



Università
di Genova

DISTAV DIPARTIMENTO
DI SCIENZE DELLA TERRA,
DELL'AMBIENTE E DELLA VITA



Monitoraggio sismico del Trentino e analisi dei cataloghi strumentali

Prof. Daniele Spallarossa

Ph.D. Davide Scafidi

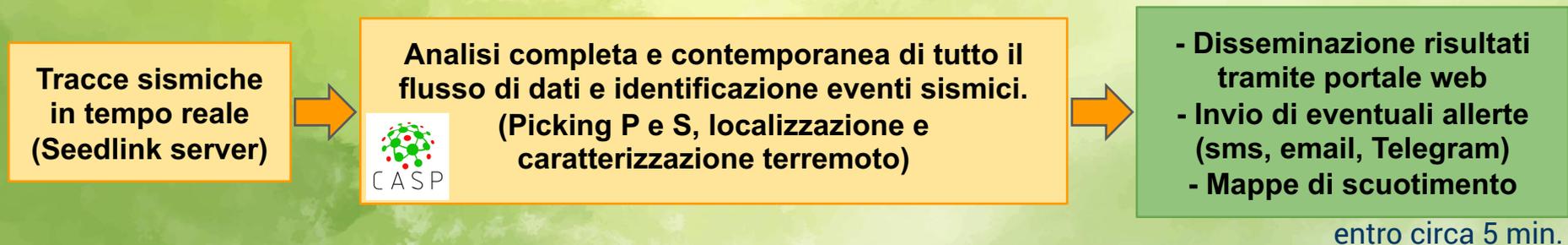
Prof. Gabriele Ferretti

Prof. Simone Barani

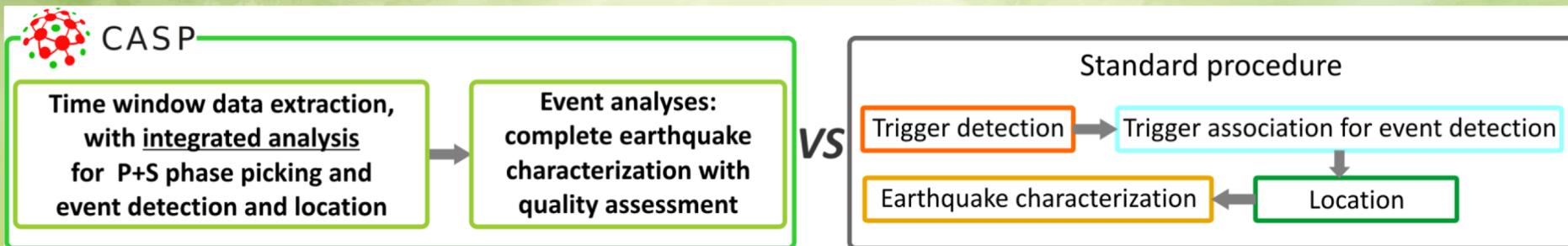
Contatti: www.distav.unige.it/rsni/staff.php

Monitoraggio e alerta sismica del Trentino

Schema di funzionamento della procedura automatica del DISTAV

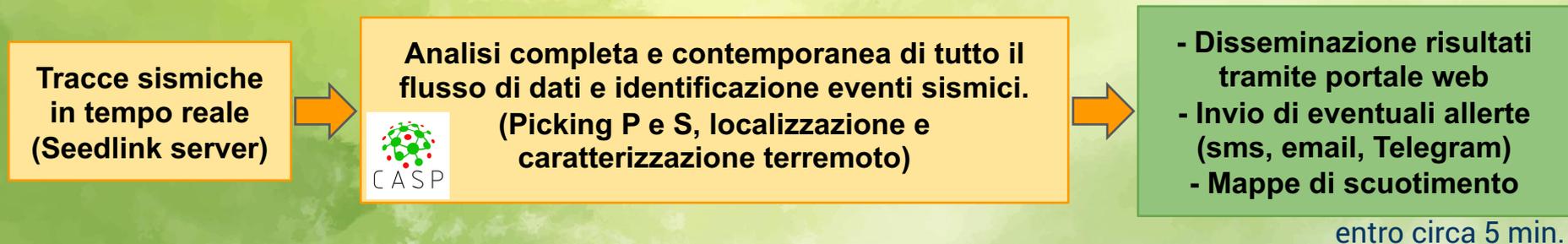


Differenza tra "CASP" e le altre procedure automatiche di detezone sismica



Monitoraggio e allerta sismica del Trentino

Schema di funzionamento della procedura automatica del DISTAV

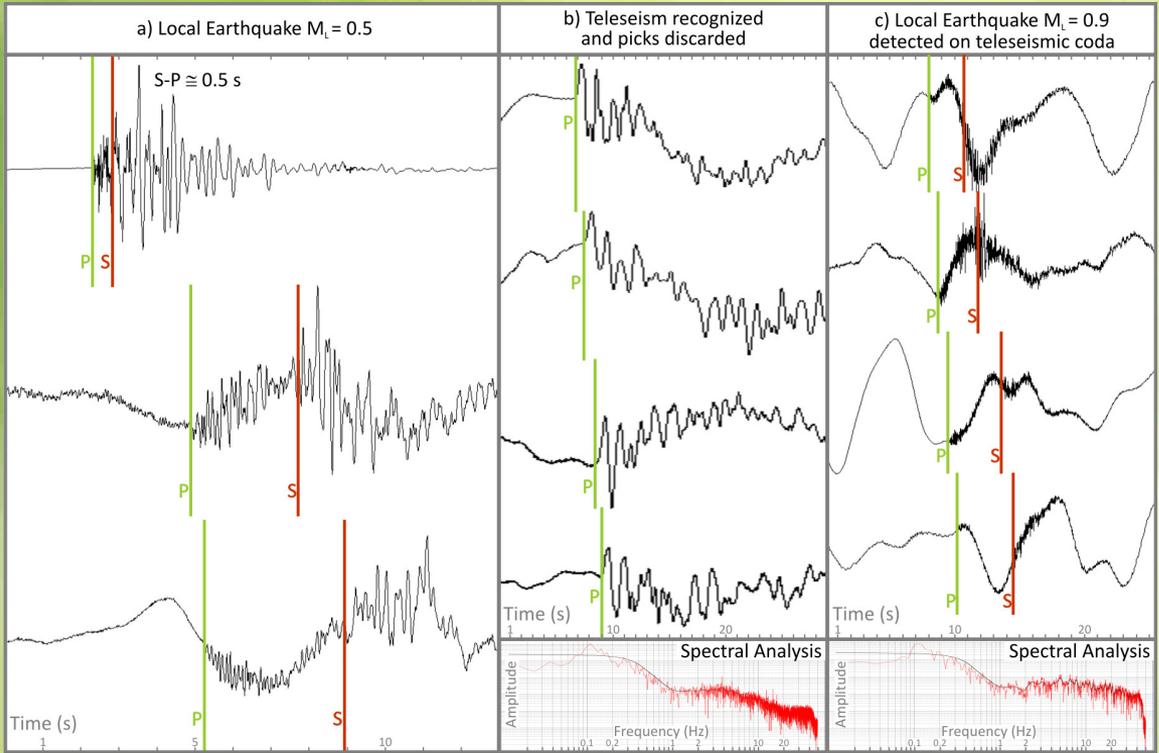


“Pilastri” su cui si basa la procedura automatica del DISTAV

- 1) Innovativa procedura di analisi del flusso dati completo (non basata solo su trigger)
- 2) Avanzato software automatico integrato di picking, localizzazione e analisi sismica (CASP)
- 3) Accurato modello 3D di velocità sismiche P ed S per il Trentino (Viganò et al., 2013)
- 4) Tutta la procedura è altamente personalizzabile e configurabile (es.: facile integrazione di svariate tipologie di stazioni sismiche, invio allerte personalizzate via sms, e-mail, ecc..)

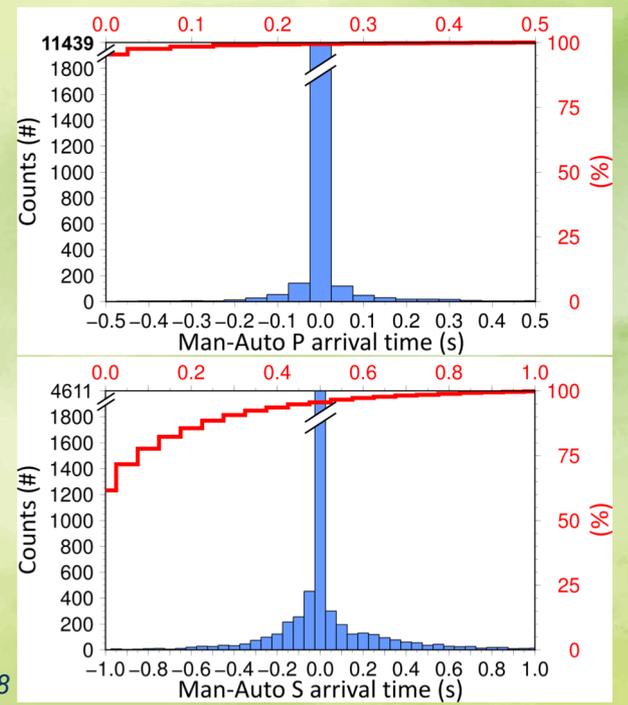
Monitoraggio e alerta sismica del Trentino

Livelli di qualità ed affidabilità della procedura automatica



Scafidi et al., SRL, 2018

Dataset reale di 1445 terremoti

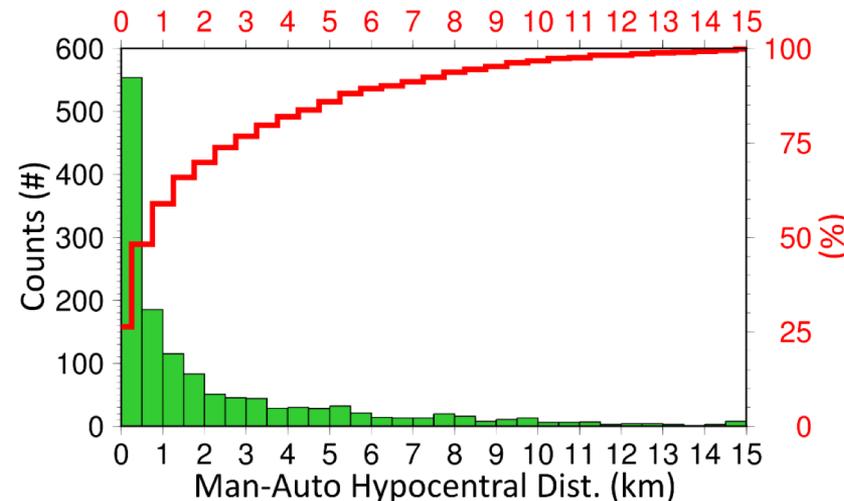
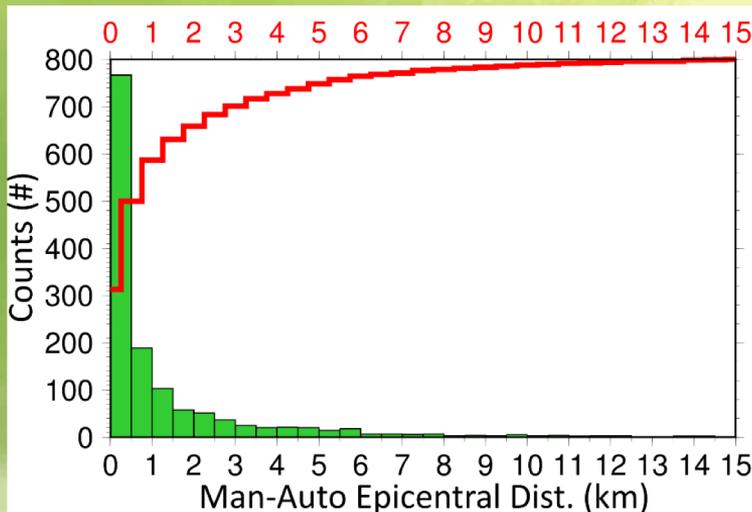


Monitoraggio e alerta sismica del Trentino

Livelli di qualità ed affidabilità della procedura automatica

Dataset reale di 1445 terremoti

Scafidi et al., SRL, 2018

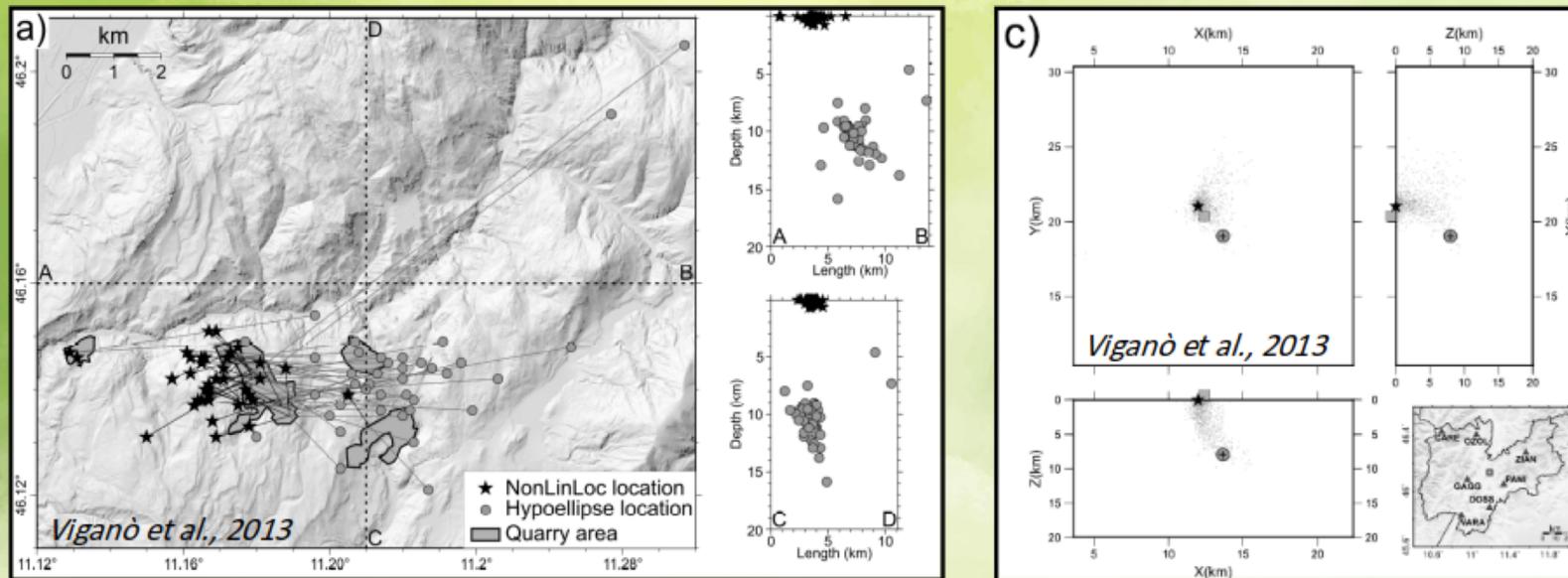


Confronti con localizzazioni riviste a mano da personale esperto

L'utilizzo di un accurato modello 3D di velocità sismiche P ed S garantisce localizzazioni più precise ed affidabili

Monitoraggio e alerta sismica del Trentino

Livelli di qualità ed affidabilità della procedura automatica



Confronti con dati reali e certi presi dagli scoppi di cava:

- Le localizzazioni sono molto vicine agli scoppi reali, anche e soprattutto come profondità

Monitoraggio e alerta sismica del Trentino

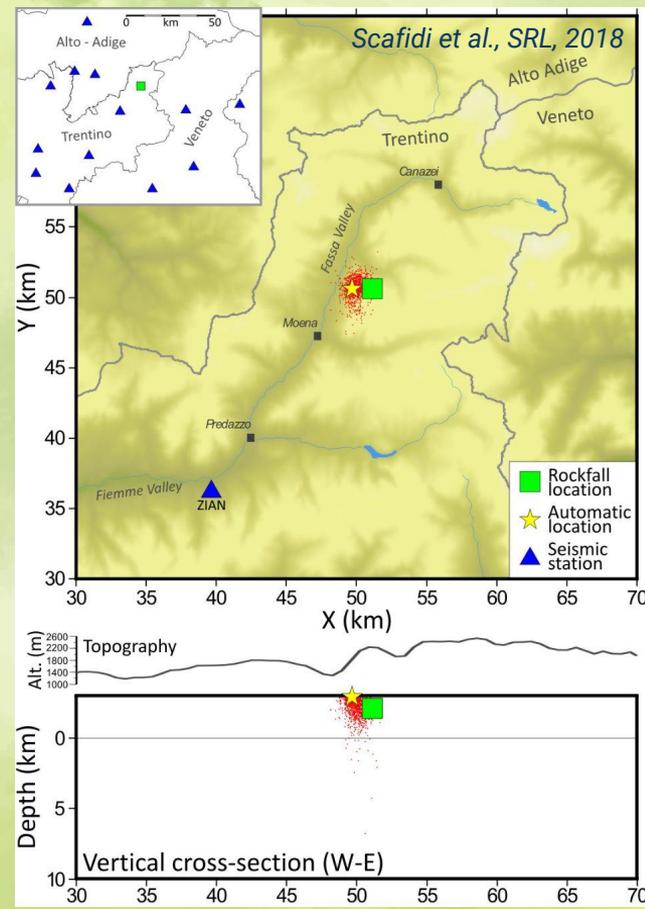
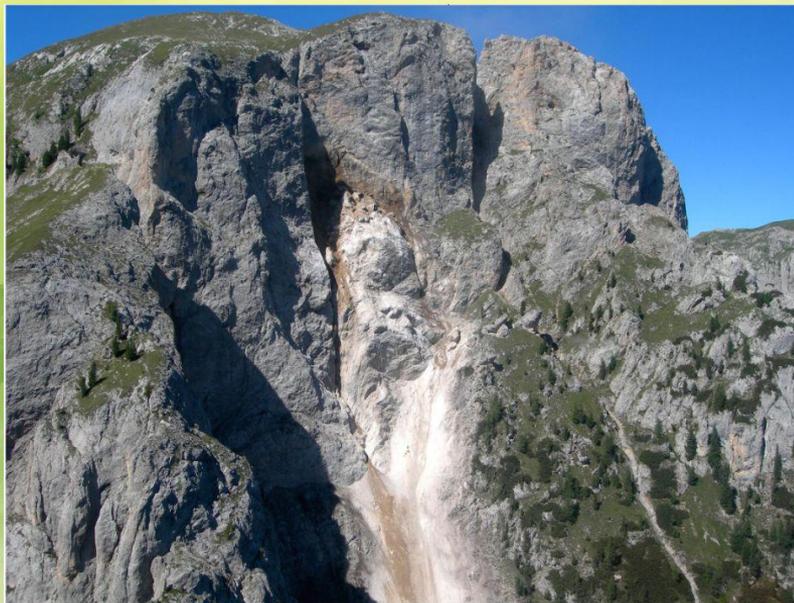
Livelli di qualità ed affidabilità della procedura automatica

Esplosioni di cava				Localizzazioni automatiche				Differenze	
Lat (°N)	Long (°E)	Prof. (km)	Esplosivo (kg)	Lat (°N)	Long (°E)	Prof. (km)	M _L (-)	Epic. (km)	Ipoc. (km)
46.142	11.181	-0.73	125	46.135	11.179	0.81	0.2 (0.17)	0.7	1.7
46.137	11.187	-0.82	150	46.143	11.178	0.01	0.3 (0.34)	0.9	1.2
46.142	11.181	-0.71	175	46.143	11.169	0.01	0.7 (0.65)	0.9	1.1
46.142	11.181	-0.69	225	46.146	11.173	0.74	0.7 (0.70)	0.7	1.6
46.142	11.181	-0.63	250	46.155	11.171	0.51	1.0 (0.99)	1.6	2.0

Confronti con dati reali e certi presi dagli scoppi di cava:

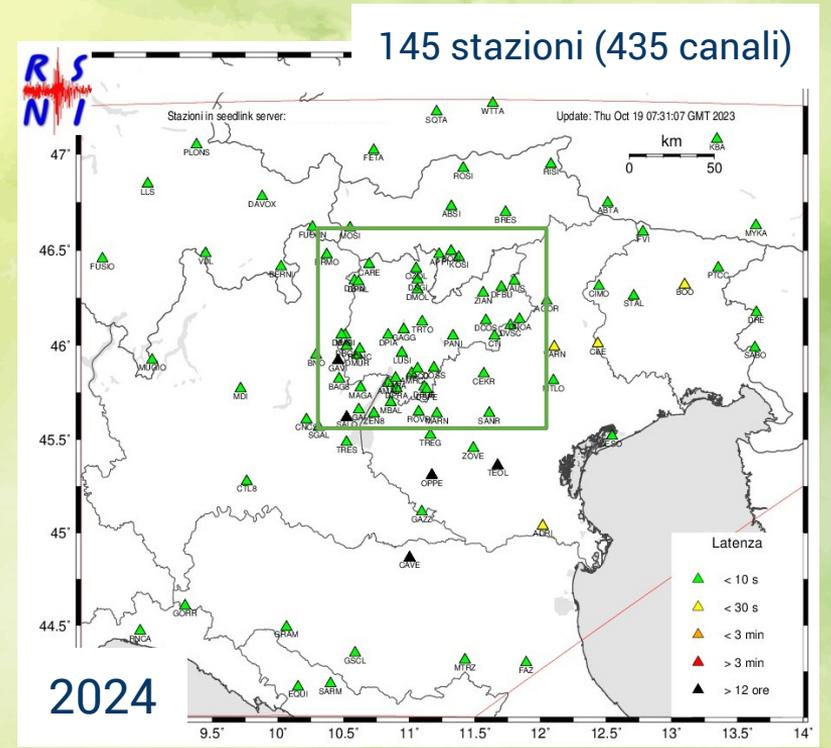
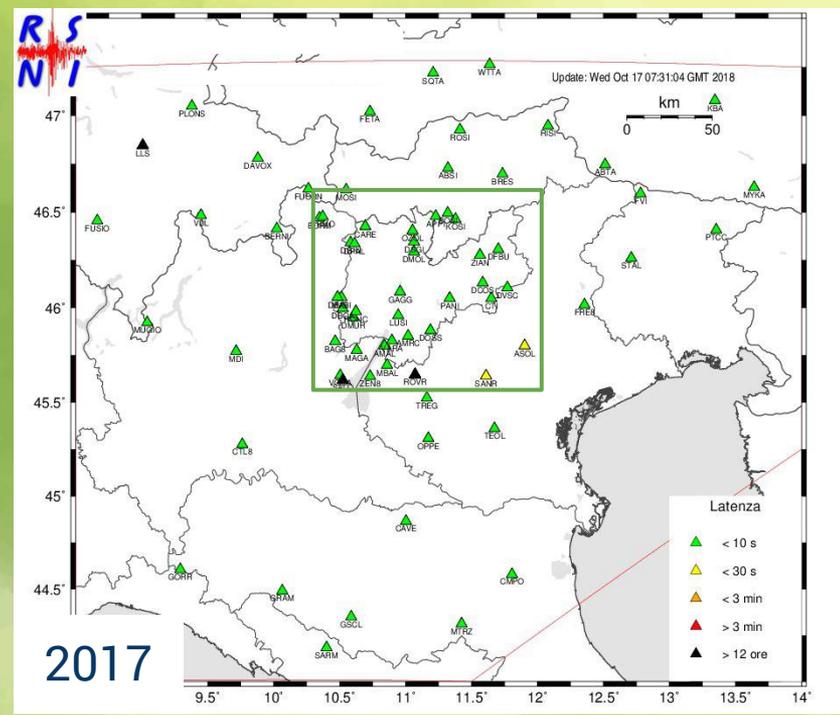
- Le localizzazioni sono molto vicine agli scoppi reali, anche e soprattutto come profondità
- La magnitudo scala bene con la quantità di esplosivo realmente utilizzata
- Il sistema è in grado di localizzare bene scoppi, frane di crollo, micro-sismicità, ecc..

Monitoraggio e alerta sismica del Trentino



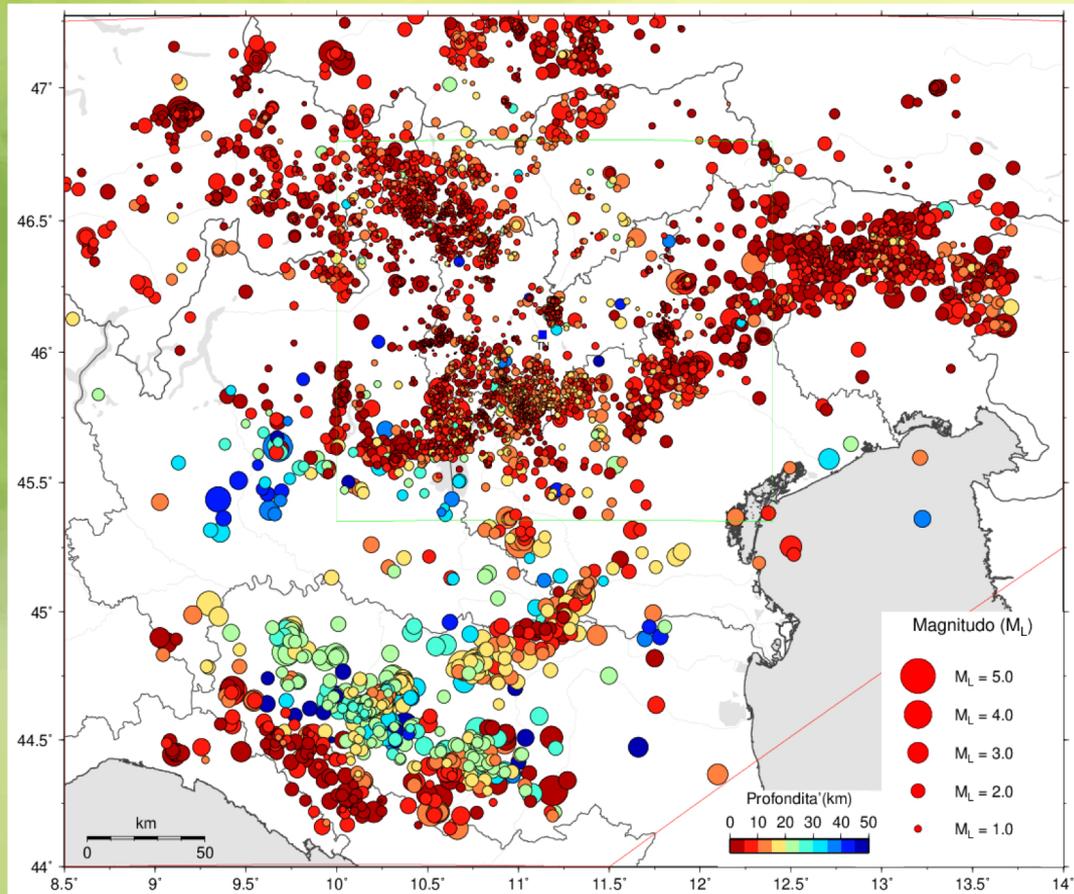
Test di localizzazione automatica di una frana di crollo:
 frana di "Cima Undici" avvenuta il 7 luglio 2016 nelle
 Dolomiti (Trentino). Volume stimato del crollo: 75000 m³
 per una magnitudo locale calcolata di 1,9

Evoluzione del sistema di monitoraggio sismico del Trentino



- Distribuzione di stazioni ottimizzata in base alle diverse soglie di magnitudo selezionate per il monitoraggio (ML 2.5 area trentina; ML 4.0 area esterna).
- Integrazione anche di stazioni selezionate della rete accelerometrica nazionale della DPC.

Monitoraggio e allerta sismica del Trentino



Periodo: 2017/05 - 2024/05

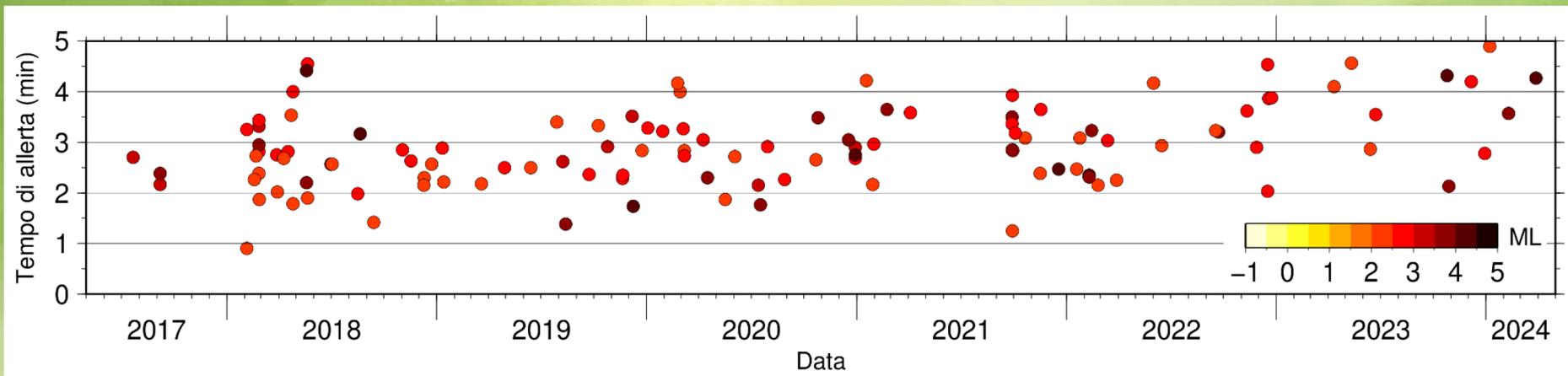
5766 eventi localizzati in maniera affidabile

127 allerte inviate per eventi sopra soglia

Nessun falso allarme

Monitoraggio e allerta sismica del Trentino

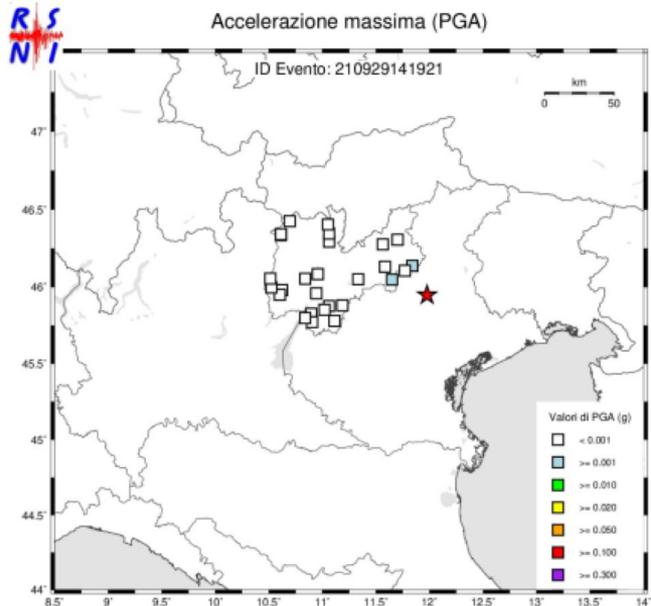
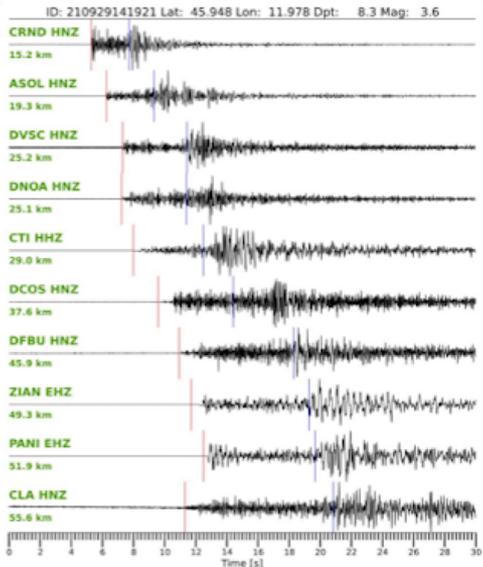
Tempo medio di allerta (sms, email, Telegram): meno di 3 minuti dal tempo origine



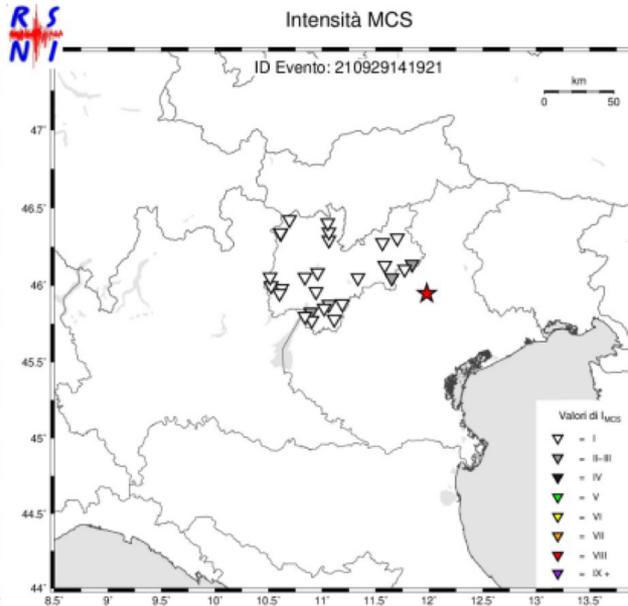
Monitoraggio e allerta sismica del Trentino

Esempio di allerta automatica via Telegram

Terremoto Mag:3.6 Vas_(BL)(Dist:3.3km) Lat:45.948 Lon:11.978 P: 8.3 UTC:2021-09-29_14:20:39 Err:1 Nf:93 Gap:88 - Pagina web: <http://www.distav.unige.it/rsni/pg-rsnipat-auto-loca.php?var1=210929141921>



Mappa PGA evento: mag:3.6 - Trentino_SE_e_Prealpi_Venete - Vas_(BL) - 2021-09-29 14:20:39 (UTC)



Mappa IMCS evento: mag:3.6 - Trentino_SE_e_Prealpi_Venete - Vas_(BL) - 2021-09-29 14:20:39 (UTC)

Monitoraggio e allerta sismica del Trentino

Portale web: elenco eventi sismici del monitoraggio automatico

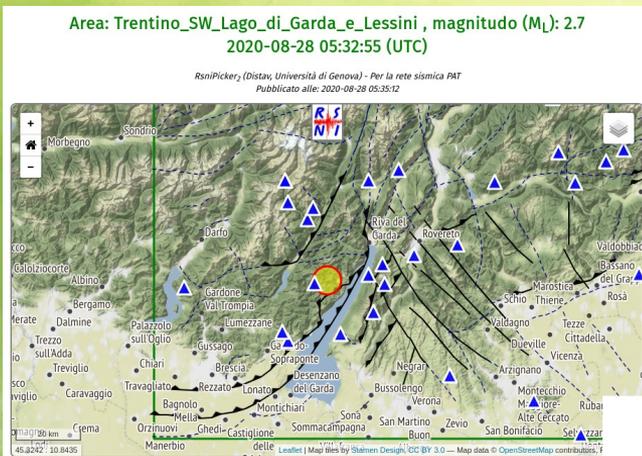

Lista dei Terremoti in tempo reale
Cambia la selezione

SELEZIONE ATTUALE: DA: 2023 Ottobre 1 - A: 2023 Ottobre 31 ; LAT: 44.150 - 47.75 ; LON: 8.42 - 13.68 ; PROF: 0.0 - 200.0 ; MAG: -1.0 - 10.0

LISTA dei 95 eventi selezionati in ordine di Tempo								
Area	Onde	Tempo origine (UTC)	Ipocentro			Mag.	ID-Evento	Note
Trentino_SW_Lago_di_Garda_e_Lessini	+	2023-10-31 18:28:21	Lat: 45.731	Lon: 11.026	Prof: 11.0 (km)	M _L : 0.7	231031182721	
Trentino_NW_e_zone_limitrofe	+	2023-10-31 12:01:10	Lat: 46.345	Lon: 10.674	Prof: 40.5 (km)	M _L : 1.5	231031115921	
Trentino_NE_e_zone_limitrofe	+	2023-10-30 16:01:16	Lat: 46.150	Lon: 11.166	Prof: 8.6 (km)	M _L : 0.9	231030155921	
Esterno_Zona_Modena	+	2023-10-30 05:25:51	Lat: 44.489	Lon: 10.924	Prof: 11.3 (km)	M _L : 3.2	231030052521	
Esterno_Zona_Piacenza	+	2023-10-29 20:34:54	Lat: 44.827	Lon: 9.825	Prof: 22.3 (km)	M _L : 2.0	231029203322	

Monitoraggio e allerta sismica del Trentino

Portale web: dati di un evento sismico di esempio



Sismogrammi (prime 10 stazioni)

INFORMAZIONI SUL TERREMOTO - LOCALIZZAZIONE AUTOMATICA RsnPicker2

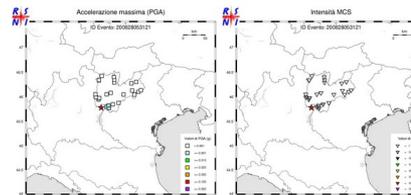
ID - Evento:	200828053121
Magnitudo (M_L):	2.7 +/- 0.3
Tempo origine:	2020-08-28 05:32:55.63 (UTC)
Localizzazione:	Latitudine: 45.782 N, Longitudine: 10.680 E
Area:	Trentino_SW_Lago_di_Garda_e_Lessini
Profondità (km):	8.70
Distanze (km):	4.9 --- Magasa (BS) 5.7 --- Tignale (BS) 6.4 --- Tremosine (BS) 6.9 --- Valvestino (BS) 9.4 --- Limone sul Garda (BS) 10.3 --- Malcesine (VR) 10.4 --- Bondone (TN)

RsnPicker2 - Tabella dei risultati della localizzazione automatica

Stazione	Net	Tempo arrivo P	P pick err	P pick peso	P res	Nil peso	Tempo arrivo S	S pick err	S pick peso	S res	Nil peso	Dist.
MAGA	IV	2020-08-28 05:32:58.169	0.010	0	0.35	0.44	2020-08-28 05:32:59.580	0.132	2	0.00	1.58	9.6
AMAL	ST	2020-08-28 05:32:58.720	0.008	0	0.25	0.76	2020-08-28 05:33:00.727	0.048	0	-0.01	1.87	15.3
ZEN8	IV	2020-08-28 05:32:59.160	0.010	0	-0.11	1.55	2020-08-28 05:33:01.859	0.056	1	-0.23	1.14	18.7
MBAL	IV	2020-08-28 05:32:59.279	0.010	0	-0.01	1.94	2020-08-28 05:33:01.652	0.633	3	-0.50	0.66	18.9
VARA	ST	2020-08-28 05:32:59.619	0.010	0	-0.06	1.82	2020-08-28 05:33:02.729	0.058	1	-0.20	1.28	19.5
DPRA	ST	2020-08-28 05:32:59.375	0.010	0	0.03	1.87	2020-08-28 05:33:02.455	0.088	1	0.20	1.06	19.5
MMUR	ST	2020-08-28 05:33:00.000	0.011	0	0.05	1.80	2020-08-28 05:33:03.770	0.064	1	-0.35	0.82	19.4

RsnPicker2 - Tabella dei risultati del calcolo automatico della magnitudo (M_L)

Stazione	Net	Canali	Mag. Staz.	Amp. Wood-And.	Dist. (km)	Azimuth	Usata
MAGA	IV	HH	3.28	1.89e+2	9.6	260	NO
AMAL	ST	HN	2.81	2.77e+1	15.3	81	NO
ZEN8	IV	HN	2.36	6.82e+0	18.7	166	NO
MBAL	IV	EH	3.08	3.53e+1	18.9	124	NO
VARA	ST	HN	2.98	2.63e+1	19.5	74	NO
VARA	ST	EH	2.98	2.65e+1	19.5	74	NO
DPRA	ST	HN	2.98	2.65e+1	19.5	74	NO
MMUR	ST	HN	2.98	2.65e+1	19.5	74	NO

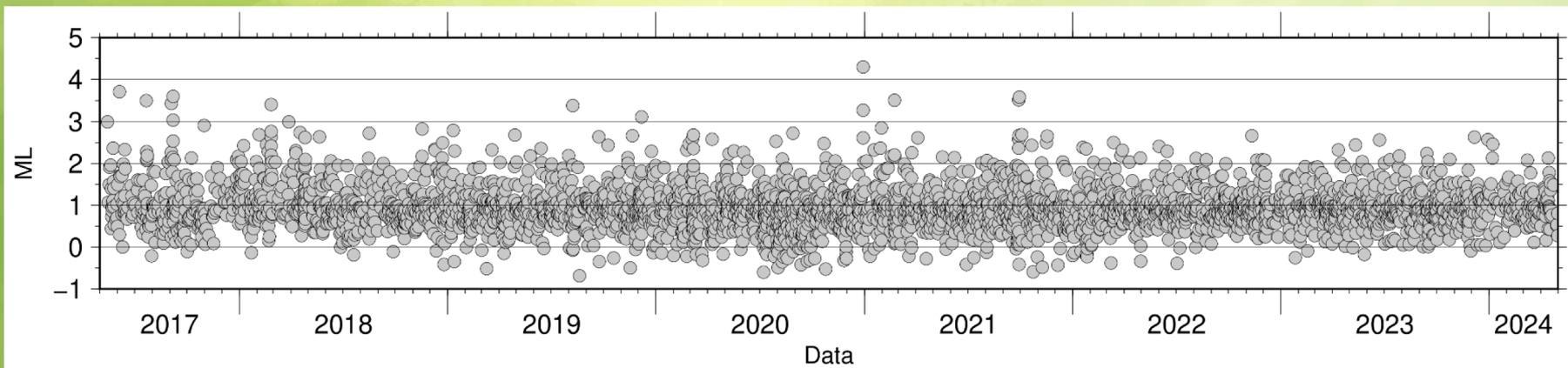


RsnPicker2 - Tabella dei risultati del calcolo automatico dei valori di PGA, PGV, PGD, IH, ampiezze spettrali (SA) e Intensità_{MCS}

Stazione	Net	Canale	PGA (g)	PGV (m/s)	PGD (m)	IH 0* (m)	IH 1* (m)	IH 2* (m)	Sa(T=0.30) (g)	Sa(T=1.00) (g)	Sa(T=3.00) (g)	Dist. (km)	Azim. (°)	I _{MCS}	
MAGA	IV	HHZ	6.2999e-3	1.1988e-3	2.9020e-5	5.8146e-4	1.1013e-3	1.5899e-3	7.9681e-3	2.3205e-3	1.2203e-4	2.2388e-5	9.6	260	3.7
MAGA	IV	HNN	1.177e-2	2.3946e-3	6.9833e-5	9.5356e-4	1.6783e-3	1.6783e-3	2.1011e-2	3.2837e-3	3.2545e-4	4.3186e-5	9.6	260	4.4
MAGA	IV	HHE	1.0209e-2	1.5564e-3	7.5045e-5	1.4055e-4	2.4458e-3	3.2245e-3	1.9130e-2	6.3532e-3	5.3005e-4	7.5658e-5	9.6	260	4.3
AMAL	ST	HNZ	2.7504e-3	2.8003e-4	3.8070e-6	1.6818e-4	3.1424e-4	4.5409e-4	6.6188e-3	3.3293e-4	2.3915e-5	6.1493e-6	15.3	81	2.8
AMAL	ST	HNN	3.9098e-3	6.0448e-4	1.0179e-5	3.0240e-4	6.1041e-4	6.1041e-4	1.0691e-2	5.2538e-4	5.3125e-5	1.3232e-5	15.3	81	3.2
AMAL	ST	HNE	2.6187e-3	3.9129e-4	7.3286e-6	2.2436e-4	4.2655e-4	6.2232e-4	8.0914e-3	5.6717e-4	4.2873e-5	9.6910e-6	15.3	81	2.7

Monitoraggio e alerta sismica del Trentino

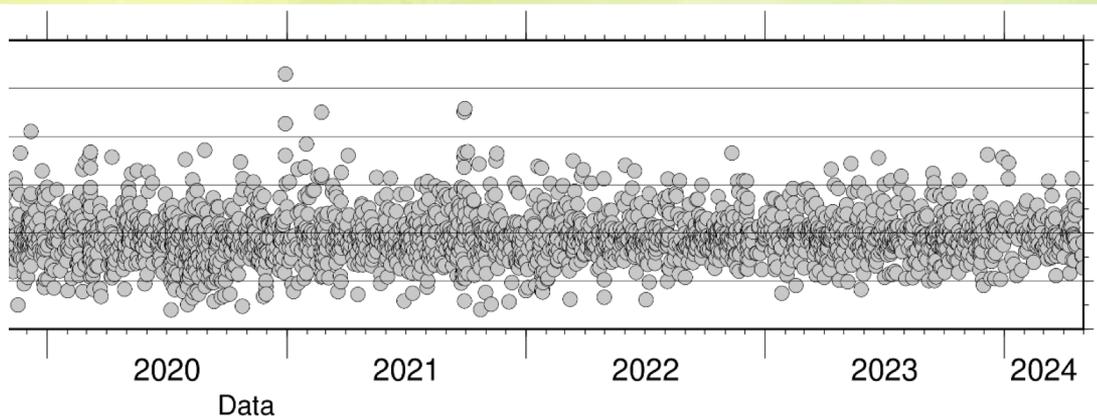
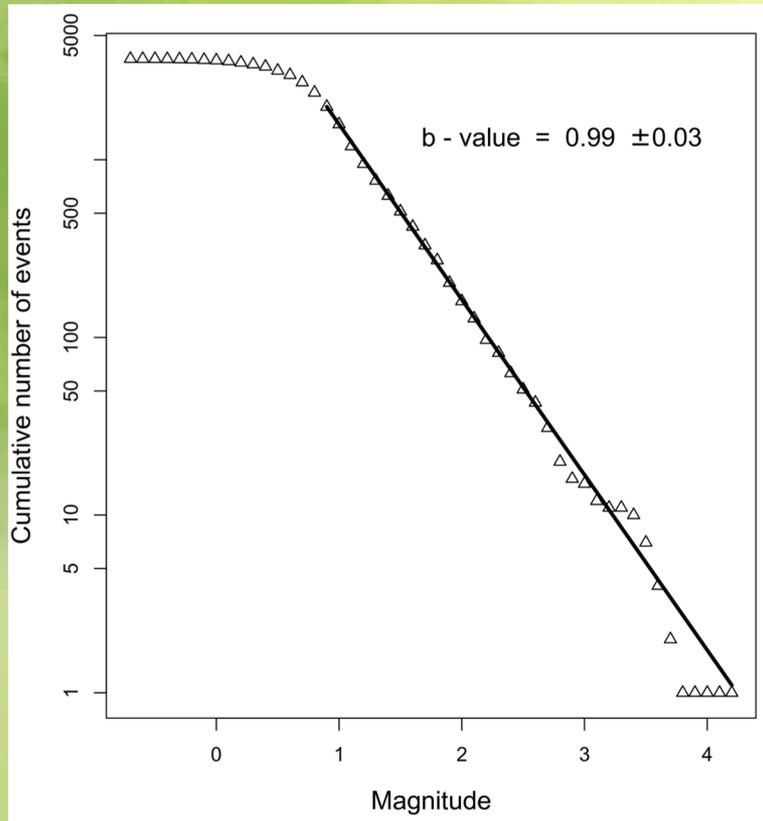
Andamento della magnitudo degli eventi nel tempo (3696 eventi in area trentina)



- Soglia di detezone inferiore a ML 0

Monitoraggio e alerta sismica del Trentino

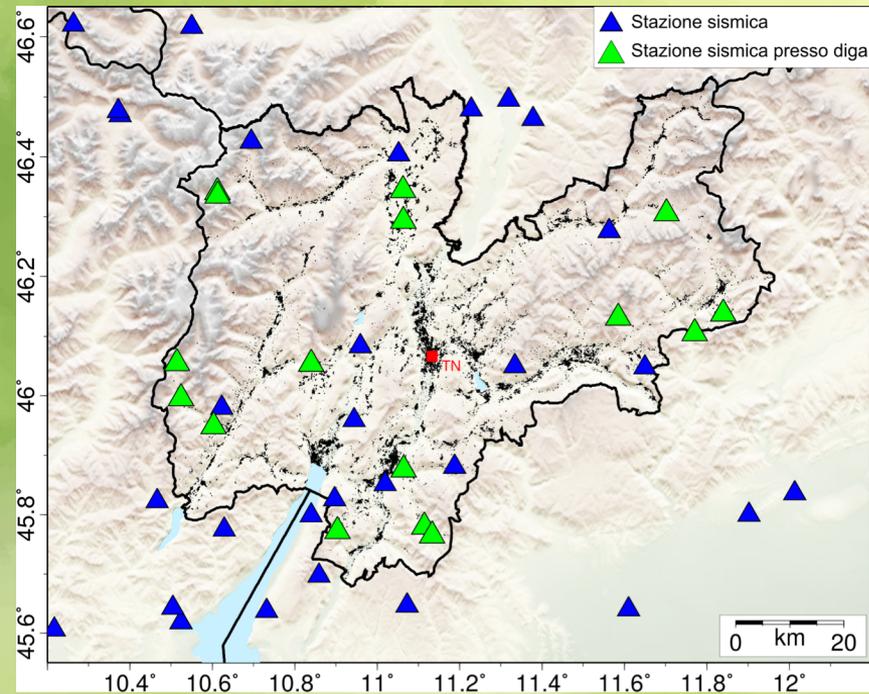
Andamento della magnitudo degli eventi nel tempo (3696 eventi in area trentina)



- Soglia di detezone inferiore a ML 0
- Soglia di completezza circa ML 1.0

Evoluzione del sistema di monitoraggio sismico del Trentino

Personalizzazione delle analisi automatiche per le allerte ai gestori delle grandi dighe



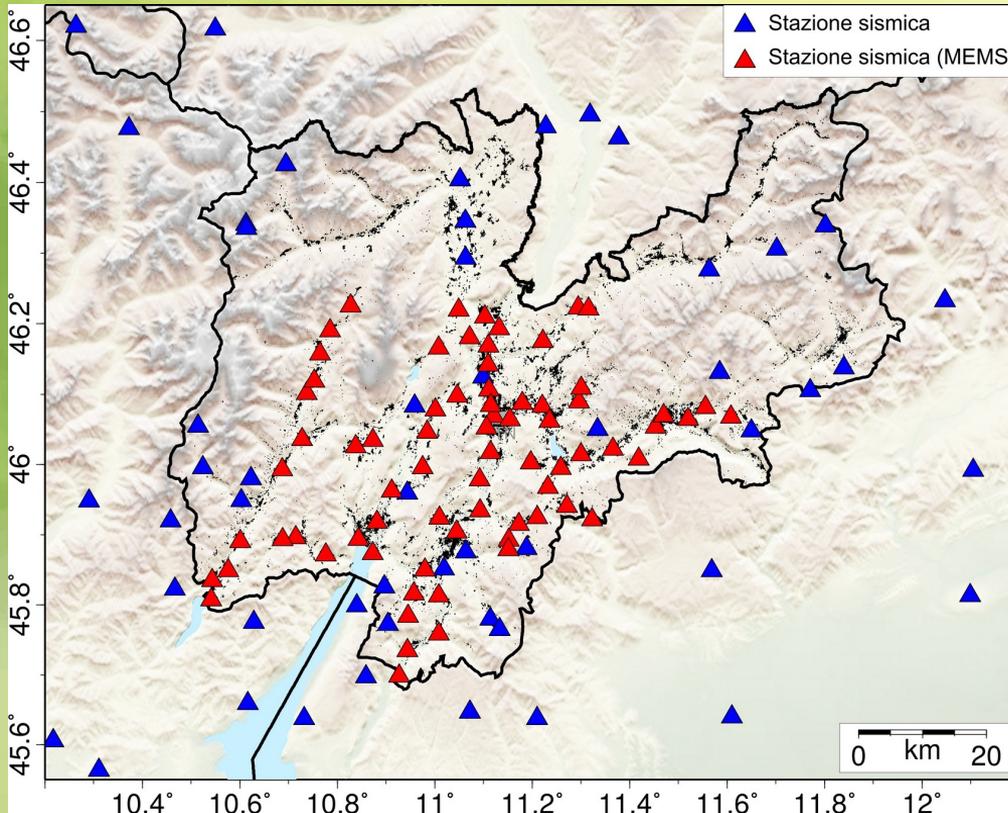
--- AVVISO di Terremoto ---
 Tempo origine: 2021-10-21 09:24:26 (ora UTC/GMT)
 Regione: Trentino_SW_Lago_di_Garda_e_Lessini
 Comune più vicino: Agnosine_(BS)
 Latitudine: 45.656 (°N) - Longitudine: 10.355 (°E) - Profondità: 3.3 (km)
 Magnitudo: 2.4 (ML)
 --- Dati di PGA misurati alle stazioni presso le dighe ---

Stazione: DMUR - Distanza ipocentrale: 38 (km) - PGA (max orizzontale): 0.00005 (g) - PGA (verticale): 0.00004 (g)
Stazione: DBOA - Distanza ipocentrale: 40 (km) - PGA (max orizzontale): 0.00011 (g) - PGA (verticale): 0.00006 (g)
Stazione: ... - Distanza ipocentrale: ... (km) - PGA (max orizzontale): ... (g) - PGA (verticale): 0.00003 (g)
Stazione: ... - Distanza ipocentrale: ... (km) - PGA (max orizzontale): ... (g) - PGA (verticale): 0.00002 (g)

Esempio di segnalazione automatica per gestori dighe

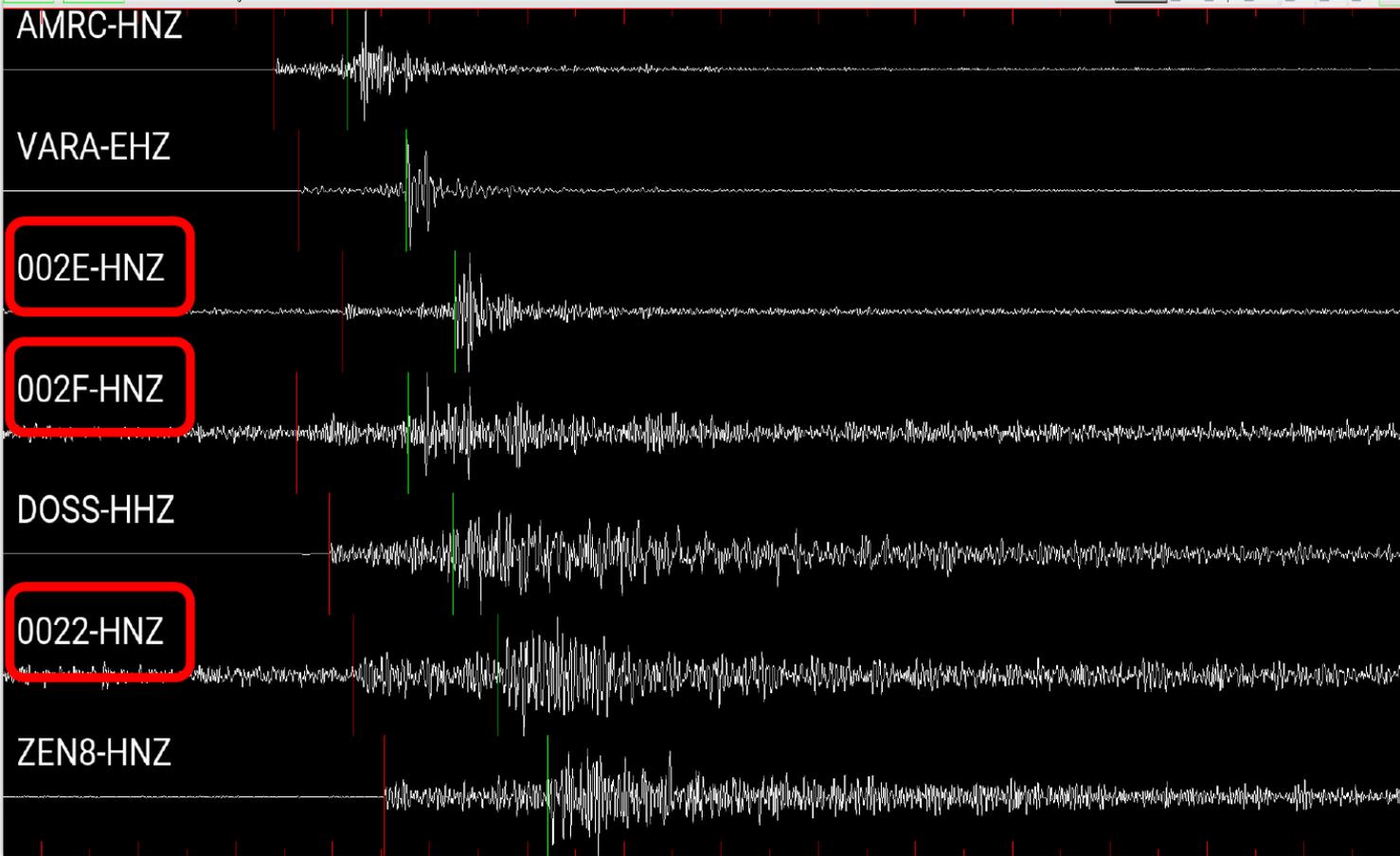
Il monitoraggio accelerometrico presso le grandi dighe prevede quanto già predisposto dalla Circolare MIT-Direzione generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche (8 nov. 2017 n. 25157 “Controlli straordinari a seguito di eventi sismici”).

Creazione di mappe di scuotimento sismico



- Integrazione nel sistema di monitoraggio di una densa rete di accelerometri a basso costo (72 MEMS) installati in Trentino
- Analisi integrata di tutti i dati disponibili
- Possibilità di creare mappe di scuotimento utilizzando solo dati reali di accelerazione registrata al suolo
- Analisi personalizzata utilizzando:
 - Shapefile di Comuni e Località con l'indicazione della popolazione residente (come da rilevazione Istat 2021)
 - Shapefile degli "Edifici Strategici"
 - Shapefile degli "Edifici Rilevanti"

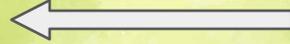
Creazione di mappe di scuotimento sismico



Tracce sismiche registrate da alcuni MEMS (evidenziati in rosso) per un evento di magnitudo locale 2.7 in cui sono stati identificati bene gli arrivi delle onde P (linee rosse) e delle onde S (linee verdi) dal sistema automatico, nonostante il maggiore “noise” dei MEMS.

Creazione di mappe di scuotimento sismico

PDF facilmente consultabile su varie piattaforme, entro 10 minuti dall'evento



Evento simulato: “terremoto della media valle dell’Adige” (1046 AD, con un’intensità epicentrale stimata di grado IX MCS, ha causato grossi danneggiamenti e catastrofici eventi ad esso connessi).



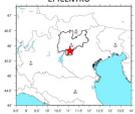
Evento reale: avvenuto in Trentino SW il 2023/07/11 di magnitudo locale 2.1


 Provincia autonoma di Trento Protezione Civile


 Università di Genova Distav - Laboratorio di Sismologia


 CASP - Complete Automatic Seismic Processor

EPICENTRO



MAGNITUDO (M_L): 5.8
 Area: Trentino_SW_Lago_di_Garda_e_Lessini
 Tempo origine: 2022/01/01 00:00:00 (GTM +0)
 Epicentro: 45.834 (°N); 11.066 (°E)
 Profondità: 9.0 (km)

Esposizione allo scuotimento sismico

Intensità (I _{max})	≤ III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	≥ XI	
Scuotimento percepito:	Molto lieve	Lieve	Moderato	Piuttosto forte	Forte	Molto forte	Violento	Molto violento	Estremo	
N° abitanti residenti ⁽¹⁾ :	-	10.4K	90.2K	168.1K	183K	60.9K	0	0	0	Totale: 512.8K
N° edifici strategici ⁽²⁾ :	-	27	264	492	162	120	0	0	0	Totale: 1.065
N° edifici rilevanti ⁽³⁾ :	-	37	319	850	376	142	0	0	0	Totale: 1.724

⁽¹⁾Densità da censimento ISTAT 2017. ⁽²⁾Densità da censimento PAI 2022. Le stime in tabella vengono calcolate solo per I_{max} ≥ V. Intensità inferiori vengono comunque riportate in mappa.


 Provincia autonoma di Trento Protezione Civile


 Università di Genova Distav - Laboratorio di Sismologia


 CASP - Complete Automatic Seismic Processor

EPICENTRO

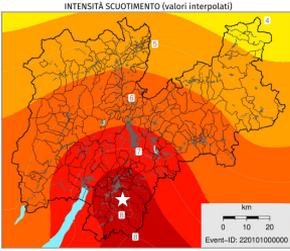


MAGNITUDO (M_L): 2.1
 Area: Trentino_SW_Lago_di_Garda_e_Lessini
 Tempo origine: 2023/07/11 14:20:00 (GTM +0)
 Epicentro: 46.027 (°N); 10.738 (°E)
 Profondità: 4.8 (km)

Esposizione allo scuotimento sismico

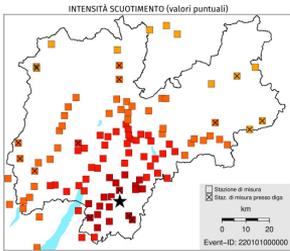
Intensità (I _{max})	≤ III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	≥ XI	
Scuotimento percepito:	Molto lieve	Lieve	Moderato	Piuttosto forte	Forte	Molto forte	Violento	Molto violento	Estremo	
N° abitanti residenti ⁽¹⁾ :	-	1.8K	683	3.7K	0	0	0	0	0	Totale: 6.3K
N° edifici strategici ⁽²⁾ :	-	12	1	13	0	0	0	0	0	Totale: 26
N° edifici rilevanti ⁽³⁾ :	-	7	0	21	0	0	0	0	0	Totale: 28

⁽¹⁾Densità da censimento ISTAT 2017. ⁽²⁾Densità da censimento PAI 2022. Le stime in tabella vengono calcolate solo per I_{max} ≥ V. Intensità inferiori vengono comunque riportate in mappa.



COMUNI PIÙ ESPOSTI (primi 20)

Intensità	Comune	Popolazione
VIII (8.2)	ALA	8.792
VIII (8.2)	ROVERETO	39.954
VIII (8.2)	TRAMBLENO	1.448
VIII (8.2)	VALLERGA	1.384
VIII (8.1)	BRENTONICO	4.021
VIII (8.1)	MORI	9.974
VIII (8.0)	ISERA	2.754
VIII (8.0)	TERRANOLO	696
VIII (7.9)	NOGAREDO	2.075
VIII (7.9)	VOLANO	3.020
VIII (7.8)	VILLA LAGARINA	3.825
VIII (7.8)	AVIO	4.072
VIII (7.8)	CALLIANO	1.996
VIII (7.8)	FOLGARIA	3.150
VIII (7.8)	NOVI	1.312
VIII (7.8)	PONAROLO	2.418
VIII (7.8)	RONZO-CHIENIS	987
VIII (7.7)	BESENELLO	2.746
VIII (7.6)	ARCO	17.798
VIII (7.6)	NAGO-TORBOLE	2.847



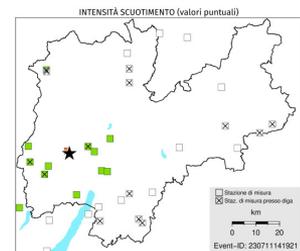
DIGHE (esposizione decrescente)

Intensità	Acce./Ina (d)	Comune
VIII (8.2)	0.3360	San Colombano
VIII (8.1)	0.3010	Busa
VIII (7.8)	0.2470	Spezcheri
VIII (7.5)	0.1780	Pra da Stua
VII (6.6)	0.0850	Pian Paù
VI (6.2)	0.0580	Murandin
VI (5.9)	0.0450	Malga Boazzo
VI (5.8)	0.0390	Malga Bissina
VI (5.7)	0.0380	Mollaro
VI (5.7)	0.0350	Costabrunella
VI (5.5)	0.0310	Santa Giustina
VI (5.3)	0.0260	Val Schener
VI (5.1)	0.0220	Pian Paù
VI (5.1)	0.0210	Malga Giumenta
VI (5.0)	0.0200	Val Noana
VI (4.9)	0.0180	Forte Buso



COMUNI PIÙ ESPOSTI (primi 20)

Intensità	Comune	Popolazione
VI (6.0)	TIONE DI TRENTO	3.665
V (5.2)	BORGO LARES	707
V (5.1)	TRE VILLE	1.404
IV (4.4)	SELLA GIUDICARE	2.894
IV (4.2)	PORTE DI RENDENA	1.752
IV (3.5)	BLEGGIO SUPERIORE	1.516
III (3.3)	PELUGO	390
III (3.2)	SPAZZO	1.244
III (3.0)	LEGNÒ	5.248
III (2.9)	FIAVÈ	1.955
III (2.8)	PIEVE DI BONO-PREZZO	1.430
III (2.8)	TENNO	1.992
III (2.6)	VALLADONE	1.141
III (2.5)	COMANO TERME	2.895
III (2.5)	BOCENAGO	396
III (2.5)	STREMBÒ	609
< III (2.4)	RIVA DEL GARDA	17.646
< III (2.4)	STENICO	1.178
< III (2.3)	CADERZONE TERME	681
< III (2.2)	DRO	5.057

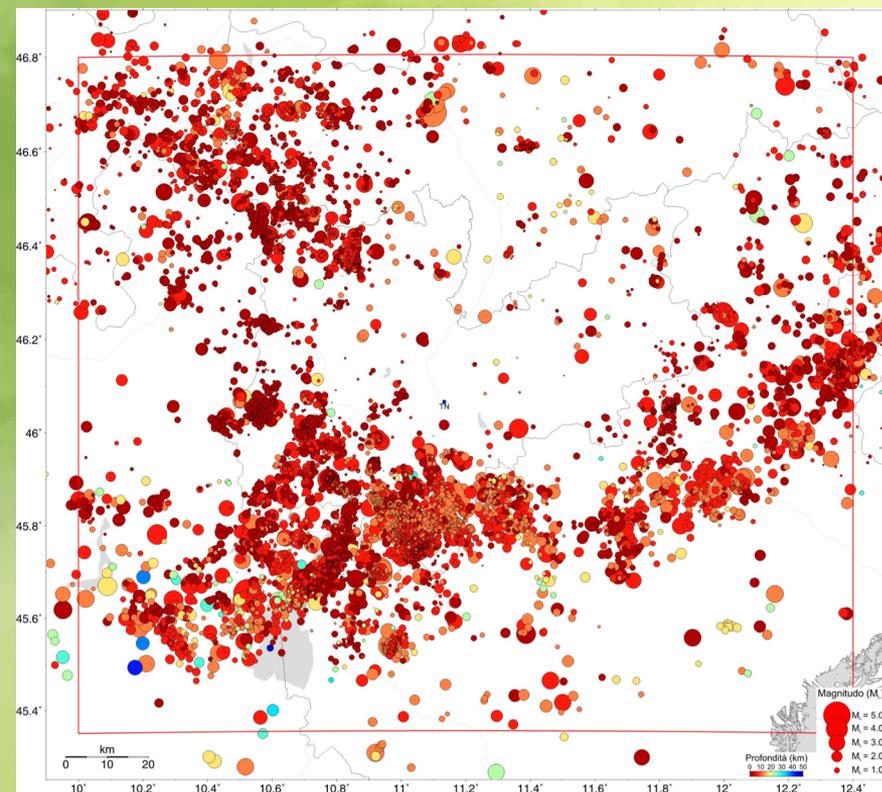


DIGHE (esposizione decrescente)

Intensità	Acce./Ina (d)	Comune
< III (1.6)	0.0000	Malga Boazzo
< III (1.3)	0.0007	Ponte Pià
< III (1.2)	0.0006	Murandin
< III (0.0)	0.0002	Malga Giumenta
< III (0.0)	0.0001	Pian Paù
< III (0.0)	0.0001	Mollaro
< III (0.0)	0.0000	Santa Giustina
< III (0.0)	0.0000	San Colombano
< III (0.0)	0.0000	Busa
< III (0.0)	0.0000	Pra da Stua
< III (0.0)	0.0000	Costabrunella
< III (0.0)	0.0000	Val Noana
< III (0.0)	0.0000	Spezcheri
< III (0.0)	0.0000	Val Buso

Analisi dei cataloghi sismici strumentali

Completa revisione manuale del catalogo sismico trentino (1981 - 2020)

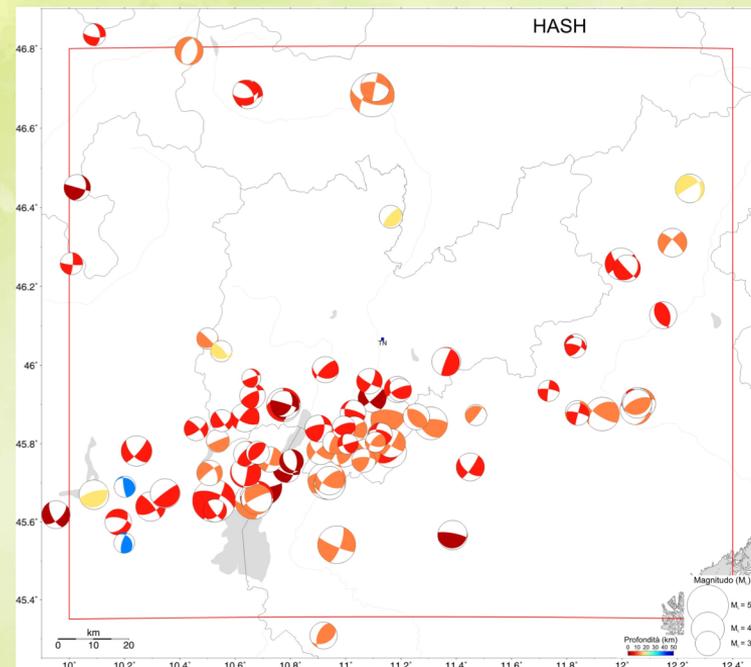
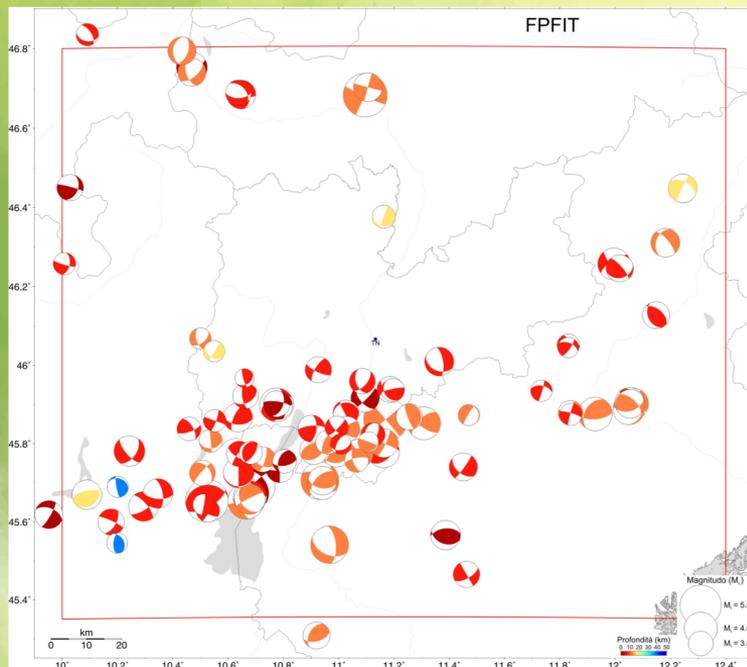


Periodo	Dataset primario	Integrazione dati
1981 - 1990	Tempi di arrivo fasi sismiche dei bollettini annuali rivisti manualmente dall'OGS	Tempi di arrivo fasi sismiche del catalogo (con revisione manuale) INGV-CSI 1.1
1991 - 1993	Tempi di arrivo fasi sismiche rivisti manualmente dalla PAT (L. Froner)	Tempi di arrivo fasi sismiche del catalogo (con revisione manuale) INGV-CSI 1.1
1994 - 2007	Tempi di arrivo fasi sismiche già integrati con varie reti sismiche e rivisti manualmente dalla PAT (A. Viganò)	Non necessaria
2008 - 2017	Tempi di arrivo fasi sismiche dei bollettini annuali rivisti manualmente dall'OGS	Non necessaria
2018 - 2020	Elaborazione automatica con il software "CASP" utilizzando tutti i dati a disposizione per ogni evento + revisione manuale DISTAV	Scaricate tutte le tracce disponibili, per ogni evento, nel database EIDA, oltre alle stazioni accelerometriche della rete Trentina, a disposizione negli archivi PAT-DISTAV

- Creazione di un **dataset di terremoti strumentali** il più **omogeneo** possibile per l'area trentina da quando sono iniziate le prime registrazioni della rete sismica PAT (1981)
- Base dati solida necessaria su cui costruire tutte le analisi sismologiche descritte di seguito
- Revisione manuale fatta con NonLinLoc con l'accurato modello di velocità sismiche del Trentino (Viganò et al., 2013)

Analisi dei cataloghi sismici strumentali

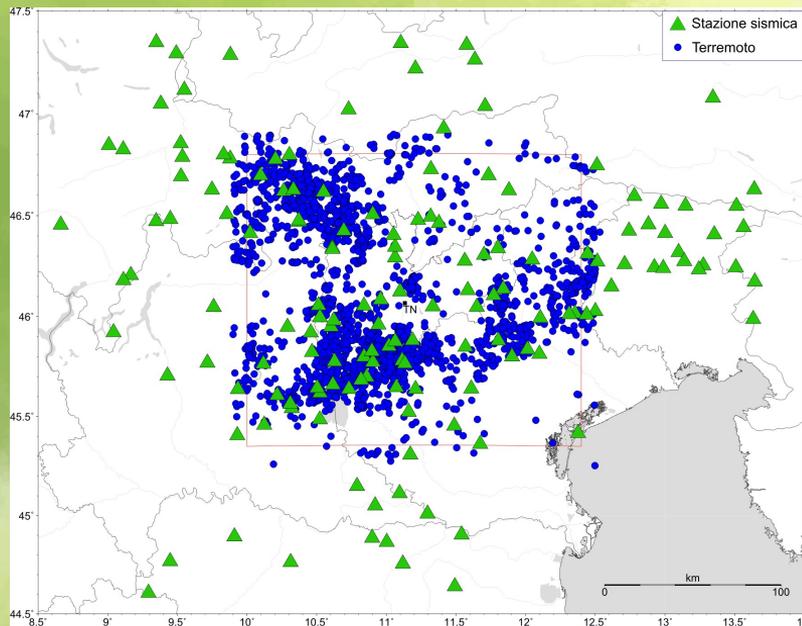
Revisione manuale dei meccanismi focali per gli eventi del Trentino (1981 - 2020)



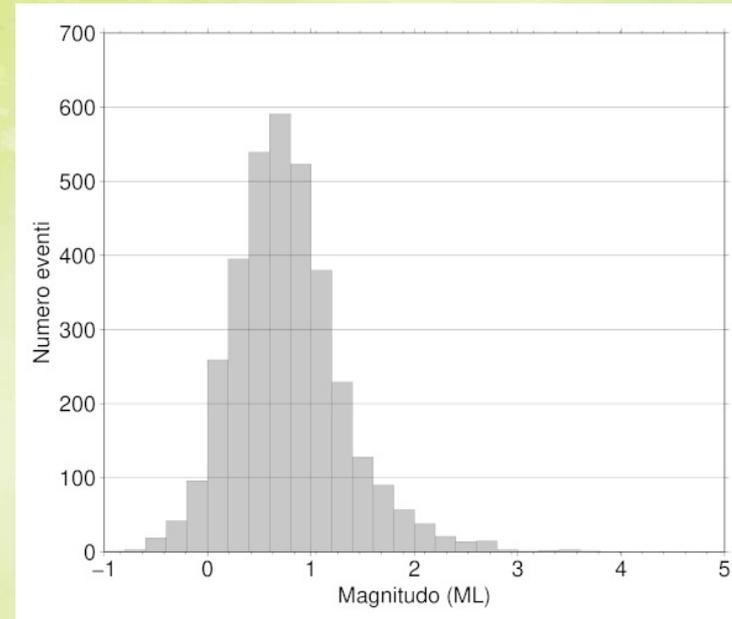
- Revisione manuale effettuata sia con “Fpfit” (software collaudato) che con “Hash”, anche per testare l’affidabilità di quest’ultimo per un suo futuro utilizzo
- Buon accordo trovato tra i due, anche se in alcuni rari casi “Hash” è troppo selettivo nella qualità dei dati di input e non converge bene verso una soluzione

Analisi dei cataloghi sismici strumentali

Studio di una relazione ad hoc per la stima della magnitudo locale (ML), in base alle specifiche caratteristiche della rete di stazioni utilizzate e della sismicità dell'area



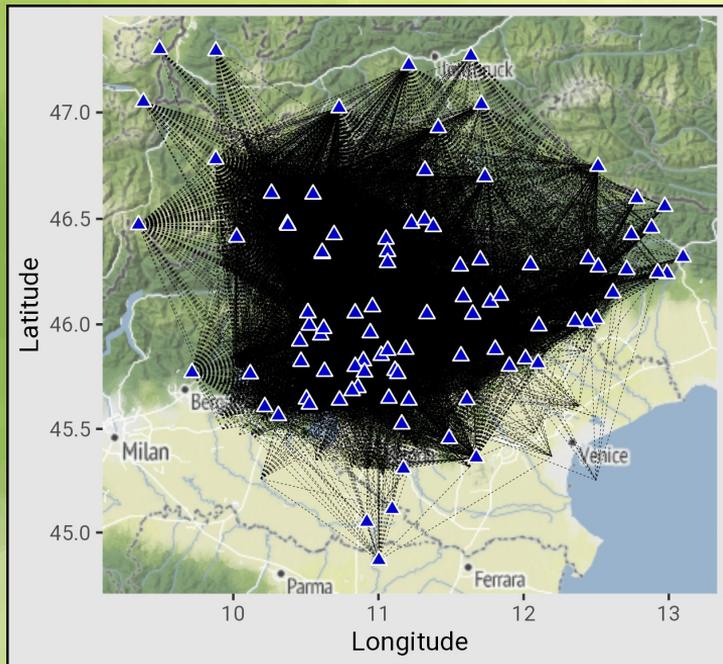
Distribuzione degli eventi e delle stazioni del dataset



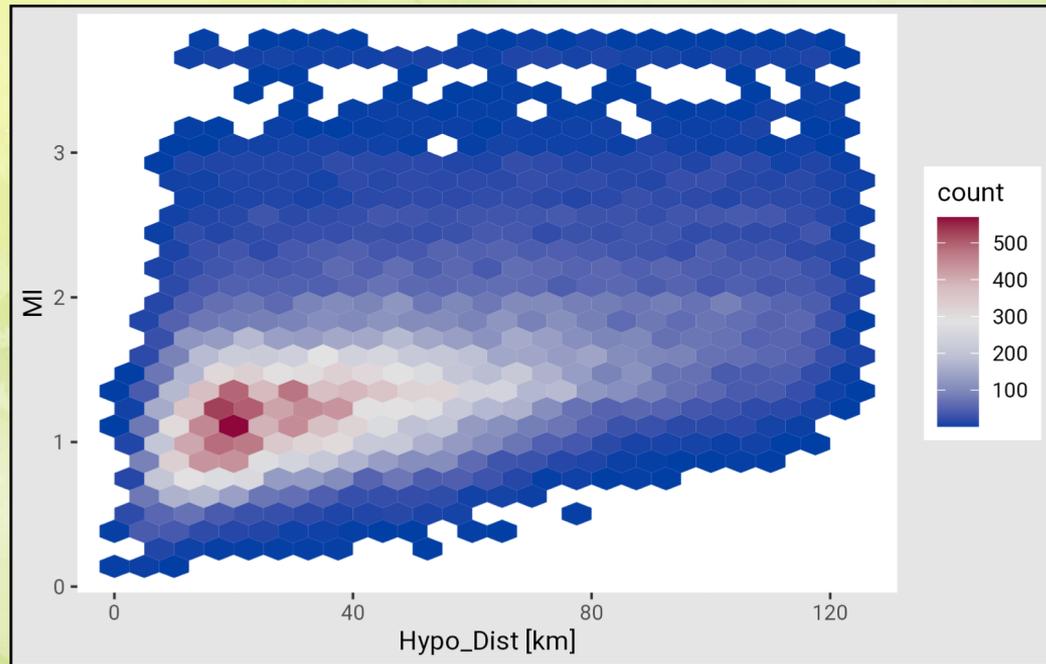
Distribuzione della magnitudo degli eventi

- Dataset di forme d'onda derivante sia dalla revisione manuale (2018-2020) che dal monitoraggio sismico (2021-2023)

Calibrazione di una nuova legge di magnitudo locale

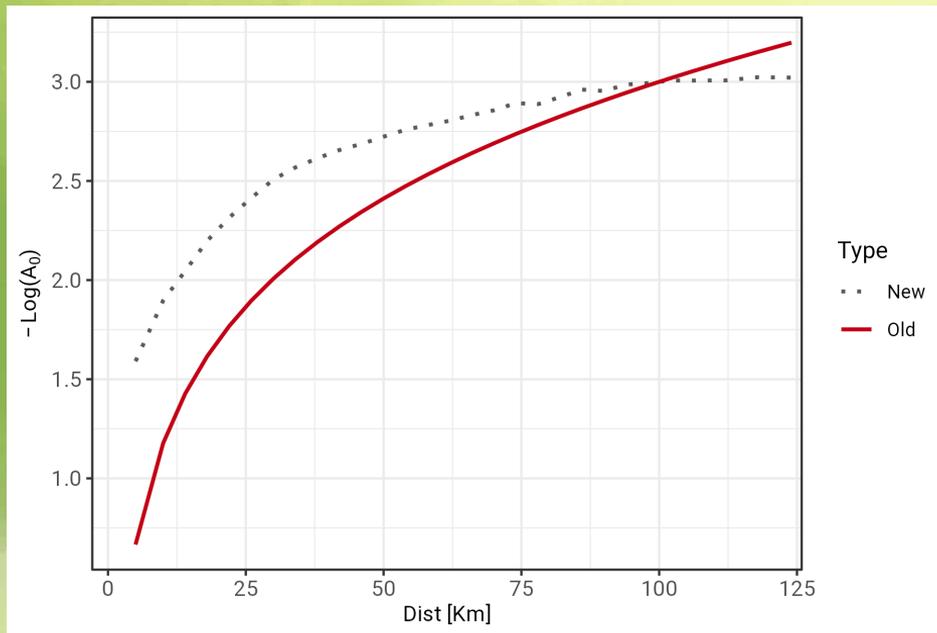


Raggi campionati congiungenti ipocentri – stazioni sismiche (triangoli blu) utilizzati nella calibrazione della nuova legge di ML.



Distribuzione delle magnitudo (ML) in base alle distanze ipocentrali per il dataset delle ampiezze Wood-Anderson.

Calibrazione di una nuova legge di magnitudo locale

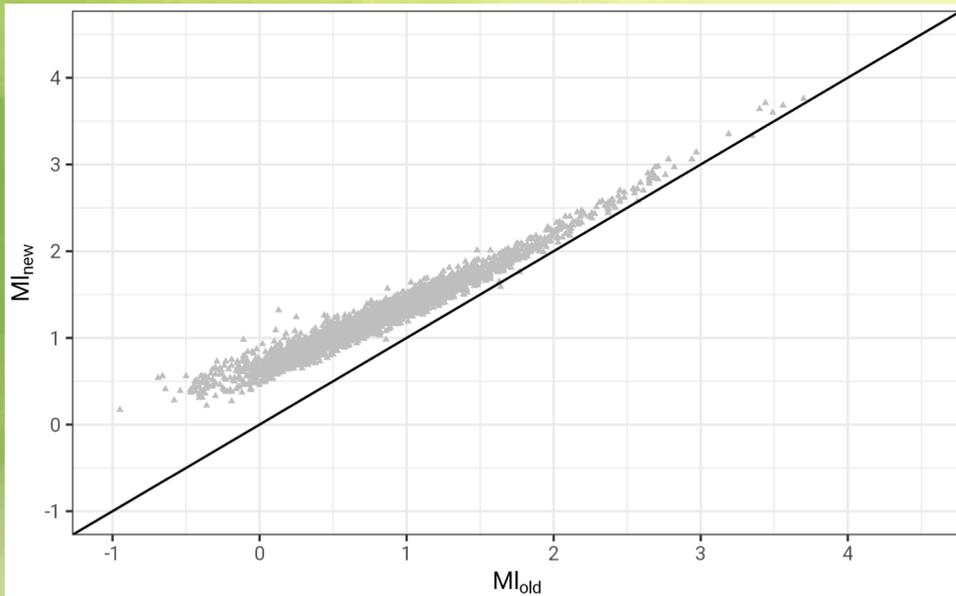


Andamento della legge di calibrazione non parametrica risultante dall'inversione (curva tratteggiata scura), rispetto all'attuale legge parametrica utilizzata (curva in rosso).

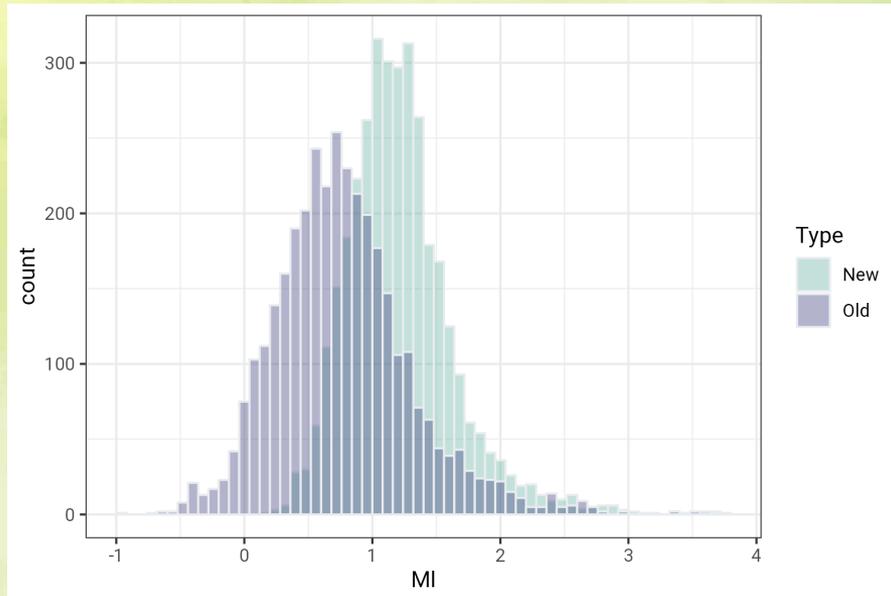
Distanza (km)	Attenuazione (-Log(A ₀))	Model_Ref
0.1	-1,306	2,174
5.0	-1,591	-0,666
10.0	-1,896	-1,177
14.0	-2,046	-1,427
18.0	-2,198	-1,616
22.0	-2,315	-1,768
26.0	-2,414	-1,896
30.0	-2,507	-2,007
34.0	-2,568	-2,104
38.0	-2,614	-2,192
42.0	-2,656	-2,271
46.0	-2,687	-2,344
50.0	-2,723	-2,411
54.0	-2,759	-2,474
58.0	-2,782	-2,533
62.0	-2,804	-2,588
66.0	-2,832	-2,640
70.0	-2,856	-2,690
74.0	-2,893	-2,737
78.0	-2,887	-2,782
82.0	-2,923	-2,825
86.0	-2,961	-2,867
90.0	-2,954	-2,906
94.0	-2,986	-2,945
98.0	-2,994	-2,982
102.0	-3,006	-3,018
106.0	-3,006	-3,053
112.0	-3,007	-3,103
118.0	-3,023	-3,151
124.0	-3,021	-3,197

Valori delle curve di attenuazione (-Log(A₀)) con la distanza.

Calibrazione di una nuova legge di magnitudo locale

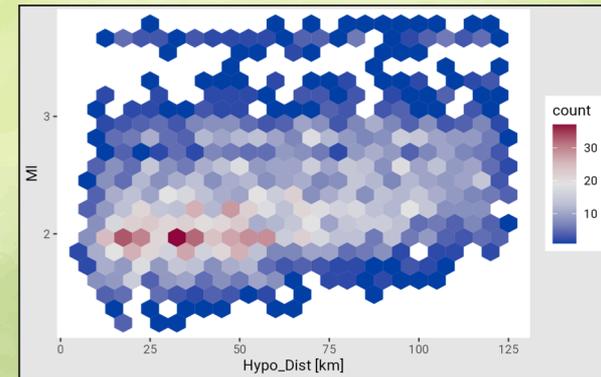
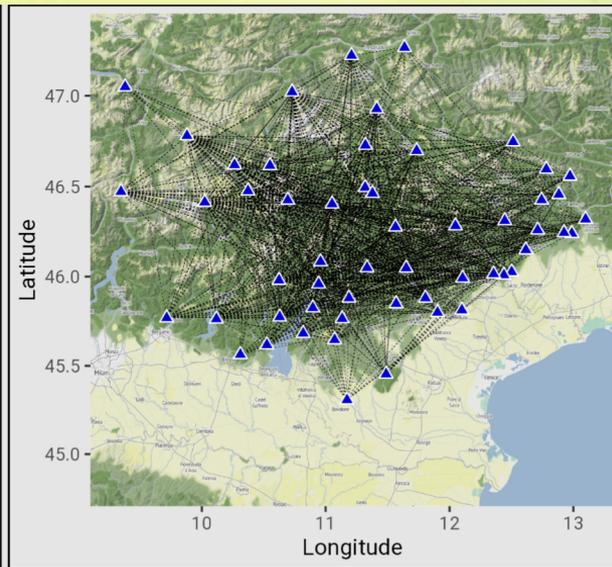
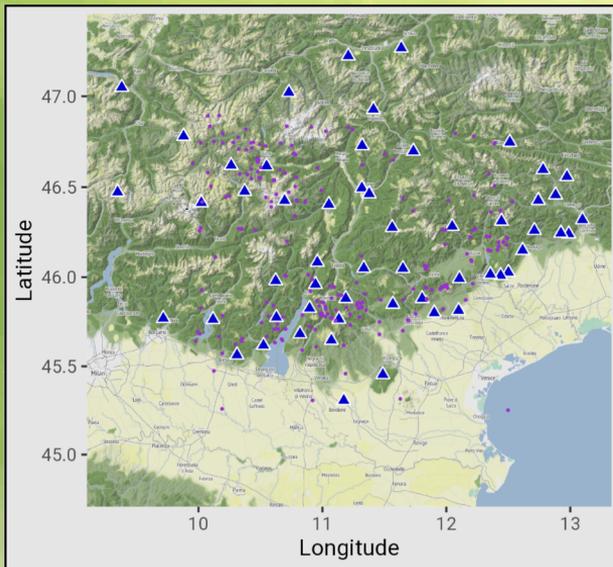


Correlazione tra magnitudo calcolate con il metodo attualmente in uso (M_L old) e con la nuova legge di magnitudo (M_L new)



Distribuzione delle magnitudo calcolate con il metodo attuale (viola) e con la nuova legge di magnitudo (verde)

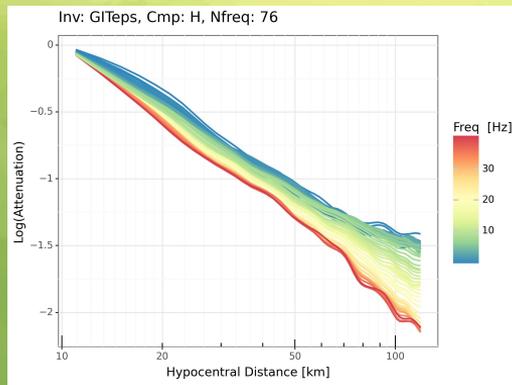
Stima del momento sismico (M_0) e dell'energia radiata (E_R)



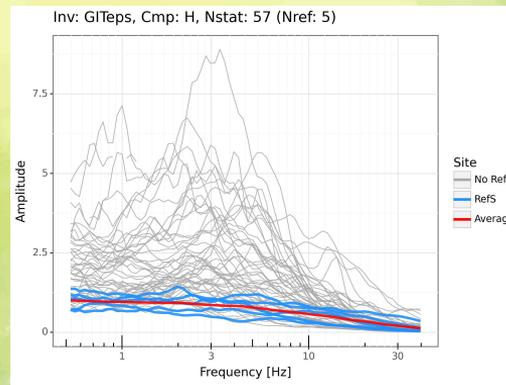
Distribuzione delle magnitudo degli eventi del dataset in base alle distanze epicentrali.

Distribuzione di eventi (pallini viola) e stazioni (triangoli blu) utilizzati come dataset di riferimento e relativa copertura dei raggi sismici entro l'area di studio (destra).

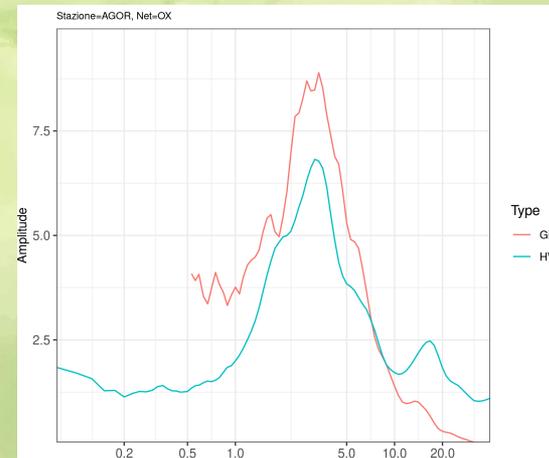
Stima del momento sismico (M_0) e dell'energia radiata (E_R)



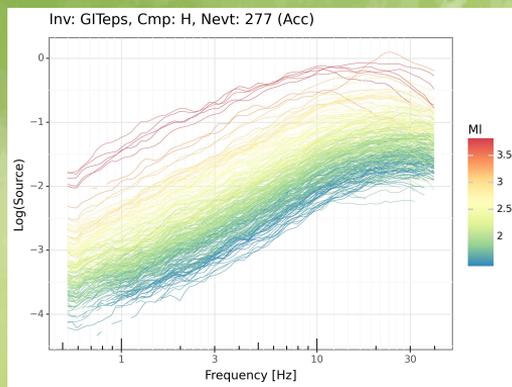
Attenuazione totale in funzione della frequenza, come risultante dal GIT



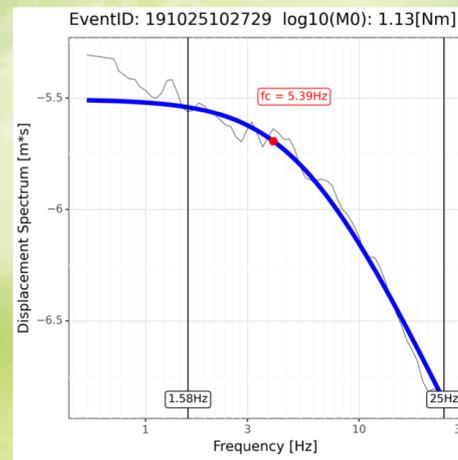
Andamento del termine di sito, come risultante dal GIT



Confronto tra il termine di sito risultante dal GIT con l'effetto di sito calcolato tramite H/V per la stazione AGOR

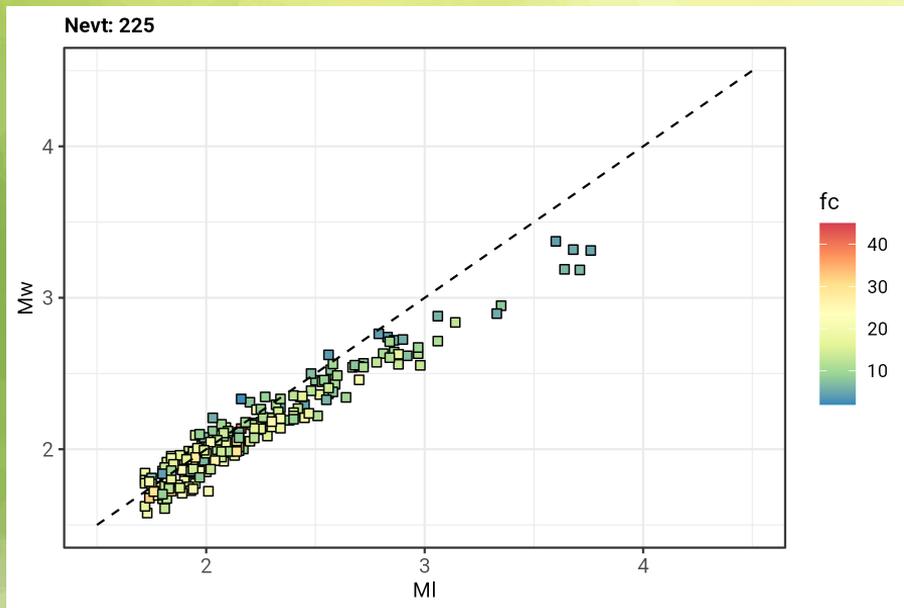


Andamento del termine di sorgente, come risultante dal GIT

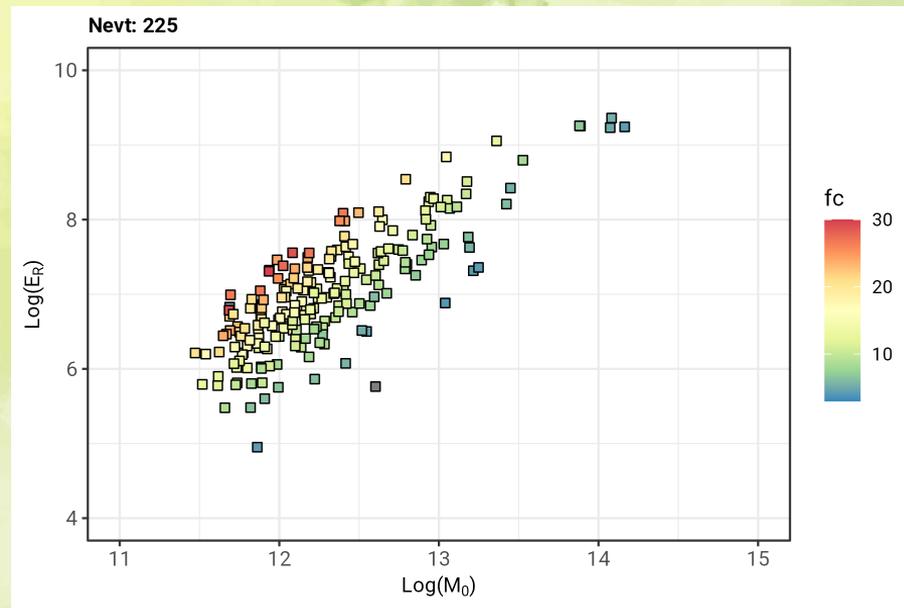


Esempio del risultato del modelling della sorgente per un evento di ML 3.62

Stima del momento sismico (M_0) e dell'energia radiata (E_R)



Confronto tra M_I ed M_w , in funzione della f_c (scala cromatica)



Confronto tra $\text{Log}(M_0)$ e $\text{Log}(E_R)$, in funzione della f_c

Applicazioni:

- Monitoraggio (variazioni spazio temporali) dello stato di “stress” in aree sismogenetiche

Grazie dell'attenzione !

Prof. Daniele Spallarossa

Ph.D. Davide Scafidi

Prof. Gabriele Ferretti

Prof. Simone Barani

Contatti: www.distav.unige.it/rsni/staff.php