



A.A. 2021-2022

Corso di Laurea Magistrale in GEOSCIENZE

**Microzonazione (1 CFU)
- MICROZ -**

UD-2: faglie attive e capaci

Docente: Emanuele Forte

Tel. 040/5582271-2274

e-mail: eforte@units.it

Definizioni:

Faglie **ATTIVE** e Faglie **CAPACI**

FAGLIA ATTIVA: *faglia che presenta evidenze di scorrimento (...) avvenuto nel corso degli ultimi 40.000 anni, per cui si presume che lo scorrimento possa ancora verificarsi.*

FAGLIA CAPACE: *faglia attiva ritenuta in grado di produrre fagliazione in superficie.*

(Glossario Indirizzi a criteri per la micro zonazione sismica DPCM a cura di Bramerini et al., settembre 2008)

Oppure:

*Per FAGLIA **ATTIVA** si intende una faglia che si è rotta almeno una volta negli ultimi 40.000 anni (limite inferiore certo delle radiazioni radiometriche). Una FAGLIA **ATTIVA** è detta **CAPACE** se raggiunge la superficie producendo una frattura del terreno.*

L'andamento di questa rottura in superficie è la traccia superficiale della faglia. (Glossario Indirizzi a criteri per la micro zonazione sismica DPCM a cura di Bramerini et al., settembre 2008)

Oppure:

*Le FAGLIE **CAPACI** sono faglie “che potenzialmente possono creare deformazione tettonica permanente in superficie” (Progetto ITHACA, ISPRA)*

Oppure:

*FAGLIA **ATTIVA** e **CAPACE** di rompere la superficie topografica (**FAC**): è considerata attiva una faglia che si è attivata almeno una volta negli ultimi 40.000 ed è considerata capace una faglia attiva che raggiunge la superficie topografica, producendo una frattura/dislocazione del terreno.*

(Microzonazione Sismica, linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da FAC, versione 1.0 Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome – Dipartimento della protezione civile, Roma, 2015.)

Definizioni:

Faglie **ATTIVE** e Faglie **CAPACI**

A livello internazionale vengono spesso utilizzare linee guida nate per la caratterizzazione sismica di siti destinati ad ospitare impianti industriali ad alto rischio (es. centrali nucleari).

- IAEA SSG-9 (*Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations. Specific Safety Guide. IAEA Safety Standards. Series SSG-9, 2010*) (https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1448_web.pdf).
- IAEA TECDOC 1767 (*The Contribution of Palaeoseismology to Seismic Hazard Assessment in Site Evaluation for Nuclear Installations, IAEA TECDOC 1767, 2015*) (https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TE-1767_web.pdf).

*Nel secondo documento (glossario pagg. 157-167 sono riportate le seguenti DEFINIZIONI di FAGLIA **ATTIVA** e **CAPACE**:*

Active fault. *A tectonic structure that moved in the recent geologic past and that is expected to move within a future time span of concern for the safety of a nuclear installation. In highly active (e.g. interplate) areas with short earthquake recurrence intervals, periods of the order of tens of thousands of years (e.g. Upper Pleistocene to present) may be appropriate for defining a fault as active. In less active areas (e.g. intraplate) much longer periods (e.g. Pliocene–Quaternary to present) may be appropriate. In the conservative perspective of NPP siting, any fault within the Earth’s crust might need to be reassessed for potential re-activation. In fact, it is impossible to exclude that an earthquake of low magnitude may occur along any fault (Modified from IAEA SSG-9, 8.4).*

Capable fault. *An active fault that has a significant potential for displacement at or near the ground surface (IAEA SSG-9)*

Definizioni:

Faglie **ATTIVE** e Faglie **CAPACI**

*Inoltre in IAEA SSG-9 una faglia è definita **CAPACE** se valgono le seguenti condizioni:*

- 1. If it shows evidence of past movement or movements (such as significant deformations and/or dislocations) of a recurring nature within such a period that it is reasonable to conclude that further movements at or near the surface may occur. In highly active areas, where both earthquake data and geological data consistently reveal short earthquake recurrence intervals, periods of the order of tens of thousands of years (e.g. Upper Pleistocene–Holocene, i.e. the present) may be appropriate for the assessment of capable faults. In less active areas, it is likely that much longer periods (e.g. Pliocene–Quaternary, i.e. the present) are appropriate.*
- 2. If a structural relationship with a known capable fault has been demonstrated such that movement of the one fault may cause movement of the other at or near the surface.*
- 3. If the maximum potential magnitude associated with a seismogenic structure ... is sufficiently large and at such a depth that it is reasonable to conclude that, in the current tectonic setting of the plant, movement at or near the surface may occur.*

Definizioni:

Faglie **ATTIVE** e Faglie **CAPACI**

Per cui ITHACA (Catalogo delle FAGLIE CAPACI – ISPRA,

<https://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/cartella-progetti-in-corso/suolo-e-territorio-1/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci/default>

*adotta la seguente definizione di FAGLIA **CAPACE**, che tiene conto delle definizioni riportate sopra e del contesto geodinamico italiano.*

- *Una faglia è definita capace quando ritenuta in grado di produrre, entro un intervallo di tempo di interesse per la società, una deformazione/dislocazione della superficie del terreno, e/o in prossimità di essa.*
- *La deformazione attesa può essere sia una dislocazione ben definita lungo un piano di rottura (fault displacement/offset) che una deformazione distribuita (warping).*
- *La riattivazione attesa viene definita in funzione del regime tettonico in atto, rispetto al quale deve essere compatibile. Elementi secondari possono però mostrare rotture “anomale”, ad esempio movimenti compressivi in un ambiente distensivo, a causa di geometrie locali delle strutture riattivate.*

Le faglie capaci, come definite sopra, possono determinare un significativo pericolo di danneggiamento di strutture antropiche. La pericolosità può essere caratterizzata in termini di Probabilistic Fault Displacement Hazard o Deterministic Fault Displacement Hazard (si veda IAEA SSG-9, 8.9-8.13; Youngs et al., 2003).

Definizioni:

Faglie **ATTIVE** e Faglie **CAPACI**

I documenti più recenti (es. INGV Studio delle Faglie Attive e Capaci (FAC) per la Pianificazione dei territori colpiti dagli eventi sismici del 2016, 18 Agosto 2021) introducono un approccio leggermente diverso in cui:

***FAGLIE ATTIVE E CAPACI (FAC)**, quelle faglie che presentano almeno due delle seguenti condizioni preliminari:*

- 1) Si siano attivate almeno una volta negli ultimi 40.000 anni (parte alta del Pleistocene superiore-Olocene);***
- 2) Raggiungano la superficie topografica, producendo una frattura/dislocazione del terreno. Questa definizione si riferisce al piano di rottura principale della faglia (piano su cui avviene la maggiore dislocazione);***
- 3) Ricadano in area epicentrale di terremoti storici con magnitudo $M_w > 5.5$.***

*Le **FAC** possono essere distinte in:*

***FAC_a: Certa e definita.** Il piano di rottura principale e fenomeni cosismici ad essa collegati sono riconosciuti con certezza. In questa categoria sono comprese anche le strutture tettoniche secondarie e le zone di trasferimento tra segmenti distinti di una faglia attiva e capace.*

***FAC_b: Incerta.** Gli elementi che compongono una faglia attiva e capace e i fenomeni cosismici collegati non sono cartografabili con certezza e/o dettaglio, per assenza di dati o perché non possono essere identificati (zone di trasferimento, gap, erosione, coperture, ecc.)*

Definizioni:

Faglie **ATTIVE** e Faglie **CAPACI**

Vengono poi classificate (es. Microzonazione sismica, Linee guida, 2015) **Faglie Potenzialmente Attive e Capaci (FPAC)** ovvero una Faglia per la quale gli studi dimostrano un coinvolgimento dei terreni del Pleistocene medio-superiore, ma non necessariamente di depositi più recenti di 40.000 anni.

Le FPAC verranno riportate nella Carta Geologico Tecnica per la Microzonazione Sismica (CGT_MS). Per queste faglie, identificate con l'ausilio di dati di letteratura o durante i rilievi di terreno per la redazione della carta geologico tecnica, non è prevista alcuna zonazione nella carta MS1.

Nel livello 3 tali faglie verranno investigate con indagini appropriate al fine di identificarne l'eventuale attività negli ultimi 40.000 anni, oltre che definirne con certezza la geometria.

Le condizioni preliminari affinché si debbano eseguire studi di dettaglio sulle **FAC** (ibidem) sono:

- l'area oggetto di studi di MS ricade in area epicentrale di terremoti storici con $M_w > 5.5$ (cfr CPT11;

un'indicazione di massima potrebbe anche venire dalla zona della classificazione sismica nella quale ricade l'area in studio);

- la letteratura scientifica disponibile già riporta la presenza di faglie all'interno di formazioni tardo-pleistoceniche-oloceniche;

- sono segnalate evidenze di attività recente delle faglie rilevate sul campo da geologi, durante i rilievi geologico-tecnici per la stesura delle carte di MS.

Faglie **ATTIVE** e Faglie **CAPACI**

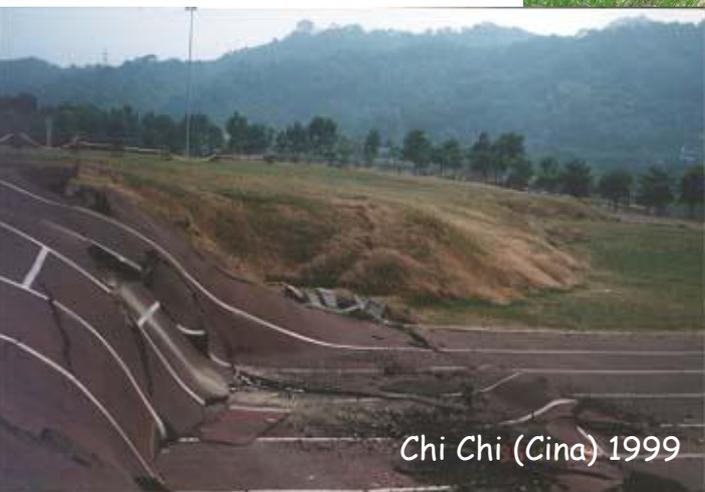
Che cosa stiamo cercando?

Le **FAGLIE ATTIVE** si definiscono **INDIPENDENTEMENTE** dalla loro profondità → Si devono “cercare” (fino) a qualsiasi profondità e sono definite in base a criteri **CRONOLOGICI**.

Le **FAGLIE CAPACI** DEVONO “aver prodotto” (o “essere in grado di produrre”) rotture in superficie → Criteri **GEOMETRICI** legati all'**INTERSEZIONE** della faglia con la superficie topografica.



Faglie **ATTIVE** e Faglie **CAPACI** *Che cosa stiamo cercando?*



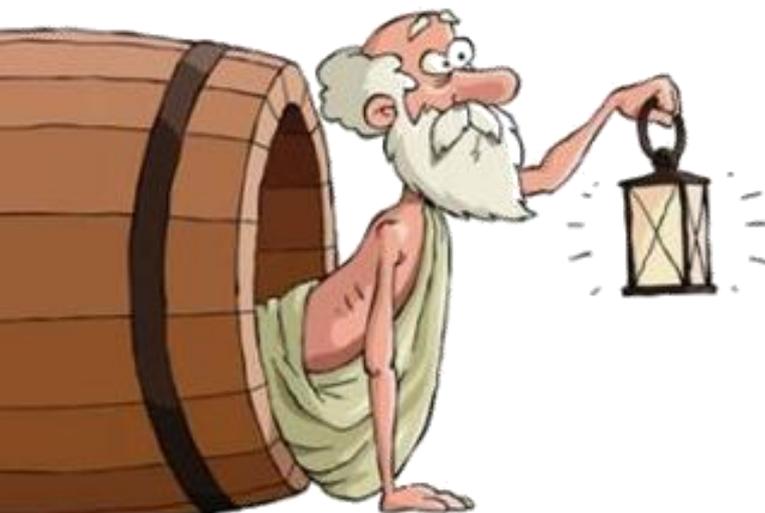
Chi Chi (Cina) 1999



Emilia 2012



Izmit (Turchia) 1999



St. Andreas 1906



Paganica 2009 (Da Cinti et al., 2011)

Faglie **ATTIVE** e Faglie **CAPACI**

Come studiarle?

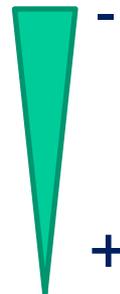
Microzonazione sismica, Linee guida, 2015

Gli elementi generalmente indicativi dell'attività recente di una faglia sono di ordine sia geomorfologico (anomalie nelle forme del paesaggio, diversione di corsi d'acqua o di altri elementi lineari, scarpate di faglia) sia, ovviamente, tettonico (faglie che dislocano terreni tardo pleistocenici-olocenici).

Per un'analisi approfondita (Livello-3)

ID	GRUPPO INDAGINI	INDAGINI
Ind_1	Analisi aereofotogrammetriche	Foto aeree, ortofoto, immagini LiDAR, immagini da satellite
Ind_2	Rilievi geologici e geomorfologici	Rilevamenti di campagna e relativa cartografia
Ind_3	Indagini geofisiche e geognostiche	ERT, sismica a riflessione e rifrazione, GPR, sondaggi e saggi
Ind_4	Paleosismologia	Trincee paleosismologiche e datazioni cronometriche dei terreni fagliati

significatività



Zona di ATTENZIONE (ZA_{FAC}) costruita in modo da comprendere la supposta traccia del piano di rottura principale e i probabili fenomeni deformativi del terreno correlati al piano di rottura principale.

Faglie **ATTIVE** e Faglie **CAPACI***Come studiarle?*

Microzonazione sismica, Linee guida, 2015

Zona di SUSCETTIBILITA' (ZS_{FAC}) e Zona di RISPETTO (ZR_{FAC})

ZS_{FAC} Area nella quale sono localizzate la traccia del piano di rottura principale della FAC e altre possibili strutture tettoniche secondarie associate al piano di rottura principale, e le zone di trasferimento tra segmenti distinti della faglia. Occorre precisare che tale zona dovrà essere definita per quelle faglie attive e capaci le cui informazioni disponibili, sia pregresse che acquisite appositamente, non permettano di definire con chiarezza la traccia principale della faglia e gli elementi secondari ad essa associati. La ZS_{FAC} sarà tracciata sia per la FAC_a che per la FAC_b. L'area può essere asimmetrica rispetto alla traccia.

ZR_{FAC} Area individuata intorno alla traccia del piano di rottura principale della FAC, identificata con certezza; la ZR_{FAC} può essere quindi tracciata esclusivamente per la FAC_a. L'area può essere asimmetrica rispetto alla traccia. La ZR_{FAC} è contenuta nella ZS_{FAC} , ma tra le due zone non c'è sovrapposizione.

Sia la ZA_{FAC} la ZS_{FAC} sia la ZR_{FAC} sono dimensionate sulla base del livello di CONOSCENZA e di INFORMAZIONE sulla faglia.

LIVELLI DI MS	LIVELLO 1		LIVELLO 3	
CATEGORIA (FAC_x)	ZA_{FAC}	$ZS_{FAC\ RACC}$	$ZS_{FAC\ MIN}$	ZR_{FAC}
FAC_a	400	160	0	30
FAC_b	400	300	160	n.d.



Faglie **ATTIVE** e Faglie **CAPACI**

Quali effetti sull'utilizzo del suolo e sulla pianificazione territoriale?

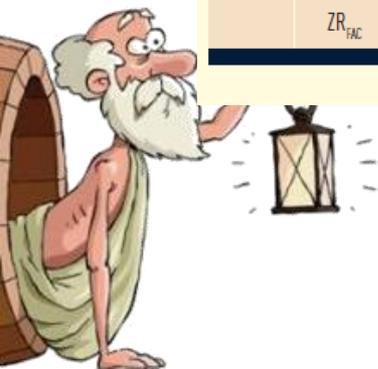
Microzonazione sismica, Linee guida, 2015

La pianificazione urbanistica e territoriale in zone interessate dalla presenza di faglie attive e capaci è chiamata a disciplinare gli usi del suolo e le previsioni di trasformazione urbana, tenendo conto della relazione tra la pericolosità sismica e i diversi contesti insediativi: Aree edificate, Aree NON edificate, Aree non urbanizzate a trasformabilità limitata.

Come risultato ci sono INDICAZIONI URBANISTICHE ed EDILIZIE con specifici vincoli e limiti di intervento, diversificati per edifici esistenti o di nuova costruzione. Nelle situazioni evidenziate come più critiche è prevista la delocalizzazione obbligatoria.

CATEGORIE URBANISTICHE		AREE EDIFICATE (RECENTI O CONSOLIDATE)	AREE NON EDIFICATE (CON PREVISIONE DI TRASFORMAZIONE)	AREE NON URBANIZZATE A TRASFORMABILITÀ LIMITATA	INFRASTRUTTURE
Zone di faglia	Z _A _{FAC}	Obbligo di approfondimento (8.1.1)	Obbligo di approfondimento (8.2.1)		Programma Infrastrutture (8.3)
	Z _S _{FAC}	Programma Zone Instabili (8.1.2)	Intervento limitato (8.2.2)		
	Z _R _{FAC}		Intervento inibito (8.2.3)		

Tabella B1 → Indicazioni urbanistiche.



Faglie **ATTIVE** e Faglie **CAPACI**

Un esempio di studio integrato: Poli et al., 2021

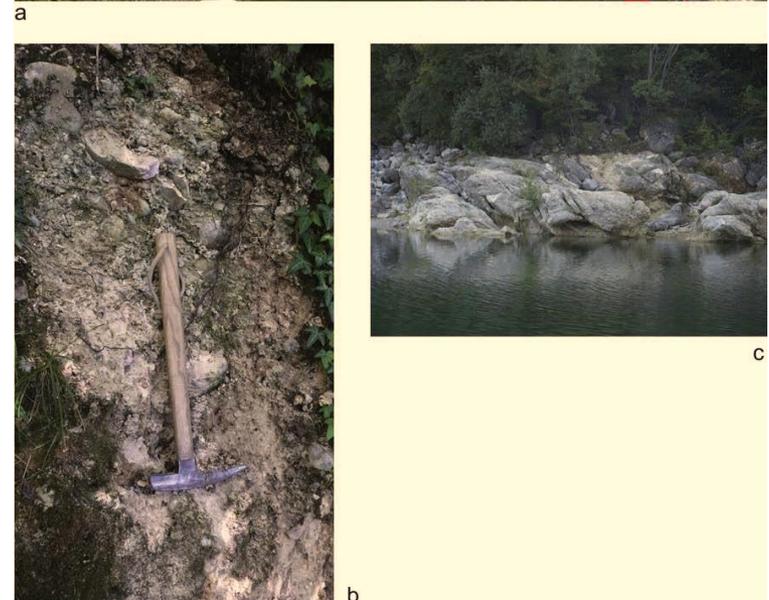
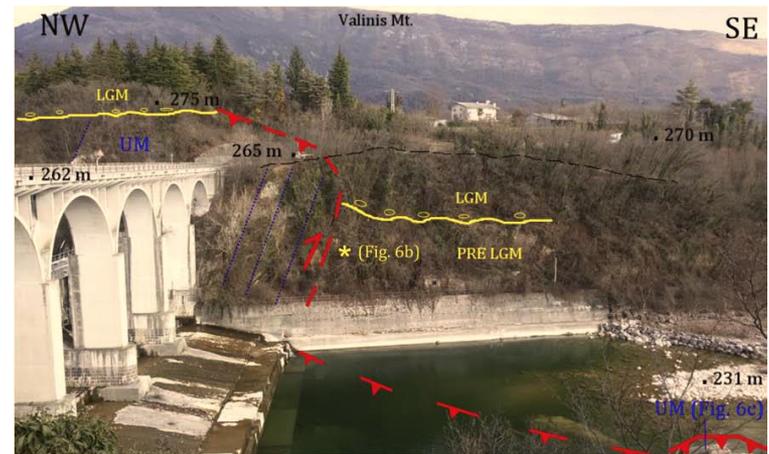
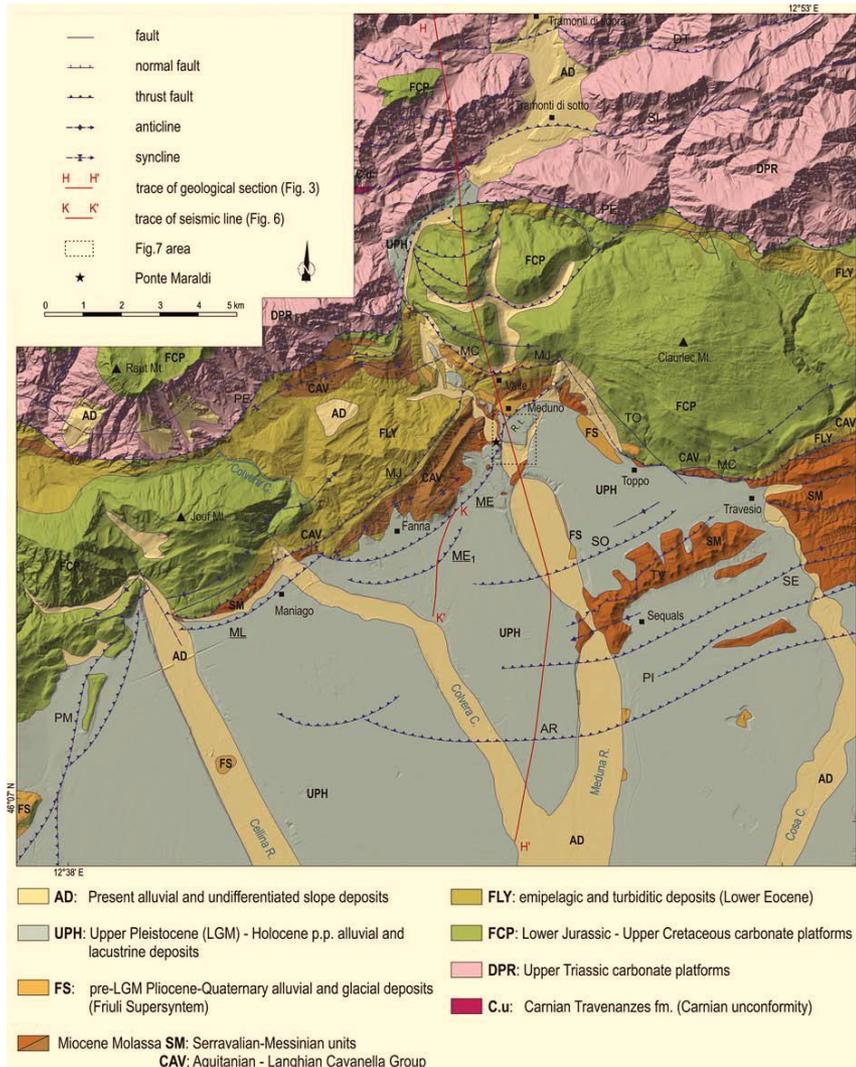


In correspondence of the oblique ramp of the Meduno Thrust, the Late Pleistocene Rivalunga terrace shows a set of scarps perpendicular to the Meduno valley, often modified by human activity. In order to reconstruct the tectonic setting of the area and identify the location for digging paleoseismological trenches, integrated geophysical investigations including electrical resistivity tomography, seismic refraction and reflection, ground penetrating radar and surface wave analyses (HVSr, ReMi and MASW), were carried out across the scarps of the Rivalunga terrace... Trenching illustrated the Meduno Thrust movements during Late Pleistocene-Holocene.

ID	GRUPPO INDAGINI	INDAGINI
Ind_1	Analisi aereofotogrammetriche	Foto aeree, ortofoto, immagini LiDAR, immagini da satellite
Ind_2	Rilievi geologici e geomorfologici	Rilevamenti di campagna e relativa cartografia
Ind_3	Indagini geofisiche e geognostiche	ERT, sismica a riflessione e rifrazione, GPR, sondaggi e saggi
Ind_4	Paleosismologia	Trincee paleosismologiche e datazioni cronometriche dei terreni fagliati

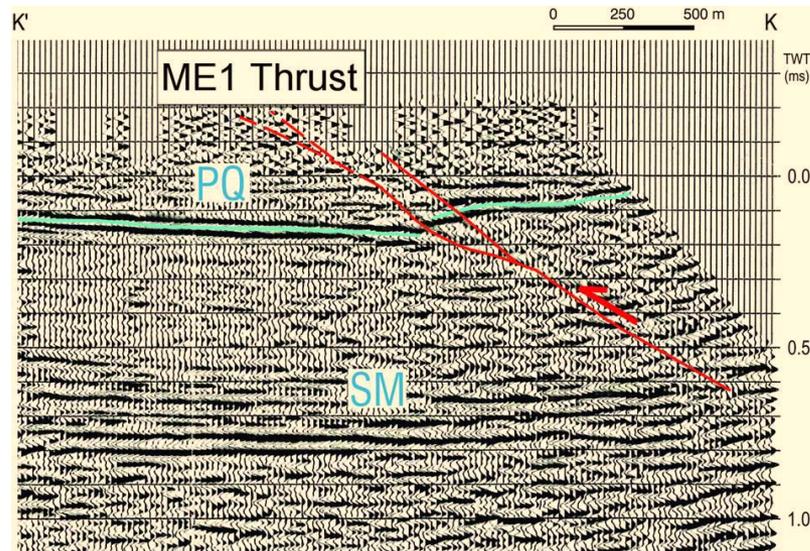
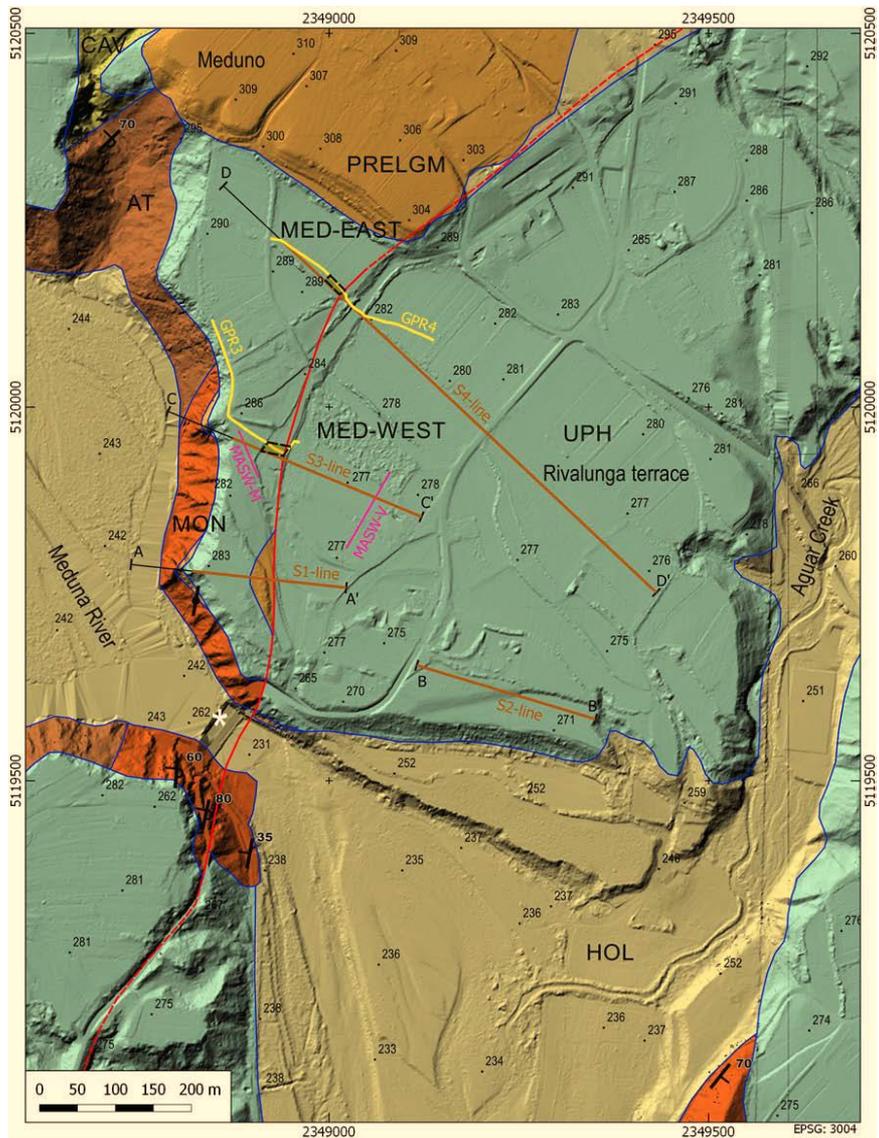
Faglie ATTIVE e Faglie CAPACI

Un esempio di studio integrato: Poli et al., 2021



Faglie **ATTIVE** e Faglie **CAPACI**

Un esempio di studio integrato: Poli et al., 2021

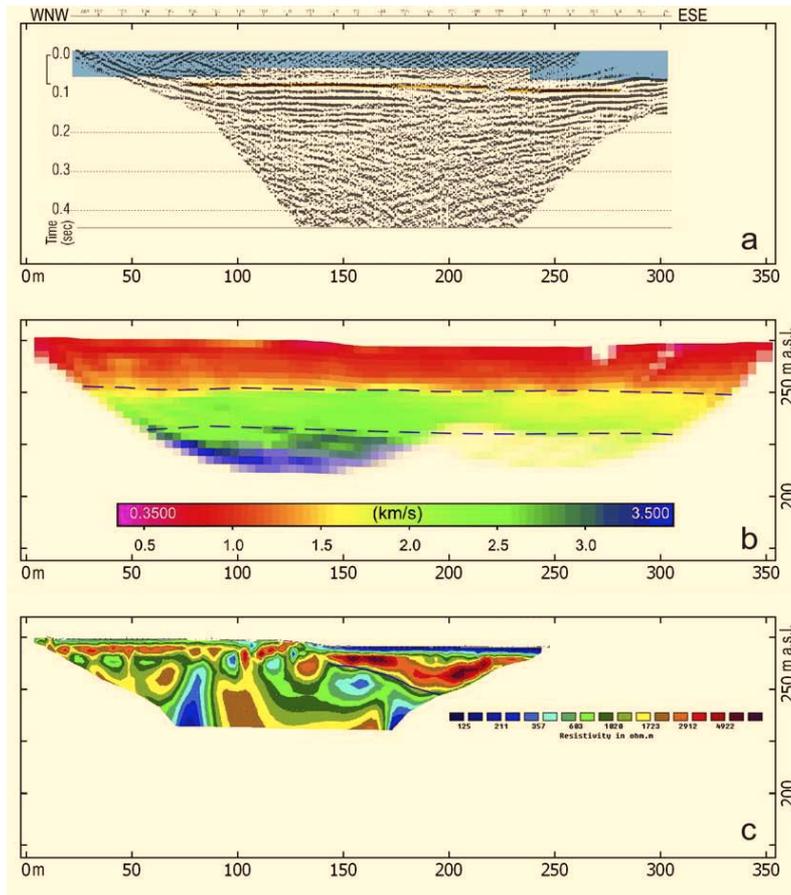


Sismica a riflessione da bibliografia

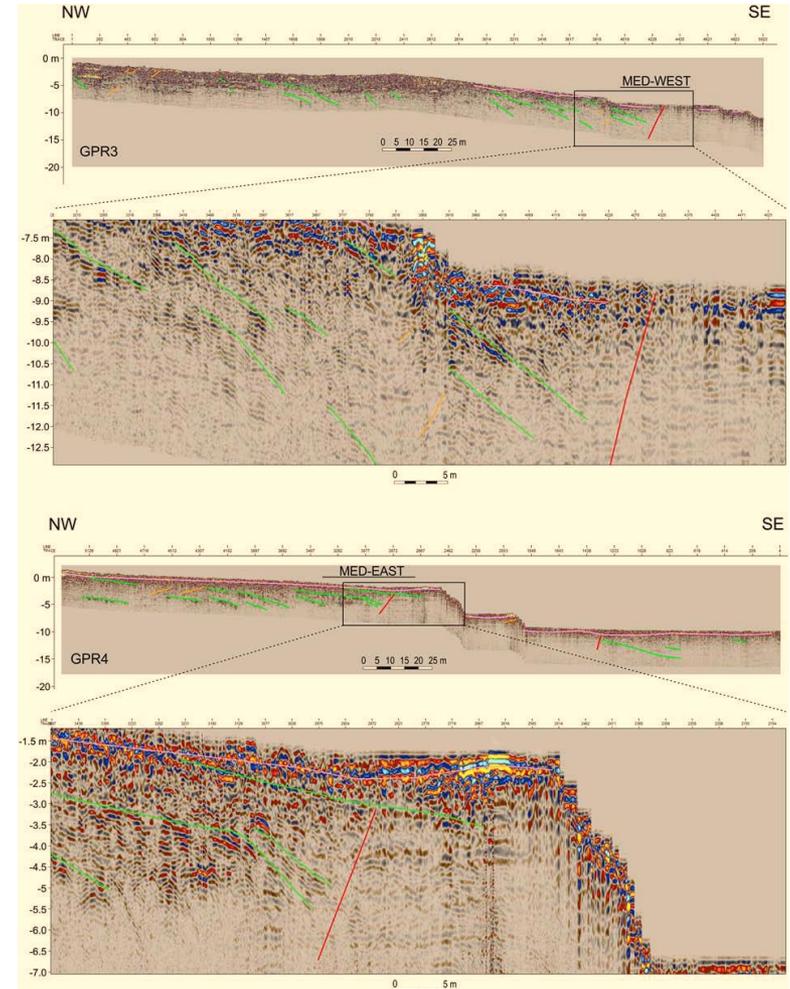
Nuove indagini GEOFISICHE integrate e a diverso livello di scala su un'area di circa 1 km²

Faglie **ATTIVE** e Faglie **CAPACI**

Un esempio di studio integrato: Poli et al., 2021



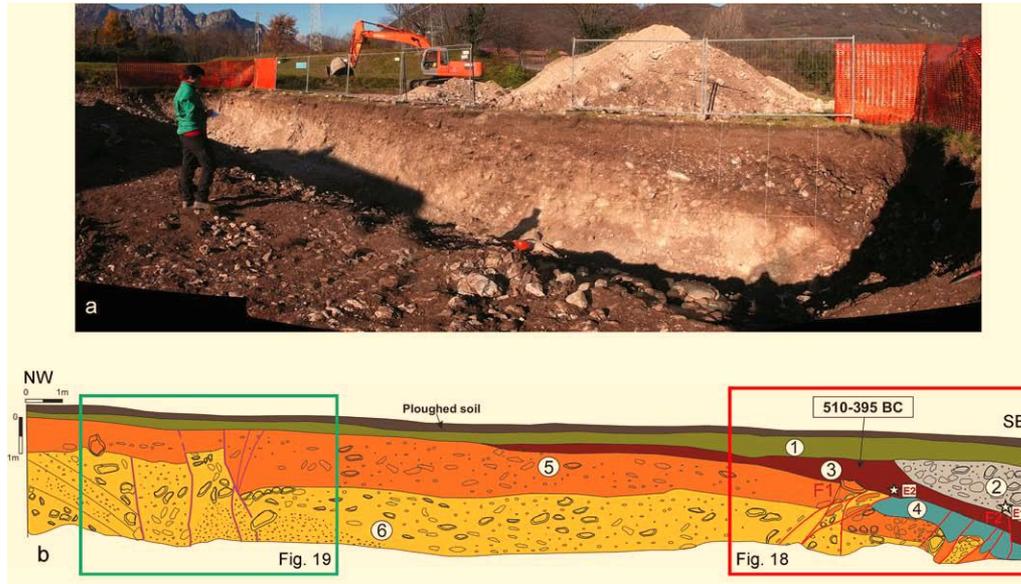
Sismica a riflessione (e tomografia sismica)
Ed Electrical Resistivity Tomography - ERT



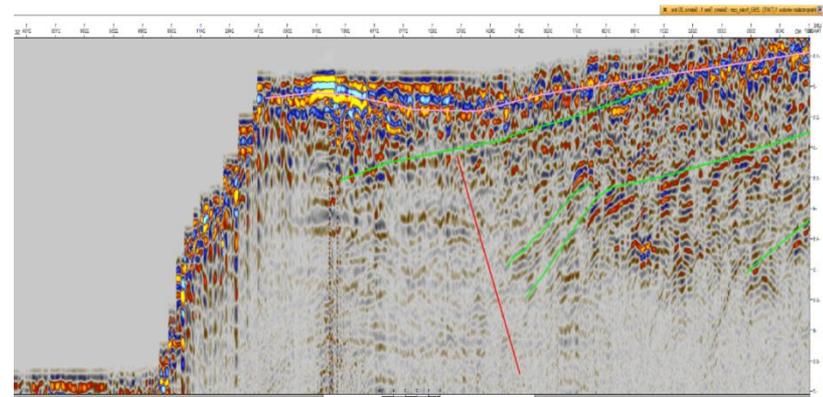
Ground Penetrating radar - GPR

Faglie **ATTIVE** e Faglie **CAPACI**

Un esempio di studio integrato: Poli et al., 2021



Scavo di trincee paleosismologiche e confronto/validazione con i dati geofisici



Faglie **ATTIVE** e Faglie **CAPACI**

Un esempio di studio integrato: Poli et al., 2021

Table 4

Radiocarbon dating performed on the collected samples (calibration curve by [Reimer et al., 2013](#)).

Stratigraphic unit (and related trench)	Sample	Material	Conventional radiocarbon age (years BP)	d13D	Calibrated age (2sigma; IntCal13)
Unit 3 (MED_EAST)	MEDU_EST_4	Charcoal	320 ± 30 BP	-25 ‰	1470–1650 CE
Unit 3 (MED_EAST)	MEDU_EST_10	Charcoal	320 ± 30 BP	-23.2‰	1470–1650 CE
Unit 3 (MED_EAST)	MEDU_EST_12	Charcoal	520 ± 30 BP	-24.1‰	1330–1440 CE
Unit 6 (MED_EAST)	MEDU_EST_8	Charcoal	35,920 ± 280 BP	-28.5 ‰	39,225–37,995 BCE
Unit 3 (MED_WEST)	MEDU_OVEST_bulk_2	Bulk	2370 ± 30 BP	-24.1‰	510–395 BCE

Datazione dei livelli interessati da fagliazione e conferma della FAC.

Table 5

Geometric and kinematic parameters of the Meduno Thrust.

Geometric and kinematic parameters	Meduno Thrust
Max surface length	8 km
Max depth (supposed)	6–8 km
Dip direction and dip of the fault plane	N 330°/45°–N 280°/70°–N330°/45°
Rake	90°–60°
LGM – Present vertical slip	0.6 mm/yr (Monegato and Poli, 2015)
Latest observed displacement at the surface	20 cm on historical deposits (unit 2);
Max Mw from Wells and Coppersmith (1994) .	5.9 – (Ruptured area on reverse fault) 5.8 – (Subsurface rupture length on reverse fault) 5.8 – (Maximum Surface Displacement: 0,20 m)
Latest earthquake	1776.07.10 (Mw: 5.8; Io 8–9) from DBMI15

Ricostruzione delle caratteristiche e dei parametri della faglia con indicazione delle ZS_{FAC} sia la ZR_{FAC}

Domande?