 2008 al 2011. Si può notare come il più elevato numero di terremoti rilevati nel 2010 sia dovuto al contributo degli intervalli di magnitudo minore, in gran parte popolati dagli eventi dello sciame sismico verificatosi tra ottobre e novembre in Val Varaita. Vengono fornite nelle ultime due colonne della tabella i valori totali e medi per i 4 anni (2008–2011).

Tabella 4 - Numero di terremoti, per intervalli di magnitudo superiore a 1, localizzati in Piemonte o entro 25 km dai confini regionali negli anni 2008, 2009, 2010 e 2011 – Fonte sito Arpa Piemonte (consultazione settembre 2016).






































Tabella 4. Numero di terremoti localizzati negli ultimi anni in Piemonte ed entro 25 km dai confini regionali.						
MI	2008	2009	2010	2011	totale	media
1 – 2	313	245	449	330	1337	334.25
2 – 3	48	44	66	36	194	48.5
3 – 4	0	8	5	11	24	6
4 - 5	1	1	0	2	4	1
≥ 5	0	0	0	0	0	0
totale	362	298	520	379	1559	389.75

Sul sito dell'INGV è possibile la consultazione dei seguenti database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani:

- DBMI99: utilizzato per la compilazione del catalogo parametrico CPTI99 (Gruppo di lavoro CPTI (1999). Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 1999 (CPTI99), INGV. DOI: [http:// http://emidius.mi.ingv.it/CPTI99/](http://emidius.mi.ingv.it/CPTI99/));
- DBMI04: utilizzato per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04 (Gruppo di lavoro CPTI (2004). Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04), INGV, Bologna. DOI: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI04>);
- DBMI11: utilizzato per la compilazione del catalogo parametrico CPTI11 (A. Rovida, R. Camassi, P. Gasperini e M. Stucchi (a cura di), 2011. CPTI11, la versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Milano, Bologna. DOI: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI11>).
- DBMI15: utilizzato per la compilazione del catalogo parametrico CPTI15 (Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>)

L'ultima versione del Database Macrosismico Italiano, chiamata DBMI15, è stata rilasciata a luglio 2016 e fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima ≥ 5 o magnitudo ≥ 4.0 d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000–2014.

I dati provengono da studi di autori ed enti diversi, sia italiani che di paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia). Contiene 122.701 dati di intensità relativi a 3.212 terremoti. I 122.701 MDP (Macroseismic Data Points) sono riferiti a circa 20.000 località di cui 15.213 in territorio italiano, che vanno complessivamente a coprire 7.702 comuni degli 8.047 esistenti in Italia (ISTAT, 2015). Consultando il sito web è possibile ottenere la storia sismica di ciascuna località italiana identificata, cioè l'elenco dei terremoti che hanno prodotto effetti macrosismici in quella data località. In corrispondenza della località "Novi Ligure" si individuano n. 37 eventi (Figura 3):

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7		1541	10	22	18		Valle Scrivia	9	7	5.26
F		1802	05	12	09	30	Valle dell'Oglio	94	8	5.60
F		1811	07	15	22	44	Modenese-Reggiano	19	6-7	5.13
7		1828	10	09	02	20	Oltrepò Pavese	110	8	5.72
4		1828	10	10	01	30	Oltrepò Pavese	18		
6		1887	02	23	05	21 5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
3		1891	05	28	06	15	Alessandrino	9	5	4.13
4		1891	06	07	01	06 1	Valle d'Illasi	403	8-9	5.87
3		1894	11	27	05	07	Bresciano	183	6	4.89
3		1896	10	16			Liguria occidentale	55	6	4.91
3		1897	07	06	20	44	Mar Ligure	62	5	4.22
3-4		1898	03	04	21	05	Parmense	313	7-8	5.37
4		1900	12	30	23	36 2	Alto Monferrato	36	5	4.35
4		1901	01	23	00	17 1	Oltrepò Pavese	90	5	4.23
F		1901	10	30	14	49 5	Garda occidentale	289	7-8	5.44
3		1902	04	11	01	28 4	Valle Scrivia	3	4	3.70
2		1904	01	16	16	28 3	Campo Ligure	16	4	4.01
3		1905	04	29	01	46 4	Haute-Savoie, Vallorcine	267	7-8	5.10
NF		1906	07	14	18	35	Valle Scrivia	11	5	4.16
NF		1906	08	11	09	58	Liguria occidentale	82	5	4.41
3		1909	01	13	00	45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
NF		1912	05	31	21	40	Canavese	51	5-6	4.71
3		1913	03	27	02	25 4	Val Trebbia	58	4-5	4.24
5		1913	12	07	01	28	Valle Scrivia	56	5	4.57
3-4		1914	10	26	03	43 2	Torinese	63	7	5.24
3		1917	01	07	03	39	Savonese	32	5	4.35
5		1920	09	07	05	55 4	Garfagnana	750	10	6.53
3		1924	09	21	20	18	Genovese	11	5	4.32
3		1934	06	13	09	06	Val di Taro-Lunigiana	29	6	5.14
4		1945	12	15	05	27	Oltrepò Pavese	12	6	4.72
2		1947	02	17	00	12 3	Alpi Cozie	283	5-6	4.74
2-3		1983	11	09	16	29 5	Parmense	850	6-7	5.04
3		2000	08	21	17	14	Monferrato	595	6	4.94
4		2001	07	18	22	47 1	Monferrato	253	5	4.23
6		2003	04	11	09	26 5	Valle Scrivia	78	6-7	4.81
NF		2005	04	13	18	46 0	Valle del Trebbia	163	4	3.68
NF		2005	04	18	10	59 1	Valle del Trebbia	284	4	3.97

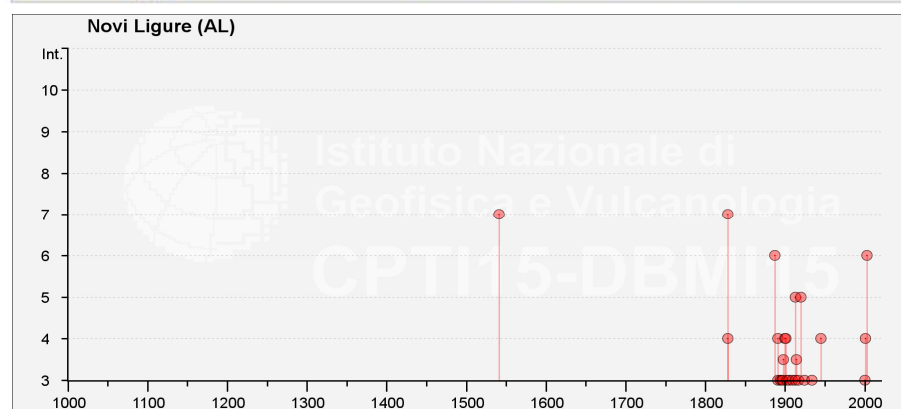


Figura 3 – Storia sismica di Novi Ligure – Estratto DBMI15 database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani – Fonte sito INGV (consultazione Marzo 2017).

Si riportano nel seguito i 37 eventi associati alla località “Novi Ligure” del Database Macrosismico Italiano 2015.

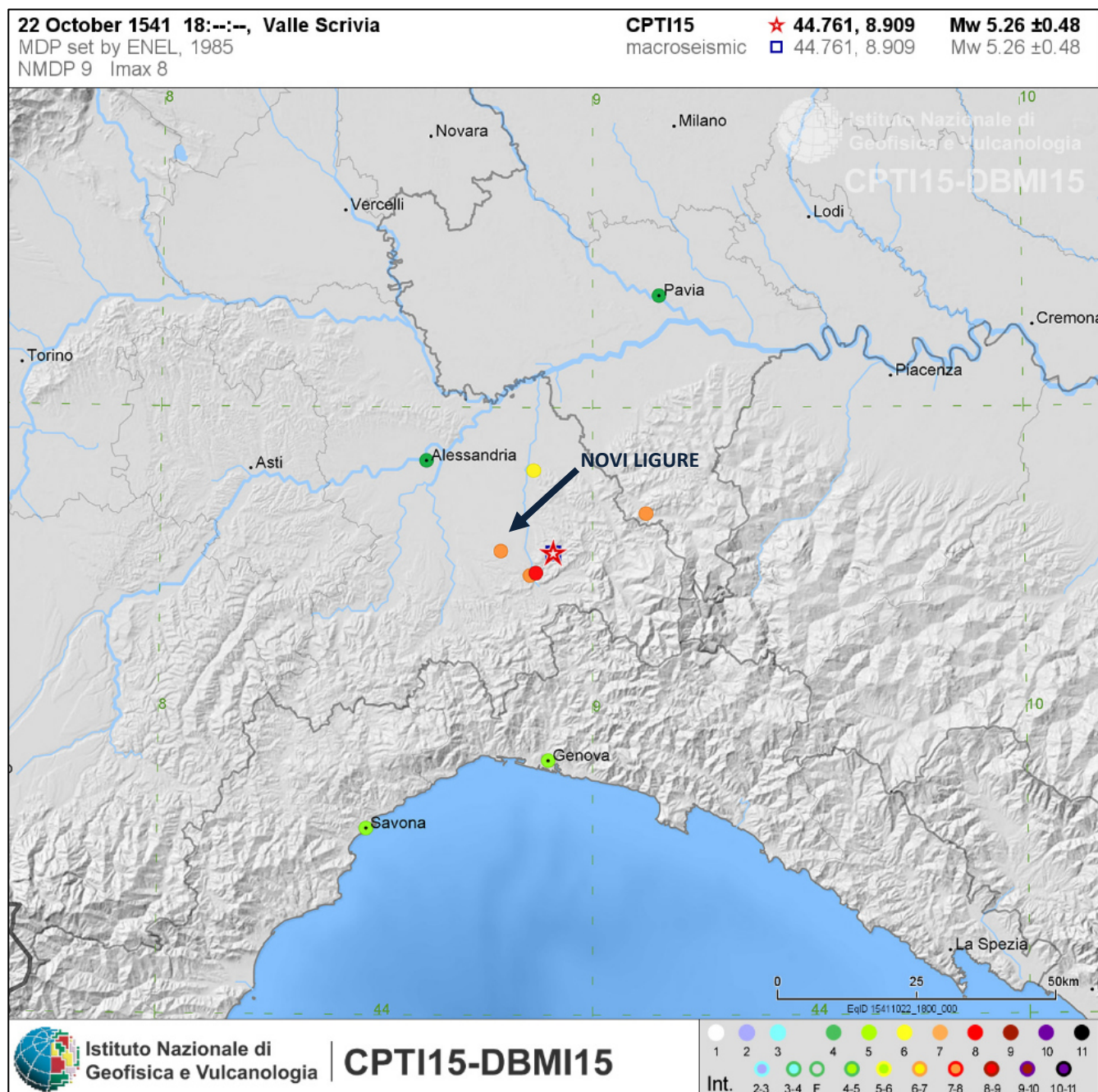


Figura 4 - Evento sismico 1541 relativo alla località “Valle Scrivia” - Estratto database macrosismico DBMI15 - Fonte sito INGV (consultazione marzo 2017).

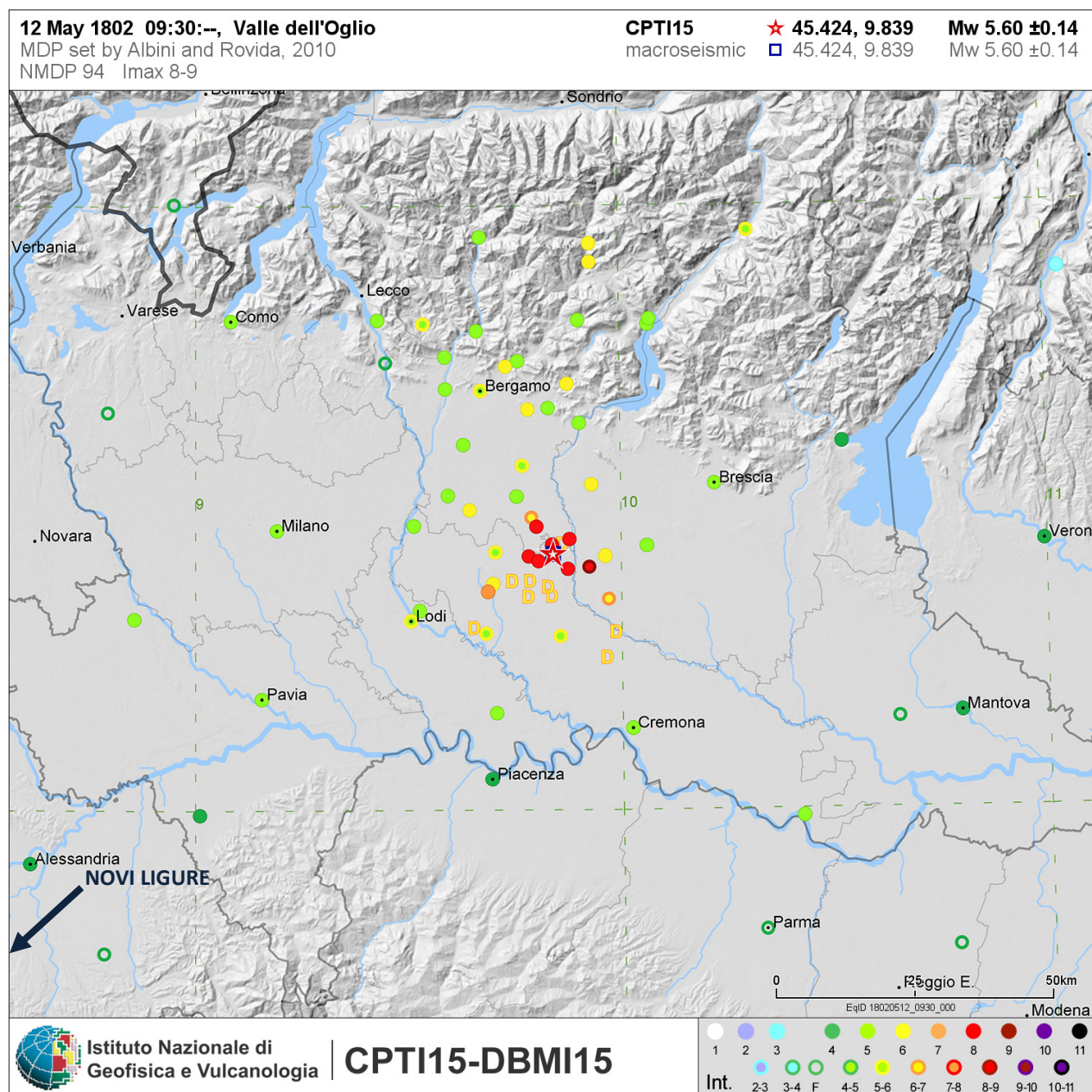


Figura 5 – Evento sismico del 12 Maggio 1802 relativo alla località “Valle dell’Oglio” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione marzo 2017).

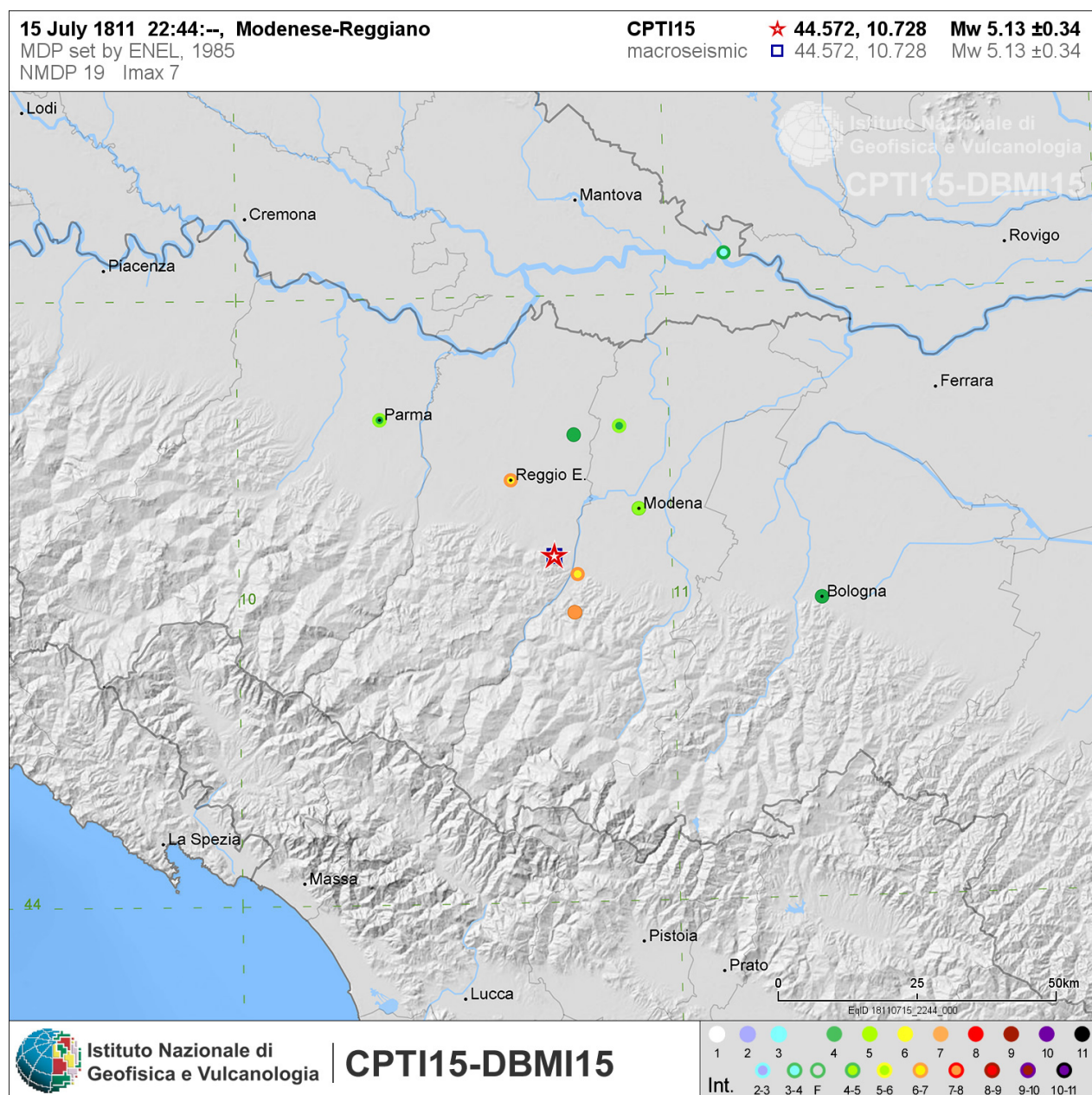


Figura 6 - Evento sismico 15 Luglio 1811 relativo alla località "Modenese-Reggiano" - Estratto database macrosismico DBMI15 - Fonte sito INGV (consultazione marzo 2017).

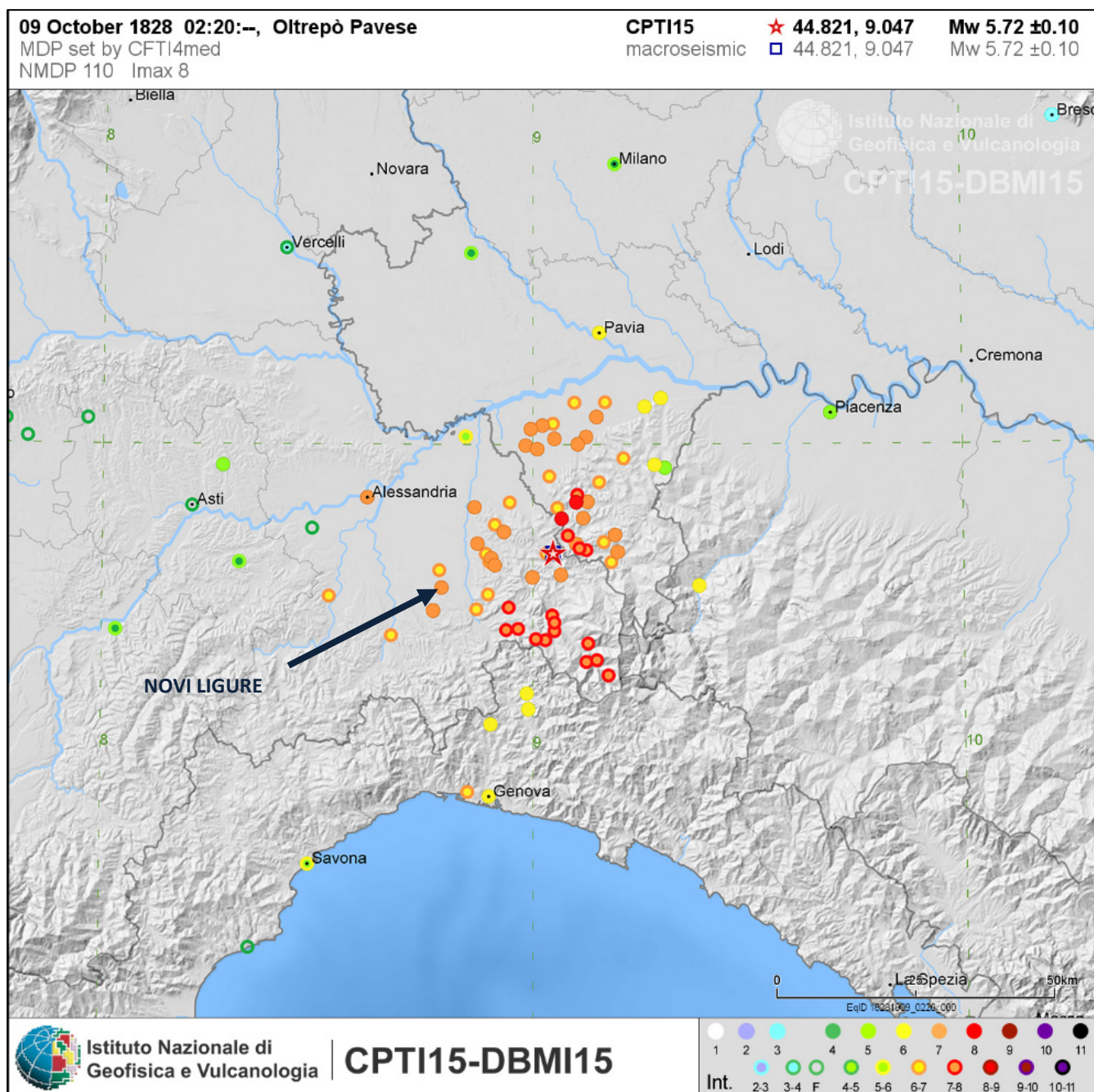


Figura 7 – Evento sismico 1828 relativo alla località “Oltrepò Pavese” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione marzo 2017).

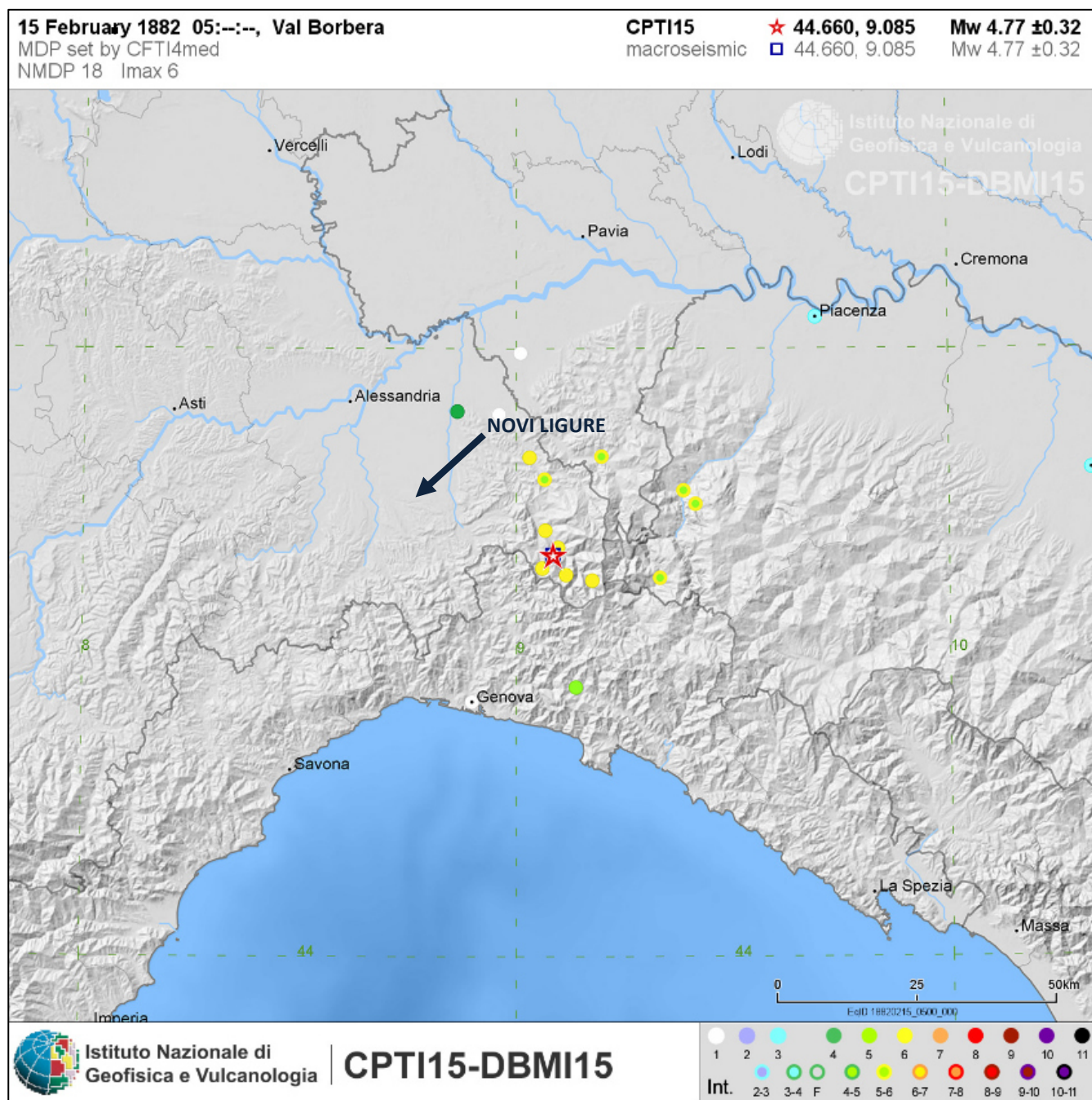


Figura 8 – Evento sismico 1882 relativo alla località “Val Borbera” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione marzo 2017).

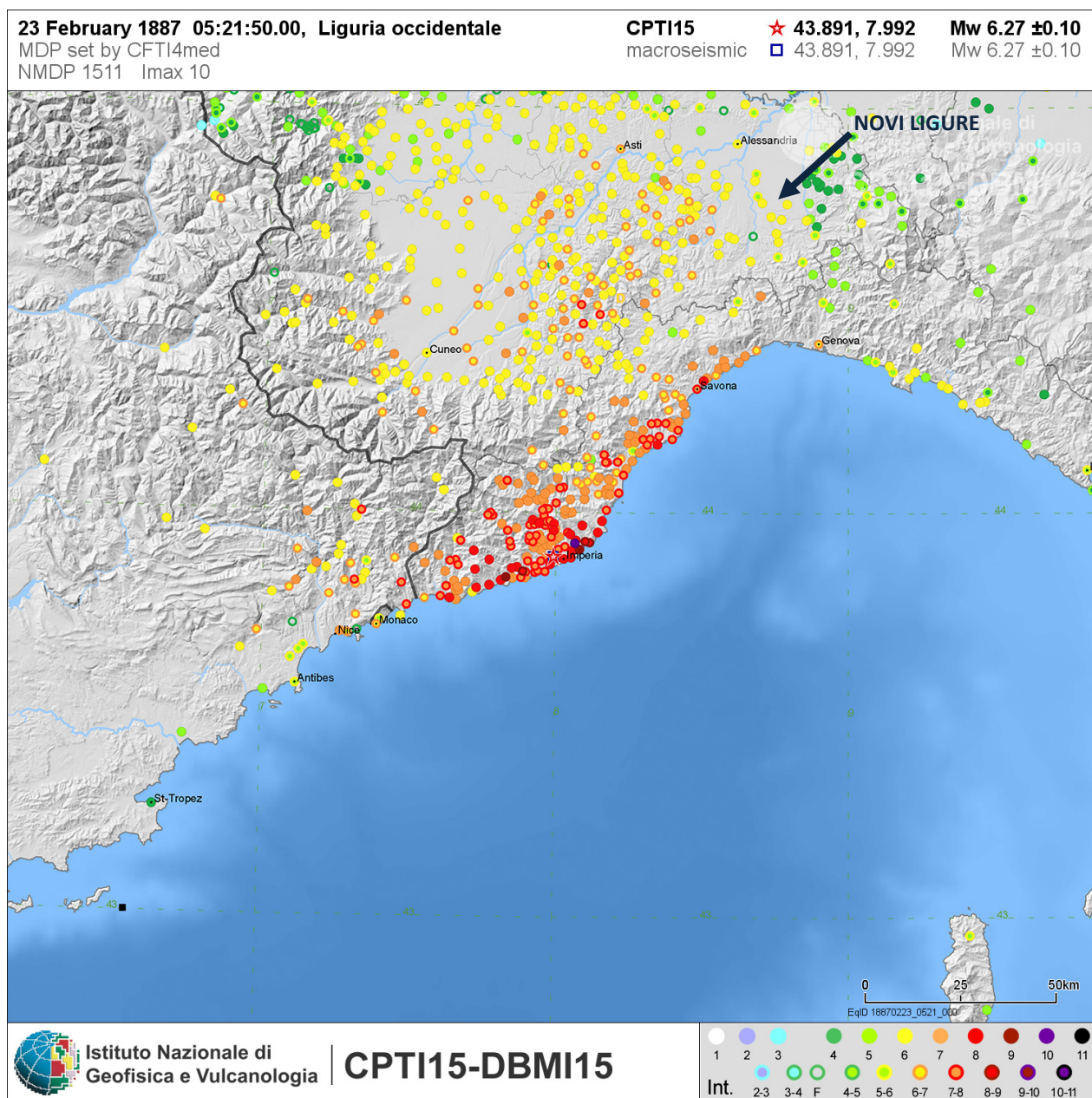


Figura 9 – Evento sismico 1887 relativo alla località “Liguria Occidentale” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione marzo 2017).

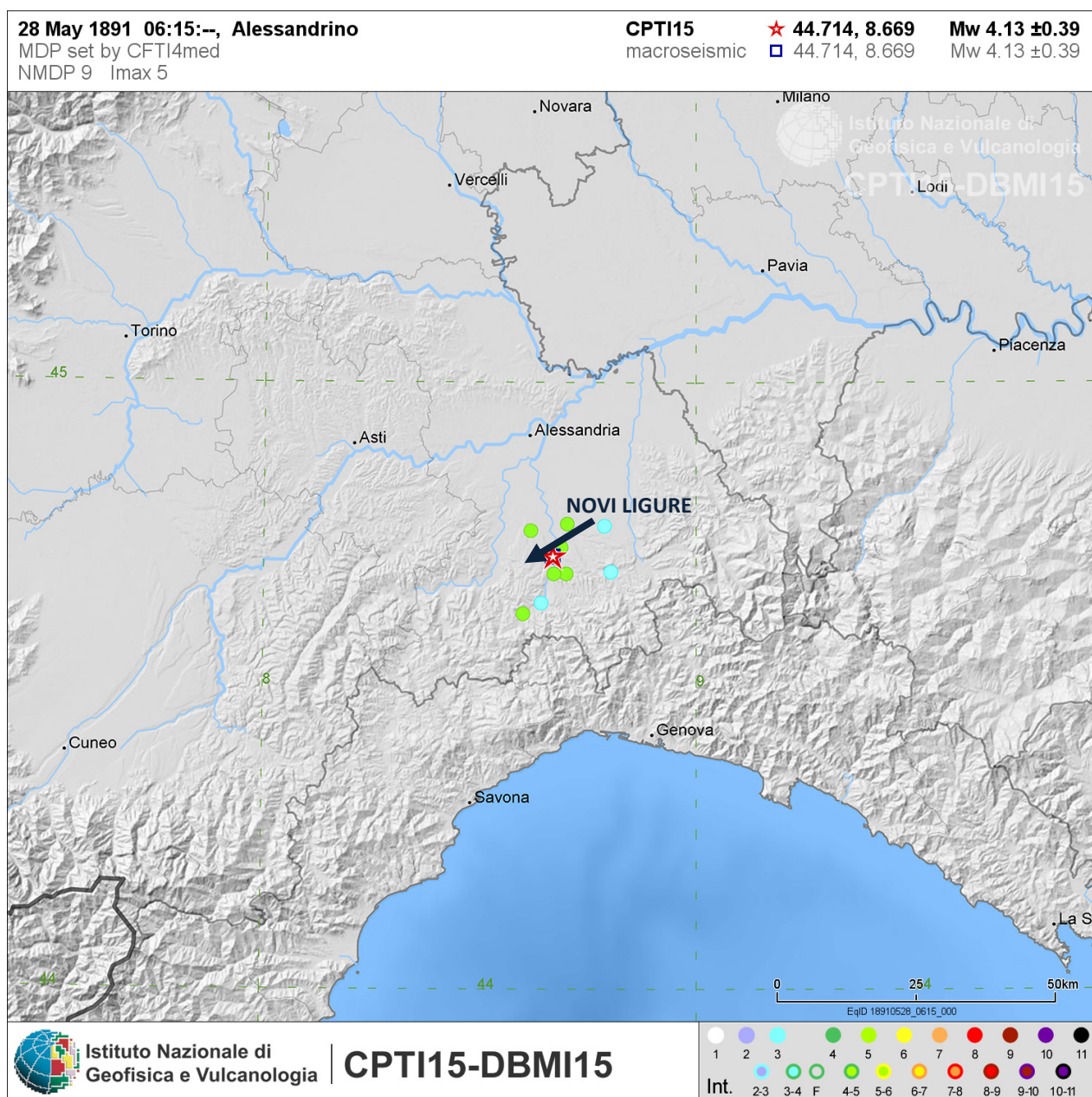


Figura 10 – Evento sismico 1891 relativo alla località “Alessandrino” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione marzo 2017).

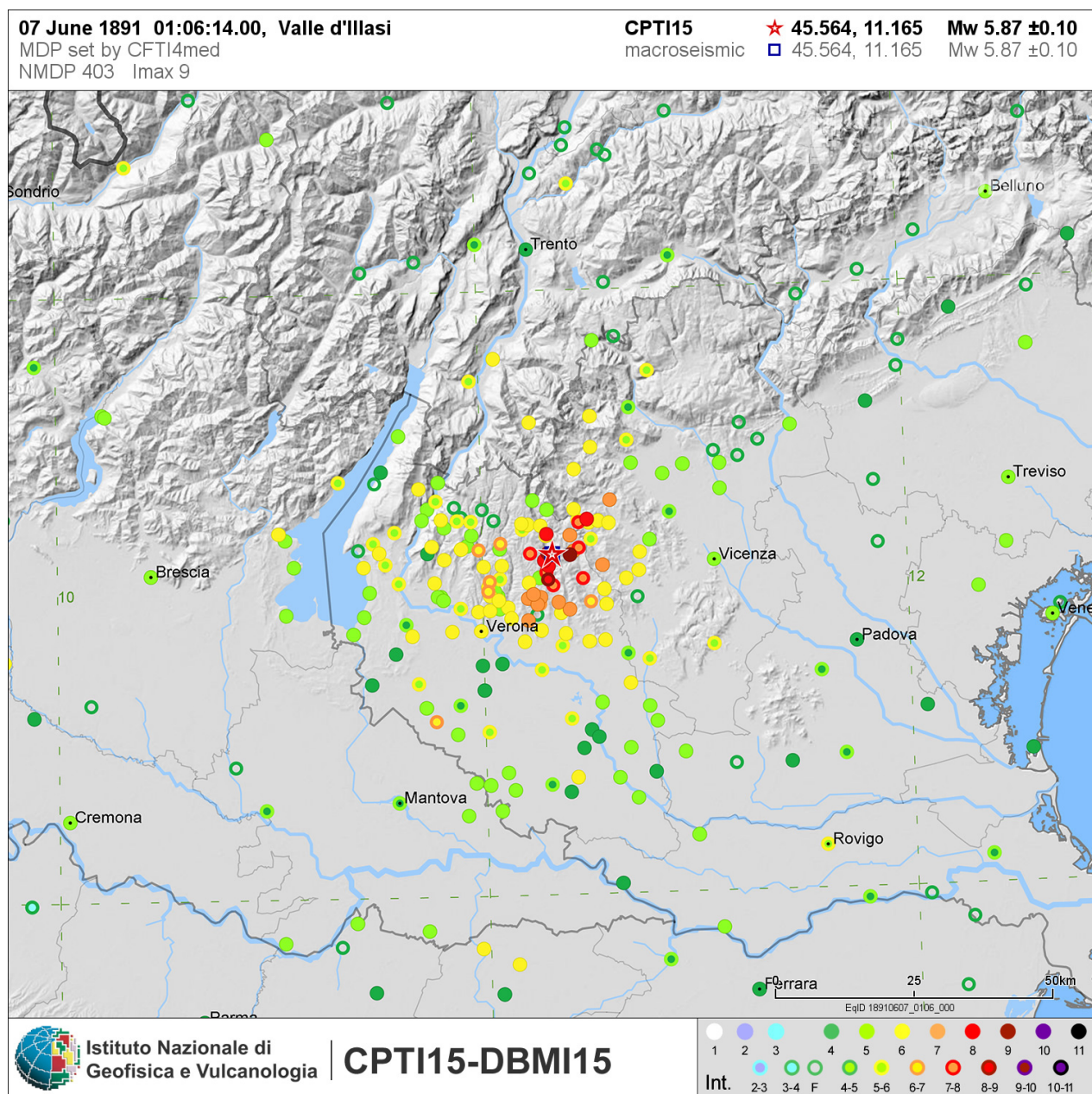


Figura 11 – Evento sismico 1891 relativo alla località “Valle d’Illasi” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione marzo 2017).

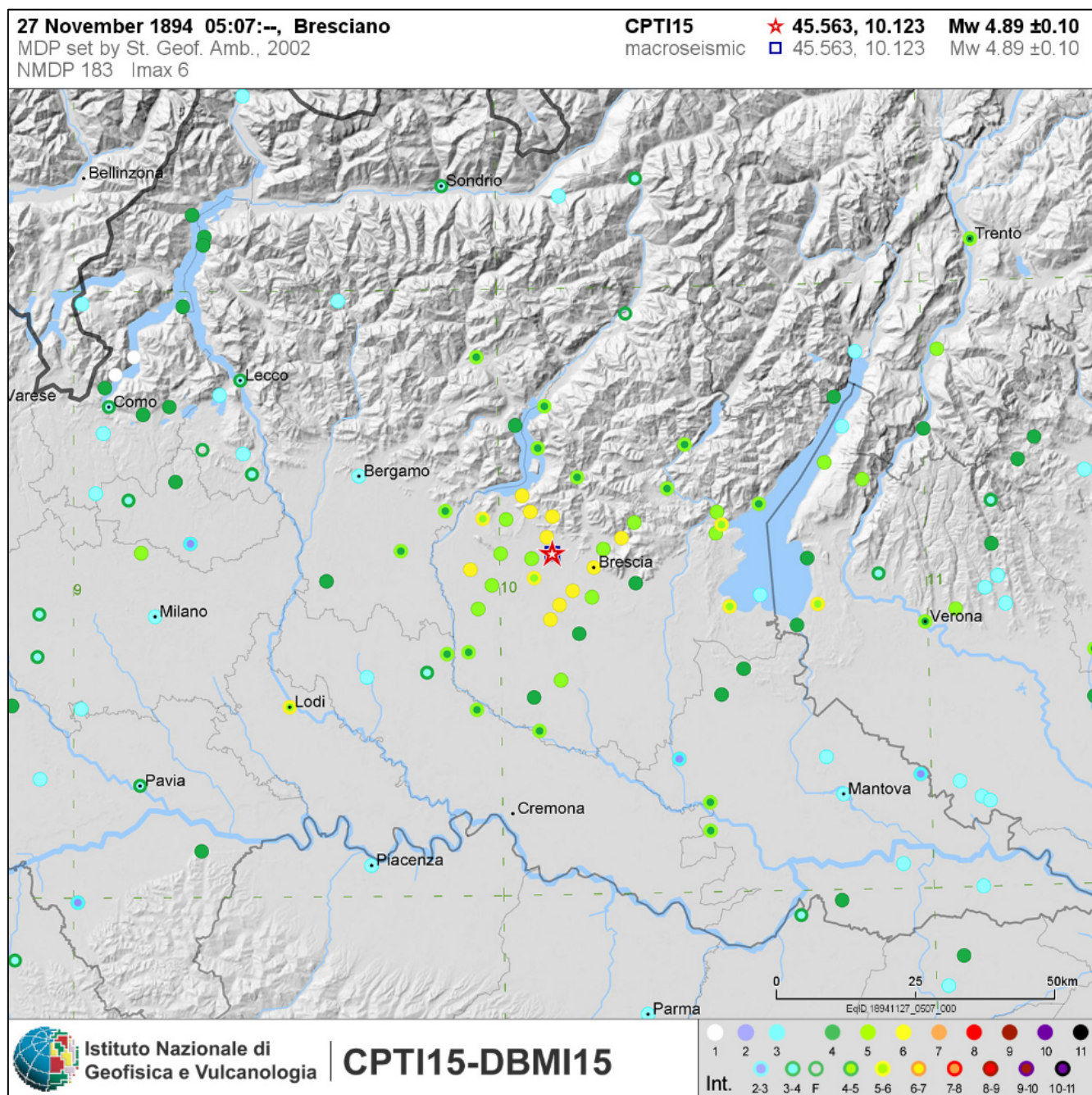


Figura 12 - Evento sismico 1894 relativo alla località "Bresciano" - Estratto database macrosismico DBMI15 - Fonte sito INGV (consultazione marzo 2017).

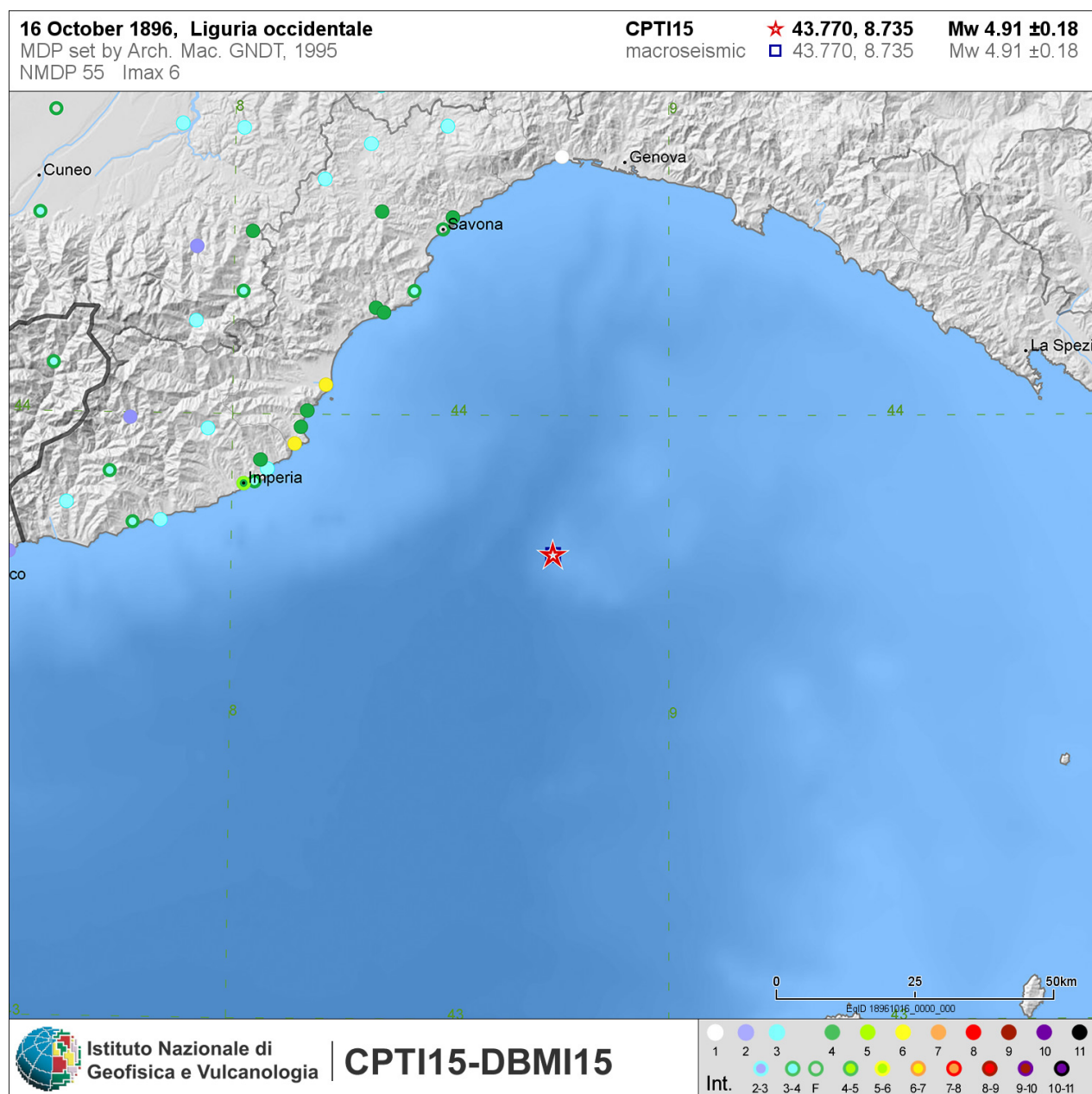


Figura 13 - Evento sismico 1896 relativo alla località "Liguria occidentale" - Estratto database macrosismico DBMI15 - Fonte sito INGV (consultazione marzo 2017).

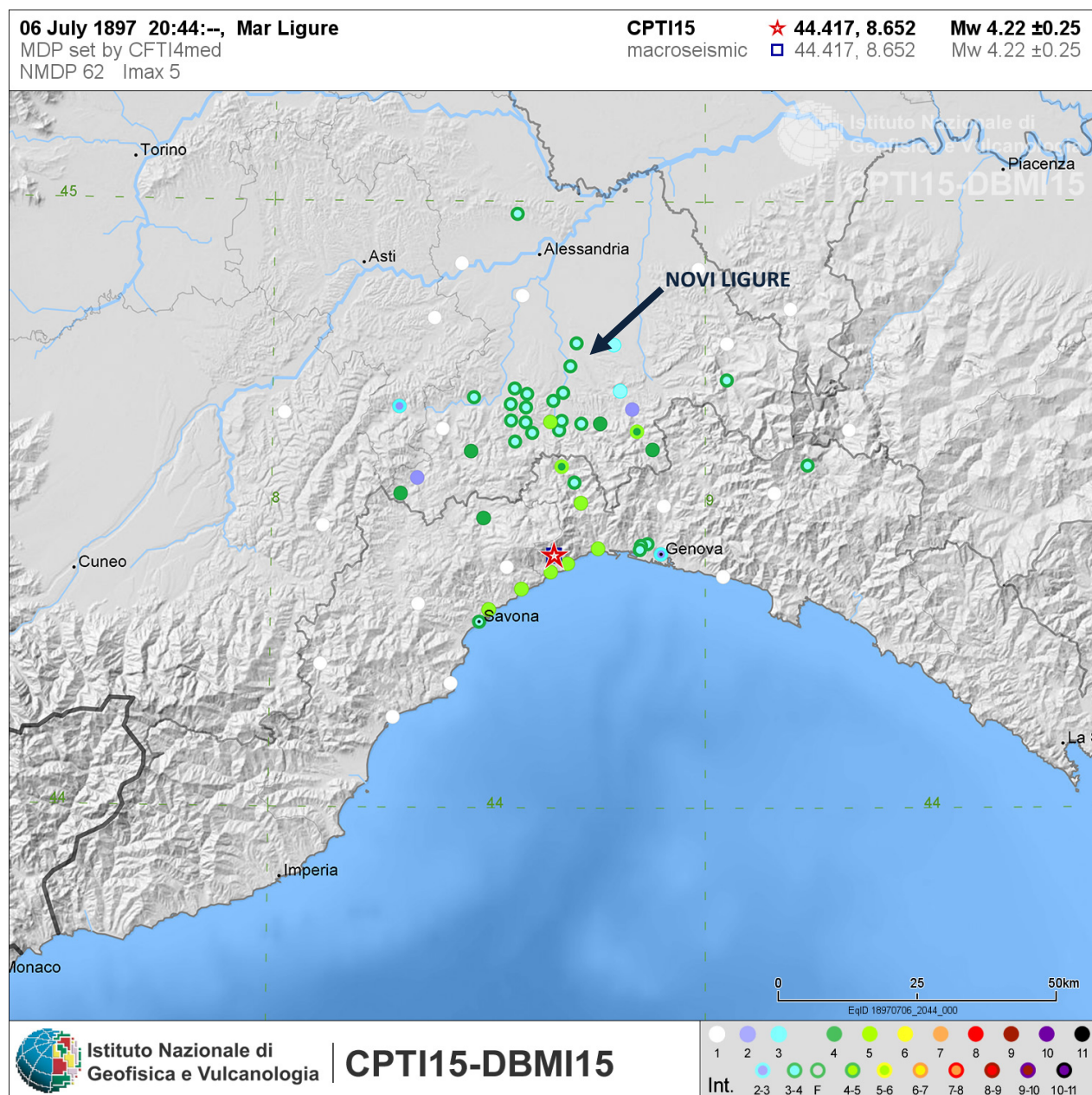


Figura 14 – Evento sismico 1897 relativo alla località “Mar Ligure” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione marzo 2017).

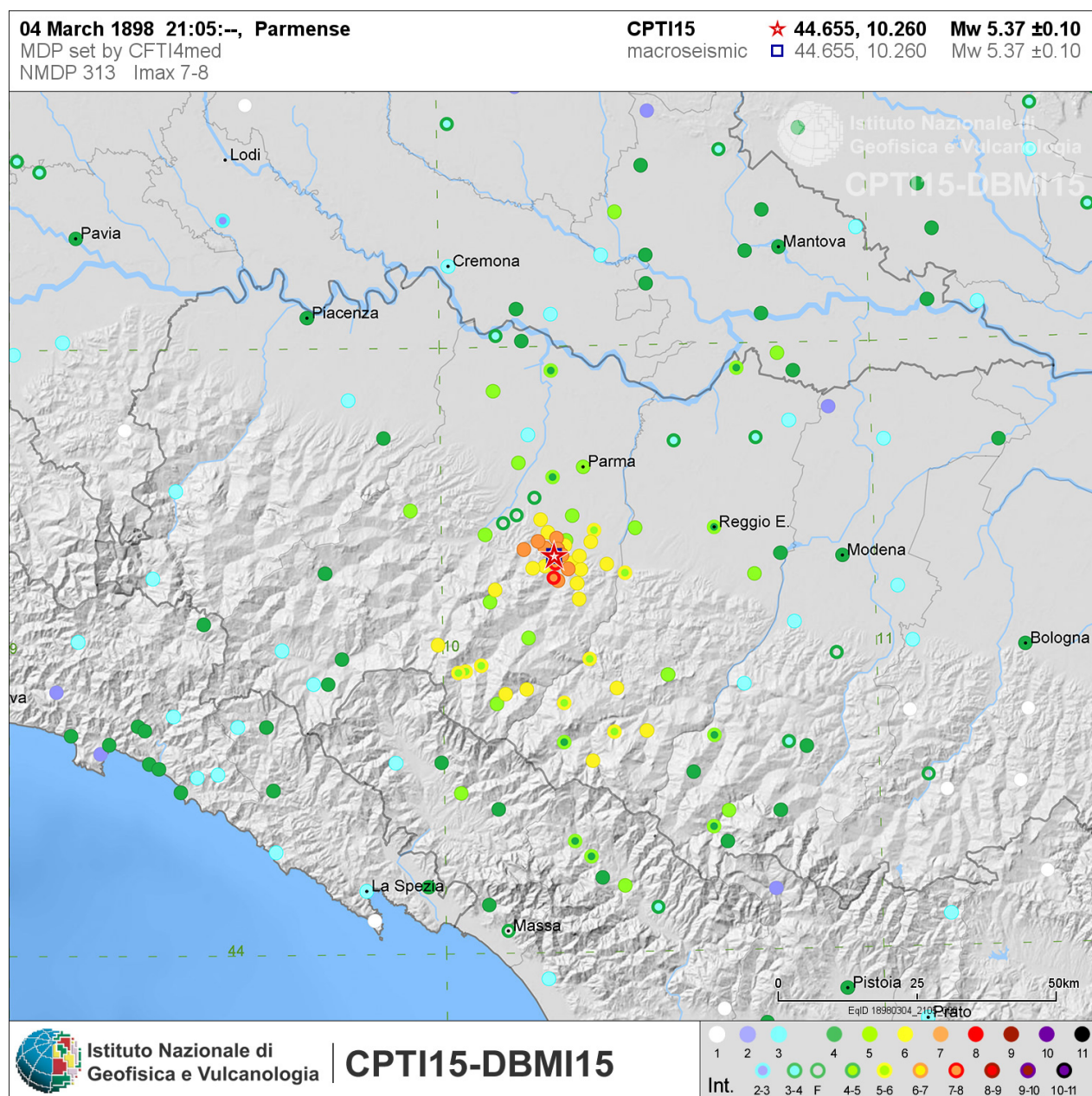


Figura 15 - Evento sismico 1898 relativo alla località "Parmense" - Estratto database macrosismico DBMI15 - Fonte sito INGV (consultazione marzo 2017).

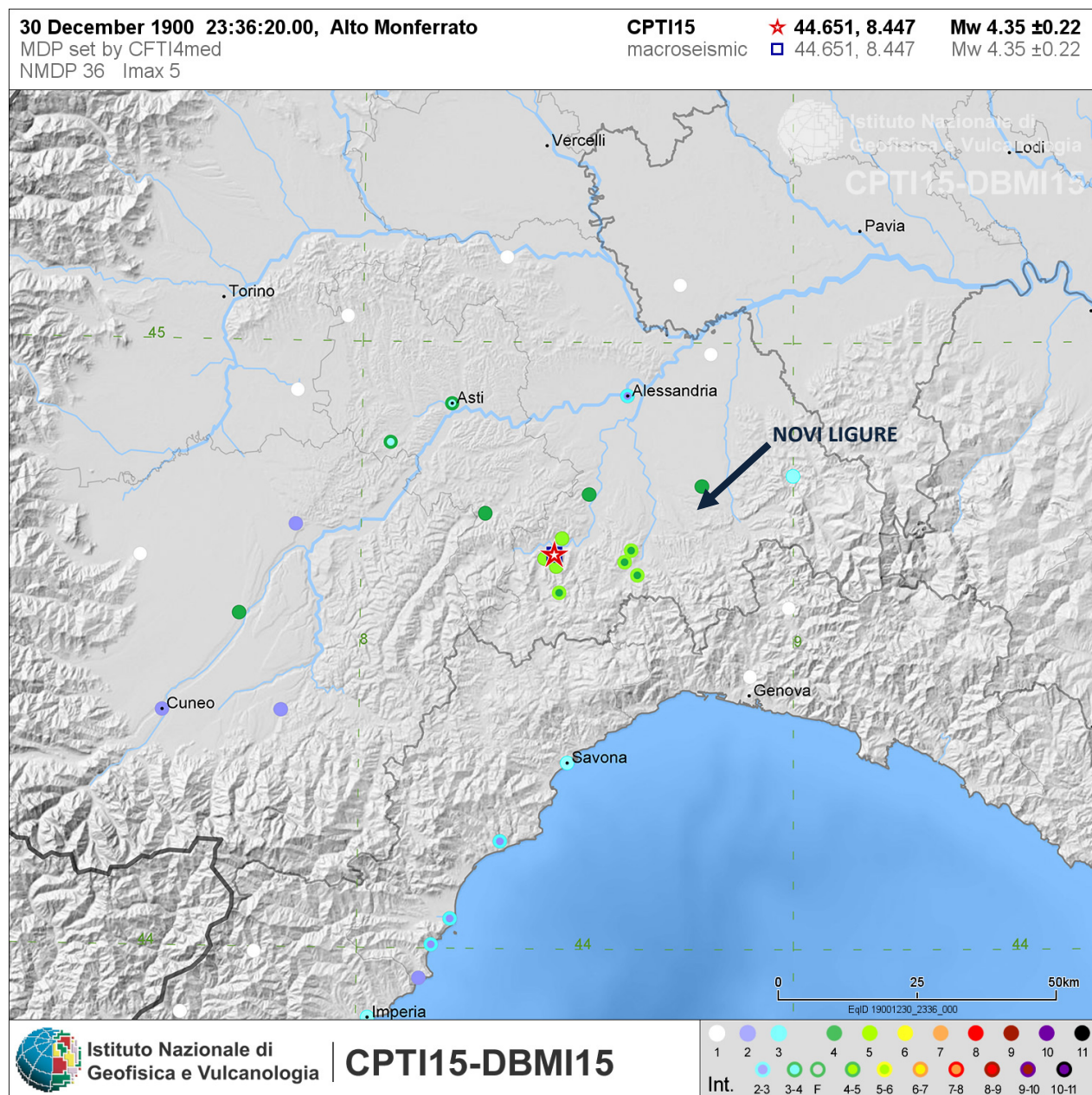


Figura 16 – Evento sismico 1900 relativo alla località “Alto Monferrato” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione marzo 2017).

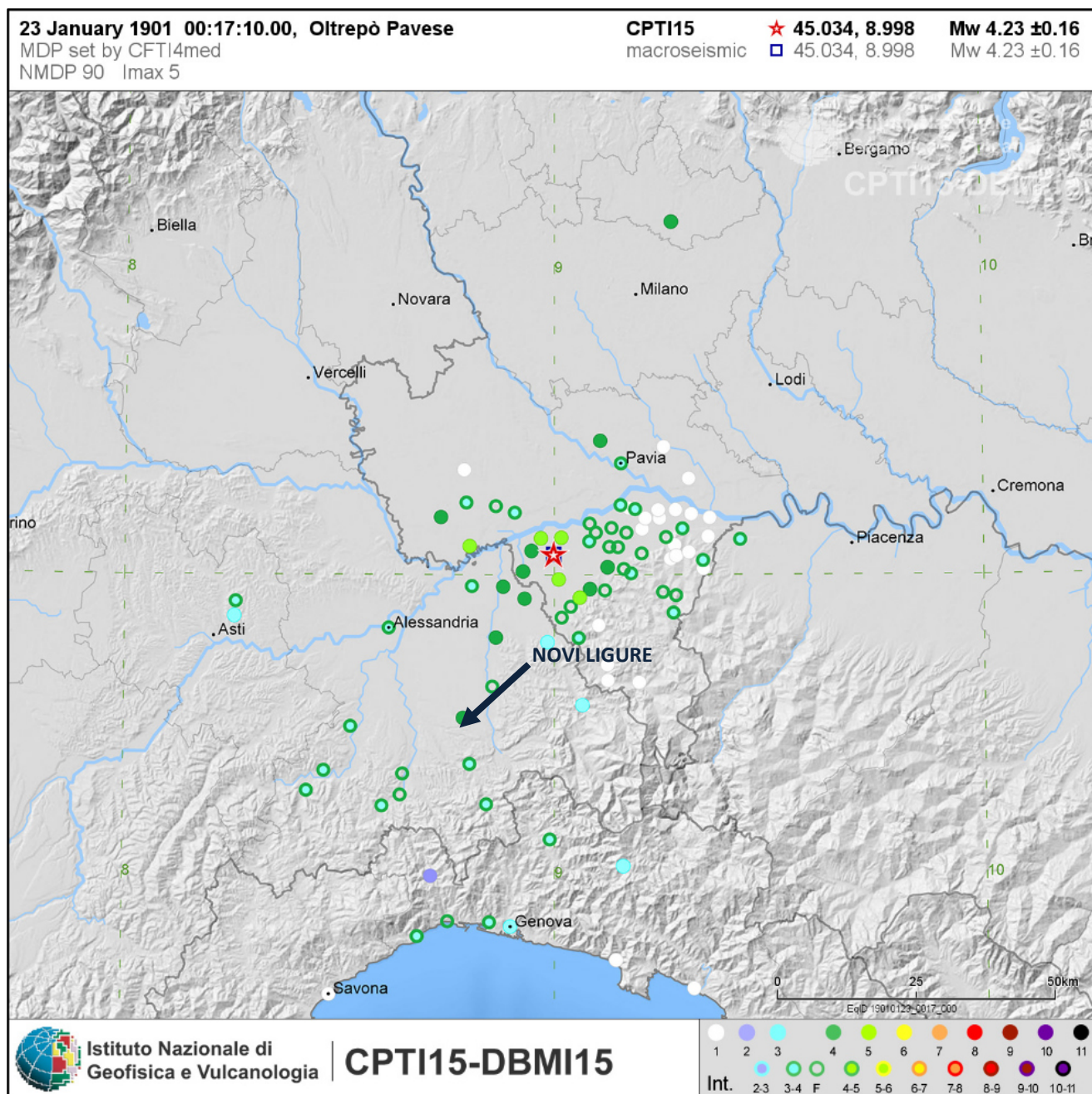


Figura 17 – Evento sismico 1901 relativo alla località “Oltrepò Pavese” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione marzo 2017).

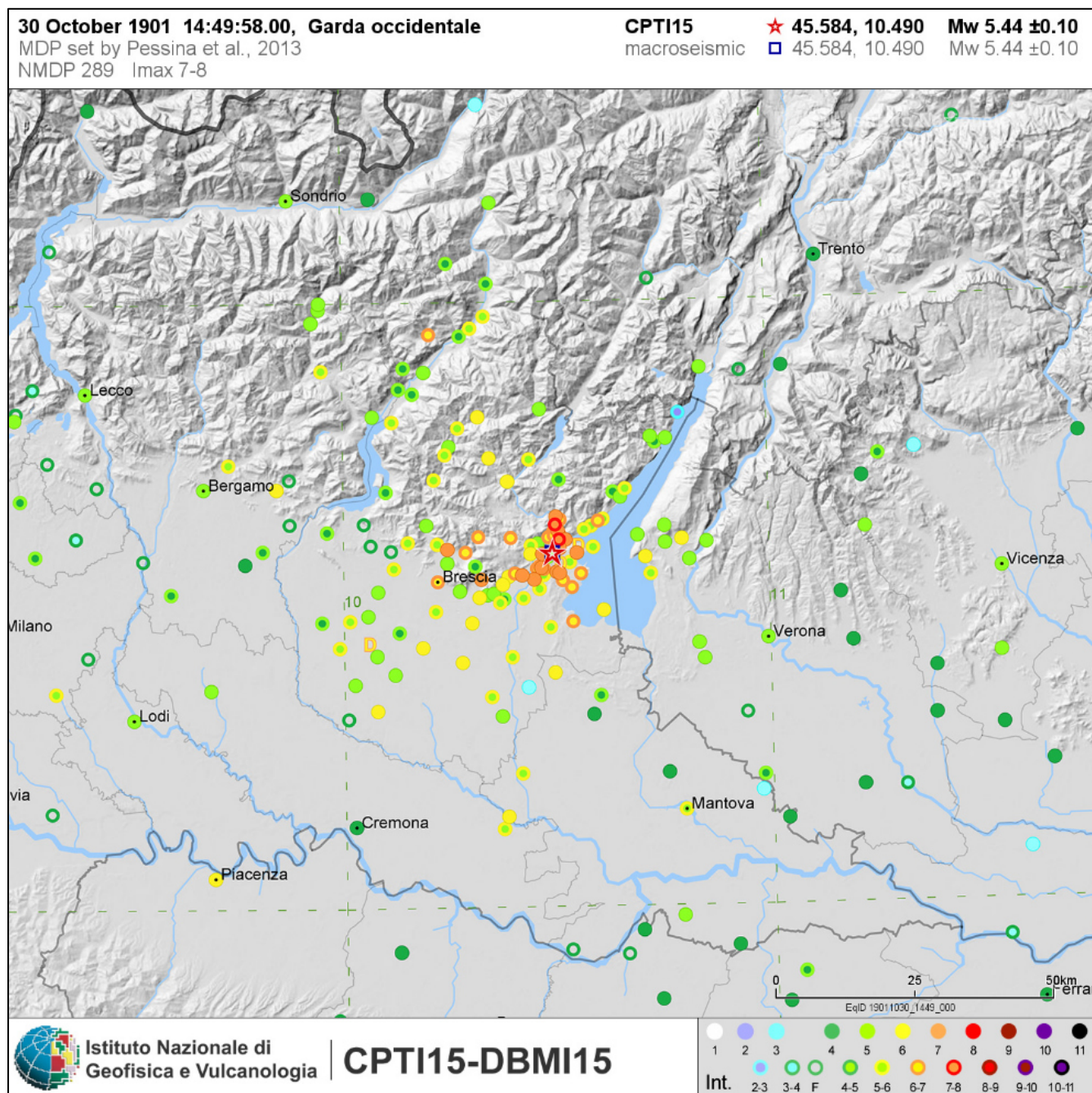


Figura 18 - Evento sismico 1901 relativo alla località "Garda occidentale" - Estratto database macrosismico DBMI15 - Fonte sito INGV (consultazione marzo 2017).

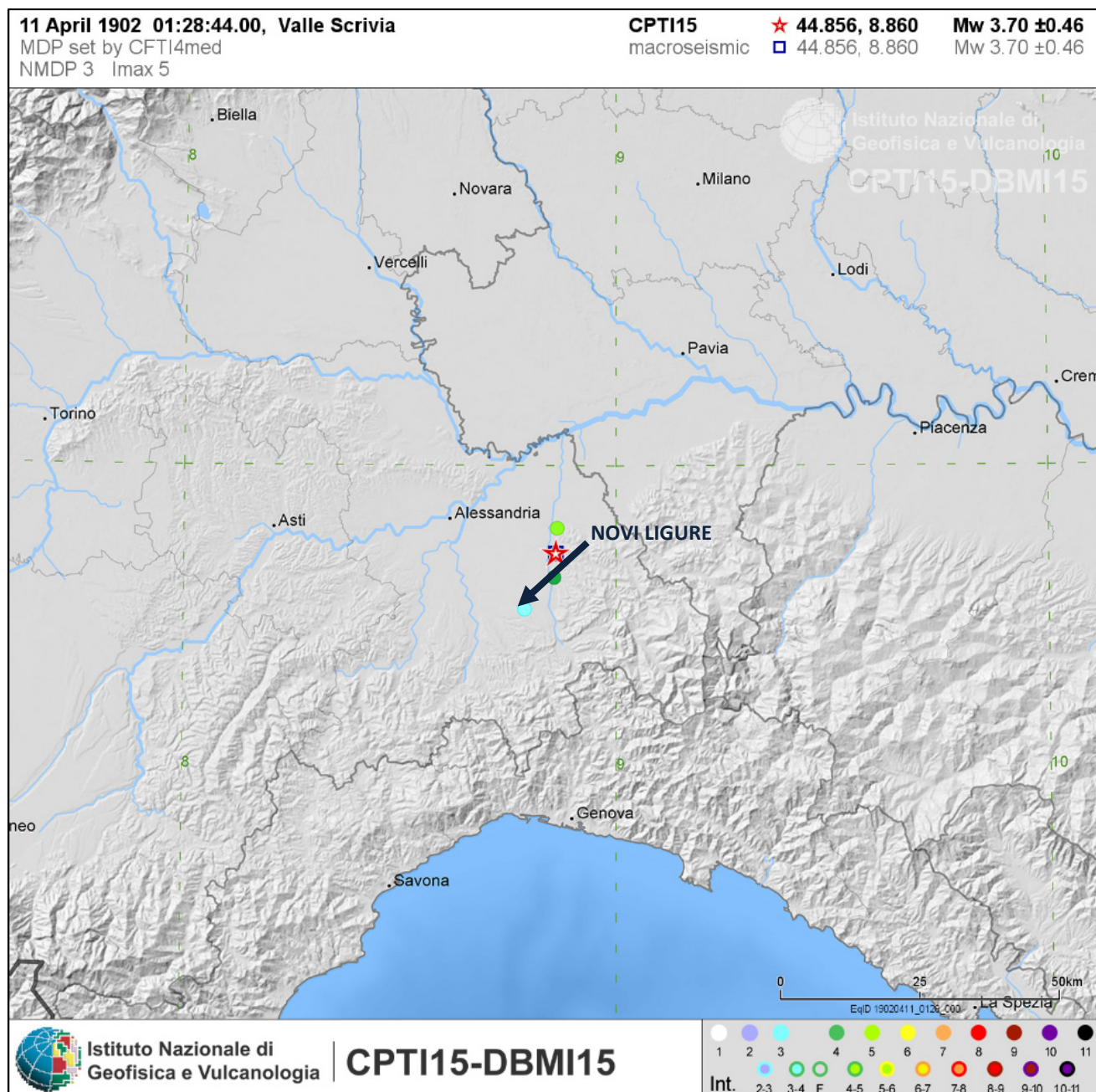


Figura 19 – Evento sismico 1902 relativo alla località “Valle Scrivia” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione marzo 2017).

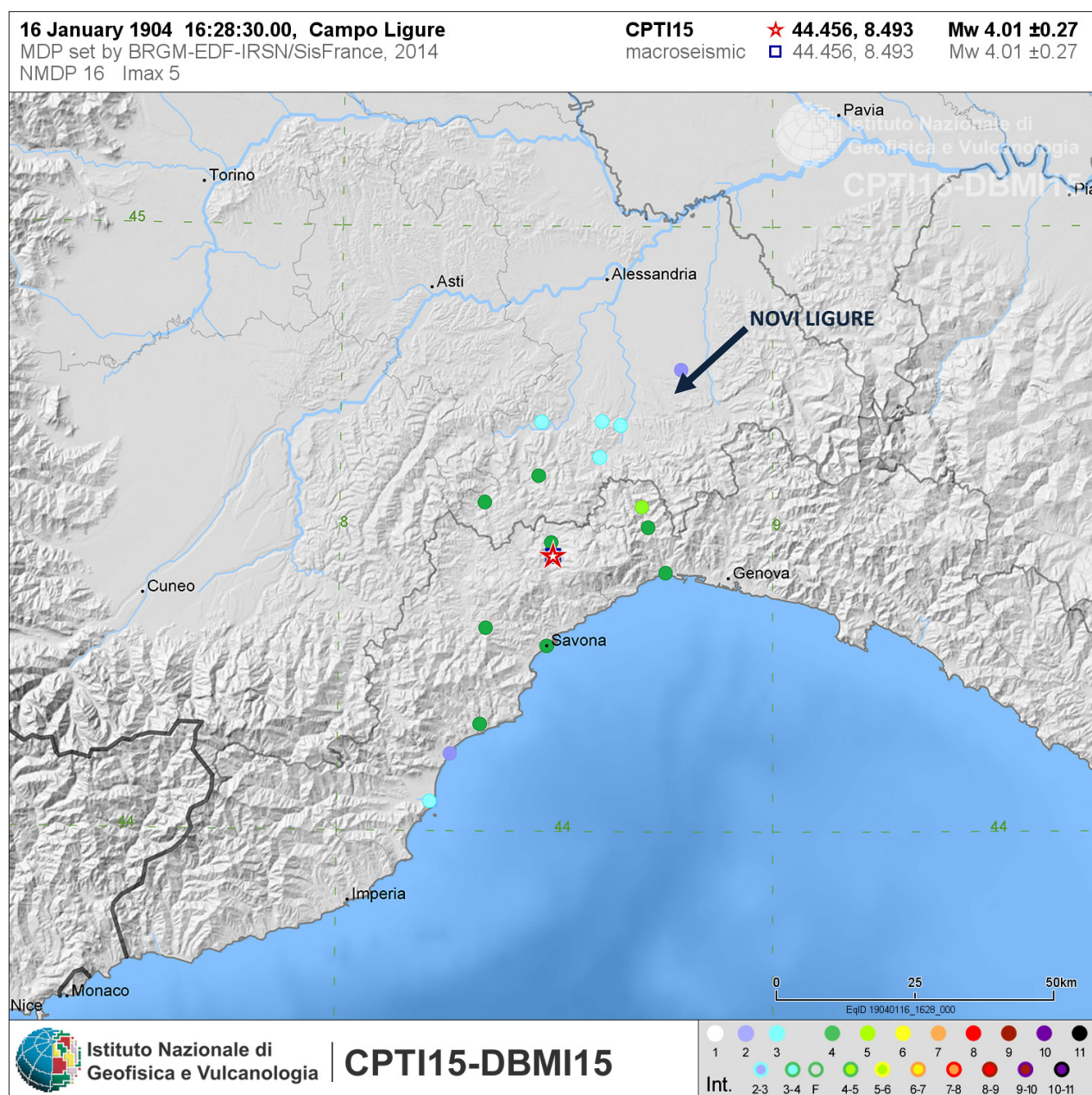


Figura 20 - Evento sismico 1904 relativo alla località "Campo Ligure" - Estratto database macrosismico DBMI15 - Fonte sito INGV (consultazione marzo 2017).

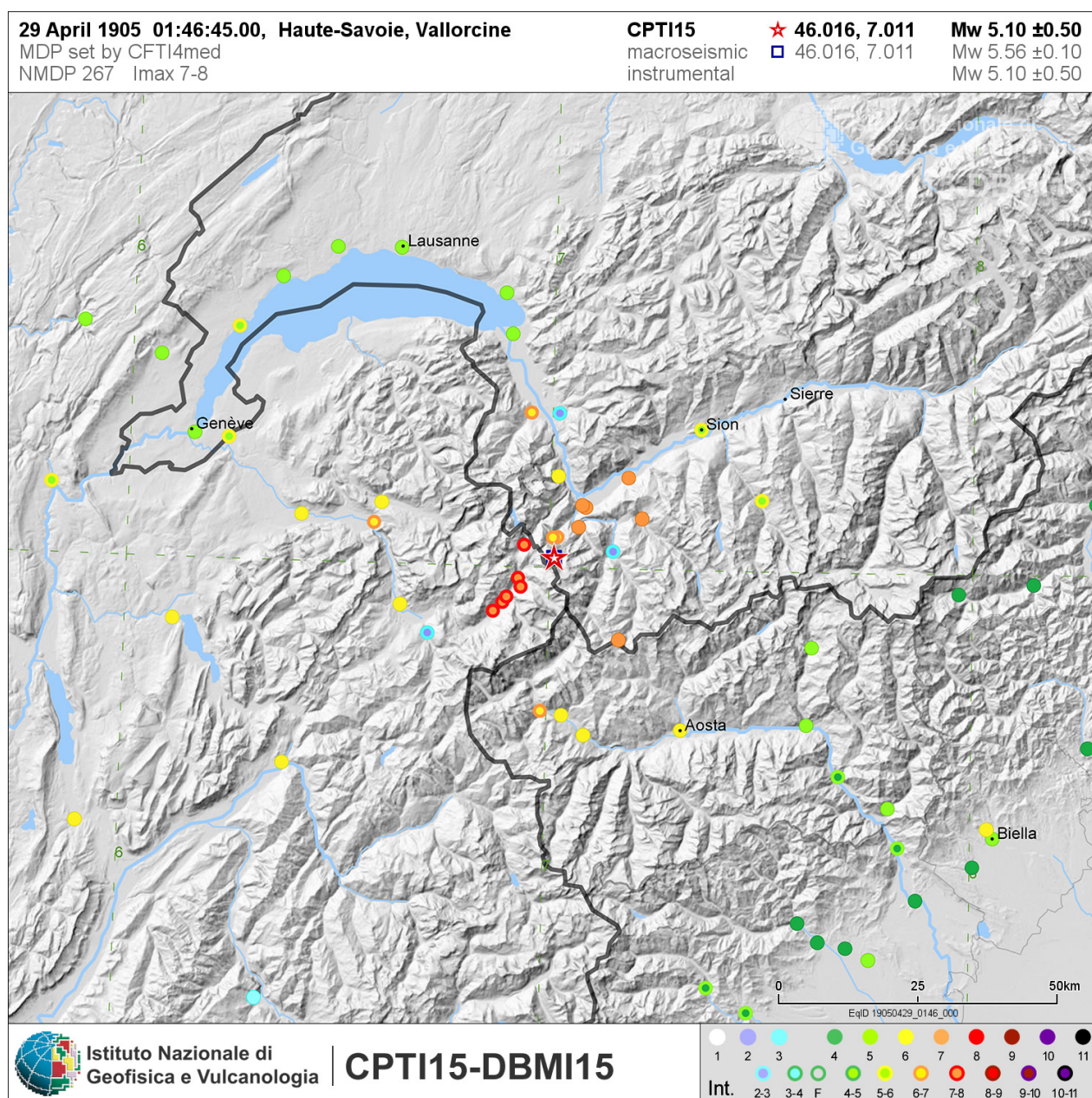


Figura 21 - Evento sismico 1905 relativo alla località "Haute -Savoie, Vallorcine" - Estratto database macrosismico DBMI15 - Fonte sito INGV (consultazione marzo 2017).

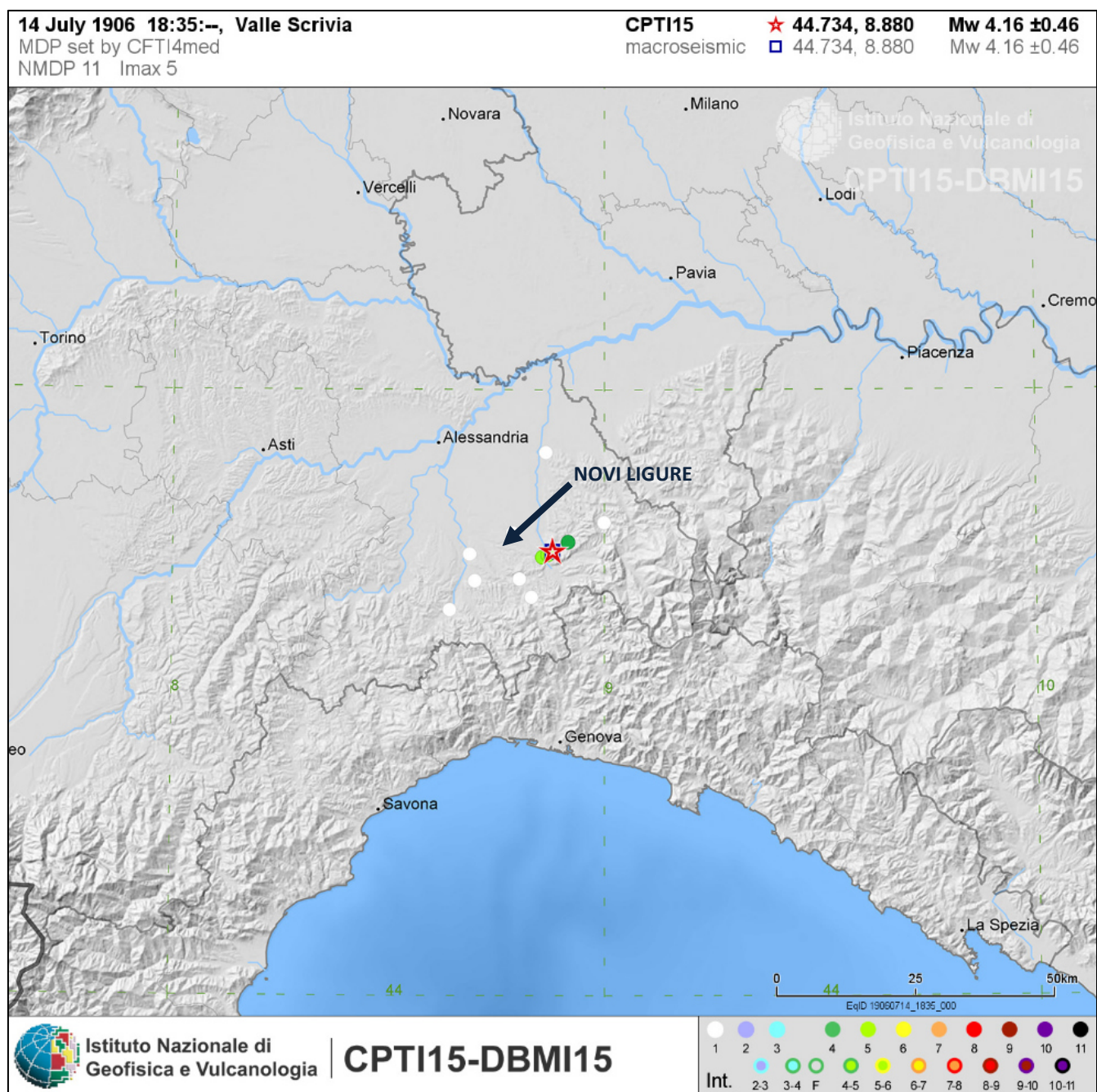


Figura 22 – Evento sismico 1906 relativo alla località “Valle Scrivia” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione marzo 2017).

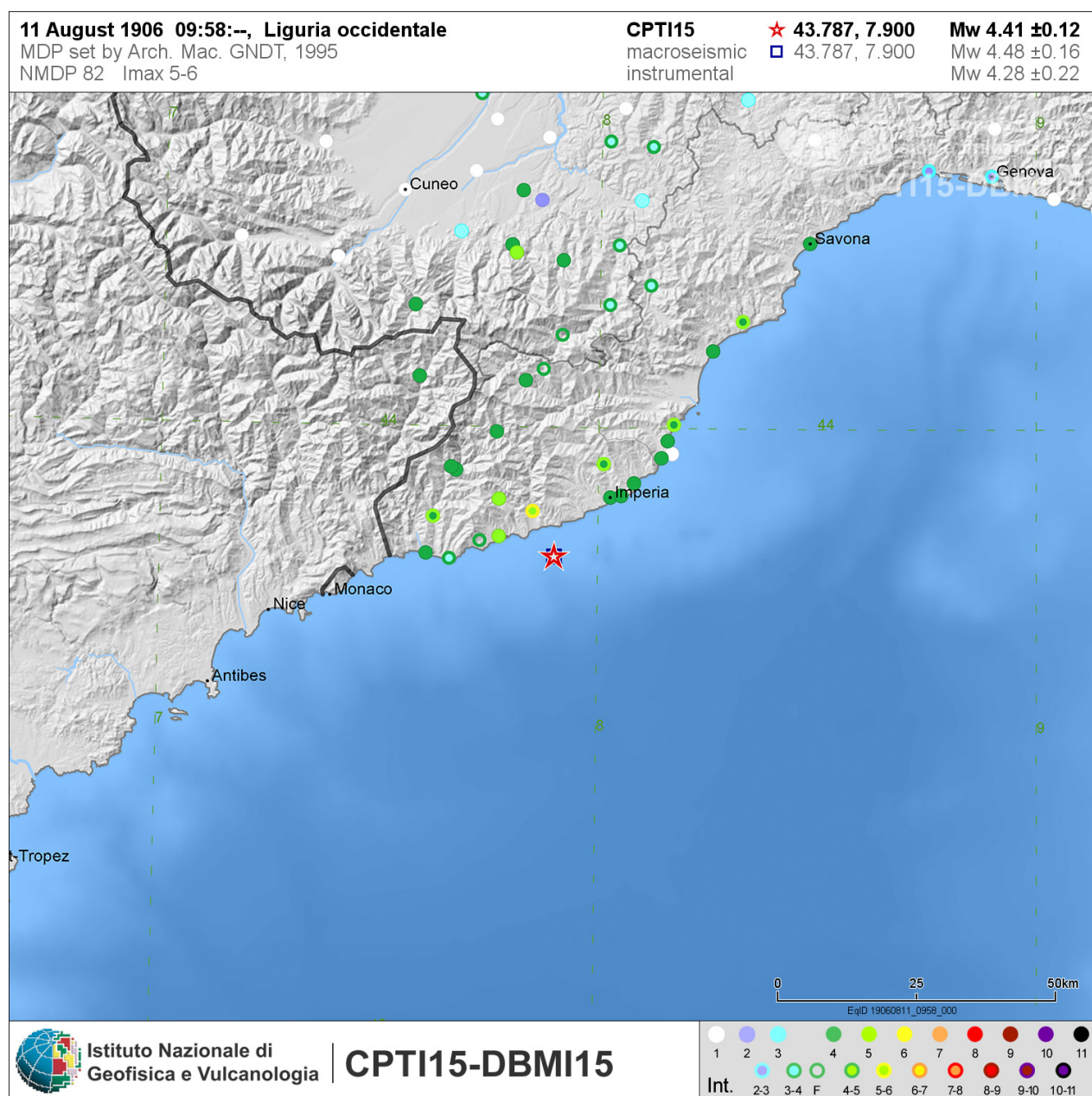


Figura 23 - Evento sismico 1906 relativo alla località "Liguria occidentale" - Estratto database macrosismico DBMI15 - Fonte sito INGV (consultazione marzo 2017).

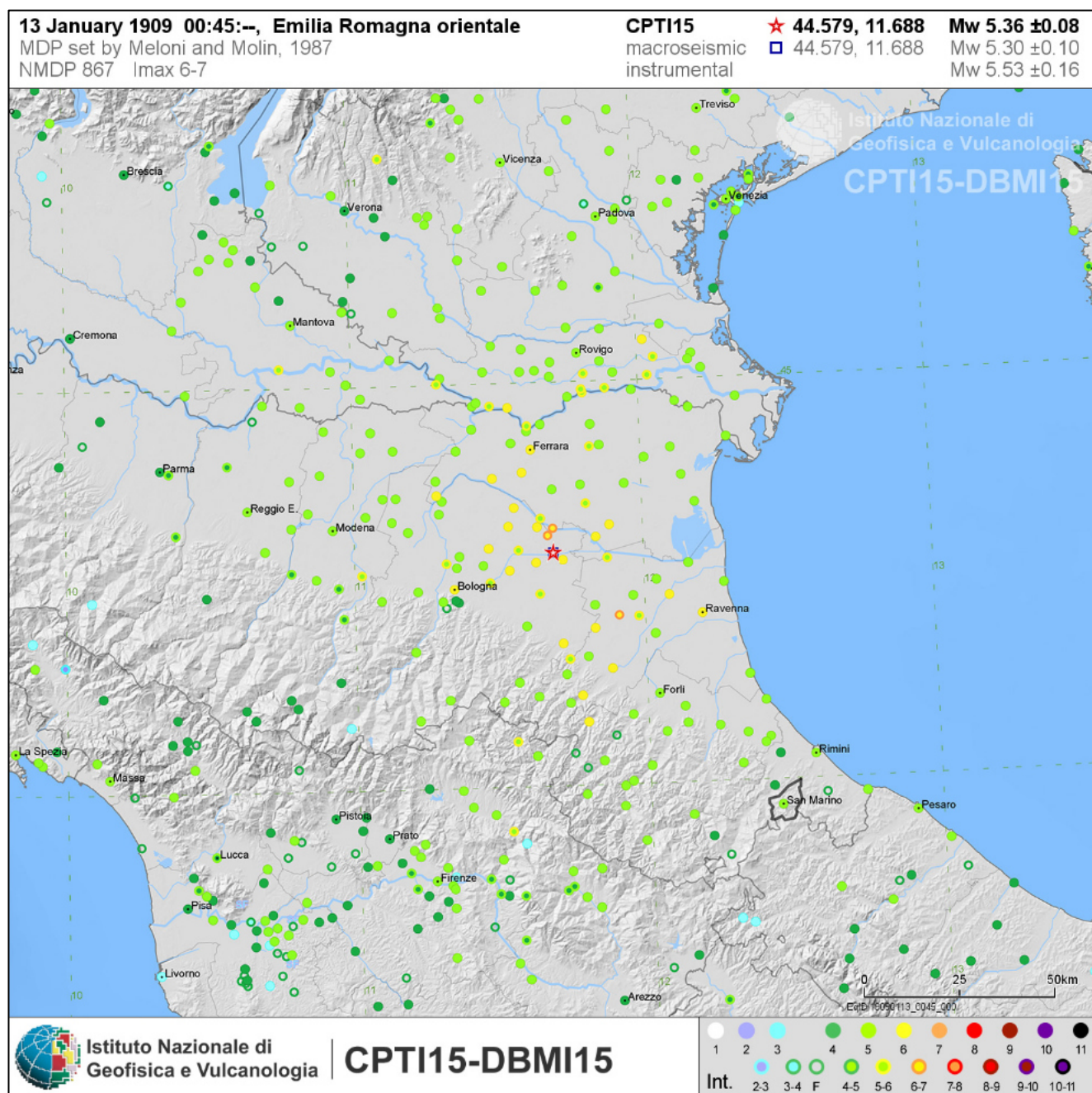


Figura 24 - Evento sismico 1909 relativo alla località "Emilia Romagna orientale" - Estratto database macrosismico DBMI15 - Fonte sito INGV (consultazione marzo 2017).

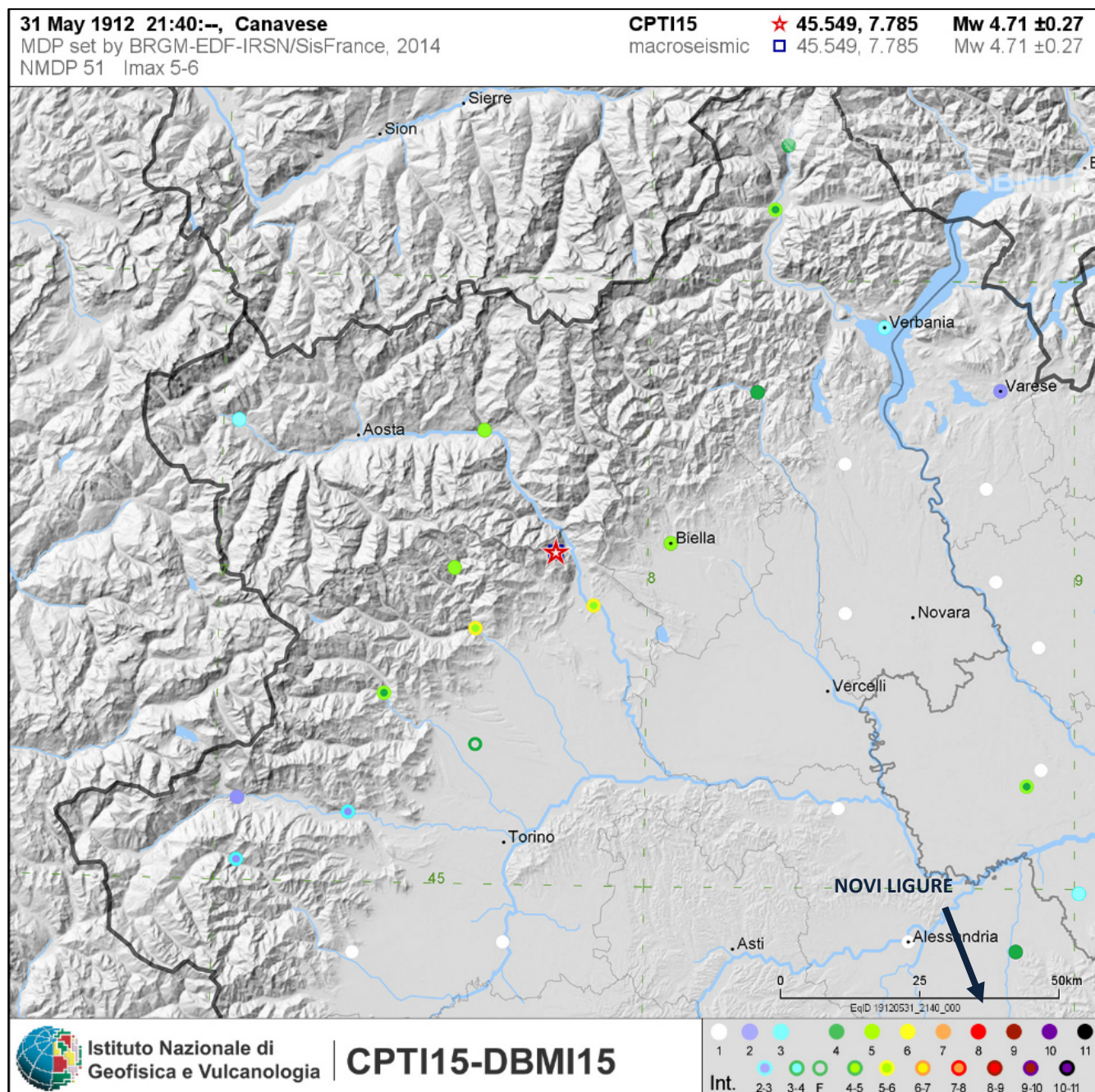


Figura 25 - Evento sismico 1912 relativo alla località "Canavese" - Estratto database macrosismico DBMI15 - Fonte sito INGV (consultazione marzo 2017).

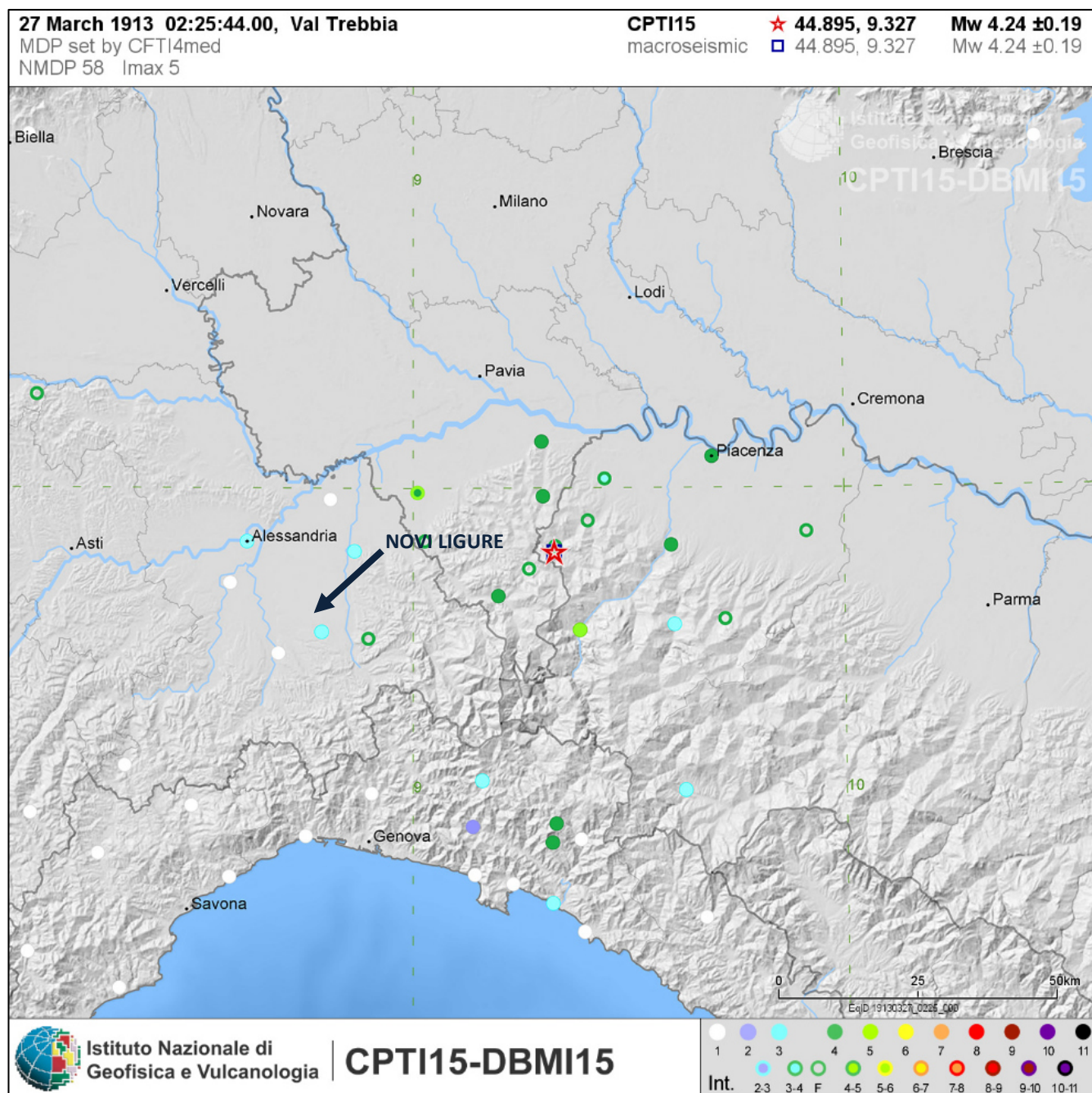


Figura 26 – Evento sismico 1913 relativo alla località “Val Trebbia” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione marzo 2017).

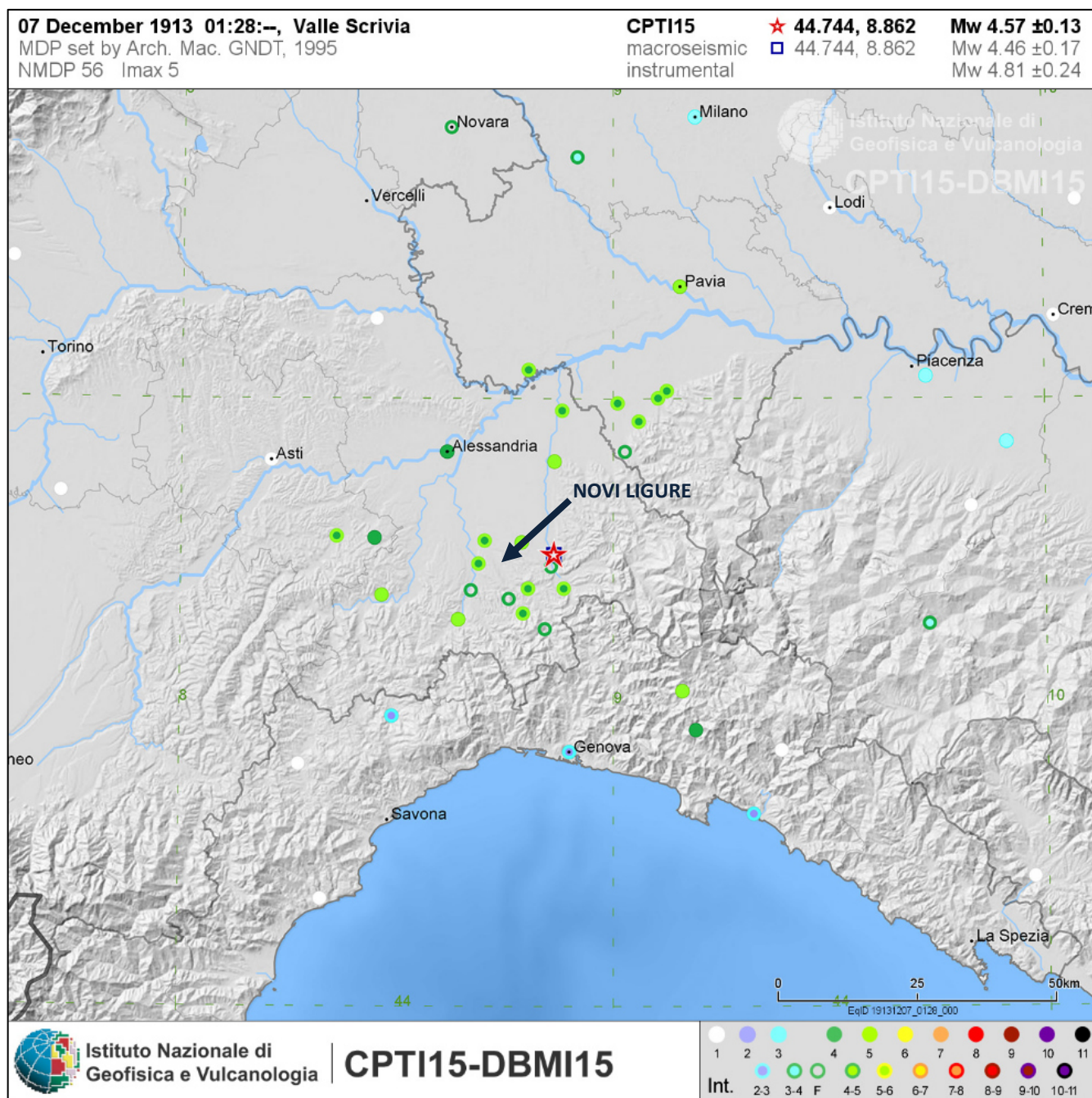


Figura 27 – Evento sismico 1913 relativo alla località “Valle Scrivia” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione marzo 2017).

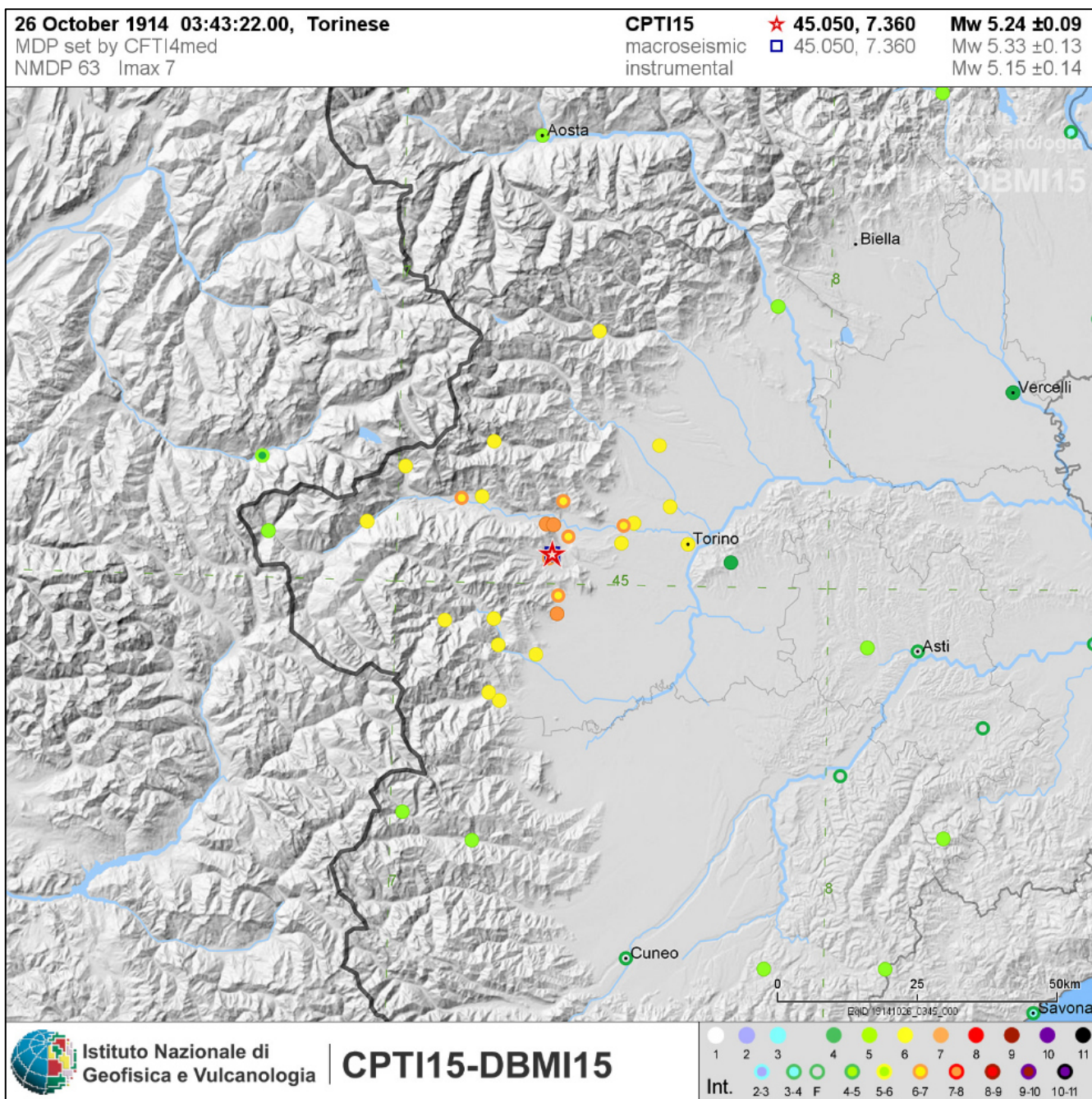


Figura 28 – Evento sismico 1914 relativo alla località “Torinese” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione marzo 2017).

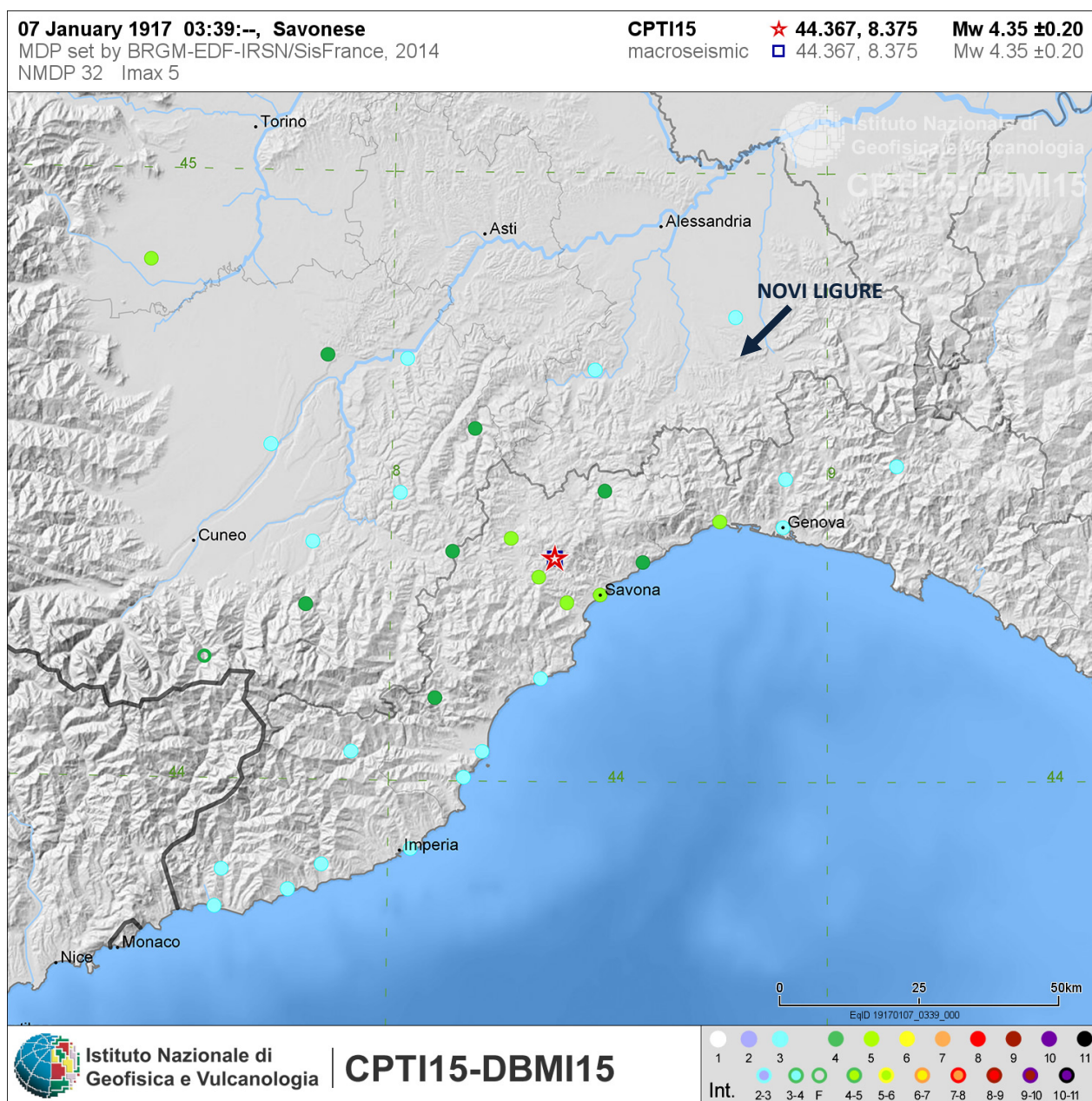


Figura 29 - Evento sismico 1917 relativo alla località "Savonese" - Estratto database macrosismico DBMI15 - Fonte sito INGV (consultazione marzo 2017).

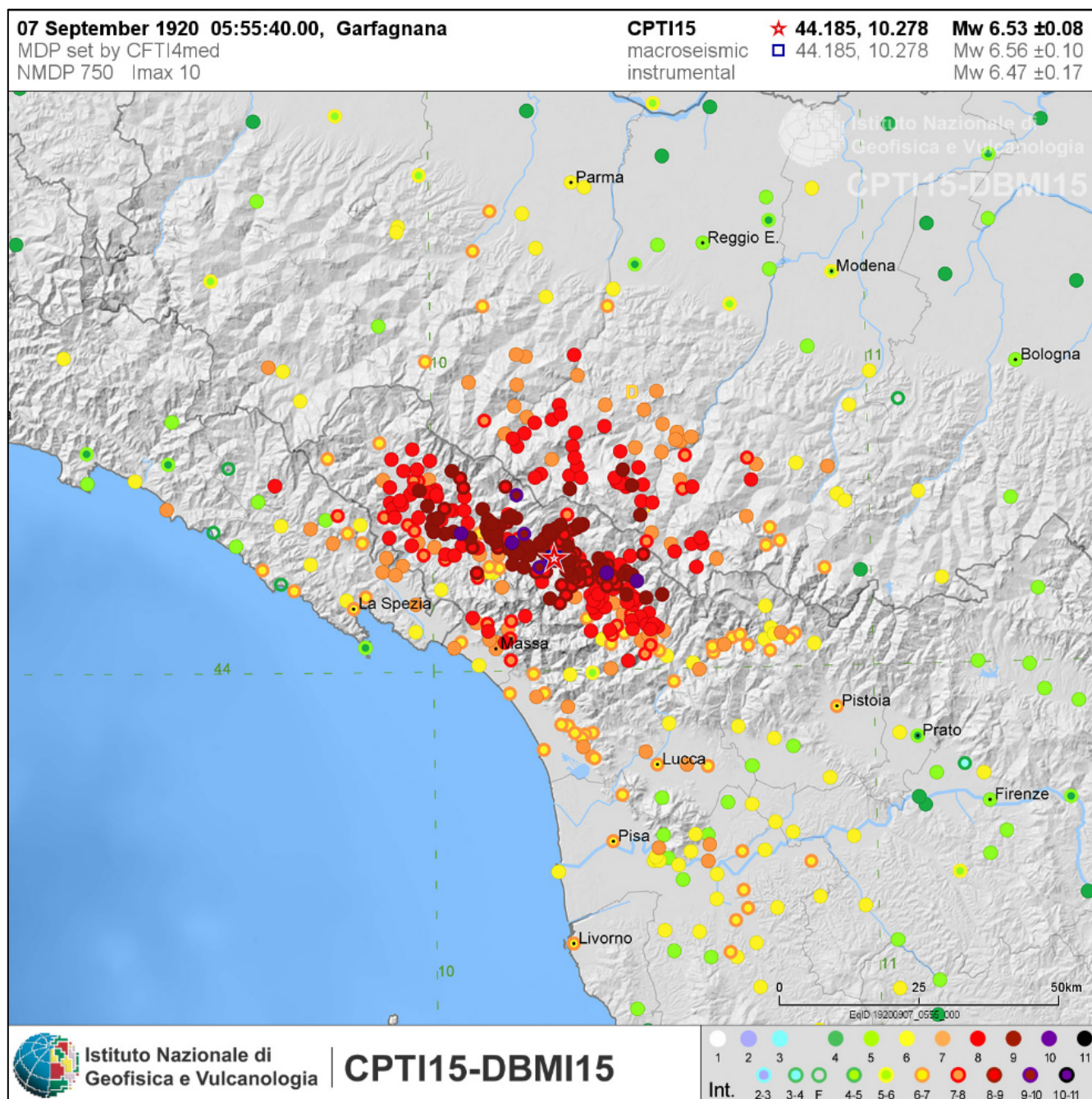


Figura 30 – Evento sismico 1920 relativo alla località “Garfagnana” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione marzo 2017).

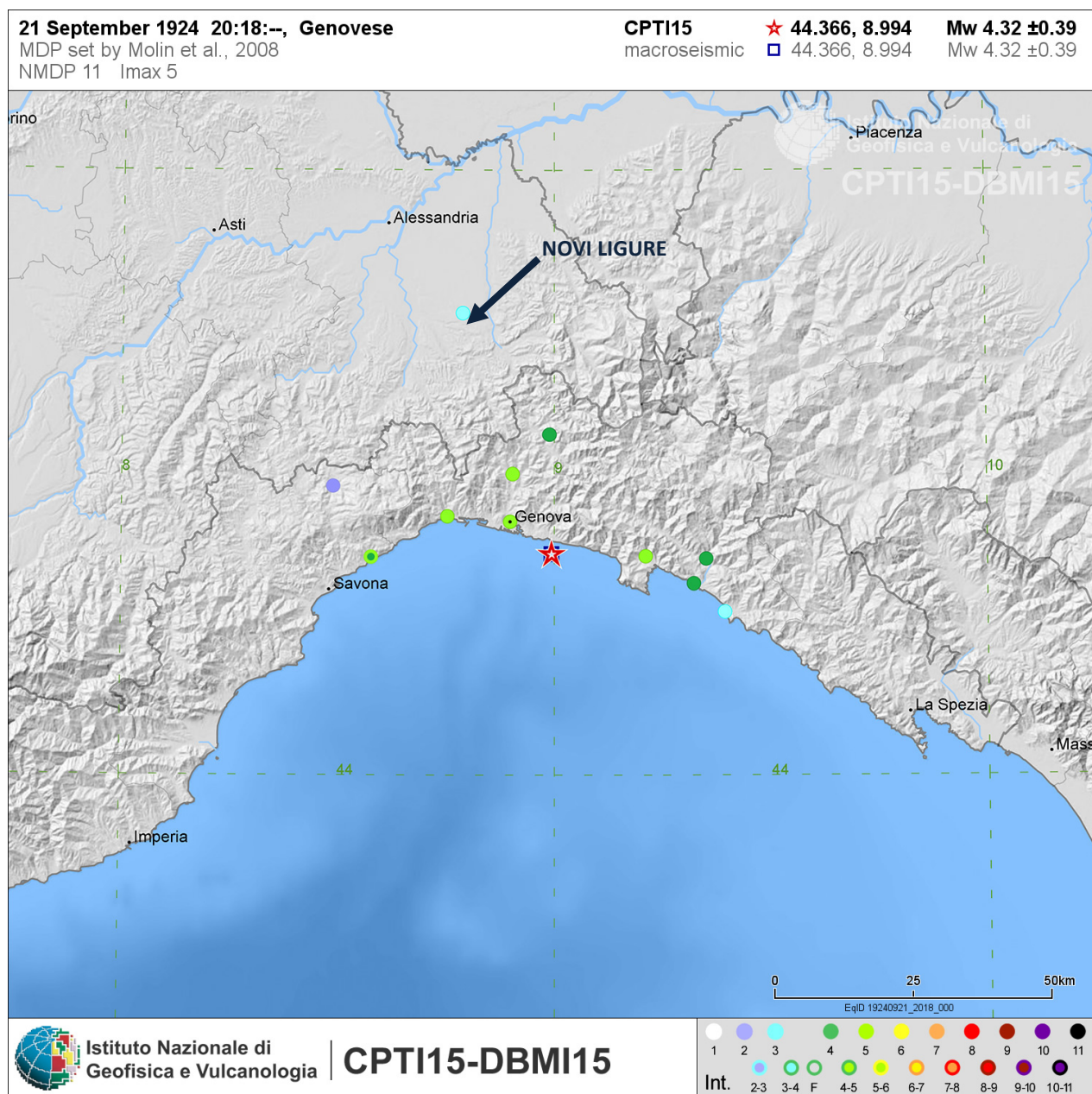


Figura 31 – Evento sismico 1924 relativo alla località “Genovese” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione marzo 2017).

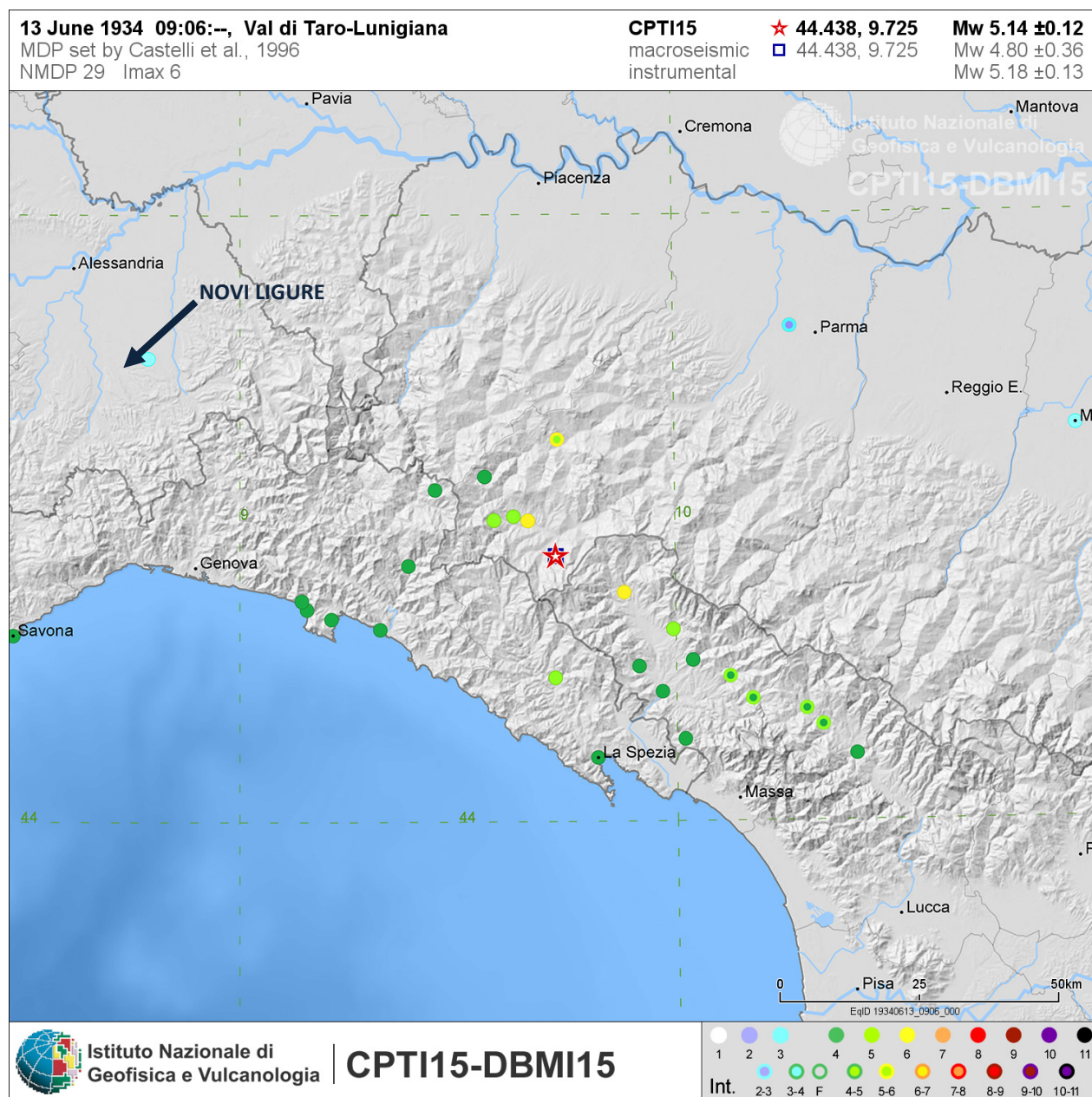


Figura 32 – Evento sismico 1934 relativo alla località “Val di Taro-Lunigiana” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione marzo 2017).

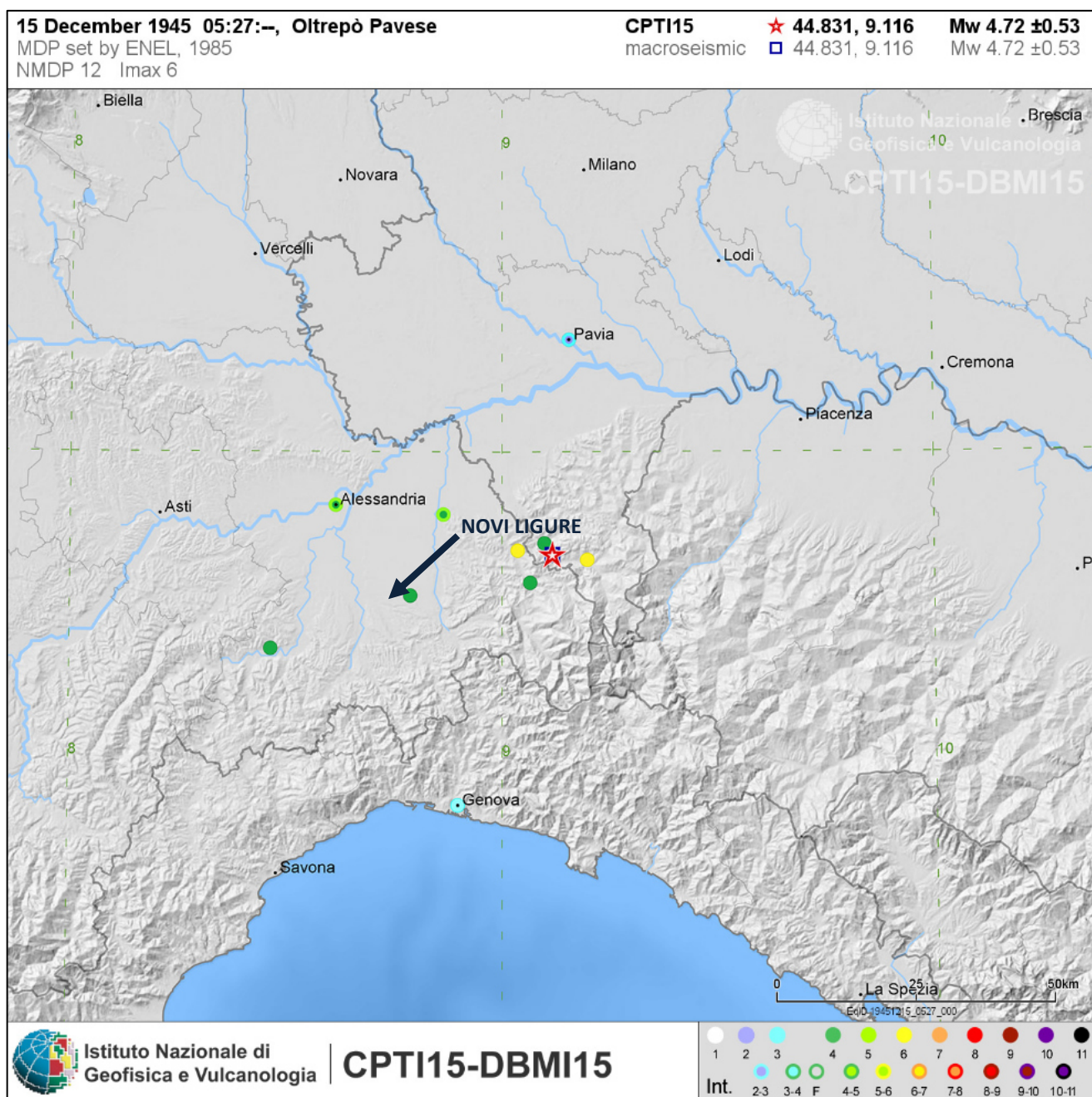


Figura 33 – Evento sismico 1945 relativo alla località “Oltrepò Pavese” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione marzo 2017).

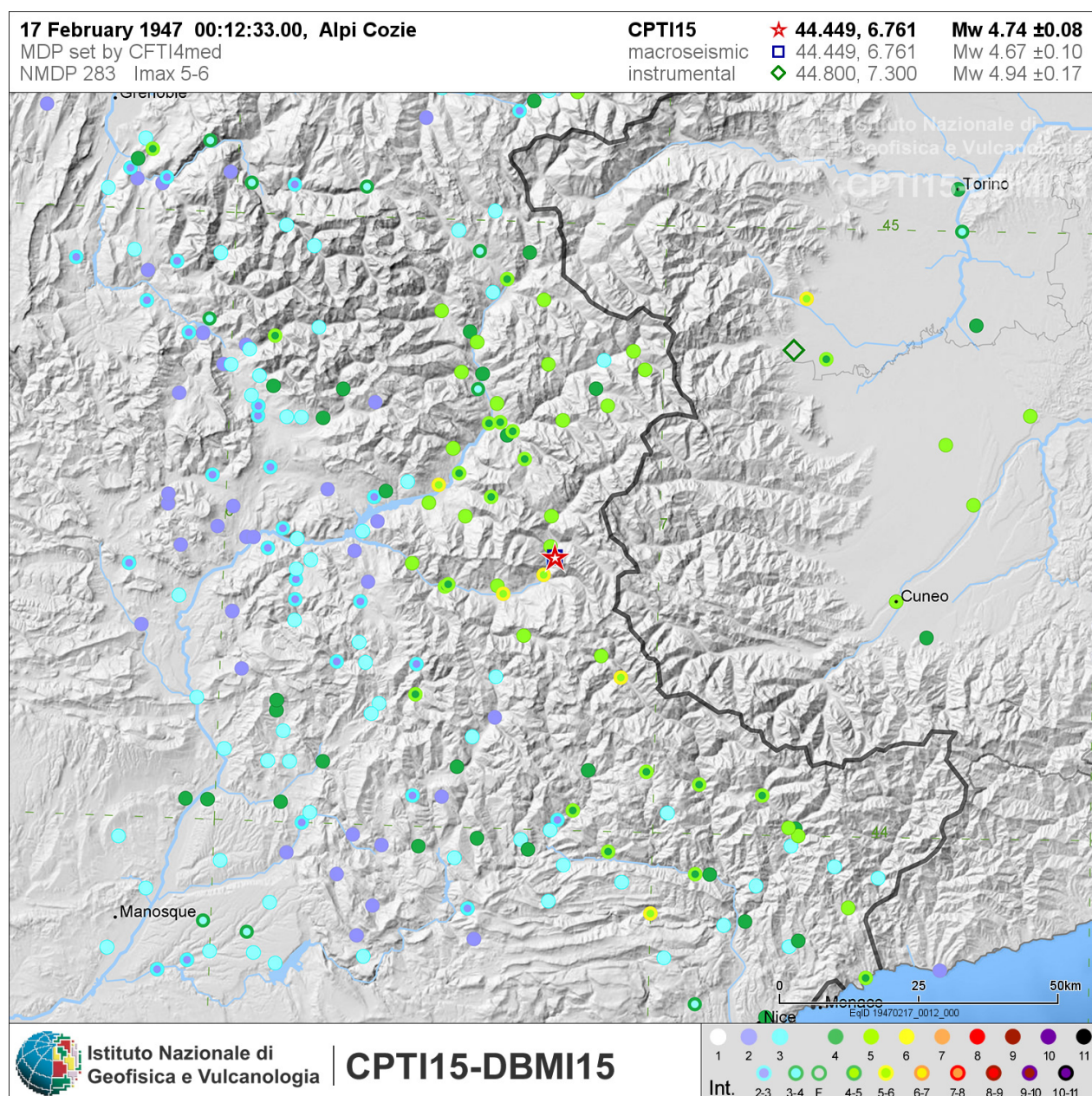


Figura 34 – Evento sismico 1947 relativo alla località “Alpi Cozie” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione marzo 2017).

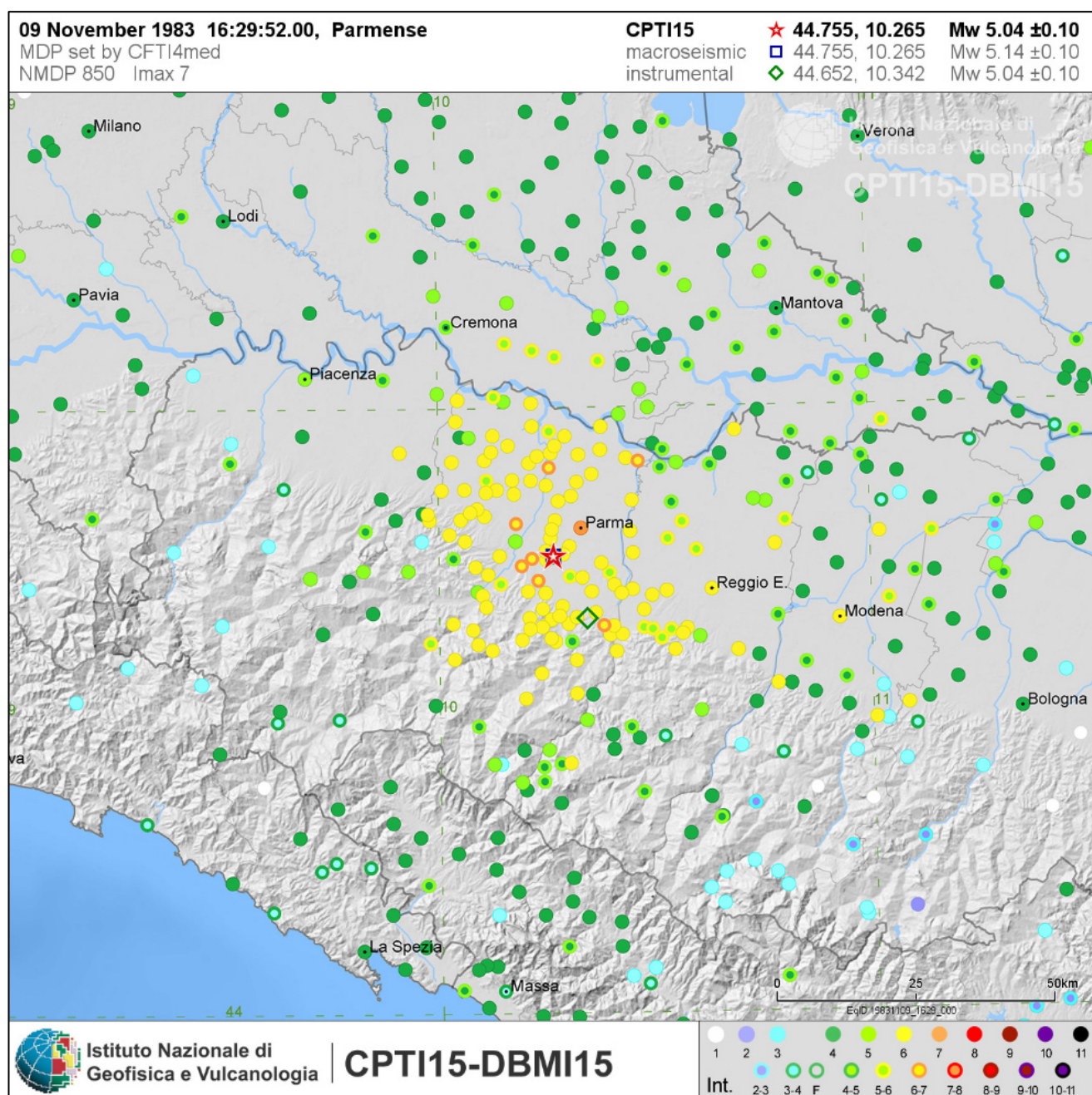


Figura 35 - Evento sismico 1983 relativo alla località "Parmense" - Estratto database macrosismico DBMI15 - Fonte sito INGV (consultazione marzo 2017).

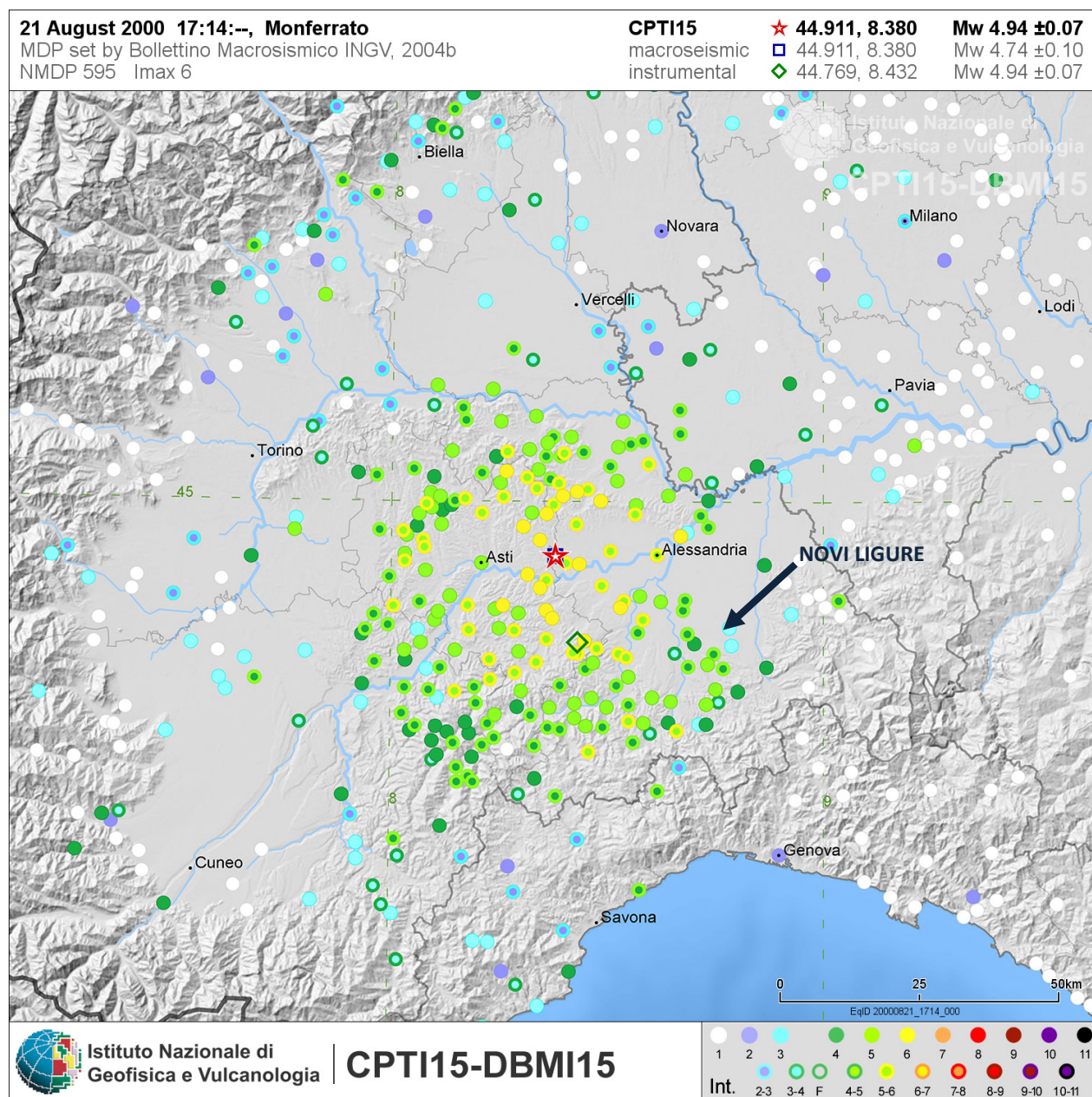


Figura 36 – Evento sismico 2000 relativo alla località “Monferrato” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione marzo 2017).

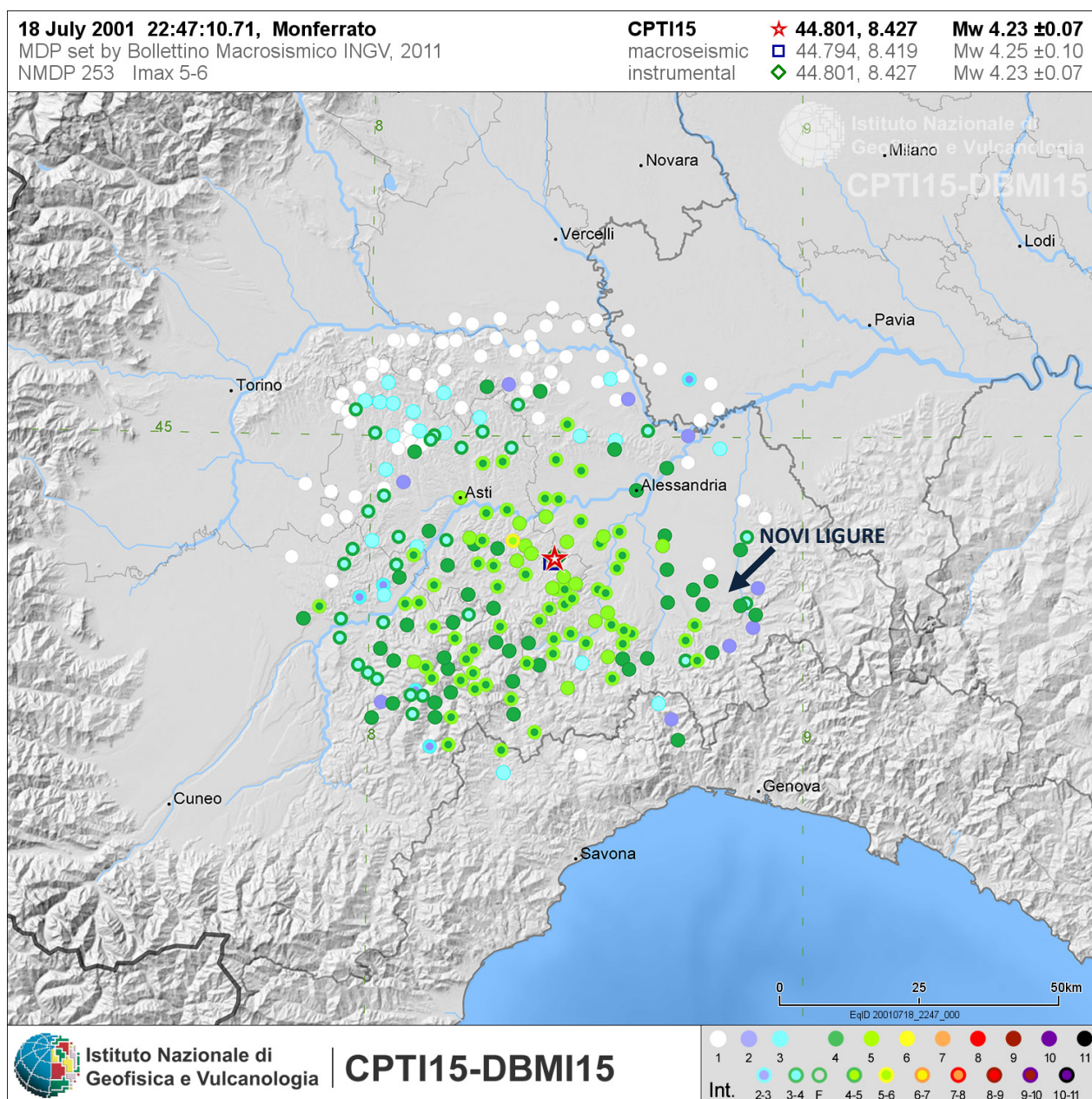


Figura 37 – Evento sismico 2001 relativo alla località “Liguria occidentale” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione marzo 2017).

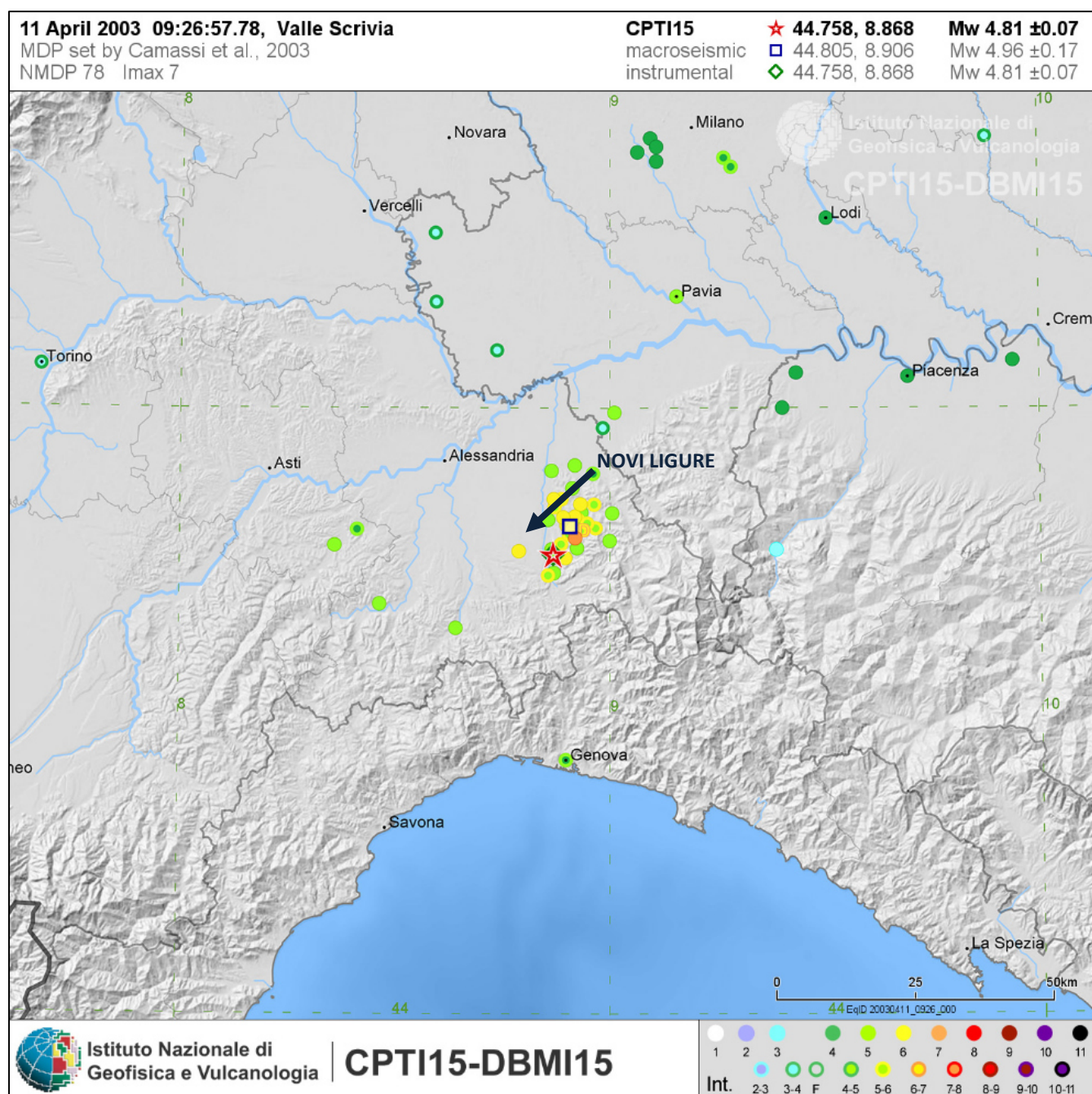


Figura 38 – Evento sismico 2003 relativo alla località “Valle Scrivia” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione marzo 2017).

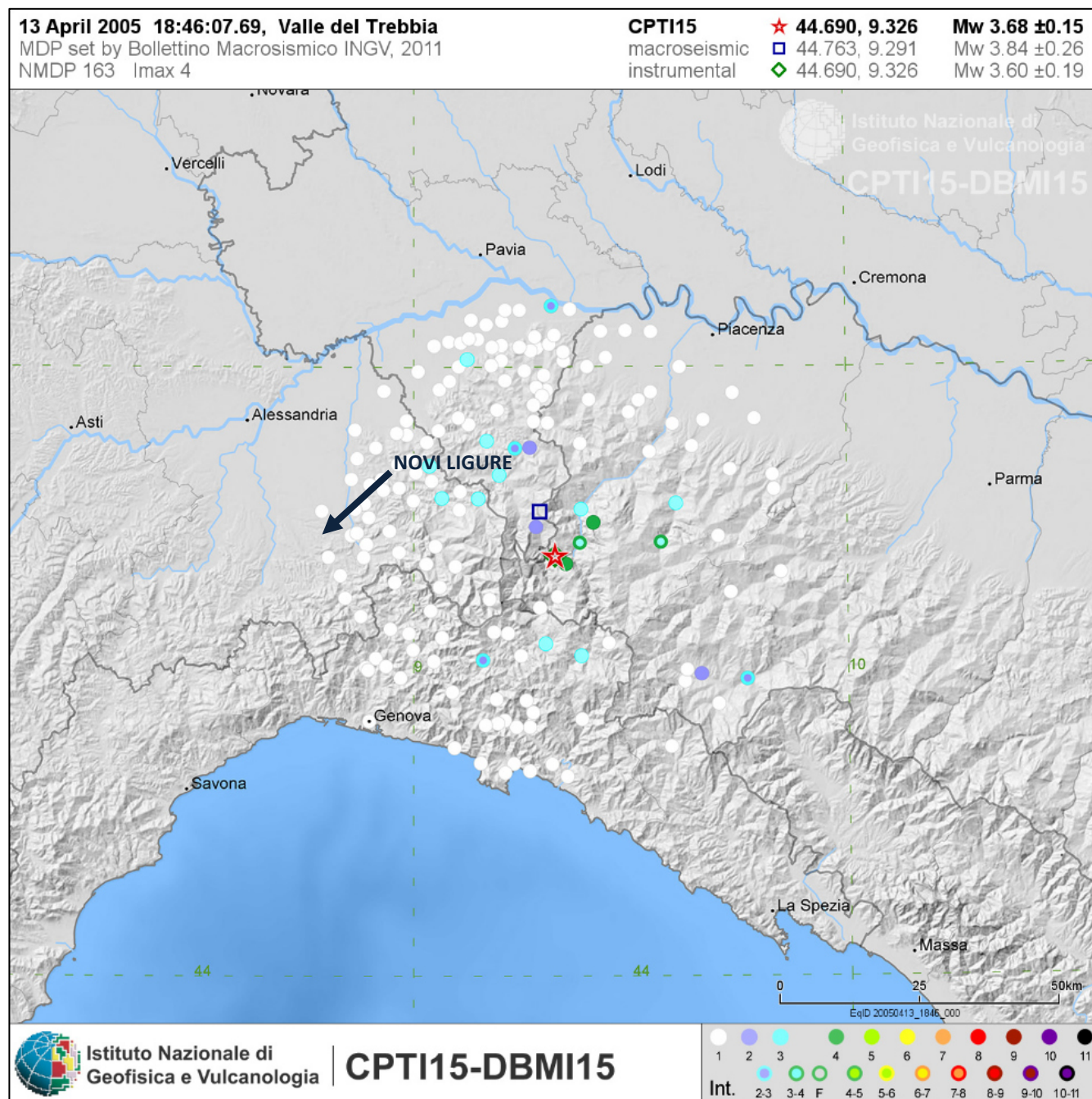


Figura 39 – Evento sismico 2005 relativo alla località “Valle del Trebbia” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione marzo 2017).

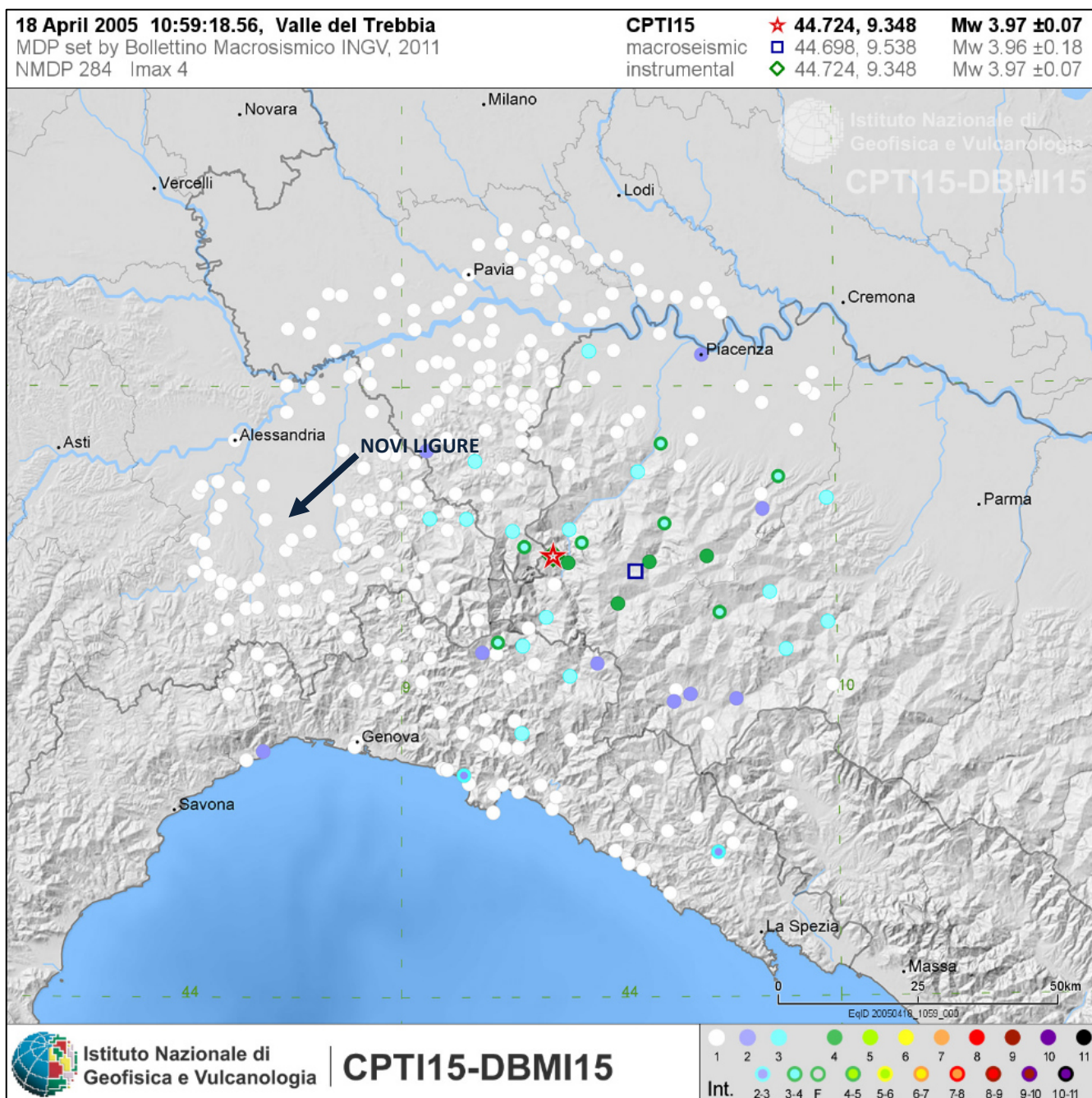


Figura 40 – Evento sismico 2005 relativo alla località “Valle del Trebbia” – Estratto database macrosismico DBMI15 – Fonte sito INGV (consultazione marzo 2017).

L'evento sismico significativo più recente che ha interessato l'area è datato 11 aprile 2003. Le informazioni acquisite dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, riportate nel Comunicato evento sismico del 11 Aprile 2003 Sala Situazione Rischi Naturali (Figura 41), risultano:

Data UTC: 11 Apr 2003 ore UTC: 11:26:00 Locali

Latitudine: 44.78N Longitudine: 8.88E

Evento sismico di magnitudo $M = 4.6$ (Intensità: VI-VII)

Regione sismica: Appennino_ligure.

Province interessate: ALESSANDRIA.

Comuni Interessati: Cassano Spinola, Gavazzana <3Km, Carezzano, Castellania, Costa Vescovado, Paderna, Sant'Agata Fossili, Sardigliano, Stazzano, Villalvernia <6Km, Avolasca <9Km.

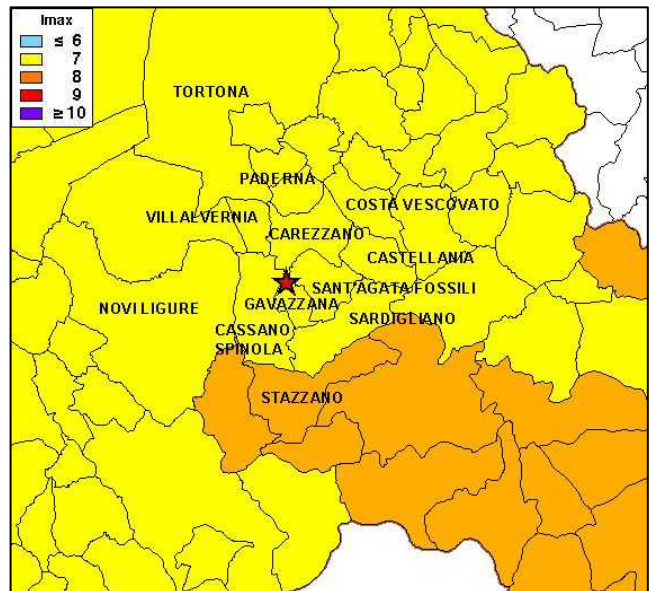
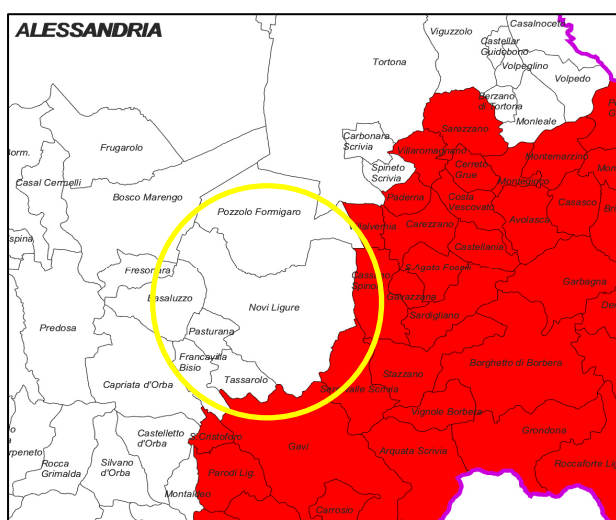


Figura 41 – Evento sismico 2003 relativo alla località S. Agata Fossili - Stralcio planimetrico con ubicazione epicentro ed indicazione delle intensità rilevate (I_{max})– Fonte sito INGV (consultazione novembre 2011).

Relativamente ai danni causati dall'evento 2003 si rimanda al paragrafo 9.

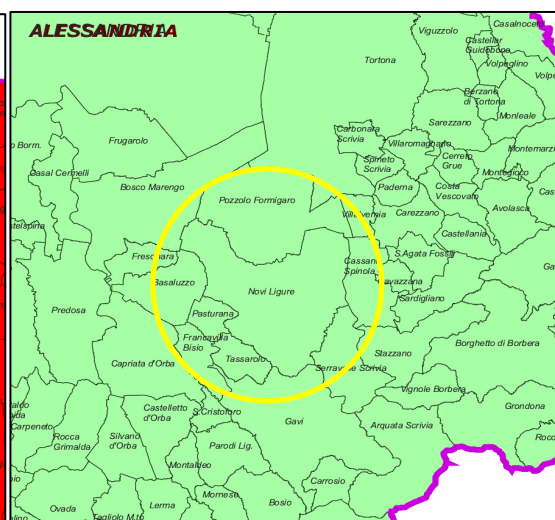
2.2 QUADRO DELLE CARATTERISTICHE SISMOLOGICHE – PERICOLOSITA' DI BASE

Secondo l'O.P.C.M. n. 3274/2003 ed il successivo 3519/2006, il territorio nazionale viene suddiviso in zone sismiche alle quali è associato un valore di accelerazione di picco di suolo di categoria A. Con la zonazione viene quindi associato lo stesso grado di sismicità a tutto il territorio comunale. In particolare, con Deliberazione della Giunta Regionale DGR 61-11017 del 17/11/2003 “Prime disposizioni in applicazione dell’Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/03 – Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” il territorio Comunale di Novi Ligure è stato classificato nella zona sismica 4. Successivamente, con DGR 19 gennaio 2010, n. 11-13058 Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. 3519/2006), la classificazione sismica dei comuni piemontesi è stata aggiornata ed al territorio Comunale di Novi Ligure è stata assegnata la zona sismica 3 (Figura 42-43).



LEGENDA

- Limiti Provinciali (CTR 1:10.000)
- ZONA 2 (Pericolosità media)
- ZONA 3 (Pericolosità bassa)
- ZONA 4 (Pericolosità minima)



LEGENDA

- Limiti provinciali
- Zona 3: comuni obbligati al rispetto delle procedure di cui ai punti 4), 5), 7) e 8) della D.G.R.
- Zona 3: comuni obbligati al rispetto delle procedure di cui ai punti 3), 5), 7) e 8) della D.G.R.
- Zona 4

Figura 42 – Classificazione sismica del Piemonte precedente all’evento sismico 2003 ed all’OPCM 3274 (Fonte sito web del Servizio Sismico Nazionale consultazione novembre 2011).

Figura 43 - Attuale Classificazione sismica del Piemonte a seguito OPCM 3519 (Fonte sito web del Servizio Sismico Nazionale consultazione novembre 2011).

La Figura 44 riporta un estratto della situazione relativa alla Regione Piemonte per quanto riguarda la pericolosità sismica, espressa in termini di accelerazione massima al suolo (a_{max}), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli molto rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; Cat. A). Per il territorio del Comune di Novi Ligure l’accelerazione massima al suolo (a_{max}) risulta compresa nell’intervallo $0.075 \div 0.100$ g.

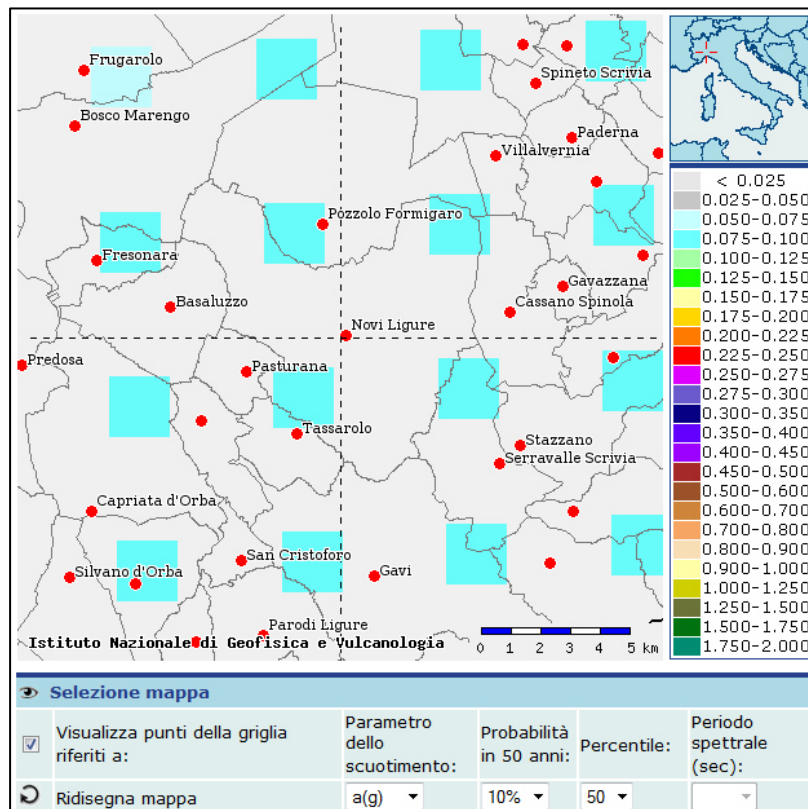


Figura 44 – Estratto Mappa interattiva di pericolosità sismica in Italia con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni – Fonte INGV (consultazione ottobre 2012).

La Figura 45 riporta un estratto della situazione relativa alla Regione Piemonte per quanto riguarda la pericolosità sismica, espressa in termini di accelerazione massima al suolo (a_{max}), con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni, riferita a suoli molto rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; Cat. A). Per il territorio del Comune di Novi Ligure l'accelerazione massima al suolo (a_{max}) risulta compresa nell'intervallo $0.100 \div 0.125$ g.

La Figura 46 riporta un estratto della situazione relativa alla Regione Piemonte per quanto riguarda la pericolosità sismica, espressa in termini di accelerazione massima al suolo (a_{max}), con probabilità di eccedenza del 2% in 50 anni, riferita a suoli molto rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; Cat. A). Per il territorio del Comune di Novi Ligure l'accelerazione massima al suolo (a_{max}) risulta compresa nell'intervallo $0.150 \div 0.175$ g.

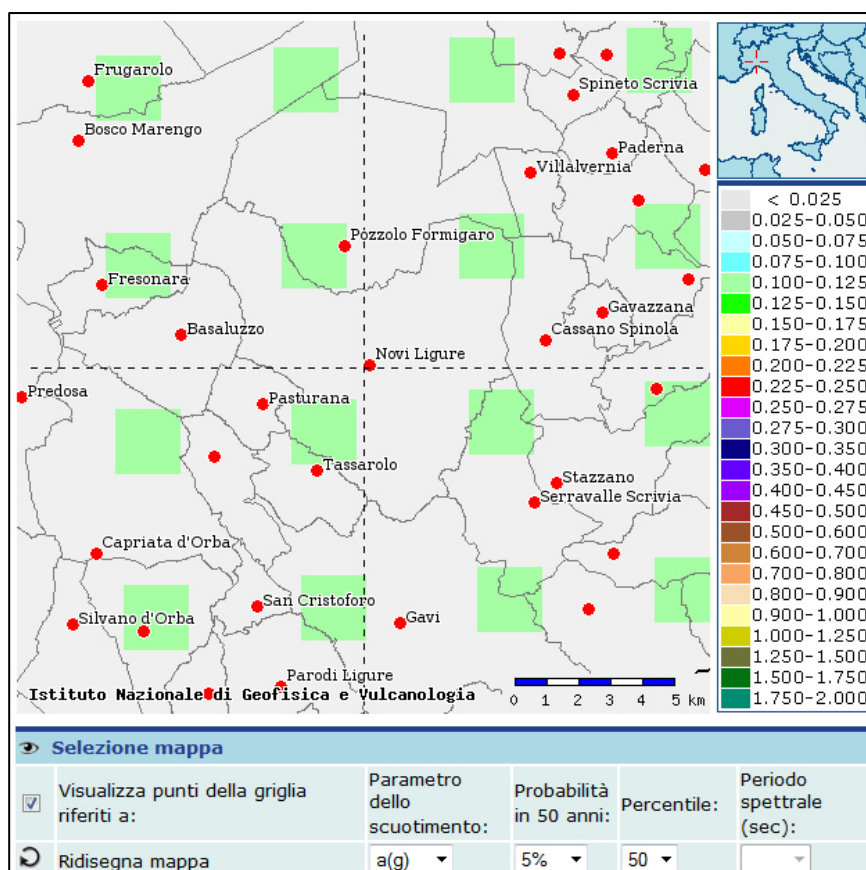


Figura 45 – Estratto Mappa interattiva di pericolosità sismica in Italia con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni – Fonte INGV (consultazione ottobre 2012).

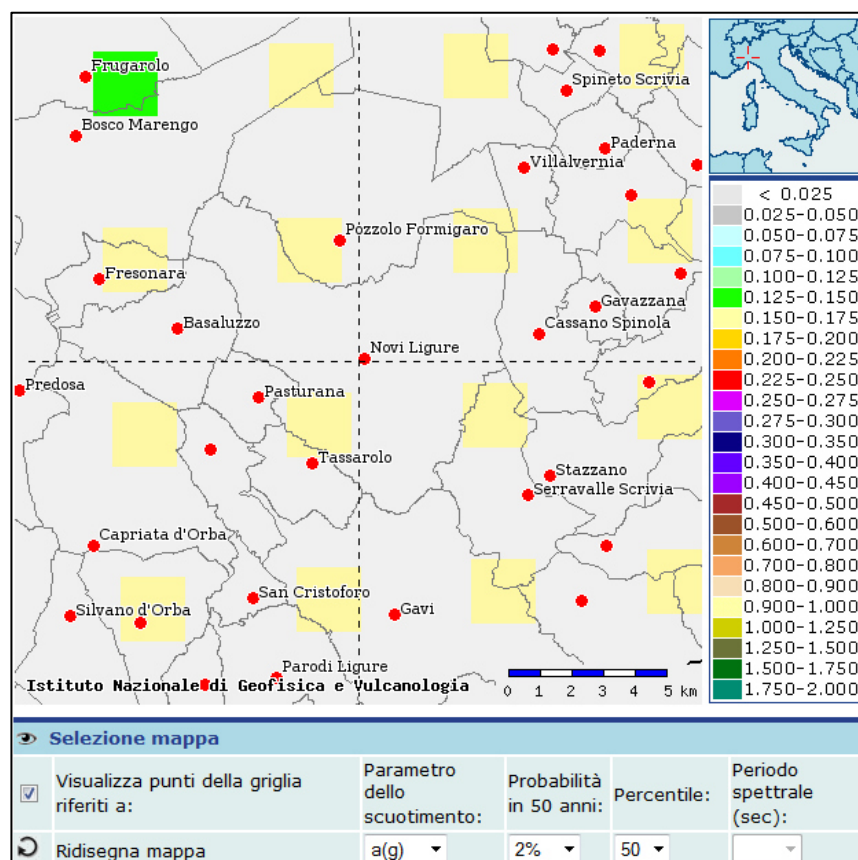


Figura 46 – Estratto Mappa interattiva di pericolosità sismica in Italia con probabilità di eccedenza del 2% in 50 anni – Fonte INGV (consultazione ottobre 2012).

3. ASSETTO GEOLOGICO-TETTONICO-GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

3.1 AMBITO STRUTTURALE

La Regione Piemonte ed in particolare la Provincia di Alessandria, dove risulta compreso il Comune di Novi Ligure, non è esente da attività sismo-tettonica.

Il territorio regionale piemontese è circondato a Nord, ad Ovest e a Sud dal sistema alpino occidentale, catena collisionale originatasi a partire dal Cretaceo per lo scontro fra le placche Europea ed Adriatica. Il contesto tettonico e i regimi geodinamici attivi portano la regione ad essere interessata da una sensibile attività sismica, generalmente modesta come intensità, ma notevole come frequenza.

Gli epicentri si concentrano preferenzialmente lungo due direttrici:

- una segue la direzione dell'Arco Alpino occidentale nella sua parte interna (limite fra le unità penniniche e la pianura padana);
- l'altra, più dispersa, segue l'allineamento dei massicci cristallini esterni (fronte Penninico).

Le due direttrici convergono nella zona del Cuneese, per riaprirsi a ventaglio verso la costa interessando il Nizzardo e l'Imperiese. Un'ulteriore area di attività sismica per il Piemonte è costituita dall'estremità settentrionale degli Appennini ed interessa le zone sud-orientali della regione.

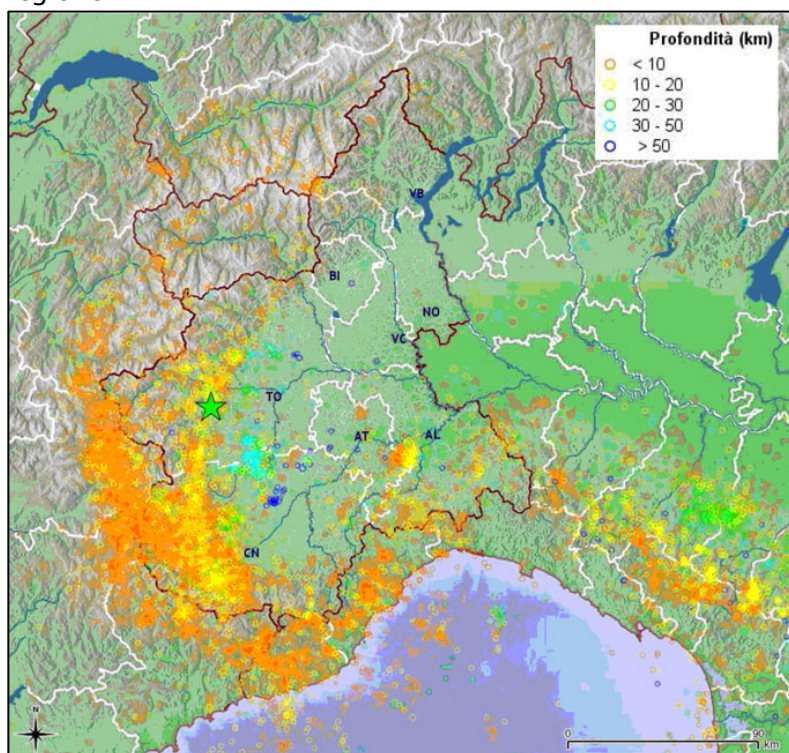


Figura 47 – Sismicità strumentale regionale dal 1982 al 2010 e localizzazione dell'evento del 25 luglio 2011 – Fonte: rapporto Arpa Piemonte evento 25.07.2011 – (consultazione marzo 2017).

In particolare, il territorio della provincia di Alessandria risulta caratterizzato da una sismicità moderata, che può essere definita medio-bassa relativamente alla sismicità nazionale, poiché i terremoti storici hanno avuto magnitudo massima compresa tra 5 e 5.5 della scala Richter ed intensità del VII-VIII grado della scala MCS. I maggiori terremoti (Magnitudo > 5) si sono verificati nel settore sud-orientale.

La Figura 48 rappresenta un estratto dalla mappa delle massime intensità macrosismiche

osservate nei comuni italiani, valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT – Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (a partire da 943 eventi di intensità epicentrale superiore o uguale alla soglia del danno $I_0 \geq 5/6$) e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA, elaborata per il Dipartimento della Protezione Civile nel 1996.

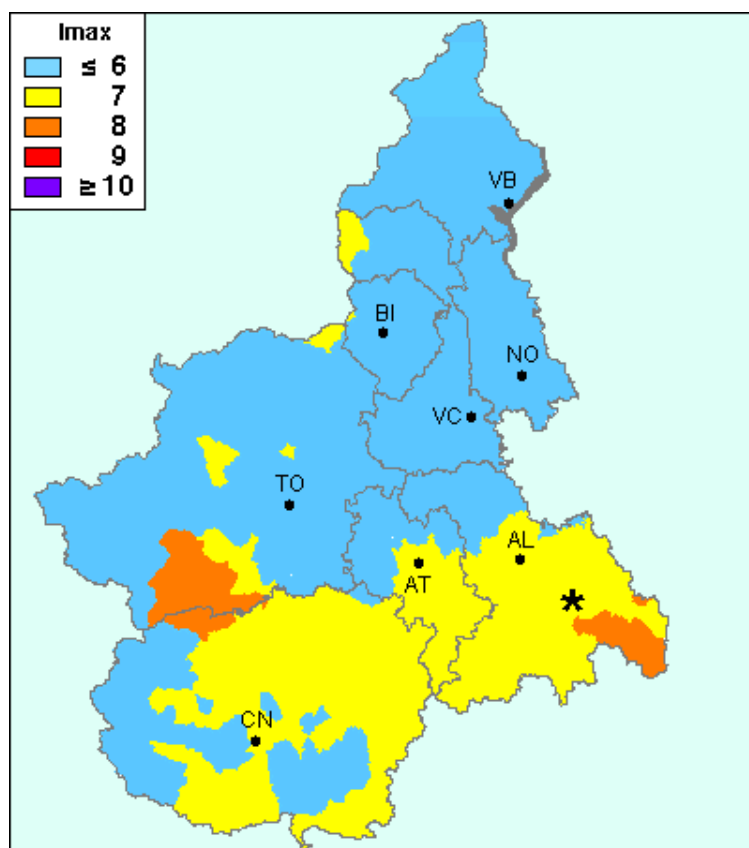


Figura 48 - Mappa delle massime intensità macrosismiche osservate (D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise, 1996 (consultazione novembre 2011)).

L'epicentro del terremoto del 2003 (MD = 4.6, ML = 4.8), il più rilevante per l'area alessandrina, degli ultimi anni, ricade in un'area dove nel 1541 è avvenuto un terremoto di entità leggermente superiore (magnitudo = 5.2), che ha prodotto danni rilevanti a Stazzano, Novi Ligure e Serravalle Scrivia. Nelle vicinanze è localizzato anche l'evento del 1913 (Valle Scrivia, magnitudo 4.1). Inoltre, il catalogo CFTI Med 4.0 segnala altri 5 terremoti per le generiche località Tortonese ed Alessandrino, negli anni 1759, 1780, 1902, 1906 e 1932, di intensità del IV-V grado della scala MCS (Scala macrosismica Mercalli-Cancani-Sieberg).

In Figura 49 si riporta un estratto delle Massime intensità macrosismiche osservate nella provincia di Alessandria, dove è stata evidenziato il Comune di Novi Ligure con Intensità pari a 7.

MORNESE	1	6	111	44.63375	8.75680	7
MORSASCO	1	6	112	44.66550	8.55000	7
MURISENGO	1	6	113	45.08346	8.13894	<= 6
NOVI LIGURE	1	6	114	44.76418	8.78824	7
OCCIMIANO	1	6	115	45.05919	8.50595	<= 6
ODALENGO GRANDE	1	6	116	45.10902	8.16757	<= 6
ODALENGO PICCOLO	1	6	117	45.07066	8.20669	<= 6
OLIVOLA	1	6	118	45.03674	8.36702	<= 6
ORSARA BORMIDA	1	6	119	44.69168	8.55940	7

Figura 49 – Estratto Massime Intensità macrosismiche osservate nella provincia di Alessandria - (D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise, 1996 (consultazione novembre 2011)).

La recente pubblicazione dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha mappato il

territorio nazionale in zone sismogenetiche, riportate in Figura 50; tale zonazione viene chiamata ufficialmente ZS9. Rispetto alla zonazione precedente ZS4, le zone sorgente sono state disegnate più vincolate rispetto alle sorgenti sismogenetiche ed alla sismicità storica e strumentale e le aree circostanti sono state cautelate attraverso i normali effetti di propagazione della pericolosità sismica al di fuori delle zone sorgente. La zonizzazione ZS9 è costituita da 42 zone – sorgente. Le diverse zone sono individuate da un numero; le zone indicate con una lettera non sono state utilizzate per la valutazione della pericolosità sismica. Il colore delle zone non è significativo. I limiti tra le zone sono neri e blu, i limiti neri definiscono limiti il cui tracciamento dipende esclusivamente da informazioni tettoniche o geologico-strutturali, il colore blu invece definisce suddivisioni di zone con uno stile deformativo, ma con differenti caratteristiche della sismicità, come ad es. la distribuzione spaziale degli eventi o la massima magnitudo rilasciata, ecc.. Le 42 zone sorgente di ZS9 vengono identificate da un numero che va da 901 a 936 o con una lettera da A a F.

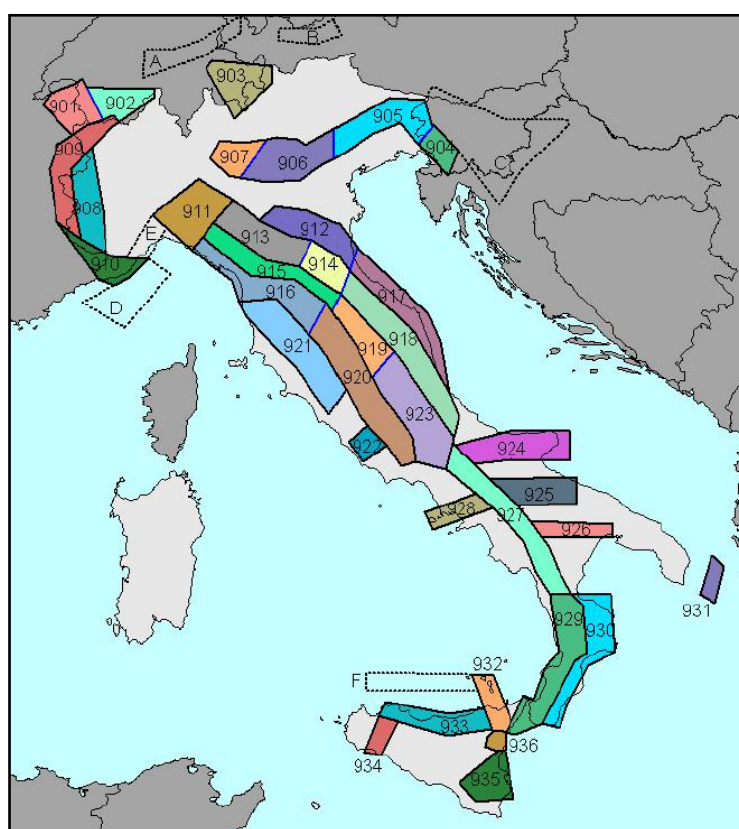


Figura 50 – Zonazione Sismogenetica ZS9 – Gruppo di Lavoro per la redazione di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 20-03-03 n. 3274) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Nella ZS 911 il meccanismo di fagliazione prevalente, cioè quello che ha la massima probabilità di caratterizzare i futuri terremoti significativi, è di tipo trascorrente (Figura 51).

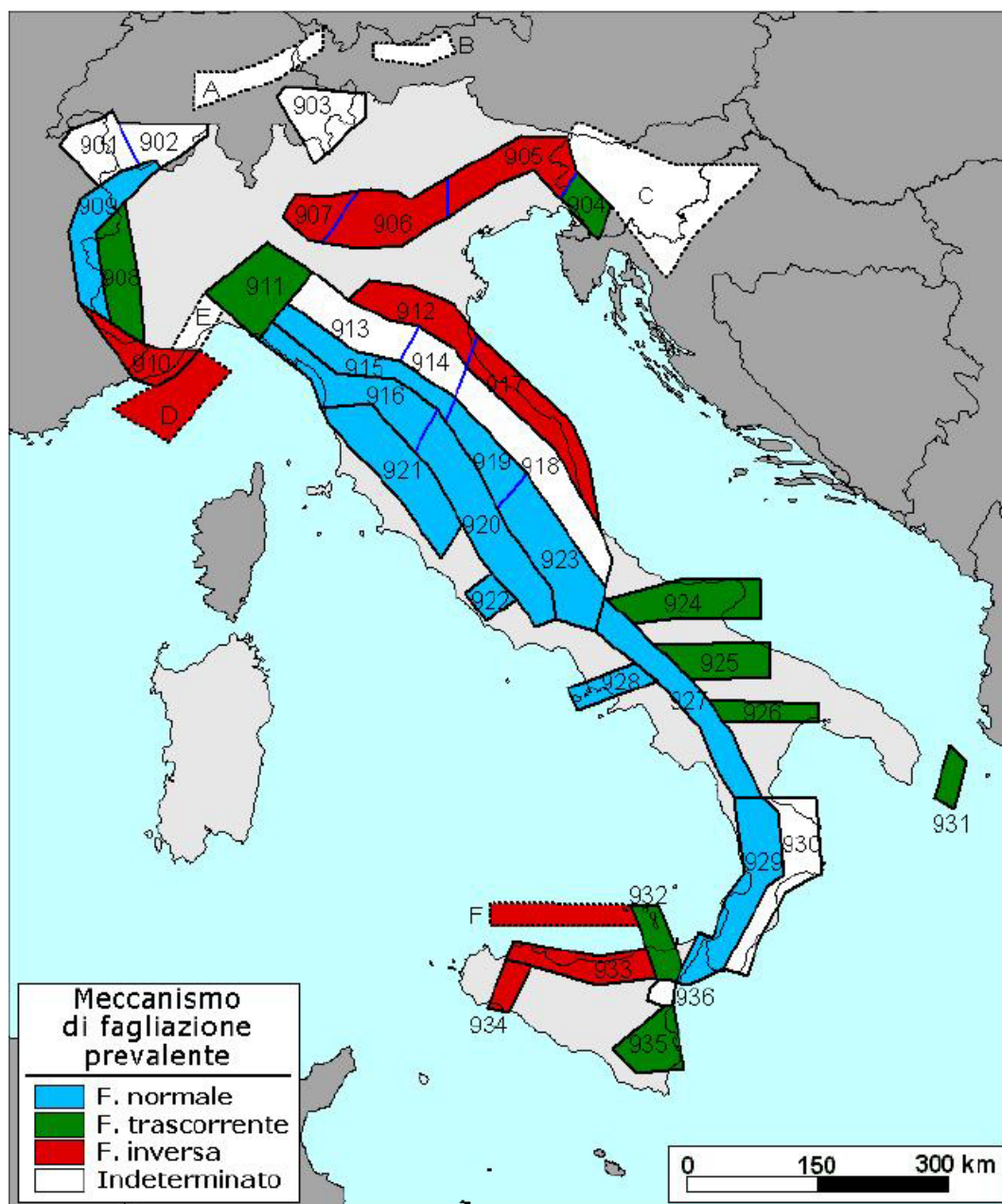


Figura 51– Meccanismo di fagliazione prevalente atteso per le diverse zone sismogenetiche – Gruppo di Lavoro per la redazione di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 20-03-03 n. 3274) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Il territorio del Comune di Novi Ligure risulta situato all'interno della zona 911. Le zone sismogenetiche ZS, dalla 911 alla 923, costituiscono l'Appennino settentrionale e centrale. In particolare, l'arco appenninico è limitato, a Nord, dalla Zona 911 che costituisce il cosiddetto "Arco di Pavia" e rappresenta l'area di "svincolo" tra il sistema alpino e quello appenninico.

Le carte tettoniche e neotettoniche relative all'Italia settentrionale di cui si allegano estratti (Figura 52–53) mostrano le principali strutture tettoniche che interessano la zona dell'alessandrino. Nella Figura 52 viene riportato un estratto della Carta "Schema strutturale dell'Appennino nord-occidentale". Nella Figura 53 viene riportato un estratto della Carta "Neotectonic model of Italy" in scala 1:1.500.000. In entrambe le figure rappresentative dell'assetto tettonico-strutturale dell'area dell'appennino nord occidentale si può osservare un regime tettonico debolmente compressivo in atto. L'appennino nord-occidentale è caratterizzato da una moderata sismicità, che si manifesta principalmente:

- lungo le zone di accavvallamento frontale del margine appenninico;
- lungo la fascia con direttrice appenninica che dalla zona di Varzi si estende quasi con continuità verso WSW fino alla zona dell'appennino toscano-emiliano (Lunigiana e Garfagnana);
- lungo lineamenti trasversali alle due fasce longitudinali di direzione appennica.

Lungo il margine appenninico, soprattutto nella zona tra Voghera e Tortona, l'attività è blanda e sporadica nel tempo e con epicentri arretrati rispetto alla posizione dei fronti appenninici sepolti. La zona più attiva del comparto appenninico si estende dall'area di Varzi-Bobbio fino alla Garfagnana. Il livello medio di energia rilasciata decresce quasi esponenzialmente da SE verso NW ed anche la profondità focale tende a diminuire gradualmente procedendo verso NW. La maggior parte dei fuochi è concentrata entro i primi 10-15 Km di profondità con approfondimento nella zona borgotese-pontremolese.

Il territorio comunale di Novi Ligure, interessato dalle successioni sedimentarie quaternari dei depositi "padani" e mioceniche-plioceniche del Bacino Terziario Piemontese (BTP), si colloca al margine occidentale dei fronti di accavvallamento di direzione appenninica, in una zona dove i principali elementi strutturali risultano la linea Villalvernia-Varzi, a NE del territorio di Novi Ligure e due faglie denominate di Vargo e della Valle Scrivia, a E del territorio comunale. Il BTP presenta un assetto tettonico complessivamente poco deformato e viene interrotto nella sua successione dalla linea Villalvernia-Varzi.

La linea tettonica Villalvernia-Varzi viene pertanto considerata il limite geologico nord-orientale del BTP, a S, e la zona molto più deformata dell'Appennino tortonese-vogherese, a N (Figura 55). La dislocazione della Villalvernia-Varzi sarebbe attiva sin dall'Oligocene e la sua attività sembrerebbe protratta in tempi recenti.

La faglia della valle Scrivia di tipo subverticale con direzione SSE-NNW, coincidente all'incirca con il corso del T. Scriva nel tratto compreso tra Vocemola e Precipiano allo sbocco della Val Borbera, è stata attiva nell'oligocene superiore e nel medio miocene ed è stata fossilizzata dalla deposizione dei sedimenti trasgressivi delle Marne di Cessole.

La faglia di Vargo, dislocata nei pressi di Vargo a NE della Valle Scrivia, orientata NE-SW con rigetto verticale, interessa il membro inferiore delle Marne di S. Agata Fossili e pertanto è una faglia presedimentaria del periodo miocenico tortoniano.

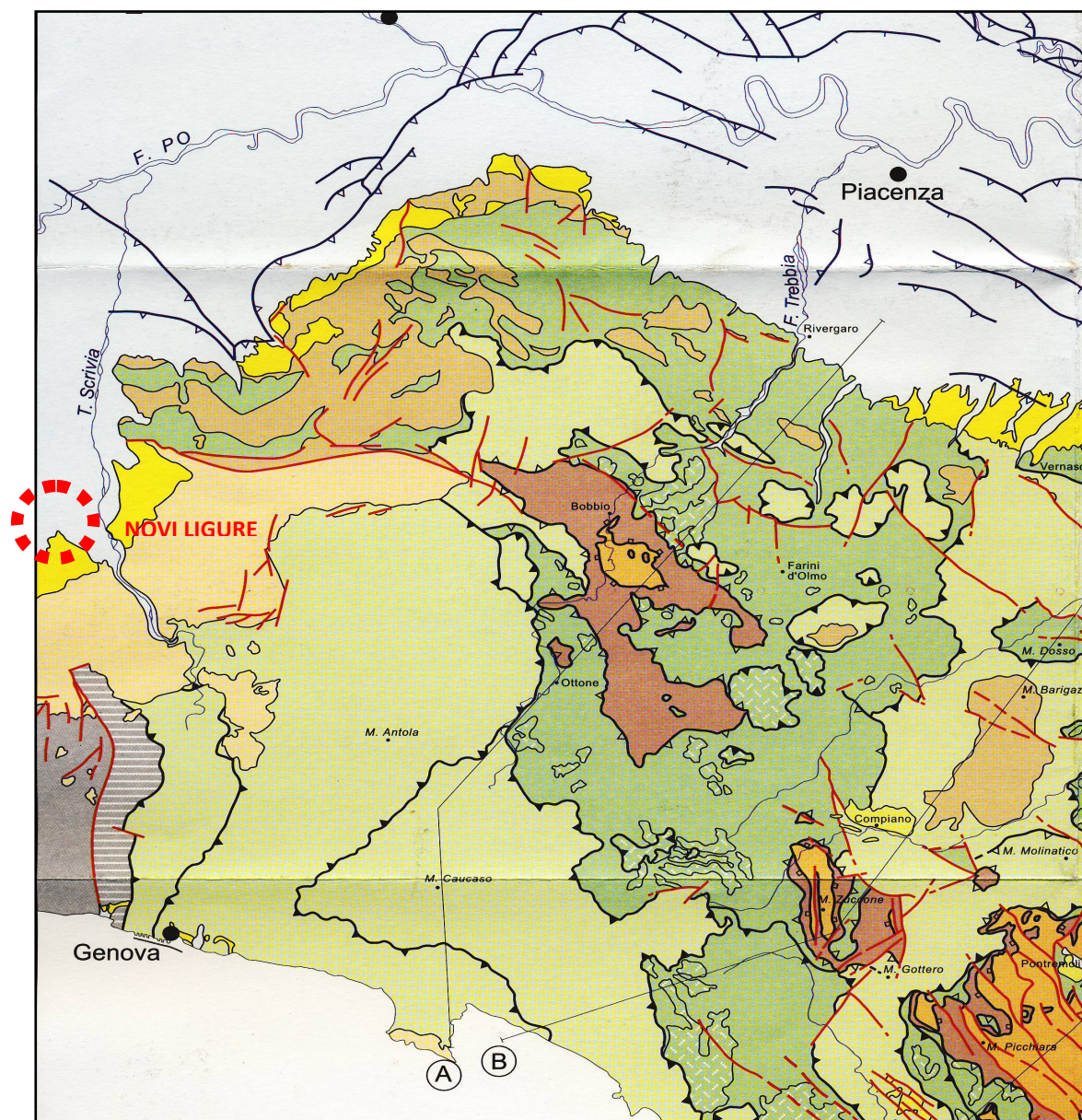
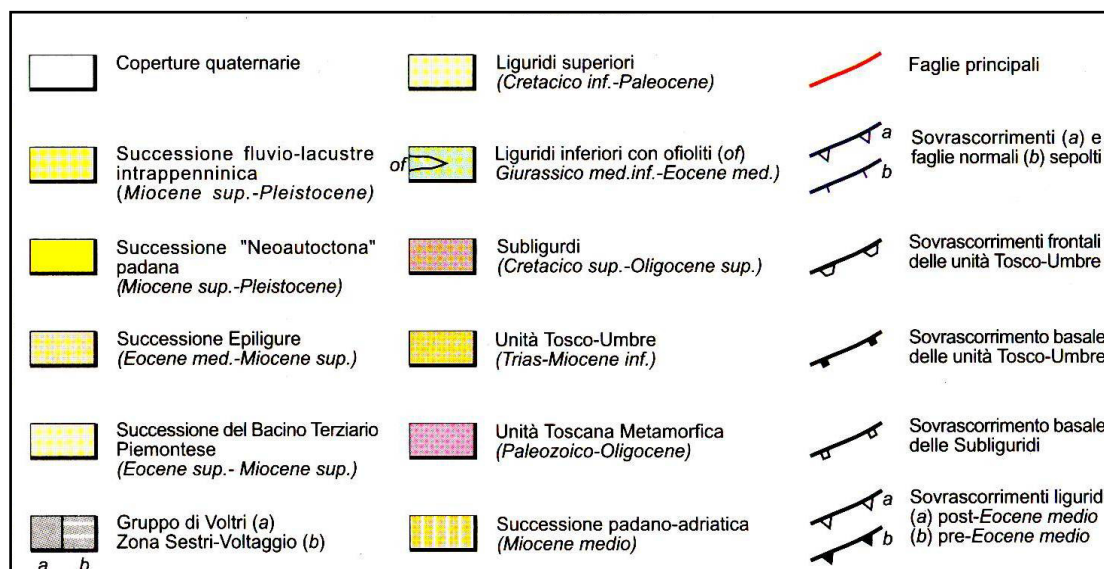
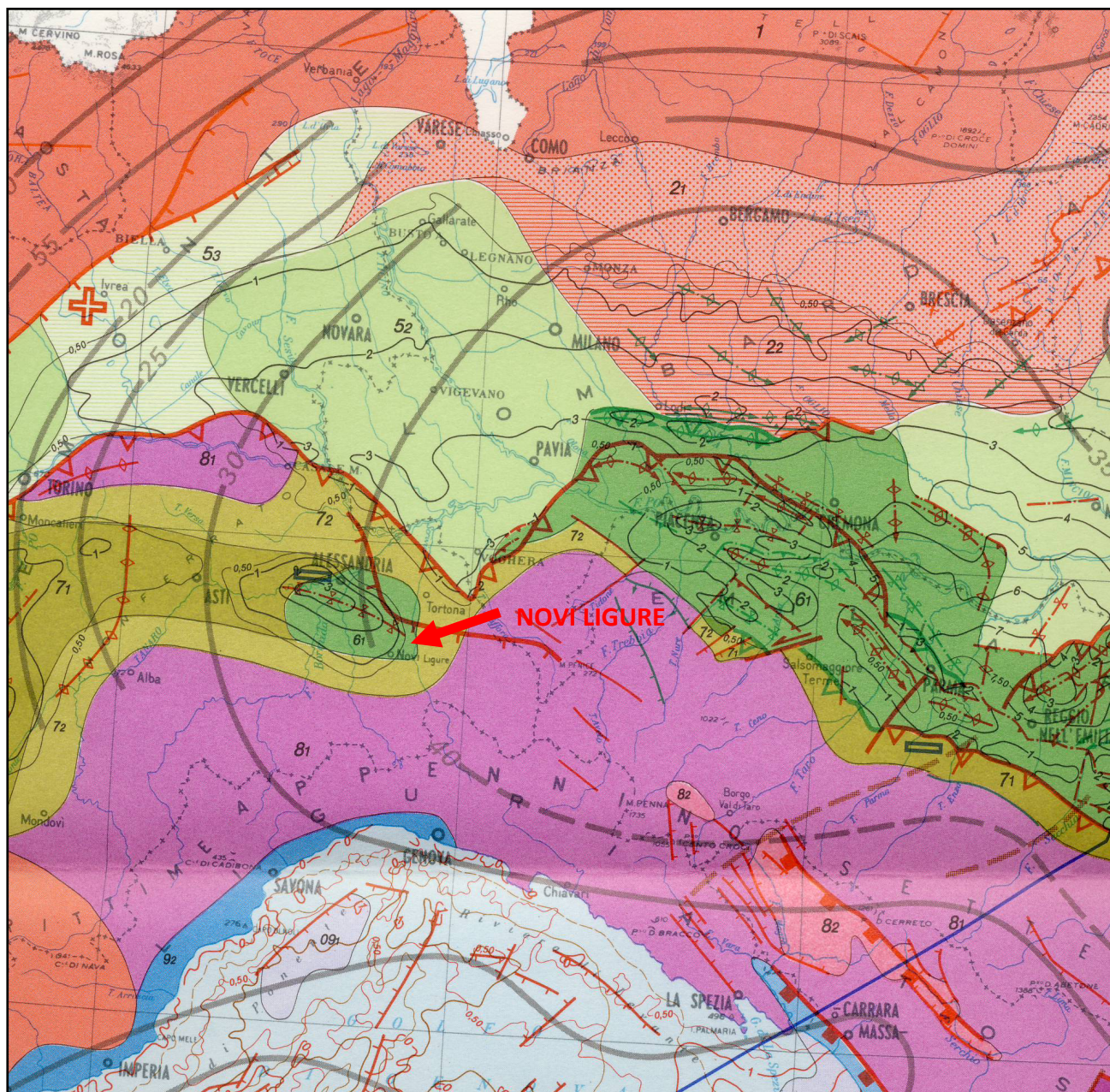


Figura 52 – Estratto Schema strutturale dell'Appennino nord-occidentale e relativa legenda Tavola 1 - Università degli Studi di Parma (1997) Ate-neo Parmense, Acta Nat., vol 33,nn.3/4 Anno 1997



TECTONIC SYMBOLS

Symbols show the type of deformation; colours give an evaluation of chronology of the deformation (green = Pliocene; red = Pliocene and Quaternary, or Quaternary). Buried structures are indicated by dotted and dashed symbols. Inferred structures are indicated by dashed symbols.

	Normal fault (hatching on the downthrown side)		Axis of uplift
	Rotational normal fault (arrows on the downthrown side)		Salt wall
	Reverse fault (hatching on the downthrown side, arrows indicate dip of the fault plane)		Outermost belt of the Pliocene- Pleistocene thrusts overridden onto the weakly deformed margin of the foreland; main inner thrusts indicated as well.
	Wrench fault		Main deep structures disrupting foreland areas (Pantelleria Rift, Hyblaean-Malta Escarpment).
	Fault of undefined type		Main tensional fault system connected with the peri-Tyrrhenian downfaulted zone (a); as above with discontinuous evidence at the surface (undefined Pliocene-Quaternary age) (b).
	Anticline axis		Main shear zones with strike- and/or dip-slip mechanism (a); as above with discontinuous evidence at the surface (undefined Pliocene-Quaternary age) (b).
	Syncline axis		
	Thrust (saw teeth on overthrown limb)		

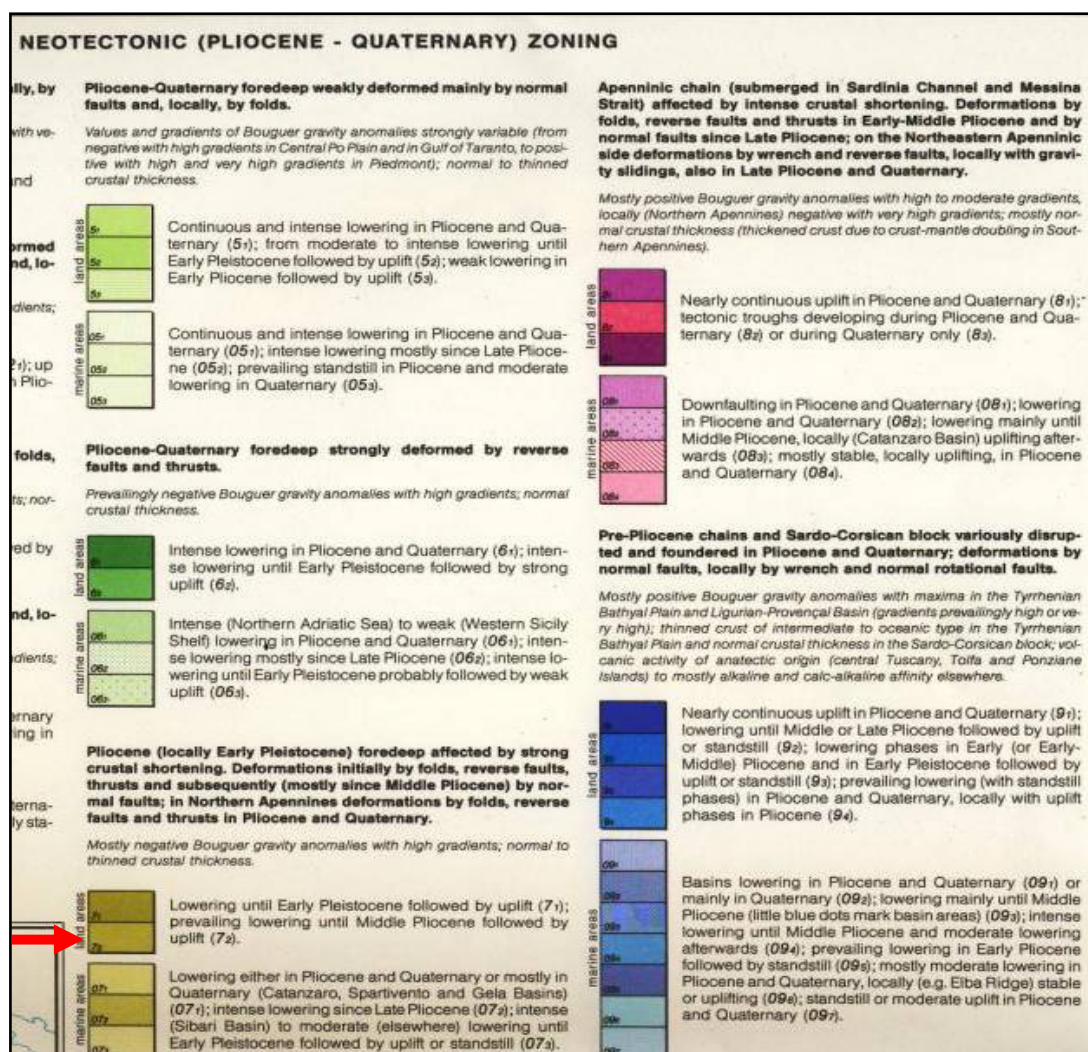


Figura 53 – Estratto Carta Neotectonic model of Italy scala 1:1.500.000 - Litografia artistica cartografica Florence Italy e relativa legenda C.N.R. (1987)

Si segnala, in ultimo, che dalla consultazione del GeoMap Viewer – Portale del Servizio Geologico d'Italia – Progetto ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults), a cura dell'ISPRA (Istituto superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), per quanto riguarda il territorio di Novi Ligure, non si rinvenivano strutture associabili a faglie capaci, ovvero faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie (Figura 54). Il territorio comunale di Novi Ligure, pertanto, non risulta interessato da faglie o altri elementi tettonici significativi.

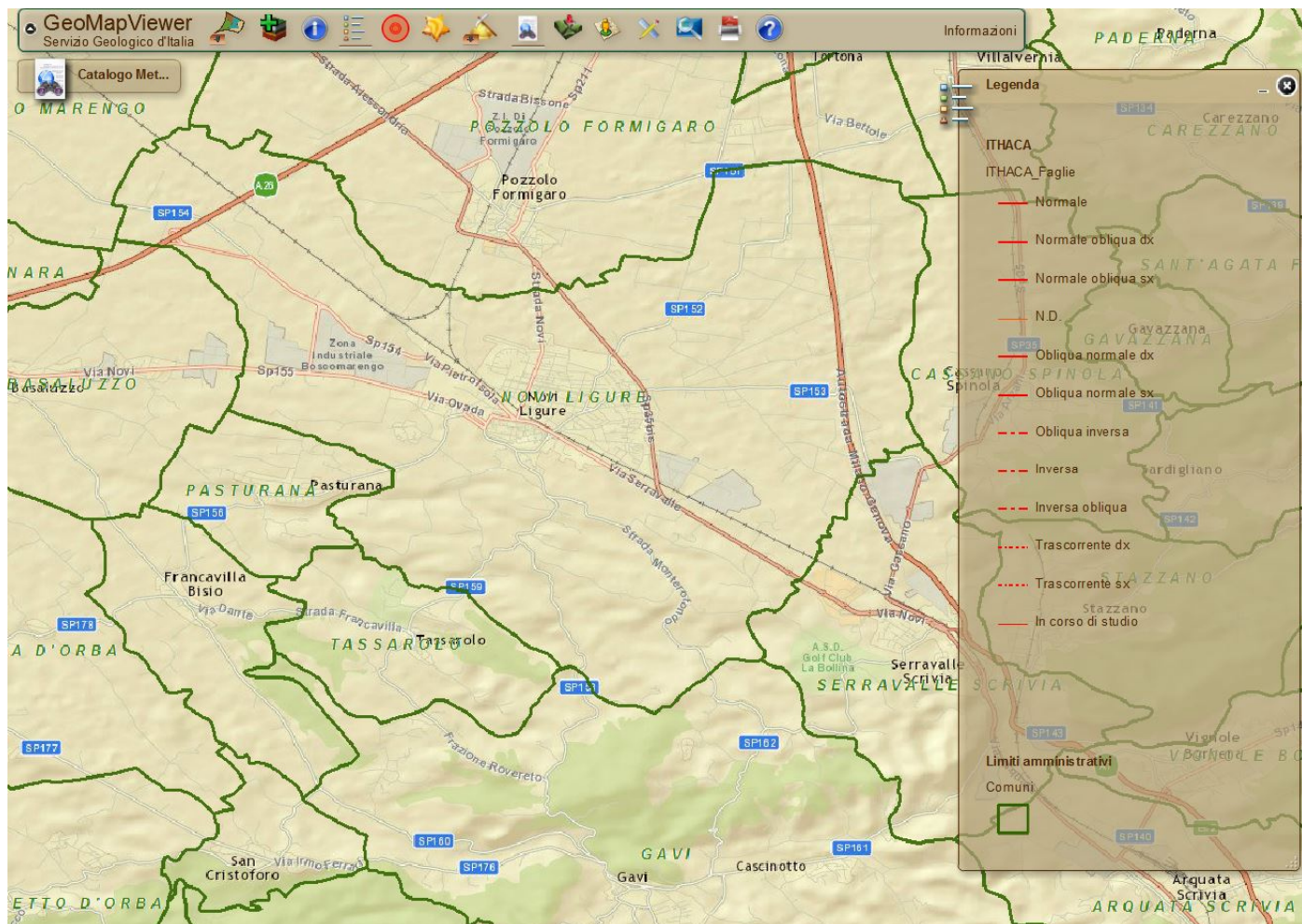


Figura 54 – Estratto da “progetto ITHACA (Italy HAZard from CAPable faults)” – ISPRA – Portale del Servizio Geologico d'Italia (consultazione marzo 2017).

In sintesi, gli epicentri dei terremoti più significativi, percepiti nel Comune di Novi Ligure, verificatisi in epoca storica, con intensità pari o maggiore a 4 ed ubicati in aree più o meno limitrofe al territorio comunale risultano n. 9:

LOCALITA'	ANNO	MAGNITUDO (Mw)*	Int. effetti
Valle Scrivia	1541	5.26	7
Oltrepò Pavese	1828	5.72	7
Liguria Occidentale	1887	6.27	6
Alto Monferrato	1900	4.35	4
Oltrepò Pavese	1901	4.23	4
Valle Scrivia	1913	4.57	5
Oltrepò Pavese	1945	4.72	4
Monferrato	2001	4.23	4
Valle Scrivia	2003	4.81	6

*Dati tratti da *Database Macrosismico Italiano – versione DBMI15*

In questa zona margine dell'appennino nord occidentale la sismicità è da attribuire a forze debolmente compressive in atto responsabili del sistema di fagliazione oligocenico, descritto nel paragrafo precedente, e che interessa il substrato roccioso su cui è impostata la successione sedimentaria del BTP (ca. 30 milioni di anni) che inizia con i sedimenti del pliocene Argille di

Lugagnano fino al basamento oligocenico costituito dai Conglomerati di Savignone. Le fratture negli ammassi rocciosi creatisi per le spinte tettoniche che causano il sovrascorrimento del fronte appenninico sulla monoclinale padano veneta sono le linee su cui si possono sfogare in sisma le tensioni che si accumulano per i movimenti tettonici. Gli ipocentri sono collocati sempre all'interno di queste linee di fagliazione. Questi ammassi rocciosi ed i rispettivi sistemi di faglie sono ricoperti dai sedimenti del pliocene e del quaternario.

Il territorio comunale di Novi Ligure risulta interessato dalle successioni sedimentarie quaternarie dei depositi “padani” e mioceniche plioceniche del Bacino Terziario Piemontese (BTP), poggianti sull'unità del flysh dell'Antola.

I sedimenti quaternari sopra le formazioni plioceniche nel territorio comunale possono avere potenza anche superiore a 100 m per cui il materasso può contribuire significativamente all'attenuazione dell'energia sismica; questo fattore ha una pari rilevanza rispetto alle amplificazioni dovute ai passaggi da corpi litologici più rigidi a corpi più molli, nel condizionare la modalità di propagazione dell'energia sismica.

Si definisce strato sismogenetico l'intervallo di profondità nel quale viene rilasciato il maggior numero di terremoti, ovvero l'intervallo in cui presumibilmente avverranno i prossimi eventi sismici. La profondità di questo strato viene definita “profondità efficace”.

La mappa di Figura 55 è stata ricostruita da INGV elaborando statisticamente, in base al valore della moda e della forma di distribuzione di frequenza degli eventi in funzione della profondità (in Km), i dati del catalogo della sismicità strumentale 1983–2002 (costituito da oltre 13.600 eventi, pari a ca. il 28% del totale degli eventi presenti in catalogo).

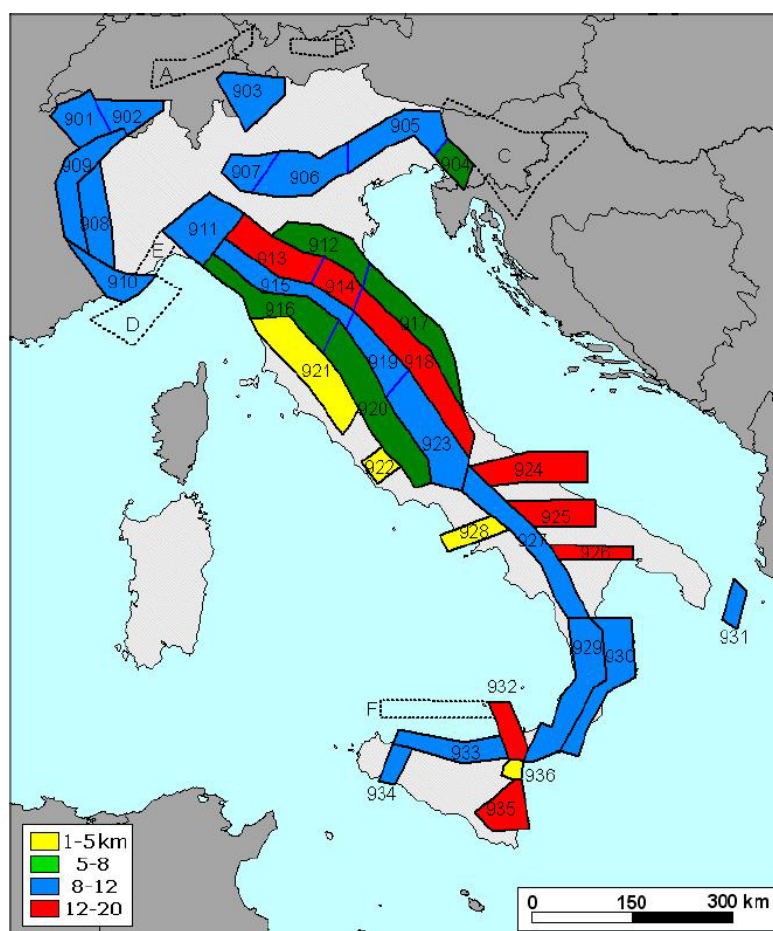


Figura 55 - Classi di profondità efficace assegnate alle diverse zone sismogenetiche ZS9 – Gruppo di Lavoro per la redazione di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 20-03-03 n. 3274) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Nella zona sismogenetica 911, porzione di territorio alla quale appartiene anche il Comune di Novi Ligure, i dati pubblicati dal Gruppo di Lavoro dell'INGV (marzo 2004) evidenziano che in questi anni di monitoraggio strumentale la magnitudo massima registrata sia stata di 4.1 Md, la profondità efficace è di 8 Km, e che la maggior parte dei terremoti che si verificano hanno basse magnitudo, indicando così un frequente movimento che ha funzione dissipativa delle energie tettoniche che possono accumularsi nell'area per via delle azioni debolmente compressive in atto relativamente alla zona dell'appenino nord-occidentale. In tabella 5 sono riportati i dettagli delle misurazioni effettuate per la zona 911.

Tabella 5– Dettagli misurazioni zona 911 (Fonte App. 2 al Rapporto Conclusivo Zonazione sismogenetica ZS9 –INGV)

Zona	Numero di eventi Md>2.0	Numero di eventi Md>2.5	Numero di eventi Md>3.0	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità (Km)	Profondità efficace (Km)
911	126	91	18	4.1	8-12	8

I caratteri che contraddistinguono la zona 911 sono riportati in tabella 6 . La magnitudo massima prevista Mw è pari a 5.68, anche se la magnitudo massima stimata dai terremoti storici ricavata dai cataloghi risulta compresa tra 5 e 5.5 (Terremoto della “Valle Scrivia” del 1541).

Tabella 6 – Caratteristiche principali delle zone della ZS9 con evidenziata la zona sismogenetica 911 (Fonte App. 2 al Rapporto Conclusivo Zonazione sismogenetica ZS9 –INGV)

ZS Name	ZS9	MwMax AR	Tassi Mwmax Co-04.2 AR	Tassi Mwmax Co-04.4 AR	b Co-04.2	b Co-04.4	MwMax GR	Tassi Mwmax (Co.04.2) GR	Tassi Mwmax (Co.04.4) GR
Savoia	901	5,91	0,21	0,21	-1,18	-1,26	6,14	0,11	0,14
Vallese	902	6,14			-1,26	-1,05	6,14	0,14	0,21
Grigioni - Valtellina	903	5,91	0,21	0,21	-1,26	-1,05	6,14	0,14	0,21
Trieste - Monte Nevoso	904	5,68			-1,12	-1,32	6,14	0,14	0,09
Friuli - Veneto Orientale	905	6,60			-1,06	-1,12	6,60	0,37	0,34
Garda - Veronese	906	6,60		0,14	-1,14	-1,70	6,60	0,11	0,08
Bergamasco	907	5,91	0,14	0,14	-1,71	-1,48	6,14	0,04	0,06
Piemonte	908	5,68			-1,91	-1,67	6,14	0,04	0,06
Alpi Occidentali	909	5,68	0,21	0,33	-1,27	-1,38	6,14	0,10	0,09
Nizza - Sanremo	910	6,37			-1,12	-1,06	6,37	0,14	0,12
Tortona - Bobbio	911	5,68			-1,47	-1,33	6,14	0,05	0,09
Dorsale Ferrarese	912	6,14	0,12	0,12	-1,35	-1,32	6,14	0,12	0,12
Appennino Emiliano-Romagnolo	913	5,91		0,21	-1,80	-1,53	6,14	0,07	0,18
Forlivese	914	5,91			-1,33	-1,23	6,14	0,14	0,21
Garfagnana - Mugello	915	6,60			-1,34	-1,36	6,60	0,11	0,12
Versilia-Chianti	916	5,68	0,21	0,33	-1,96	-1,58	6,14	0,04	0,06
Rimini - Ancona	917	6,14	0,12	0,12	-1,04	-1,01	6,14	0,12	0,12
Medio-Marchigiana/Abruzzese	918	6,37	0,14	0,21	-1,10	-1,11	6,37	0,14	0,21
Appennino Umbro	919	6,37			-1,22	-1,39	6,37	0,26	0,21
Val di Chiana - Ciociaria	920	5,68	0,28	0,33	-1,96	-1,58	6,14	0,06	0,17
Etruria	921	5,91		0,08	-2,00	-2,01	6,14	0,05	0,04
Colli Albani	922	5,45			-2,00	-2,01	5,45	0,37	0,25
Appennino Abruzzese	923	7,06			-1,05	-1,09	7,06	0,14	0,14
Molise-Gargano	924	6,83			-1,04	-1,06	6,83	0,13	0,14
Otanto	925	6,83			-0,67	-0,75	6,83	0,17	0,17
Basento	926	5,91			-1,28	-1,38	6,14	0,10	0,09
Sannio - Irpinia - Basilicata	927	7,06			-0,74	-0,72	7,06	0,43	0,69
Ischia - Vesuvio	928	5,91	0,21	0,21	-1,04	-0,66	5,91	0,21	0,21
Calabria tirrenica	929	7,29			-0,82	-0,79	7,29	0,17	0,17
Calabria ionica	930	6,60			-0,98	-0,89	6,60	0,17	0,21
Canale d'Otranto	931	6,83			-0,63	-0,63	6,83	0,21	0,21
Eolie - Patti	932	6,14			-1,21	-1,08	6,14	0,21	0,33
Sicilia settentrionale	933	6,14	0,21	0,33	-1,39	-1,24	6,14	0,20	0,31
Belice	934	6,14			-0,96	-0,83	6,14	0,20	0,20
Iblei	935	7,29			-0,72	-0,69	7,29	0,12	0,17
Etna	936	5,45	0,33	0,33	-1,63	-1,22	5,45	0,33	0,33

3.2 AMBITO GEOLOGICO

Riferimento cartografico:	Tavola 1bis: Carta geologica – scala 1:10.000 Tavola 5: Carta litotecnica – scala 1:10.000 VERIFICHE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA ED IDROGEOLOGICA al P.A.I.
---------------------------	--

Il territorio di Novi Ligure presenta a E un contesto di piana alluvionale e a W un contesto collinare appartenente in parte ai terrazzamenti pleistocenici medio antichi ed in parte al bacino terziario del Piemonte (BTP). Sia nella zona di pianura, sia in quella collinare, sono presenti depositi terrazzati legati alle varie fasi evolutive alluvionali del T. Scrivia ed appartenenti al suo conoide, formatosi allo sbocco nella Padana, con apice posto nella stretta di Serravalle Scrivia e ventaglio terminale esteso tra Tortona e Bosco Marengo. Tali alluvioni si sono depositate, per opera del T. Scrivia, durante il Quaternario e risultano pertanto stratigraficamente al di sopra del più antico substrato roccioso, appartenente al BTP, che, in questa area, rivela una forma a depressione sinclinalica detta depressione alessandrina.

La **fascia di pianura** che si estende in sponda sinistra del T. Scrivia per tutto lo sviluppo del territorio comunale di Novi Ligure, risulta caratterizzata da una potenza variabile del materasso alluvionale. Da un punto di vista formazionale, la copertura alluvionale risulta rappresentata dai depositi attuali ed antichi di età olocenica e dai depositi fluviali attribuibili al Pleistocene recente e medio.

La **zona collinare**, che si estende immediatamente a monte dell'abitato di Novi Ligure, presenta una copertura alluvionale prevalentemente attribuibile ai depositi del Pleistocene antico di spessore più ridotto e decrescente in direzione degli affioramenti del substrato pliocenico, appartenente al BTP, riscontrabile nella propaggine meridionale del territorio comunale.

Con riferimento alla Carta delle isopache dei sedimenti alluvionali (De Luca et A. 1987, Figura 56) la potenza della copertura alluvionale presenta spessori variabili da pochi metri fino ad un massimo di 140 m.

Con riferimento ai log stratigrafici relativi ai pozzi per acqua ed ai sondaggi distribuiti prevalentemente nella zona urbanizzata lungo un allineamento SE-NW (Rif. Carta delle indagini), si è ricostruito nel territorio comunale uno spessore del materasso alluvionale crescente verso NW da ca. 10 m a mediamente ca. 70 m.

Nello specifico sono state elaborate n. 2 sezioni geologiche, la sezione A-B con direttrice SE-NW e la sezione C-D con direttrice WSW-ENE (Figura 57). La traccia è ubicata nella Carta geologico – tecnica.

In queste sezioni è stato ricostruito il tetto del substrato terziario appartenente al complesso formazionale del BTP. Quest'ultimo risulta formato da “depositi marini” che costituiscono le formazioni del substrato roccioso: Argille di Lugagnano in facies marnoso-argillosa e Conglomerati di Cassano Spinola sia in facies marnosa sia conglomeratica. Nella porzione sud orientale del territorio comunale tali formazioni risultano superiormente interessate da una copertura, di spessore ridotto, fino ad un massimo di 20 m, di natura argillosa. In particolare, in contesto di elevata acclività lo spessore della copertura può ridursi fino a ca. 3 m.

In questa fase di approfondimento di livello 1 il substrato terziario è stato ipotizzato corrispondente al substrato sismico rigido.

Non si rinvennero strutture attive o aree che possono risentire dei sistemi di fagliazione attivi presenti anche nelle zone ZS adiacenti, o dove possono verificarsi manifestazioni superficiali come le sorgenti termo-minerali per effetti di tettonica.

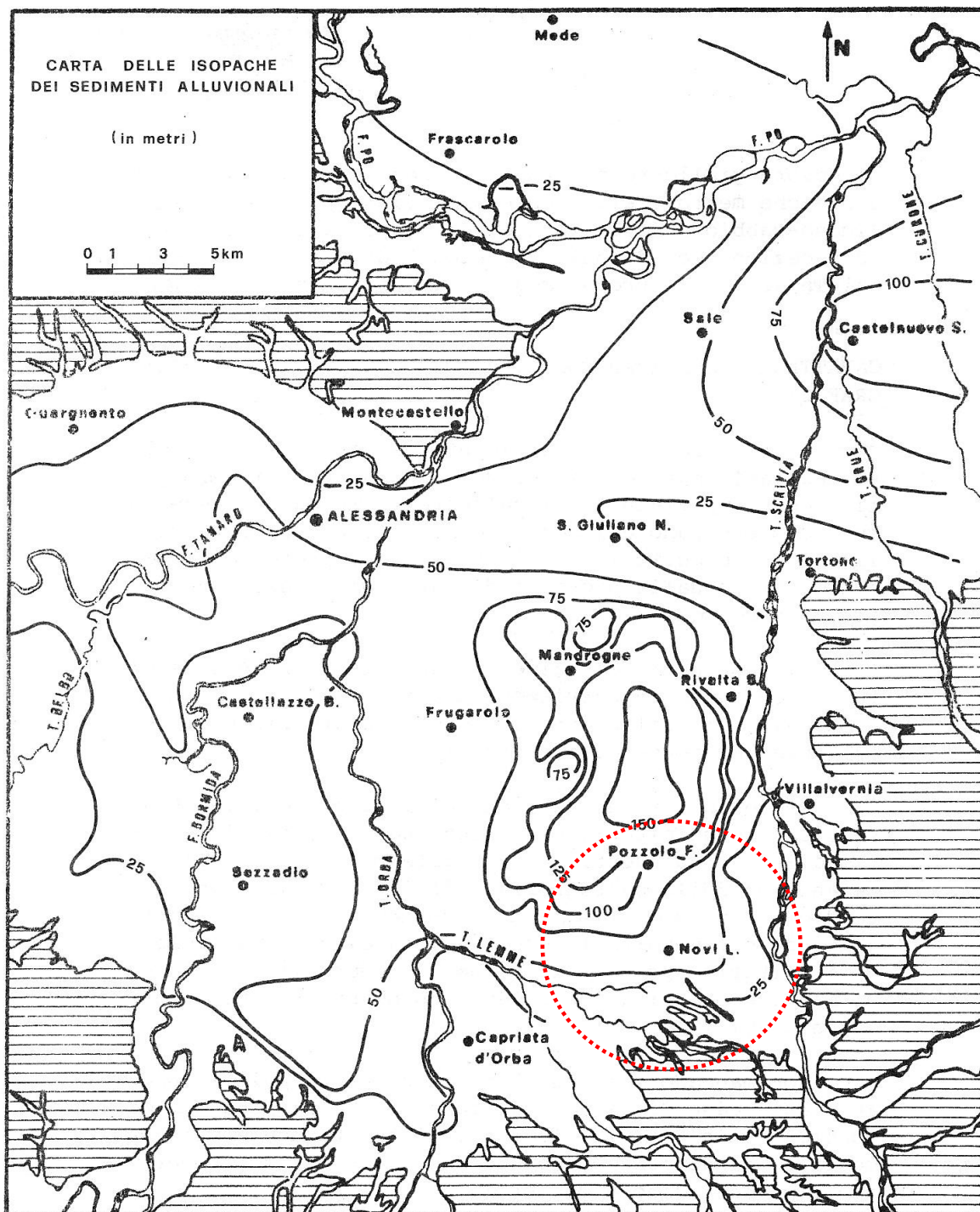


Figura 56 – Carta delle isopache dei sedimenti alluvionali. Estratto da Studio idrogeologico della pianura alessandrina D. De Luca et A (1987)

3.3 AMBITO GEOLITOLOGICO

Riferimento cartografico:	Tavola 1bis: Carta geologica – scala 1:10.000 Tavola 5: Carta litotecnica – scala 1:10.000 Tavola 3: Carta geoidrologica e schema litostratigrafico – scala 1:10.000 VERIFICHE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA ED IDROGEOLOGICA al P.A.I
---------------------------	--

Nell'ambito delle coperture alluvionali presenti nel territorio comunale si distinguono:

- depositi alluvionali a grana grossa costituiti da ghiaie, ciottoli di diversa natura immersi in una matrice sabbioso-limosa, livelli di sabbie limoso-argillose, limi argillosi, con orizzonti più o meno cementati. Presentano una struttura a grosse lenti caratterizzate da diversa granulometria. Questi depositi corrispondono alle unità oloceniche. Occupano la zona di pianura, nel settore orientale del territorio comunale. I depositi alluvionali, con presenza di falda superficiale, che si ritrovano nella zona di pianura in sponda sinistra del T. Scrivia, risultano prevalentemente a componente granulare, presentano una granulometria prevalentemente grossolana. Il contesto geolitologico comprende pertanto ghiaie dove la frazione più fine risulta in genere limo-sabbiosa e/o limo-argillosa. Non si ritrovano livelli di sabbie particolarmente sciolte con presenza di falda superficiale e/o di argille sensitive che possono comportare l'effetto di sito "liquefazione delle sabbie", nè in condizioni di potenziale "densificazione", cioè di addensamento improvviso per effetto delle vibrazioni indotte dal terremoto;
- depositi alluvionali costituiti da associazioni di livelli limosi e limoso-argillosi intercalati a livelli ghiaioso-sabbiosi, superiormente interessati da processi pedogenetici che hanno dato origine ad un suolo per lo più argilloso. Questi depositi corrispondono alle unità pleistoceniche ed occupano la fascia di pianura compresa tra il T. Scrivia e l'abitato di Novi Ligure e la zona collinare a monte dello stesso abitato.
- argille marnose, marne argillose, marne sabbiose, conglomerati, corrispondenti alle formazioni del BTP nelle varie facies. Occupano limitate fasce della propaggine meridionale del territorio comunale e risultano interessate da coperture limo-argillose di spessori variabili compresi tra 3 m e 20 m.

3.4 AMBITO GEOMORFOLOGICO

Riferimento cartografico:	Tavola 1 "Carta geomorfologica e dei dissesti" – scala 1:10.000 Tavola 4 "Carta dell'Acclività" – scala 1:10.000 VERIFICHE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA ED IDROGEOLOGICA al P.A.I
---------------------------	---

Nell'ambito del territorio comunale, la "Carta geomorfologica e dei dissesti" adeguata al PAI ed aggiornata in seguito all'evento alluvionale del 13/10/2014, individua, nella zona collinare, fenomeni di dissesto di tipo areale attivi (pericolosità molto elevata) distinti secondo i seguenti cinematismi:

- I. dissesti per fluidificazione della copertura detritica;
- II. dissesti per colamenti veloci;
- III. dissesti per scivolamenti rotazionali.

Per terreni stabili si intendono quei terreni per i quali gli sforzi ciclici generati dal terremoto rimangono inferiori alla resistenza al taglio che il terreno possiede sotto carichi ciclici;

per tali terreni si potrebbero avere fenomeni di amplificazione locale in presenza di particolare condizioni morfologiche, ma non si dovrebbero avere fenomeni di cedimenti o instabilità, a meno di particolari condizioni stratigrafico-meccaniche, per cui l'analisi consiste nel valutare il tipo di sollecitazione che si trasmette dal substrato roccioso alla superficie topografica.

Vengono definiti terreni instabili quelli per cui gli sforzi ciclici indotti dal terremoto raggiungono o superano la resistenza a taglio del terreno; per tali terreni si potrebbero avere deformazioni permanenti, in quanto non sono più in grado di trasmettere gli sforzi indotti.

Nelle zone interessate da movimenti franosi sono possibili cedimenti e amplificazione (nel caso di dissesti di grandi dimensioni – con spessori del corpo di frana superiori a 4 – 5 m).

Lo scuotimento sismico può riattivare o attivare delle frane, soprattutto laddove sono presenti porzioni di territorio prossime all'equilibrio limite e/o con giaciture sfavorevoli alla stabilità. Le frane sismoindotte non differiscono nella loro morfologia e nei loro processi interni dai dissesti gravitativi che si generano in condizioni non sismiche. L'effetto sismico comporta un aumento delle forze di taglio agenti sul pendio e una diminuzione dei valori della resistenza al taglio dei materiali che lo costituiscono.

Nell'ambito dell'analisi dei fattori predisponenti agli effetti di sito sotto l'aspetto geomorfologico, oltre alle forme di instabilità di versante, anche le condizioni topografiche incidono sullo spettro elastico di risposta.

E' stato verificato che le aree che presentano particolari condizioni morfologiche quali quelle caratterizzate da irregolarità topografiche (creste rocciose, cocuzzoli, dorsali, scarpate), dove possono cioè verificarsi localizzazioni dell'energia sismica incidente, con conseguente esaltazione dell'ampiezza delle onde presentano una maggiore pericolosità sismica.

Sono state pertanto analizzati i seguenti fattori:

- Pendenza versanti
- Presenza scarpate e relative caratteristiche geometriche di pendenza e dislivello
- Presenza di picchi isolati
- Presenza linee di cresta.

Sono stati pertanto evidenziati:

- orli di terrazzo con dislivelli $10 \leq h \leq 20$
- picco isolato zona Castello
- orli di scarpata morfologica con dislivelli $10 \leq h \leq 20$ (fascia di incisione valliva in località C.na Giacometta, a SSW del centro abitato).

3.5 AMBITO GEOIDROLOGICO

Riferimento cartografico:	Tavola 3.1 "Carta Geoidrologica" in scala 1: 10.000 Verifiche di compatibilità idraulica ed idrogeologica al P.A.I.
---------------------------	--

Dall'esame della piezometria di riferimento si desume una soggiacenza della falda freatica mediamente compresa entro 15 m dal piano campagna (p.c.).

La falda freatica risulta ospitata in acquifero a componente primariamente granulare, caratterizzato da alternanze ritmiche con livelli argillosi e non in sedimenti fini tipo sabbie potenziale fattore predisponente ad effetti di sito.

4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica si è fatto riferimento ai rilievi ed ai risultati delle indagini a corredo del Prog. Def. III Valico lungo il tracciato della linea A.V., disponibili on line consultando la BDG ARPA. Come già descritto nel paragrafo precedente, la copertura alluvionale risulta caratterizzata dalla sequenza dei depositi olo–pleistocenici costituiti da alternanze grossolane e fini, a comportamento geotecnico differente in relazione alla litologia prevalente. Le unità geologiche formazionali della copertura alluvionale sono state pertanto associate ad unità litotecniche caratterizzate dalla “combinazione” dei litotipi prevalenti con i relativi parametri geotecnici medi rappresentativi.

Le coperture sono state pertanto distinte:

1. **alluvioni oloceniche antiche ed attuali:** interessano l'estrema porzione orientale del territorio comunale e corrispondono ai depositi della zona alveo del T. Scrivia, che scorre in direzione ca. S-N, ed a quelli del terrazzamento olocenico antico; si tratta di depositi prevalentemente grossolani, ghiaie e sabbie, con ciottoli eterometrici e poligenici con matrice sabbiosa scarsa o assente associati ad alluvioni fini, da sabbie a limi-argille ($c=2\div5$, $\phi=30^\circ\div38^\circ$, $\gamma=19\div22$ KN/mc).
2. **alluvioni pleistoceniche del fluviale recente e medio:** comprendono i depositi pleistocenici recenti e quelli medi che interessano rispettivamente la porzione orientale e la fascia centrale del territorio comunale; sono caratterizzati da litotipi più grossolani incoerenti ghiaie e sabbie a matrice limoso-sabbiosa e da litotipi più fini pseudocoerenti e coerenti argille e limi sabbioso-argillosi ($c=2\div7$, $\phi=20^\circ\div35^\circ$, $\gamma=17\div21$ KN/mc). Per quanto riguarda le caratteristiche geofisiche si è fatto riferimento alle poche indagini tipo MASW effettuate nel territorio. La Vs30 media rappresentativa può essere indicativamente compresa nell'intervallo 300 m/s ÷ 500 m/s.
3. **alluvioni pleistoceniche del fluviale antico:** comprendono i depositi pleistocenici antichi che interessano la porzione W e SW del territorio comunale; sono caratterizzati da litotipi grossolani incoerenti ghiaie e sabbie a matrice limoso-sabbiosa e litotipi più fini pseudocoerenti e coerenti argille e limi sabbioso-argillosi ($c=2\div8$, $\phi=20^\circ\div28^\circ$, $\gamma=17\div18$ KN/mc). Per quanto riguarda le caratteristiche geofisiche si è fatto riferimento alle poche indagini tipo MASW effettuate nel territorio. La Vs30 media rappresentativa può essere indicativamente pari a 180÷360 m/s.
4. **coltre eluvio-colluviale:** corrisponde all'alterazione dei depositi marini terziari che interessano l'estrema porzione S del territorio comunale; sono caratterizzati da litotipi fini coerenti argille e limi sabbioso-argillosi ($c=4\div8$, $\phi=25^\circ\div35^\circ$, $\gamma=18\div19$ KN/mc).

Ad ognuna delle sopra citate tipologie di terreno di copertura è stato attribuita la codifica secondo standard ICMS. Si rimanda al paragrafo relativo alla carta Geologico–tecnica per i relativi approfondimenti.

5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Relativamente all'area urbanizzata, dall'elaborazione dei dati raccolti, il modello del sottosuolo può essere definito secondo lo schema "terreni di copertura di natura alluvionale a granulometria mista al di sopra del substrato terziario assunto, in questa fase di livello 1, a comportamento rigido". Lo spessore delle coperture cresce da 10 a 70 m in direzione SE-NW e si mantiene pressoché costante tra ca. 60÷80 m nella zona centrale.

Ciò premesso, in relazione alle caratteristiche geologiche e strutturali, alla morfologia, ai rapporti tra depositi di copertura e substrato e alla distribuzione delle aree in studio sono state ricostruite n. 2 sezioni geologico-tecniche (Figura 57a e 57b) utili a prime considerazioni sulla pericolosità sismica locale, le cui tracce sono riportate nella Carta geologico-tecnica.

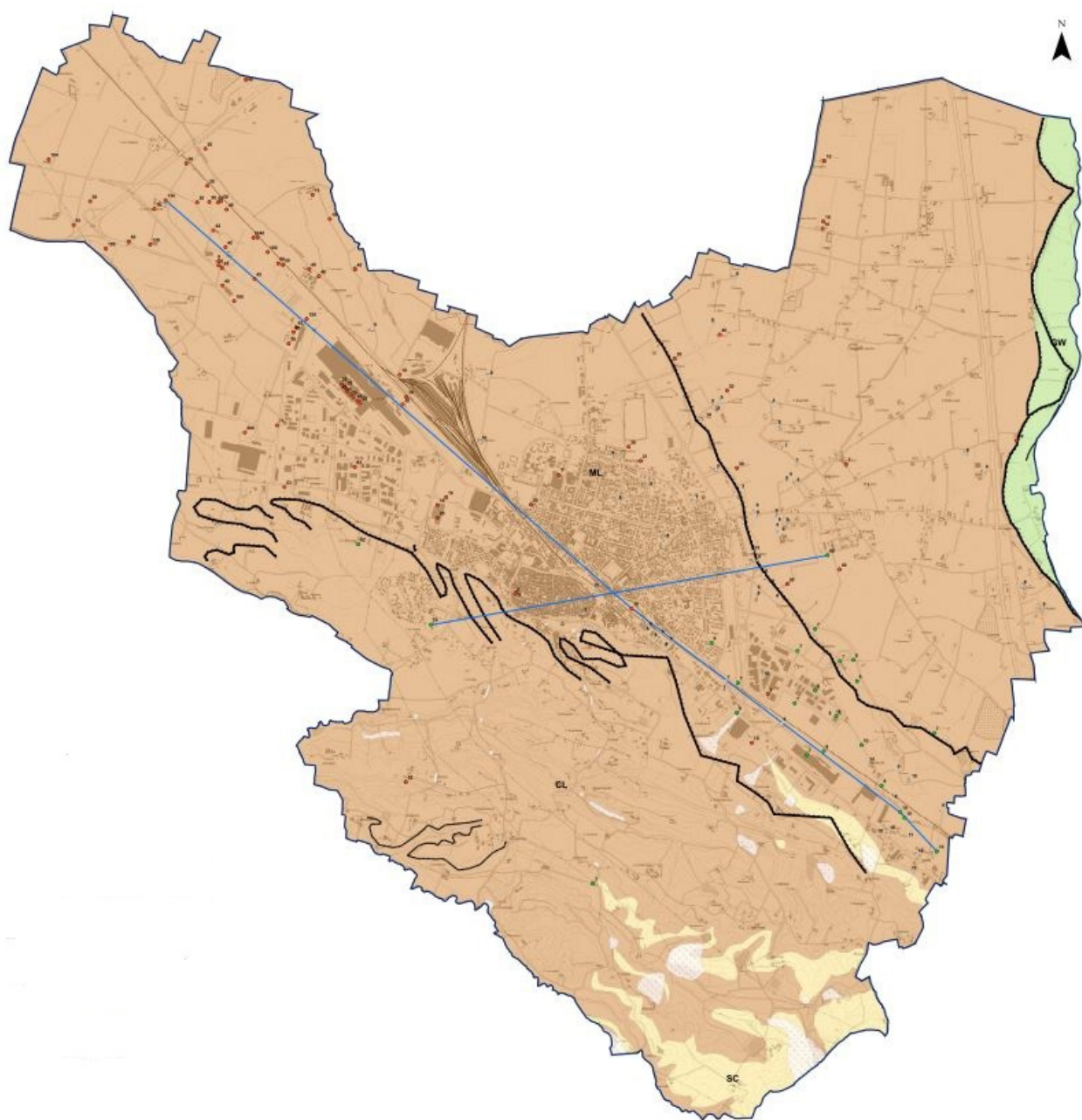


Figura 57a – Schematizzazione della Carta Geologico-tecnica con traccia delle sezioni geologiche rappresentative dei rapporti stratigrafici.

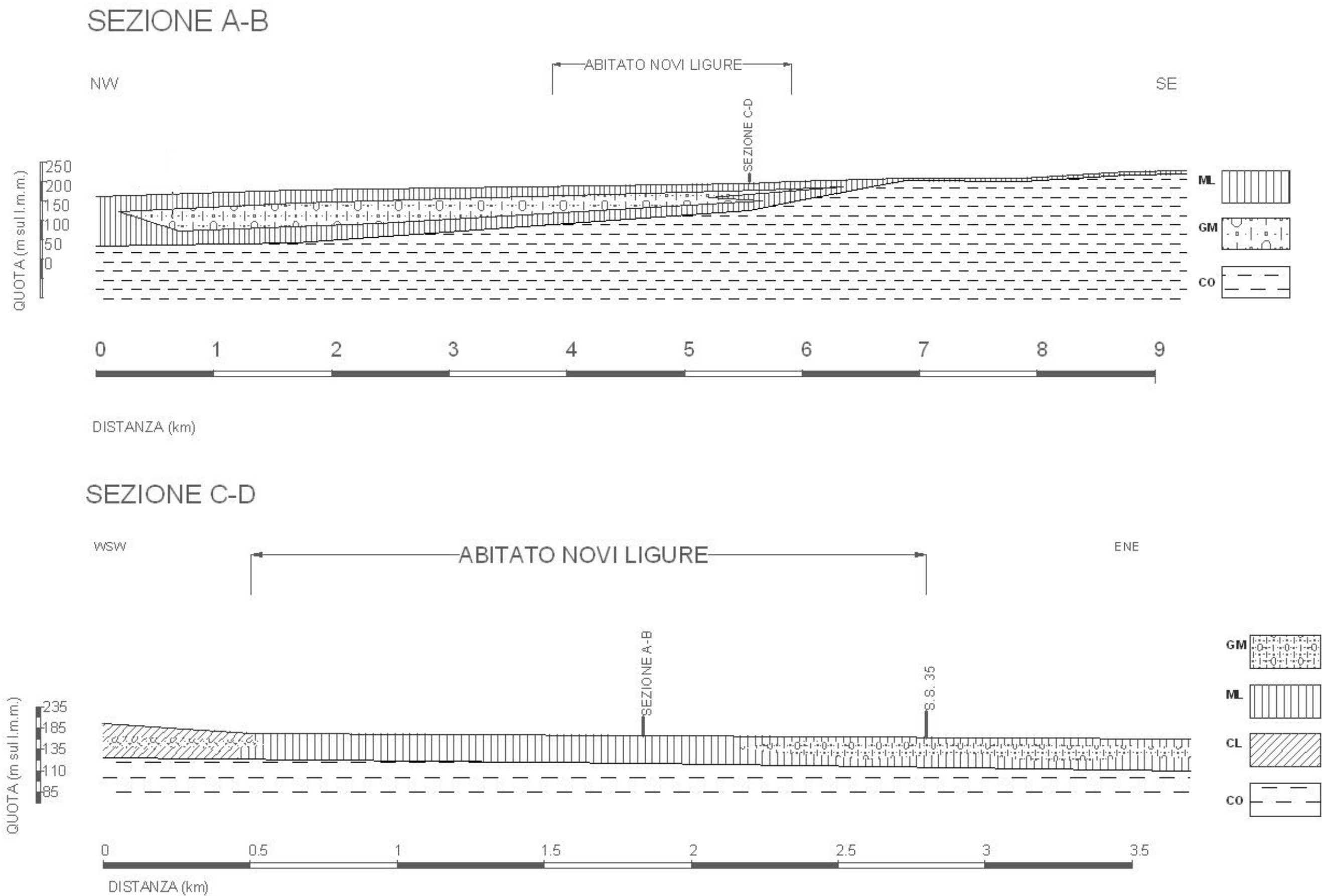


Figura 57b – Sezioni geologiche rappresentative dei rapporti stratigrafici. La traccia delle sezioni è stata riportata nella Carta Geologico-tecnica.

6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

In questa fase di livello 1 di MS si è mantenuto, in conformità a quanto previsto dagli ICMS, un livello propedeutico caratterizzato essenzialmente dalla raccolta organica dei dati di natura geologica, geofisica e geotecnica e delle informazioni storiche disponibili.

Con riferimento ai log stratigrafici relativi ai pozzi per acqua ed ai sondaggi si specifica che spesso riportano informazioni con terminologia non univoca per una corretta individuazione del substrato terziario. Ciò premesso, sulla base dell'esame di tali log, distribuiti prevalentemente nella zona urbanizzata lungo un allineamento SE-NW (Rif. Carta delle indagini), si è ricostruito, secondo un criterio qualitativo basato sulle correlazioni stratigrafiche e litologiche, lo spessore del materasso alluvionale anche attraverso n. 2 sezioni geologiche (Figura 57).

In questa fase di approfondimento, per ragioni pratiche, nell'ottica di voler raggiungere l'obiettivo di una zonazione del territorio secondo microzone omogenee in prospettiva sismica, pur considerando il criterio assolutamente qualitativo e approssimativo, in ragione della limitata raccolta di indagini sismiche, il substrato terziario è stato ipotizzato corrispondente al substrato sismico rigido.

In linea generale pertanto rimane, in particolare naturalmente per la zona urbanizzata e di previsione urbanistica, incertezza nell'individuazione del substrato rigido e si rimanda ai successivi livelli di MS l'effettuazione di indagini più specifiche.

7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

7.1 ATTENUAZIONE DELL'ACCELERAZIONE SISMICA

Con riferimento al territorio di Novi Ligure, nel passaggio dai sedimenti oligo-pliocenici più rigidi a quelli meno rigidi quaternari, le onde sismiche rallentano e per la legge di conservazione dell'energia aumentano la loro ampiezza: si verificano pertanto gli effetti di amplificazione dell'accelerazione massima A_{max} , in funzione delle caratteristiche dei parametri dinamici dei terreni.

Variazioni di ampiezza delle vibrazioni e delle frequenze del moto si possono avere anche dalla superficie di depositi alluvionali, anche con spessori di poche decine di metri a causa dei fenomeni di riflessione multipla e di interferenza delle onde sismiche entro il deposito stesso, con conseguente notevole modificazione rispetto al moto di riferimento.

Se da una parte l'onda sismica subisce un'amplificazione nel passaggio da un suolo più rigido ad uno meno rigido è importante valutare le leggi di smorzamento o attenuazione dell'energia sismica nel suo propagarsi nei sedimenti quaternari in funzione del loro spessore.

Le zone sismogenetiche permettono di definire la severità di un terremoto in un certo sito mediante l'utilizzo di pochi parametri rappresentativi del moto sismico del suolo la cui variazione può essere predetta attraverso le cosiddette leggi dell'attenuazione. Esse consentono di prevedere la riduzione attesa delle accelerazioni massime (a_{max}) in funzione della distanza dalla sorgente [®] e della magnitudo (M).

Le distanze da prendere in considerazione dagli ipocentri comprendono sia lo spessore verticale dei sedimenti sia la distanza orizzontale dall'epicentro. Il valore dell'accelerazione massima attesa in superficie dovuta ad una sorgente (ipocentro) decresce al crescere della distanza epicentrale.

La mappa della pericolosità sismica dovrebbe pertanto essere redatta tenendo conto delle leggi di attenuazione; nel caso del territorio comunale di Novi Ligure, dove lo spessore dei sedimenti quaternari risulta comunque significativo, la possibile riduzione dell'energia iniziale del sisma e quindi della relativa accelerazione di sviluppo massima attesa dovrebbe essere abbastanza rilevante.

7.2 EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE DELL'ACCELERAZIONE SISMICA

Le nuove N.T.C. 2008 definiscono le accelerazioni massime A_{max} riferite a suoli di categoria A (substrato rigido) ed i fattori di amplificazione sismica S , sia per effetti topografici S_t , sia per effetti stratigrafici S_s , funzione della categoria dei suoli di fondazione (suoli di categoria B, C, D e E).

Gli effetti di amplificazione litologica e morfologica sono la conseguenza dell'interazione delle onde sismiche con le eterogenee caratteristiche litologiche e meccaniche dei sedimenti attraversati e con le differenti caratteristiche morfologiche delle strutture sedimentarie superficiali o sepolte.

Quando la distanza tra la sorgente sismica e sito è riconducibile a condizioni di "far-field" (per definizione: distanze superiori alla lunghezza di rottura della faglia) gli effetti di sito sono i

principali responsabili delle modificazioni delle onde sismiche; viceversa, se la sorgente sismica è vicina al sito (condizioni “near-field”) diviene ovviamente non trascurabile anche il contributo di attenuazione anelastica dell’impulso sismico dovuto ai fenomeni di riflessione e rifrazione.

Nel caso dell’incidenza delle onde sismiche in corrispondenza di un’interfaccia non orizzontale tra “bedrock” e coperture recenti (ad esempio alluvionali) si possono avere anche effetti di trasformazione delle onde di volume in onde superficiali orizzontali, anche significativi, al bordo delle incisioni vallive e nelle fasce pedecollinari.

7.3 EFFETTI DI INSTABILITA’ DOVUTI A FENOMENI “COSISMICI”

Sono generalmente causati dal decadimento o superamento delle resistenze meccaniche dei sedimenti coinvolti in caso di impulso ciclico (sisma); in condizioni “non drenate” delle coperture sedimentarie attraversate dall’onda sismica si può avere rottura del terreno per la rapida perdita della resistenza di taglio a seguito dell’annullamento delle pressioni effettive (liquefazione ciclica), fenomeno, tuttavia, non verificabile nell’ambito del comune di Novi Ligure, come più approfonditamente trattato nel successivo paragrafo.

Le diverse condizioni litostratigrafiche–morfologiche, la presenza o meno di falda possono dunque indurre meccanismi d’instabilità assai diversi: nel caso di versanti si può avere l’innesco o la riattivazione di frane; la presenza di sedimenti poco profondi con caratteristiche meccaniche scadenti, può favorire rotture e/o deformazioni superficiali; per terreni granulari insaturi (sopra falda) sono possibili cedimenti per densificazione mentre per sedimenti granulari fini (sabbie) saturi sono invece possibili fenomeni di liquefazione.

7.4 ANALISI DELLA LIQUEFAZIONE

Vale la pena evidenziare che laddove sono presenti i caratteri predisponenti non è detto che si possano realizzare le condizioni di cause scatenanti; ovvero un terreno sabbioso può avere tutti i requisiti granulometrici e di addensamento per liquefarsi, ma nell’area può non verificarsi mai un sisma con energia sufficiente ad indurre liquefazione, oppure viceversa, possono esserci le energie sufficienti in gioco, ma le caratteristiche granulometriche dei litotipi possono essere tali da non essere suscettibili di liquefazione.

Con riferimento alle NTC par. 7.11.3.4.2 la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove

penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nel diagramma in alto della Figura 58 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nel diagramma in basso della Figura 58 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

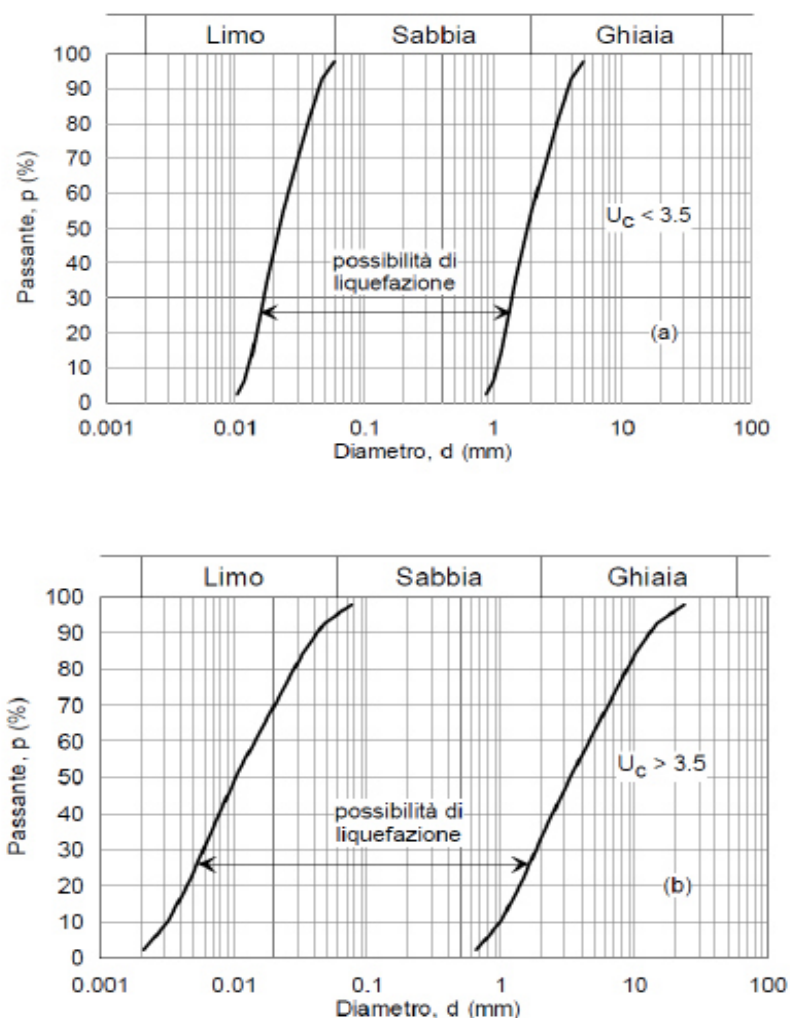


Figura 58 – Estratto par. 7.11.3.4.2 NTC 2008 - Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni uniformi (sopra) ed estesa (sotto)

Nel caso del territorio comunale di Novi Ligure, sia per la sismicità storica (magnitudo massima prevista M_w – Magnitudo momento pari a 5.72 – Terremoto della “Oltrepò Pavese” del 1828), sia in base alle caratteristiche litologiche-stratigrafiche (nei depositi alluvionali la componente sabbiosa risulta minima e con distribuzione non uniforme) non si ritiene pertanto possano sussistere le condizioni per il verificarsi del fenomeno di liquefazione.

Si precisa, infine, che nel contesto del presente lavoro, la valutazione relativa alla suscettibilità alla liquefazione è puramente qualitativa ed in sede di predisposizione dei piani complessivi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi dovrà comunque essere verificata la stabilità nei confronti della liquefazione secondo il paragrafo 7.11.3.4 delle NTC/08.

8. ELABORATI CARTOGRAFICI

8.1 CARTA DELLE INDAGINI

Tutte le indagini disponibili esistenti utili per l'elaborazione del modello del sottosuolo sono state raccolte e riportate con il relativo simbolo associato e suddivise per tipologia.

Le fonti di informazioni sono state:

- l'Archivio Comunale
- la Banca Dati Geologica dell'ARPA Piemonte (<http://webgis.arpa.piemonte.it/geoportale/>)
- la Banca Dati della Provincia di Alessandria
- la Banca Dati del Ministero dello Sviluppo Economico (<http://unmig.sviluppoeconomico.gov.it/videpi/pozzi/gruppo.asp?ub=T®ione=Piemonte&provincia=Alessandria>)
- bibliografia in dotazione allo studio.

L'insieme dei dati raccolti, ha permesso di disporre di un totale di 244 dati puntuali e di 6 dati lineari. Per l'organizzazione e la rappresentazione delle informazioni, il riferimento utilizzato è il Cap. 2.2 degli ICMS ed in particolare le codifiche riportate nell'elenco di cui al punto 2.2.3, associando le librerie dei simboli proposte dagli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica indicati dalla Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica reperite on line (Rif. standard CTMS ottobre 2015 ver 4.0), cartografati mediante software Esri® ArcMap ed archiviati tramite il software del CNR SoftMS versione 4.0.1.

L'ubicazione di tutte le indagini considerate è riportata nella "Carta delle indagini", redatta in scala 1:10.000 e georeferenziata UTM-WGS1984 in conformità agli standard CTMS ottobre 2015 ver 4.0.

Sono state raccolte le seguenti tipologie di indagini:

TIPO INDAGINE/DESCRIZIONE	RAPPRESENTAZIONE IN CARTA	TIPO INDAGINE/ID
sondaggio a carotaggio continuo	puntuale	S
sondaggio a carotaggio continuo che intercetta il substrato	puntuale	SS
prova penetrometrica in foro	puntuale	SPT
prova penetrometrica statica con punta meccanica	puntuale	CPT
prova penetrometrica dinamica pesante	puntuale	DP
prova penetrometrica dinamica leggera	puntuale	DL
pozzo per acqua	puntuale	PA
pozzo per idrocarburi	puntuale	PI
trincea o pozzetto esplorativo	puntuale	T
prova sismica in foro tipo downhole	puntuale	DH
MASW	lineare	MASW

Per quanto riguarda l'archiviazione, tutti i file sono contenuti nella cartella denominata "Indagini", dove è inserita un'altra cartella, denominata "Documenti", nella quale è stata archiviata la documentazione nei vari formati di riferimento (PDF, JPG) delle indagini (lineari e puntuali). Ogni file è stato denominato con il codice identificativo dell'indagine.

Il codice identificativo è una stringa composta da:

- il codice ISTAT della Provincia di appartenenza = 006
- il codice ISTAT del Comune = 114
- sigla identificativa dell'indagine puntuale/lineare = P/L
- numero progressivo delle indagini

Le indagini puntuali risultano pertanto individuate con il prefisso 006114P seguito dal numero progressivo.

Le indagini lineari risultano pertanto identificate con il prefisso 006114L seguito dal numero progressivo.

Le indagini puntuali sono state archiviate nello shape "Ind_pu", a cui sono state associate le tabelle "Sito_puntuale", "Indagini_puntuali" e "Parametri_puntuali" (Rif. § 2.1.1 e § 2.1.3 standard CTMS ottobre 2015 ver 4.0).

Le indagini lineari sono state archiviate nello shape "Ind_ln", a cui sono state associate le tabelle "Sito_lineare", "Indagini_lineari" e "Parametri_lineari" (Rif. § 2.1.2 e § 2.1.4 standard CTMS ottobre 2015 ver 4.0).

Tutte le tabelle sono state archiviate attraverso il software SoftMS versione 4.0.1 nei database "Cdl_tabelle_lineari_006114.mdb" e "Cdl_tabelle_puntuali_006114.mdb" presenti nella cartella "Indagini".

8.2 CARTA GEOLOGICO TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA (CGT_MS)

Nella Carta geologico tecnica per gli studi di MS sono state riportate, secondo gli standard della CT per la MS del ottobre 2015, tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche ed idrogeologiche) necessarie alla definizione del modello di sottosuolo e funzionale alla realizzazione della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (carta di MS di livello 1).

Per ragioni pratiche si è scelta la scala 1:10.000 della base BDTRE per la rappresentazione finale della carta, mentre il sistema di riferimento utilizzato è UTM-WGS1984 ed il software utilizzato è Esri® ArcMap.

La Carta geologico tecnica è stata redatta facendo riferimento:

- alle informazioni contenute nelle carte tematiche di analisi (elencate in premessa) di cui alle verifiche di compatibilità idraulica ed idrogeologica al P.A.I. sulla base di indagini conformi alla Circ. 7/LAP e redatti dal Dott. Geol. Davide Fossati;
- all'aggiornamento delle precedenti in seguito all'evento alluvionale del 13/10/2014;
- alle informazioni contenute e/o elaborate dalle indagini raccolte.

In funzione degli elementi da rappresentare e nell'ottica di fornire il maggior supporto possibile alla gestione e analisi delle informazioni mediante sistemi informativi geografici come richiesto dagli standard citati, gli elementi riportati sulla carta sono stati gestiti in file shape: areali, lineari e puntuali ed archiviati nella cartella "Geo Tec".

Le informazioni di **carattere geologico-litotecnico** sono state raggruppate principalmente nello shapefile "Geotec". Trattandosi di elementi areali sono state rappresentate come forme poligonali. Si tratta di una zonazione del territorio comunale distinguendo i differenti terreni di copertura. Si è fatto riferimento alla suddivisione dei litotipi in classi riportata nei citati standard di rappresentazione ed archiviazione informatica della CT per la MS che hanno utilizzato l'Unified

Soil Classification System, un sistema di classificazione dei suoli composto da una sigla formata da 2. Ogni terreno di copertura è stato identificato da un codice presente sia in legenda che in carta. Ogni codice è composto dal codice relativo alla natura dei litotipi prevalenti (Rif. “Codici da utilizzare per il campo “Tipo_gt”” standard CTMS ottobre 2015 ver 4.0). Ad ogni litotipo prevalente, inoltre, è stato assegnato il codice relativo agli ambienti genetico-deposizionali (Rif. Tabella dei Codici da utilizzare per il campo “Gen” standard CTMS ottobre 2015 ver 4.0).0

Nello specifico nella carta geologico-tecnica del territorio comunale di Novi Ligure sono state individuate, in base alla cartografia tematica delle Verifiche PAI, alle osservazioni geologiche di campagna ed ai log stratigrafici reperiti, 4 tipologie di terreni di copertura.

1. “GW tf”: deposito alluvionale a granulometria mista costituito da alternanze di ghiaie pulite con granulometria ben assortita e miscela di ghiaia e sabbia (GW) con sabbie limose e miscele di sabbia e limo (SM) appartenente all’ambiente fluvio lacustre tipo “terrazzo fluviale” (tf);
2. “ML tf”: deposito alluvionale a granulometria mista costituito da alternanze di limi inorganici, sabbie fini limoso o argillose, limi argillosi di bassa plasticità (ML) con ghiaie limose, miscela di ghiaia sabbia e limo (GM) appartenente all’ambiente fluvio lacustre tipo “terrazzo fluviale” (tf);
3. “CL tf”: deposito alluvionale a granulometria mista costituito da alternanze di argille inorganiche di media bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre (CL) con ghiaie argillose, miscela di ghiaia sabbia e argilla (GC) appartenente all’ambiente fluvio lacustre tipo “terrazzo fluviale” (tf);
4. “SC ec”: deposito eluvio-colluviale costituito da sabbie argillose, miscele di sabbia e argilla (SC) appartenente all’ambiente di versante tipo “eluvi/colluvi” (ec).

Poiché i terreni di copertura sono caratterizzati prevalentemente da alternanze di depositi coerenti ed incoerenti e comunque, non avendo dati specifici, non sono stati inseriti gli appositi codici relativamente al grado di consistenza/addensamento riportati negli standard nella tabella associata allo shapefile relativo ai diversi terreni di copertura.

Nel territorio comunale non sono state individuate zone di affioramento di substrato geologico rigido o non rigido, né zone con coperture di spessore <3 m.

Relativamente all’ambito urbanizzato, sono state ricostruite n. 2 sezioni geologiche rappresentative dei rapporti stratigrafici più significativi con la finalità di meglio visualizzare le situazioni litostratigrafiche potenzialmente suscettibili di amplificazione locale o di instabilità (Figura 57). La traccia delle sezioni è stata riportata in carta e rappresentata come elemento lineare (Rif. Elineari.shp).

Le informazioni di **carattere geomorfologico** sono state inserite negli shapefile “Instab”, “Elineari” ed “Epuntuali”.

Nello shape “Instab” sono riportate le forme di superficie corrispondenti alla perimetrazione dei dissesti sul territorio aggiornati all’evento alluvionale del 13/10/2014. Trattandosi di elementi areali sono state rappresentate come forme poligonali. Nel territorio di Novi Ligure sono state individuate solo frane di tipo attivo. Ogni frana è stata identificata nella tabella associata allo shapefile da un codice composto da 4 numeri (30xy) dove xy deriva dalla combinazione dello stato di attività e del tipo di movimento. Per tale codice identificativo si è fatto riferimento alla tabella associata alla Figura 1.1.2-5 “Legenda della Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica: instabilità di Versante” riportata negli standard CTMS.

Come anticipato nel paragrafo 3.4 nell’ambito del territorio comunale sono stati

individuati fenomeni di dissesto attivi distinti in dissesti per fluidificazione della copertura detritica, per colamenti veloci e per scivolamenti rotazionali. Con riferimento agli standard 4.0b, sono stati pertanto distinti con la codifica 3013 (i primi due cinematismi) e 3012 (i dissesti per scorrimento).

Nello shape “Elineari” sono riportati elementi lineari quali gli orli di terrazzo e di scarpata morfologica con dislivello compreso nell’intervallo 10÷20 m. Nel territorio di Novi Ligure non sono stati individuati orli di terrazzo e di scarpata morfologica >20 m.

Nello shape “Epuntuali” è stato riportato un solo elemento puntuale corrispondente al picco isolato individuato come elemento di possibile amplificazione topografica nella zona Castello.

Le informazioni di **carattere idrogeologico** sono state inserite nello shapefile “Geoidr”. Si tratta di elementi puntuali classificati in tre tipologie:

1. pozzi dove è stata misurata una soggiacenza ≤ 15 m della falda in aree con sabbie e/o ghiaie (codice 31 nella tabella associata);
2. sondaggi/pozzi che hanno raggiunto il substrato rigido (codice 21 nella tabella associata);
3. sondaggi/pozzi che non hanno raggiunto il substrato rigido (codice 22 nella tabella associata).

In carta accanto ai simboli dei sondaggi/pozzi che hanno raggiunto il substrato rigido è stata riportata la relativa profondità del substrato.

Pertanto sono stati predisposti i seguenti shapefile:

- Geotec.shp (terreni di copertura)
- Elineari.shp (traccia sezione, orli terrazzo, orli di scarpata morfologica)
- Instab.shp (frane perimetrate)
- Epuntuali.shp (picco isolato)
- Geoidr.shp (profondità (m) substrato rigido raggiunto da sondaggio o pozzo, profondità (m) sondaggio o pozzo che non ha raggiunto il substrato rigido, profondità (m) della falda in aree con sabbie e/o ghiaie)

8.3 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)

Sulla base dell’analisi di tipo qualitativo delle informazioni geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche (rilievi geologico-geomorfologici, valutazione dei processi morfogenetici, campagna piezometrica, esame caratteristiche topografiche, raccolta dati geognostici di indagine, ricostruzione modello geologico-tecnico-litostratigrafico) che ha portato all’approfondimento delle carte tematiche nell’ambito delle verifiche di compatibilità idraulica ed idrogeologica al P.A.I. (Rif. Carta delle indagini e Carta geologico-tecnica) sono state individuate zone a comportamento omogeneo sotto il profilo della risposta sismica locale.

Il quadro conoscitivo in ambito geologico-geomorfologico-idrogeologico-litotecnico è stato pertanto finalizzato all’individuazione di “scenari” di pericolosità sismica locale e di conseguenti “effetti” potenzialmente attesi nel territorio comunale secondo la metodologia schematizzata nella Figura 59.

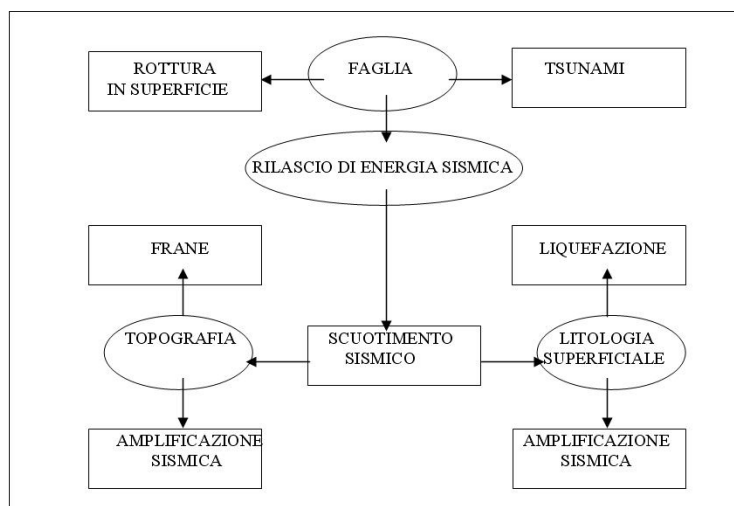


Figura 59 - Pericolosità sismica in ambiente urbano (Bird & Bommer, 2004).

Sono state pertanto definite le microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS), ovvero le zone dove sono prevedibili le medesime tipologie di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, ecc.).

Si tratta di una prima analisi puramente qualitativa basata sul controllo dei dati pregressi (contesto geologico-strutturale, litologico, geomorfologico ed idrogeologico) finalizzata ad individuare le zone che possono produrre instabilità e/o amplificazione senza tuttavia definirne quantitativamente gli appropriati parametri meccanici e sismici. In particolare è stata data maggiore rilevanza alla definizione della pericolosità sismica della parte di pianura dove si ha la concentrazione degli insediamenti urbani, produttivi e delle infrastrutture.

Si è così elaborata una zonizzazione preliminare di tipo qualitativo a carattere puramente indicativo nella quale si individuano microzone ove è prevedibile l'occorrenza di diversi tipi di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, ecc.).

Nella Carta delle MOPS, prodotta in scala 1:10.000 seguendo le indicazioni fornite al par.2.3 degli ICMS, nel rispetto degli standard per l'informatizzazione degli studi per la MS redatti dalla Commissione Nazionale per la Microzonazione Sismica, la zonazione del territorio è stata effettuata secondo la classificazione nelle seguenti tre categorie:

- A. **ZONE STABILI**: in queste zone non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura (substrato geologico in affioramento o con copertura limitata a 3 m di spessore con morfologia pianeggiante o con inclinazione inferiore a circa 15°); non sono cioè previste significative modifiche dello scuotimento che l'evento sismico causerebbe su terreni rigidi e, pertanto, gli scuotimenti attesi sono equiparati a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base. **Non è stata classificata in questa categoria alcuna porzione del territorio comunale.**
- B. **ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI**: in queste zone sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale. Nel territorio comunale sono state individuate n. 7 microzone. Ad ognuna è associata la relativa successione litostratigrafica rappresentativa, in termini di tipologia e spessore, del locale rapporto copertura-substrato a seguito descritta (Figura 34). Ogni microzona è stata codificata (codice: 20xy nella tabella associata allo shape) con numerazione progressiva riportata in legenda (gli standard prevedono xy da 01 a 98). Le microzone di questa categoria sono ca-

ratterizzate da colori con gradazione dal verde al giallo. Si è pertanto effettuata la seguente zonizzazione sismica di massima del territorio comunale:

- **ZONA 1** - Sono state indicativamente raggruppate in questa zona l'estrema fascia orientale di territorio interessate da una copertura sedimentaria costituita da alternanze di ghiaie pulite con granulometria ben assortita e miscela di ghiaia e sabbia (GW) con sabbie limose e miscele di sabbia e limo (SM) di spessore compreso tra 10 m e 25 m. Dal punto di vista della categoria di suolo sono assimilabili a suoli E.
- **ZONA 2** - Sono state indicativamente raggruppate in questa zona la porzione di territorio a SE ed E dell'abitato interessata da una copertura sedimentaria costituita da alternanze di limi inorganici, sabbie fini limoso o argillose, limi argillosi di bassa plasticità (ML) con ghiaie limose, miscela di ghiaia sabbia e limo (GM) di spessore compreso tra 5 m e 25 m. Dal punto di vista della categoria di suolo sono assimilabili a suoli E.
- **ZONA 3** - Sono state indicativamente raggruppate in questa zona la porzione di territorio a S e SW dell'abitato interessata da una copertura sedimentaria costituita da alternanze di argille inorganiche di media bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre (CL) con ghiaie argillose, miscela di ghiaia sabbia e argilla (GC) di spessore compreso tra 5 m e 25 m. Dal punto di vista della categoria di suolo sono assimilabili a suoli E.
- **ZONA 4** - Sono state indicativamente raggruppate in questa zona la porzione centrale del territorio comprendente l'abitato di Novi interessata da una copertura sedimentaria costituita da alternanze di limi inorganici, sabbie fini limoso o argillose, limi argillosi di bassa plasticità (ML) con ghiaie limose, miscela di ghiaia sabbia e limo (GM) di spessore compreso tra 25 m e 75 m. Dal punto di vista della categoria di suolo sono assimilabili a suoli B, C e D.
- **ZONA 5** - Sono state indicativamente raggruppate in questa zona la porzione centrale del territorio comprendente l'abitato di Novi interessata da una copertura sedimentaria costituita da alternanze di limi inorganici, sabbie fini limoso o argillose, limi argillosi di bassa plasticità (ML) con ghiaie limose, miscela di ghiaia sabbia e limo (GM) di spessore compreso tra 75 m e 140 m. Dal punto di vista della categoria di suolo sono assimilabili a suoli B, C e D.
- **ZONA 6** - Sono state indicativamente raggruppate in questa zona la porzione di territorio a NW interessata da una copertura sedimentaria costituita da alternanze di argille inorganiche di media bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre (CL) con ghiaie argillose, miscela di ghiaia sabbia e argilla (GC) di spessore compreso tra 25 m e 75 m. Dal punto di vista della categoria di suolo sono assimilabili a suoli B, C e D.
- **ZONA 7** - Sono state indicativamente raggruppate in questa zona a SE tutte le porzioni di territorio interessate da una copertura sedimentaria costituita da sabbie argillose, miscele di sabbia e argilla (SC), di spessore compreso tra 3 m e 20 m (depositi eluvio-colluviali dell'ambiente di versante). Dal punto di vista della categoria di suolo sono assimilabili a suoli E.

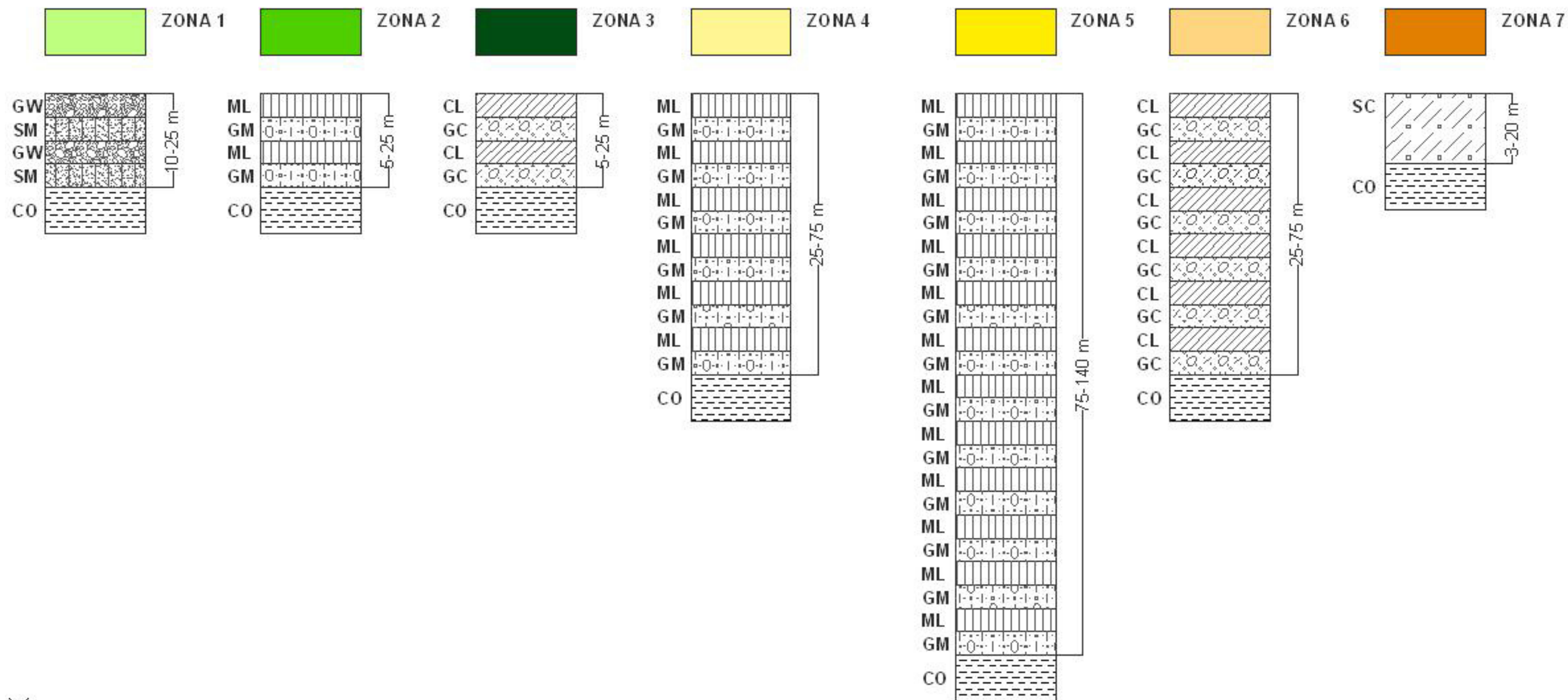


Figura 60 – Schemi stratigrafici rappresentativi delle microzone sismiche stabili suscettibili di amplificazioni locali individuate nel territorio comunale.

C. ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITÀ: in queste zone gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio indotte o innescate dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fagliazione superficiale, cedimenti differenziali, ecc.). Non sono naturalmente esclusi per queste zone anche fenomeni di amplificazione del moto. Nel territorio comunale sono state individuate n. 31 microzone in relazione agli effetti deformativi attesi legati alle forme di instabilità di versante (frane attiva di diversa tipologia).

Nella carta delle MOPS sono stati inoltre riportati gli elementi lineari e puntuali di carattere geomorfologico (orli di scarpata morfologica, orli di terrazzo e picchi isolati), secondo le indicazioni degli standard, ripresi dalla Carta geologico-tecnica. Non sono state invece individuate discontinuità e/o morfologie sepolte potenzialmente in grado di causare modifiche della velocità di propagazione delle onde di taglio ed effetti di RSL bi e tridimensionali.

In funzione degli elementi da rappresentare e nell'ottica di fornire il maggior supporto possibile alla gestione e analisi delle informazioni mediante sistemi informativi geografici come richiesto dagli standard citati, gli elementi riportati sulla carta sono stati gestiti in file shape: areali, lineari e puntuali ed archiviati nella cartella "MS1".

Pertanto sono stati predisposti i seguenti shapefile:

- Stab.shp (zone stabili suscettibili di amplificazioni locali)
- Instab.shp (zone di attenzione per instabilità di versante)
- Elineari.shp (orli terrazzo, orli di scarpata morfologica)
- Epuntuali.shp (picco isolato)

9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI

In relazione ai dati a disposizione si riporta la Tavola “Sisma 2003” redatta dall’Ufficio SIT Settore Urbanistica del Comune di Novi Ligure redatta sulla base delle segnalazioni dei danni relativi all’evento 11 aprile 2003 con epicentro in località S. Agata Fossili di magnitudo $M=4.6$ (Intensità: VI–VII).

Alcune tipologie di danni sono visualizzate nelle foto a seguito.

La Figura 61 evidenzia una maggiore concentrazione di edifici danneggiati in corrispondenza del centro storico dell’abitato di Novi e lungo un tratto della S.P. 159 per Tassarolo.

In base a quanto finora ricostruito ed allo stato attuale delle conoscenze non si hanno elementi per ritenere che effetti di amplificazione della risposta sismica locale possano essere stati determinanti.

L’ubicazione degli edifici danneggiati induce a ritenere invece ad una correlazione con la tipologia strutturale. Si tratta infatti di fabbricati per lo più in muratura con scarse resistenze strutturali agli effetti di taglio.

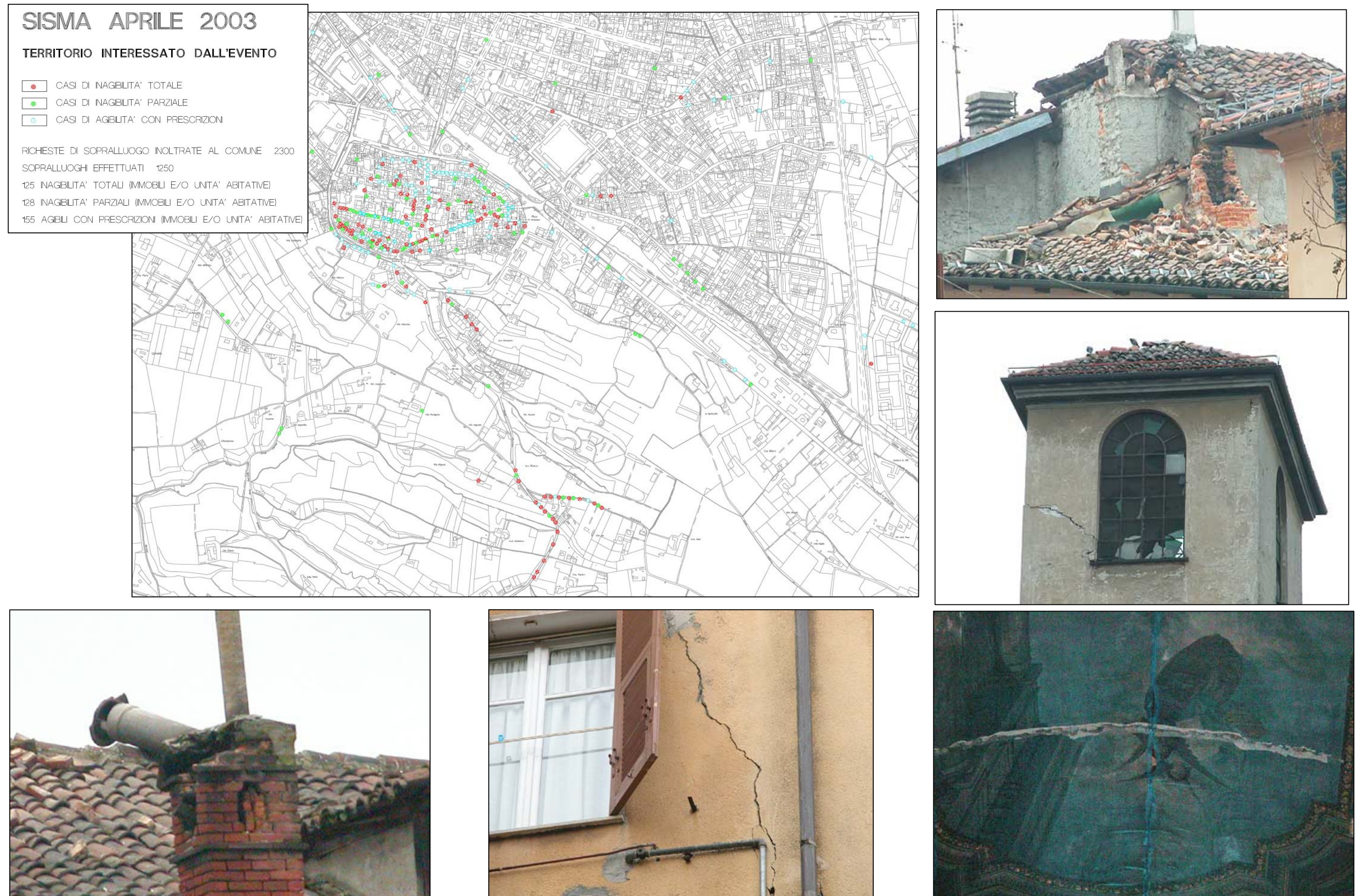


Figura 61 – Estratto Carta evento sismico 2003 redatta dal Settore Urbanistica Comune Novi Ligure. Nelle foto a margine alcune tipologie di danni verificatisi.

10. BIBLIOGRAFIA

- ARPA PIEMONTE (2005) – Specifica tecnica in materia di normativa sismica per la definizione delle procedure e degli elaborati geologici a supporto dei Piani Regolatori Comunali e degli strumenti urbanistici esecutivi Testo redatto in collaborazione con ORGP
- AAVV, *“Atlante della Classificazione Sismica Nazionale”*, Servizio Sismico Nazionale, CSLP, Roma, (1986)
- BASSO A. (2010) – Relazione geologica per palazzina residenziale
- BASSO A. (2011) – Relazione geologica per realizzazione capannone
- BASSO A. (2012) – Relazione geologica per ampliamento cantina aziendale
- BELTRACCHINI F. (2010) – Studio geologico-tecnico per adeguamento dell’impianto di depurazione delle acque reflue urbane del Comune di Novi Ligure (AL)
- BOSSO A. (2011) – Indagini geognostiche e relazione geotecnica per la riqualificazione del patrimonio edilizio esistente mediante intervento di demolizione – ricostruzione e ampliamento di edificio a destinazione residenziale ai sensi della L.R. n. 20 del 14.07.2009
- BRAGA G.P – RAGNI U. (1969) - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 F. 58 Mortara, Servizio Geologico d'Italia.
- BRUGNA. S. (2012) – Relazione Geologica-Geotecnica per progetto di consolidamento “Palazzo Durazzo”
- CADEO G. (2001) – Relazione indagine geognostica per nuovo stabilimento Cinzano
- CAPUTO R., FIORE A., PIEDILATO S., SESSA R. (2004) – Analisi dell’amplificazione sismica locale ai fini della pianificazione urbanistica. Caso di studio di Ginestra (PZ) nell’Appennino Meridionale pp. 57-66 *Geologia Tecnica & Ambientale* 1/04
- CASTELLANI G. (2002) – Relazione geotecnica per intervento edificatorio P.E.C. “Subaerea 1” area N1 D.U. 7B – Via San Giovanni Bosco
- C.N.R. (1981) - Carta tettonica d'Italia, schema preliminare scala 1:500.000 – Grafica editoriale cartografica S.p.A.
- C.N.R. (1983) – Synthetic structural-kinematic map of Italy scala 1:2.000.000. S.e.l.c.a. Florence Italy
- C.N.R. (1987) – Neotectonic model of Italy scala 1:1.500.000 - Litografia artistica cartografica Florence Italy
- C.N.R. (1990) – Structural model of Italy scala 1:500.000. S.e.l.c.a. Florence Italy
- C.N.R. (1991) – Structural-kinematic map of Italy scala 1:500.000. S.e.l.c.a. Florence Italy
- COLLINA L. (2011) - Relazione Geologico Tecnica e Sismica per realizzazione di un impianto di trattamento anaerobico della f.o.r.s.u. raccolta nel bacino di competenza di S.R.T.
- CORTEMIGLIA F. CORTEMIGLIA G.C. (2003) - La storia geologica e geomorfologica del territorio tortonese Edit. Pro Iulia Dertona.
- CORTEMIGLIA F. (2010) - Relazione Geologica-Geotecnica per ristrutturazione fabbricati per intervento residenziale e terziario in via Verdi. CORTEMIGLIA F. (2010) - Relazione Geologica-Geotecnica per realizzazione scuderie.
- DAZZI E. (2008) - Relazione Geologico-Tecnica per realizzazione centro congressi nel complesso Villa Pomela.
- DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA Università degli Studi di Parma (1994) *Guide Geologiche Regionali 10 Itinerari Appennino Ligure-Emiliano* BE-MA Editrice
- EUROGEO S.R.L. (2008) – Indagine geognostica per Stabilimento Ilva di Novi Ligure
- FERRETTI R. (1992) - Studio geomorfologico-geologico-geotecnico per costruzione nuovo edificio residenziale
- FERRETTI R. (1994) - Studio geomorfologico-geologico-geotecnico per ampliamento cimitero

- FERRETTI R. (1994) - Studio geomorfologico-geologico-geotecnico per costruzione nuovo edificio residenziale
- FERRETTI R. (1994) - Studio geomorfologico-geologico-geotecnico per ristrutturazione edificio residenziale
- FERRETTI R. (1994) - Studio geomorfologico-geologico-geotecnico per costruzione stazione di servizio Agip Petroli
- FERRETTI R., SCARPA E.L. (2011) - Studio geomorfologico-geologico-geotecnico per costruzione nuova abitazione rurale con annesso capannone agricolo in strada stradella
- FERRETTI R., SCARPA E.L. (2012) - Studio geomorfologico-geologico-geotecnico per ristrutturazione fabbricato residenziale
- FOSSATI D. (2010) – Relazione geotecnica per demolizione e ricostruzione di edificio esistente con ampliamento in C.so Italia (Villa Emma)
- FOSSATI D. (2010) – Relazione geotecnica per demolizione e ricostruzione di edificio ad uso abitativo
- FOSSATI D. (2011) – Relazione geotecnica per realizzazione edificio di civile abitazione
- FOSSATI D. (2012) – Relazione geotecnica per realizzazione ricovero cavalli
- GHIABUDO G., CLARI P. 6 PERELLO M. (1985) – Litostratigrafia, sedimentologia ed evoluzione tettonico-sedimentaria dei depositi miocenici del margine sud-orientale del Bacino Terziario Ligure-Piemontese (Valli Borbera, Scrivia e Lemme) Boll. Soc. Geol. It.
- GIACOMETTI R. (2011) - Relazione geologica e geotecnica per edificio rurale di servizio
- GRUPPO DI LAVORO MS, (2008) - Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome - Dipartimento della protezione civile, Roma, 3 vol. e Dvd.
- GUERRA E. (2005) - Studio geomorfologico-geologico-tecnico nell'ambito del programma integrato di riqualificazione urbana (P.I.R.U.) denominato "Euronovi" per realizzazione centro commerciale classico
- GUERRA E. (2006) – Relazione geologica per ampliamento stabilimento Elah Dufour
- GUERRA E. (2010) – Relazione geologico-tecnica per progetto per scissione all'interno del comparto 5/b del P.I.R.U. "Euronovi"
- GUERRA E. (2012) – Relazione geologica per costruzione edificio bifamiliare a destinazione residenziale in sentiero dei muli
- ILICETO V., PERUZZA L., SLEJKO D., ROVELLI A. (2002) –La difesa dai terremoti mediante zonazione sismica: sinergie fra Protezione Civile e Piani Regolatori pp. 15-58 Geologia Tecnica & Ambientale 3/02.
- LAVEZZO M. (2012) - Relazione geologica, idrogeologica e geotecnica di caratterizzazione per nuovo sottopasso al km 109+574 della ferrovia esistente TO-GE per il miglioramento della viabilità lungo la via Castelgazzo in loc. San Bo-vo
- MARTINI G., CASTENETTO S., NASO G. (2011) - La Carta geologico tecnica per gli studi di MSI Supplemento alla rivista Ingegneria Sismica n. 2-2011.
- MELETTI, G. VALENSISE (2004) - Zonazione sismogenetica ZS9 – App. 2 al Rapporto Conclusivo Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
- MORETTINI A. (2010) - Relazione geologica e geologico-tecnica per restauro e adeguamento funzionale del Teatro Romualdo Marengo
- PARODI E. (2009) - Relazione geologica e geologico-tecnica per costruzione fabbricato a servizio dell'attività agricola
- PARODI E. (2012) - Relazione geologica e geologico-tecnica per ampliamento fabbricato residenziale
- POGGI M.N. (2000) – Studio geomorfologico-geologico-tecnico per costruzione di edificio bifamiliare P.E.C. "Le Primule"
- RIGA G. (2008) – Microzonazione sismica Procedure per elaborare una carta di pericolosità sismica Dario flaccovio

Editore

- ROSSANIGO P. CAVALLI L. (1983) – Indagini idrogeologiche e geofisiche per il potenziamento del civico acquedotto
- SANGIORGI S., FERRARI V (2010) – L'analisi della pericolosità sismica preliminare dell' "Area Bazzanese" Il Geologo dell'Emilia Romagna
- SEMINO G. (2009) – Relazione geologica – idrogeologica per progetto Isola Ecologica
- SEMINO G. (2010) – Relazione geologica e geotecnica per realizzazione magazzino all'interno dello stabilimento Pernigotti
- SERCOTEC srl (2006) - Studi ed indagini - relazione geologica ed idrogeologica - realizzazione del nuovo collegamento Novi Ligure (AL) - Serravalle Scrivia (AL) in alternativa alla ex ss. n° 35 bis "dei Giovi di Serravalle"
- SIMONELLI A. L. (2005) – Elementi di progettazione geotecnica antisismica alla luce delle attuali normative 1° Corso di Formazione e Aggiornamento professionale sul rischio sismico in Piemonte e Valle d'Aosta alla luce dell'O.P.C.M. 3274/2003 e successive disposizioni Dipartimento di Ingegneria - Università del Sannio (BN).
- SOTGIA M. (2010) – Realizzazione nuovo impianto di distribuzione carburanti con annesso fabbricato bar-market strada provinciale n. 155 km 2 (provenienza da Novi)
- STUDIO TECNICO FOGLINO (1991) Studio idrogeologico e prospezione geofisica per ricerca di acque sotterranee
- UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA (1997) – Schema strutturale dell'Appennino nord-occidentale Tavola 1 - Ateneo Parmense, Acta Nat., vol 33,nn.3/4 Anno 1997
- VECCHIONE R., E MILANESE M. (2005) –Relazione geologica e fattibilità geotecnica per parcheggio della stazione ferroviaria
- VECCHIONE R., E MILANESE M. (2006) – Indagini geognostiche e relazione geotecnica per ampliamento capannone produttivo
- VECCHIONE R., E MILANESE M. (2009) – Indagini geognostiche e relazione geotecnica a supporto del progetto per la costruzione di un capannone industriale ad uso deposito materiale edile previsto in zona industriale I1
- VECCHIONE R., E MILANESE M. (2010) – Relazione d'inquadramento geologico geomorfologico-idrogeologico per la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica delle relative opere ed infrastrutture, alimentato da fonti rinnovabili
- VECCHIONE R., E MILANESE M. (2011) – Indagini geognostiche e relazione geotecnica per demolizione e ricostruzione di fabbricato residenziale con ampliamento del 25% del volume esistente ai sensi della L.R. 1/2011

PAGINE INTERNET DI RIFERIMENTO

http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/commissione_opcm_3907.wp

http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/view_new.wp;jsessionid=FB14B41035C08400D9541DF400615C5F?contentId=NEW39357

<http://centromicrozonazionesismica.it>