



# Regione Umbria

## Comune di Tuoro s/T

---



- Relazione geologica con modello geotecnico di supporto al progetto di realizzazione di un porticato adiacente ad edificio esistente in Loc. Monte Melino nel Comune di Tuoro sul Trasimeno (PG).
- Certificazione vincolo idrogeologico.
- Relazione Sismica.

**Committente:** *Az. Agricola Montemelino*

*Via Fonte Sant'Angelo, 15*

*06069 Tuoro Sul Trasimeno (PG)*

**Il Tecnico**

Passignano sul Trasimeno **1.4 NOV. 2018**

*Dott. Geol. Alessandro Bigerna*

(Ordine dei Geologi della Regione Umbria - N°557)





---

## Sommario

1.Premessa .....	3
2.Normativa di riferimento .....	4
3.Ubicazione area intervento .....	5
4.Geologia, geomorfologia ed idrogeologia .....	7
5.Prescrizioni ai fini del vincolo idrogeologico .....	15
6.Indagini Geologiche .....	16
7.Modellizzazione e caratterizzazione geologica sottosuolo .....	22
8.Pericolosità Sismica .....	25
9.Considerazioni finali .....	32
10.Allegati .....	33



## 1. Premessa

Il sottoscritto, Alessandro Bigerna, geologo iscritto all'albo dei geologi della Regione Umbria - Sezione A n° 557, su incarico ricevuto dall'Az. Agricola Montemelino con sede in via Fonte Sant'Angelo 15 nel comune di Tuoro Sul Trasimeno (PG), ha eseguito il presente studio geologico di supporto al progetto di nuova costruzione di un porticato adiacente al vecchio fabbricato esistente.

Lo studio è finalizzato in particolare a fornire:

- inquadramento geologico, geomorfologico, idrogeologico di dettaglio del sito dove sorgerà l'opera,
- all'individuazione delle possibili interferenze tra la realizzazione dell'opera in progetto e la stabilità dei luoghi,
- determinazione dei parametri geotecnici del terreno di fondazione,
- classificazione sismica del terreno.

Lo studio è stato condotto mediante analisi bibliografiche dell'area, (in particolare dalle cartografie e documenti disponibili da varie fonti accreditate Comune di Tuoro sul Trasimeno, Autorità di Bacino fiume Tevere e Regione Umbria), dall'esperienza maturata dallo scrivente, dai mirati sopralluoghi condotti in corrispondenza del sito di interesse progettuale, mediante indagini sismiche mirate e rilievo geo-meccanico realizzati dallo scrivente nell'area interessata dall'opera.

Il presente elaborato intende perciò fornire un quadro esaustivo delle condizioni geologiche, dei parametri geotecnici della zona in esame ed una valutazione circa l'interferenza dell'intervento in progetto con la stabilità dei luoghi, anche in ragione del fatto che l'area indagata è soggetta a vincolo idrogeologico (R.D.L. n°3267/1923 e R.D.L. n°1126/1926).

Vengono altresì eseguite alcune valutazioni di orientamento in merito alla categoria di sottosuolo e al coefficiente di amplificazione topografica previsti nel calcolo delle azioni sismiche di progetto di cui alle nuove norme tecniche per le costruzioni in zona sismica (NTC/2018).



---

## 2. Normativa di riferimento

La presente relazione è stata redatta in ottemperanza alla seguente Normativa di riferimento ed alle successive raccomandazioni:

- R.D.L. n°3267/1923 - Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani;
- R.D.L. n°1126/1926 - Approvazione del regolamento per l'applicazione del regio decreto 30 dicembre 1923, n.3267 concernente il riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi di terreni montani;
- L.R. N. 25/1997 - Norme tecniche in materia forestale;
- D.M. 17.01.2018 - Nuove norme tecniche per le costruzioni;
- O.P.C.M. 3519/06 - Classificazione Sismica Regionale;
- D.G.R. 18 giugno 2003 n. 852 "Approvazione classificazione sismica del territorio regionale dell'Umbria";
- Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico – Norme - Autorità di Bacino del Fiume Tevere – Piano adottato con modifiche ed integrazioni dal Comitato Istituzionale con delibera n. 114 del 5 aprile 2006;
- D.G.R. 28 aprile 2008 n. 447 "Piano di bacino del Fiume Tevere – Stralcio per l'assetto idrogeologico - PAI- Disposizioni regionali per l'attuazione del Piano".



### 3. Ubicazione area intervento

L'area oggetto del seguente studio è ubicata nel territorio del Comune di Tuoro sul Trasimeno, in località "Monte Melino" che sorge a circa 2 km in direzione SW dal centro del paese, sul fianco NE di un piccolo complesso collinare denominato appunto Monte Melino (383 mt. s.l.m.) che si colloca a meno di 1 km dalla sponda Nord del lago Trasimeno. Il sito interessato dallo studio in particolare è un'area di circa 130 m<sup>2</sup> ad una quota topografica di circa 325 s.l.m. (sul livello del mare) che costituirà l'area di sedime del porticato in progetto, che verrà costruito sul lato Est dell'attuale edificio esistente.

Per un inquadramento più specifico, l'area d'intervento è compresa nel foglio CTR 310 "Passignano s/T" elemento 310011 alla scala di 1:5.000 (vedi Allegato I).

La particella catastale interessata dall'intervento è la N° 45 del Foglio catastale 22 del Comune di Tuoro s/T (vedi Allegati II).

In aggiunta il sito dove sorgerà l'intervento edilizio di costruzione del porticato è indicato nell'estratto di carta topografica IGM (vedi Figura 1) ed è indicato dalle seguenti coordinate geografiche (WGS84):

Lat: 43°11'54.98"N Long: 12° 2'54.76"E

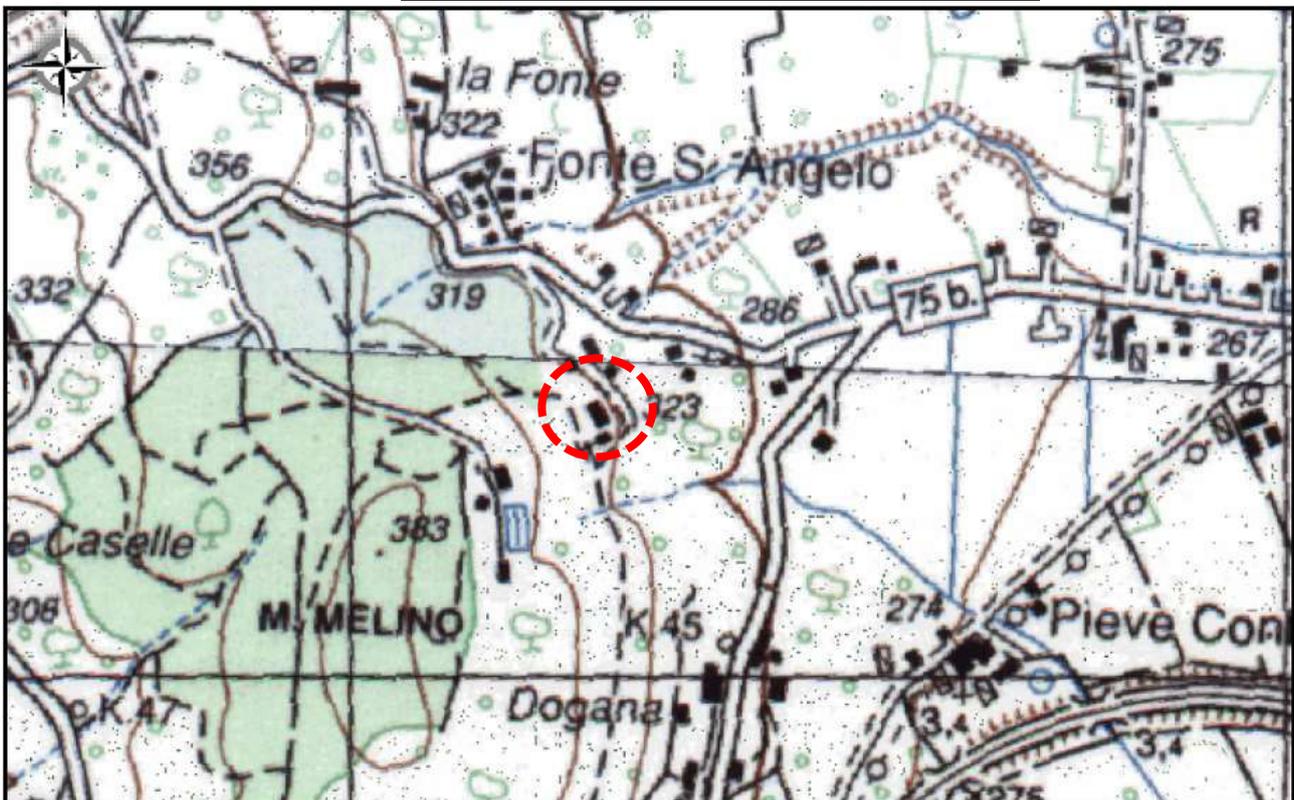


Figura 1. Estratto Carta IGM scala 1:25.000



Infine si registra che la realizzazione dell'intervento in progetto ricade in area soggetta a vincolo idrogeologico (R.D.L. n°3267/1923 e R.D.L. n°1126/1926) (vedi Figura 2).



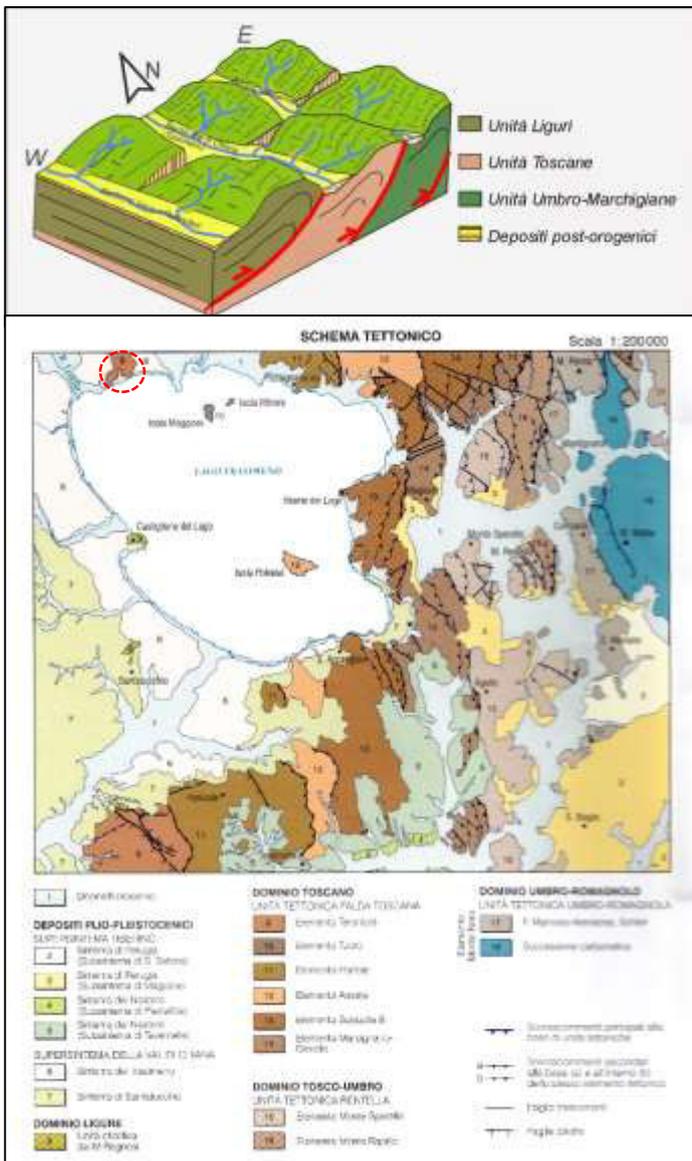
Figura 2. Estratto Carta tematica Vincolo Idrogeologico R.D. 3267/23 scala 1:25.000



## 4. Geologia, geomorfologia ed idrogeologia

### Geologia

L'area di studio risulta inserita all'interno del complesso strutturale della Falda Toscana, in particolare l'Unità Falterona-Trasimeno (o Unità del Trasimeno) che è tettonicamente caratterizzata dalla sovrapposizione di rocce sedimentarie delle Unità Toscane su quelle Umbro-Marchigiane (vedi Fig.3a). Si tratta infatti, di un sistema costituito prevalentemente da sovrascorrimenti di differenti unità



tettoniche il cui impilamento è dovuto principalmente alla fase tettonica compressiva che ha portato alla strutturazione dell'Appennino Settentrionale (Oligocene Sup.-30 MA). La morfologia presente è in parte dovuta alla fase tettonica distensiva che si è attivata dal Pliocene (5 MA) ad oggi che ha favorito la formazione e la presenza di valli tettonicamente controllate quali la Val di Chiana (vedi Fig.3b). Il lago Trasimeno ha costituito dal Miocene superiore (11,6 MA) un bacino depressionario delimitato ad Ovest da modesti rilievi collinari, a Nord-Ovest dal piano tettonico prosciugato del lago della Chiana e, lungo la direttrice NW-NE, dall'arco di colline formate da rocce Paleogene (arenarie del Trasimeno) che si estendono da Tuoro a Magione lungo la sponda Nord del lago Trasimeno.

Figura 3a. Schema del sollevamento appenninico costituito da unità accavallate e sovrapposte una sull'altra, si rinvergono da W verso E

Figura 3b. Schema tettonico di inquadramento regionale del foglio 310 "Passignano sul Trasimeno".



Per un inquadramento geologico di dettaglio dell'area di interesse progettuale, si fa riferimento alla Carta Geologica scala 1:10.000 della cartografia ufficiale della Regione Umbria (vedi Figura 4).

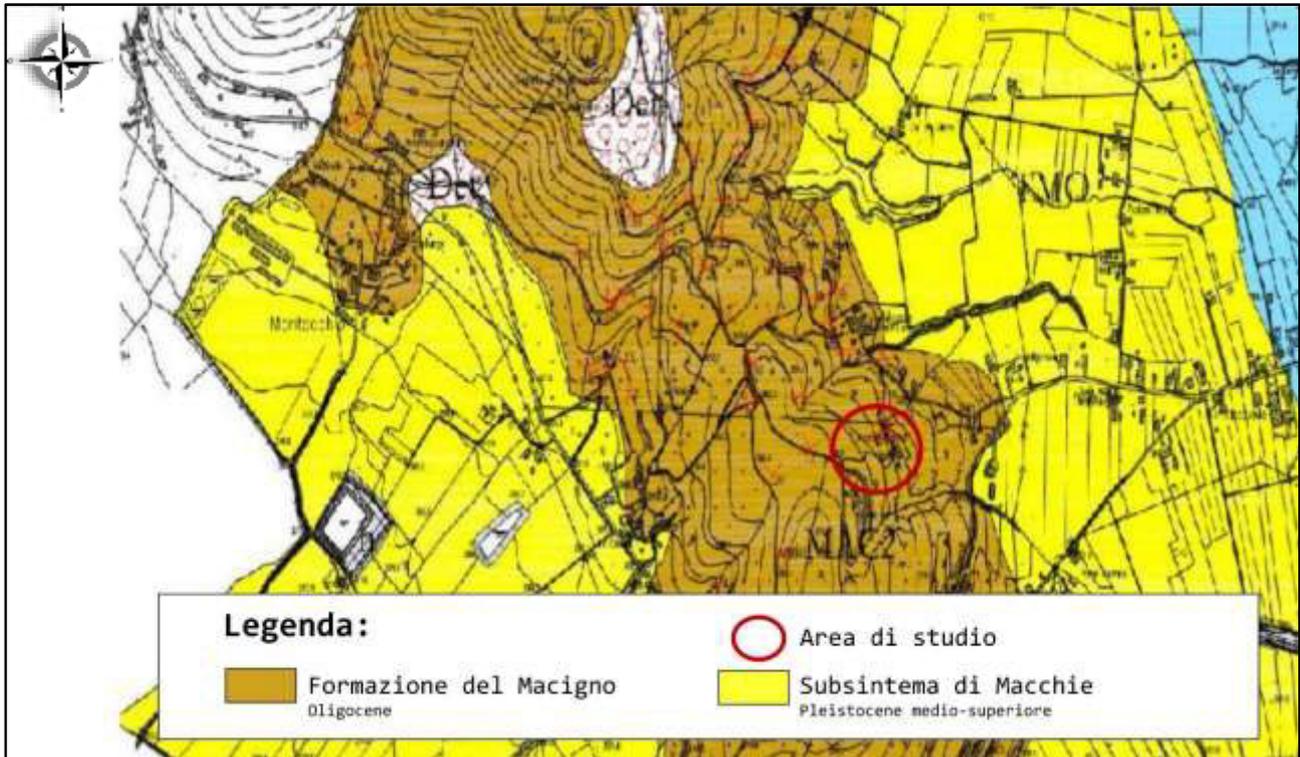


Figura 4. Estratto della carta Geologica scala 1:10.000 da cartografia Regione Umbria.

In particolare, è emerso che le unità litostratigrafiche affioranti nell'area indagata tramite sopralluoghi e attento rilevamento di campagna, appartengono all'Unità del Trasimeno, secondo letteratura all'interno della formazione del "Macigno" ed in particolare l'area che interessa l'opera in progetto ricade interamente all'interno del membro MAC2 (Membro del Poggio del Belvedere), una successione di rocce sedimentarie torbiditiche costituente una *facies di Flysch*. Queste rocce affioranti, sono costituite principalmente da sedimenti deposti ad opera di correnti marine ricche di materiale terrigeno-clastico in sospensione, nel bacino marino di *avanfossa* coevo all'orogenesi Appenninica nell'*Oligocene* circa 28 milioni di anni fa.

MAC 2 - (Membro del Poggio del Belvedere), *Epoca: Oligocene superiore-Miocene inferiore, Età: Cattiano-Aquitano*. Alternanze di strati torbiditici quarzoso-feldspatici, in strati da spessi a molto spessi e di livelli metrici o decametrici a torbiditi sottili. Prevalenza di livelli con rapporto Arenarie/Peliti > 1 nella parte inferiore del membro e di livelli con A/P < 1 nella parte superiore.



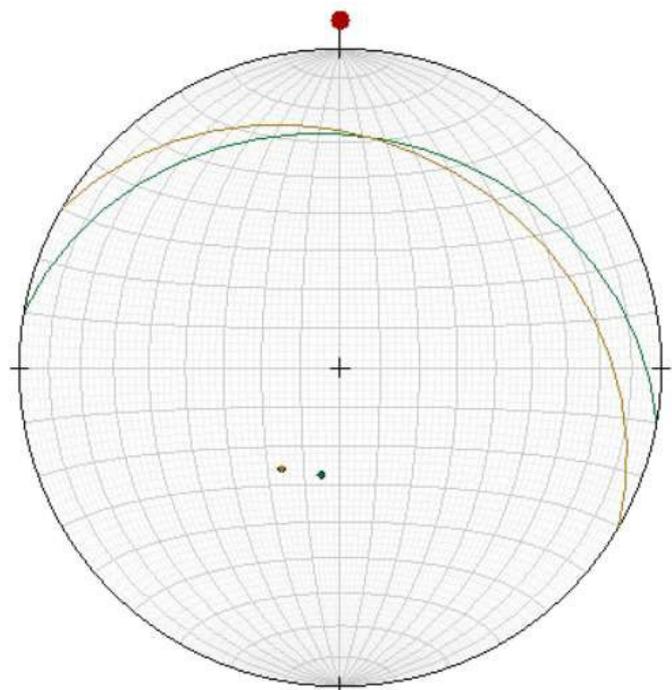
Presenza di megatorbiditi calcarenitico-marnose a varie altezze stratigrafiche. Spessore medio del membro di circa 300 m.

In particolare, i sopralluoghi in sito uniti all'attento rilevamento geologico di campagna dell'areale di interesse hanno permesso di collocare con certezza il sito esatto dove sorge l'opera in progetto interamente all'interno del membro MAC2 (Membro del Poggio del Belvedere), in particolare nella parte inferiore del membro, quella caratterizzata dalla componente arenacea maggiore rispetto la componente pelitico-marnosa ( $A/P > 1$ ). È stato possibile osservare queste successioni sedimentarie grazie ai numerosi affioramenti in roccia attorno la proprietà (foto 1-2 e vedi Figura 7), inoltre si registra la presenza di coltre di alterazione che va da pochi centimetri a circa 1 metro in diversi punti dell'area. In aggiunta osservazioni sull'ammasso roccioso, hanno permesso di osservarne lo stato di fratturazione e le diverse famiglie di giunti di fratture secondarie, dovute presumibilmente a disturbi tettonici in fase orogenica distensiva.

In definitiva quindi si conferma la litologia descritta sopra in dettaglio, per tutto il sito dove sorgerà l'opera. In particolare si è andati anche ad accertare l'andamento delle principali geometrie delle strutture geologiche rispetto al versante e gli affioramenti hanno permesso di riconoscere l'andamento principale degli strati e raccogliere misure di giaciture (vedi Tabella 1 e Stereonet), che hanno evidenziato un'orientazione di tipo traversi-poggio rispetto al versante collinare dove sorge l'abitato.

Rilevamento n°	Giacitura strato
1	30/30
2	10/28

Tabella 1. Giaciture di strato rilevate in campagna all'intorno del sito in studio. A destra Stereonet riassuntivo delle misurazioni effettuate, riportate in tabella.





*Foto 1. Affioramento in roccia a monte dell'edificio esistente che mostra la chiara alternanza di flysch con strati di arenaria (da 20 a 30 cm spessore) alternati a strati di siltiti (da 10 a 15 cm spessore) ed argilliti marnose - unità di misura 13 cm.*



*Foto 2. Dettaglio da altra prospettiva dell'ammasso roccioso, su cui è stato eseguito il rilievo geo-meccanico, sono state osservate strutture a fiamma e la presenza di flute-cast che hanno aiutato ad indicare la positività degli strati, ipotizzati dritti.*



## Geomorfologia

L'area oggetto del presente studio è collocata ad una quota topografica di circa 325 metri s.l.m., sul fianco Nord-Orientale del complesso collinare di "Monte Melino", rilievo che si eleva dalla piana alluvionale-lacustre sulla sponda Nord del lago Trasimeno e che termina la dorsale collinare che corona da Nord l'intera vallata insieme ai rilievi collinari di M. Gualandro, M. Girella, M. Castelnuovo e M. Castelluccio. In particolare il sito dove sorgerà l'opera in progetto si trova in una porzione di *mezza-costa* rispetto al modesto rilievo (vedi Figura 5), che ha inclinazione di poco inferiore ai 15°. Dal punto di vista geomorfologico quindi si può distinguere un unico areale collinare di pendio che presenta determinate caratteristiche dal punto di vista della storia geologica e delle proprietà geotecniche. Il rilevamento di campagna eseguito in superficie, esteso al contorno dell'area, non ha evidenziato fenomeni gravitativi in atto e/o pregressi, come confermato sia dall'analisi della cartografia allegata del PAI, del progetto IFFI e la carta dei contenuti paesaggistici 6 del PRGS (vedi Allegati di progetto III-IV-V).

Globalmente perciò, considerando la morfologia e le condizioni all'intorno del versante, al momento attuale, le condizioni generali di stabilità dell'area non sembrano presentare evidenti fenomeni di dissesto particolare, né di tipo attivo né potenziale, che in qualche modo potrebbero interferire con la realizzazione dell'opera in oggetto, o che la stessa potrebbe innescare successivamente all'intervento edilizio. Inoltre l'intensità dei processi esogeni rientra nella normale azione di modellamento del rilievo senza manifestazioni di particolari fenomeni di dissesto puntuale ed areale, si registra un normale grado di degradamento della superficie riscontrabile con la normale alterazione dell'ammasso roccioso, con poco suolo superficiale sulla parte sommitale e un graduale accumulo di materiale di copertura mano a mano che ci si sposta verso il piede del versante collinare in raccordo con la vallata.

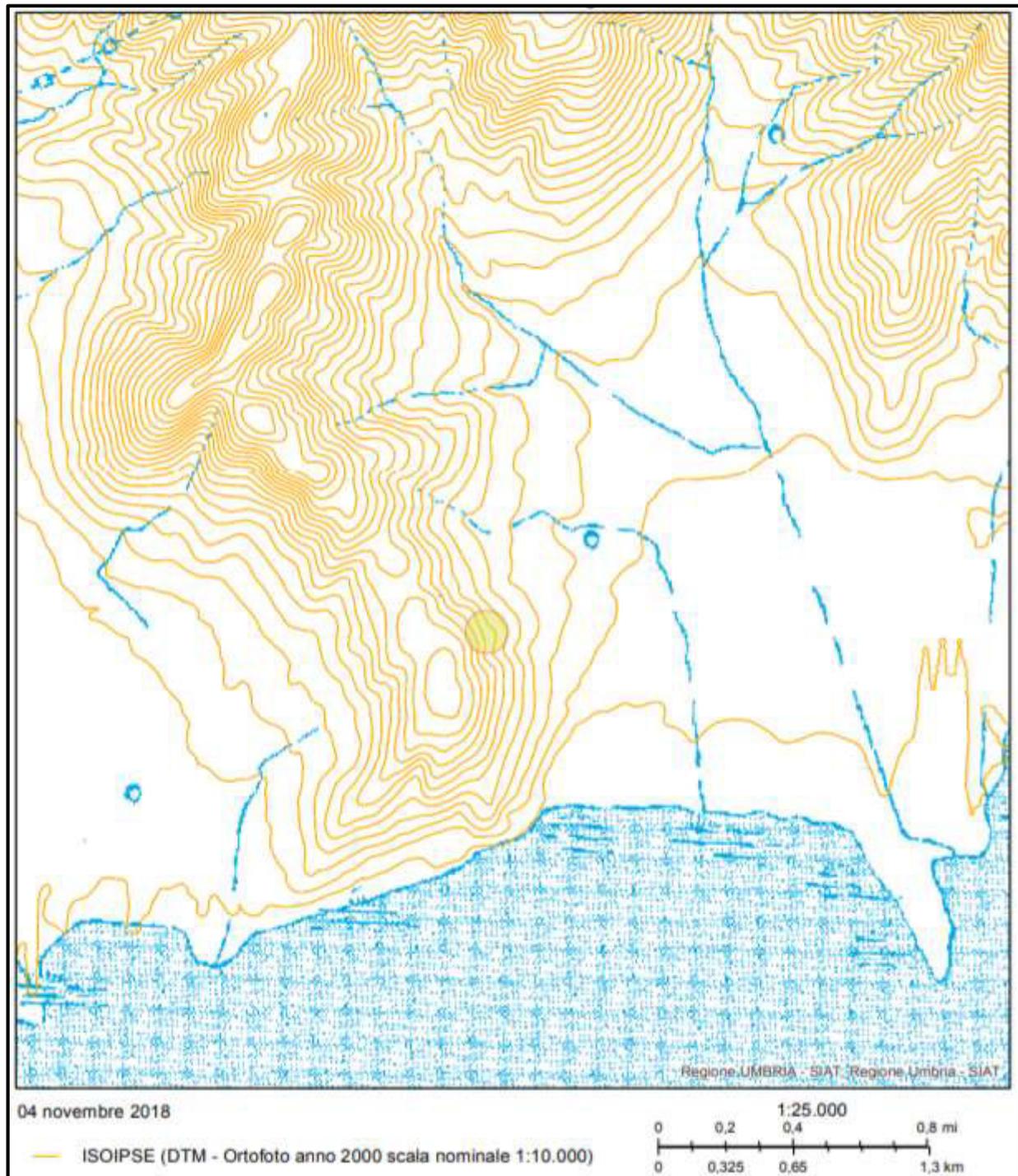


Figura 5. Estratto carta morfologica all'intorno del sito oggetto di studio.



## Idrografia ed Idrogeologia

L'area di studio risulta inquadrata nell'ambito peri-lacuale, medio collinare all'interno del bacino idrografico del lago Trasimeno. L'idrografia superficiale dell'area all'intorno del sito di intervento è caratterizzata da scoline e fossi, influenzati dalle precipitazioni piovose. Da queste colline nascono affluenti naturali del lago Trasimeno, specialmente a carattere torrentizio chiamati "fossi", con portate modeste stagionali e caratterizzati da un *patterns* parallelo Est-Ovest e Nord-Sud imputabile ad un debole controllo strutturale (vedi Figura 6), infatti scavano il loro profilo d'equilibrio lungo fratture principali degli ammassi rocciosi collinari. Le acque meteoriche in parte si infiltrano, in quanto affiorano terreni moderatamente permeabili garantendo un buon drenaggio superficiale, con l'eccedenza delle acque che scorrono seguendo la pendenza naturale del versante defluendo nei numerosi fossi presenti nell'area come il F.so di Fonte S. Angelo e F.so Riscopello.

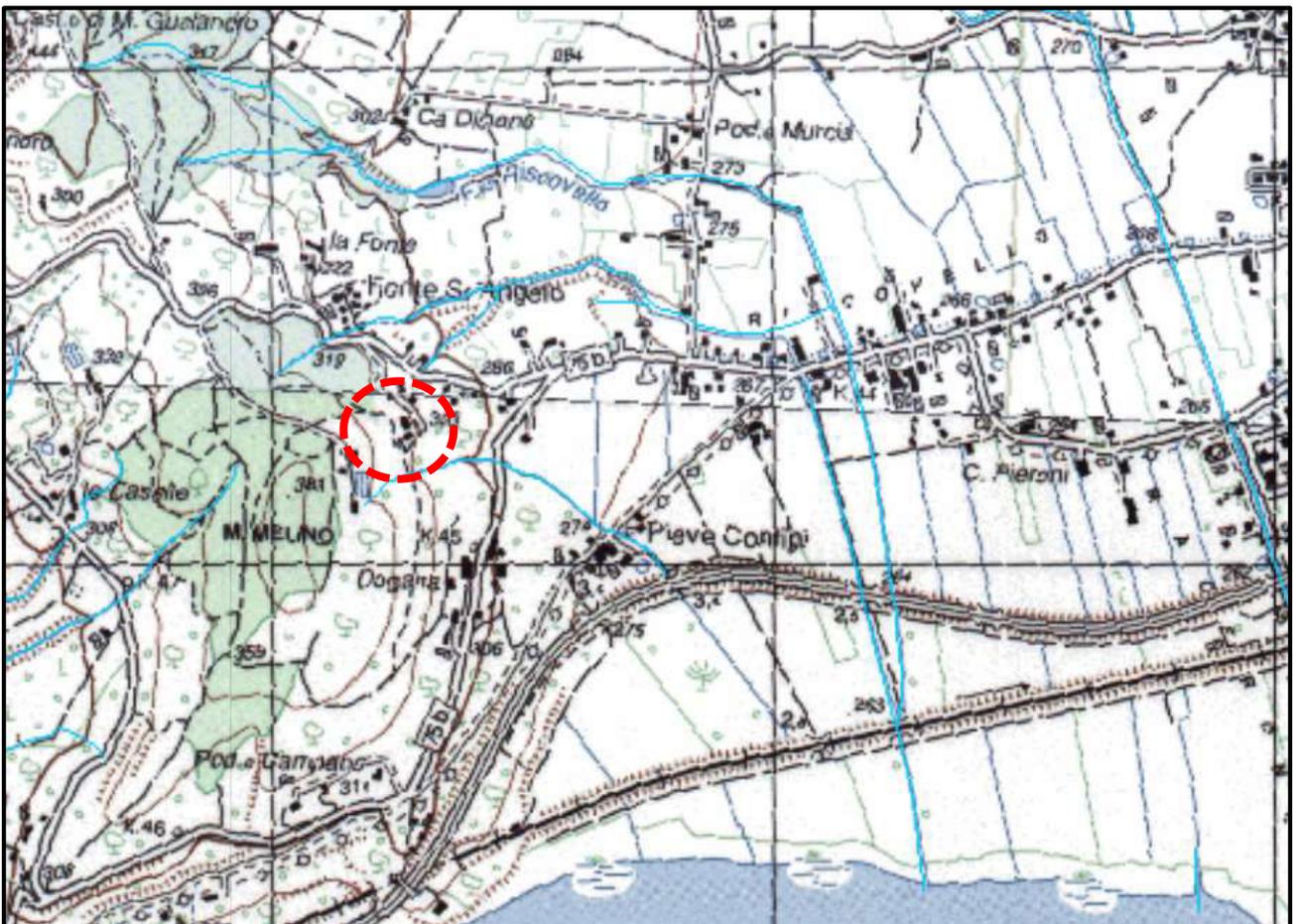


Figura 6. Estratto carta IGM con reticolo idrografico in evidenza scala 1:20.000



L'idrogeologia dell'area è caratterizzata dalla presenza di acquiferi in depositi torbiditici, che costituiscono delle riserve idriche di discreta importanza per l'approvvigionamento idrico della zona. Infatti i membri dei depositi torbiditici, costituiti da banchi di arenarie e rare calcareniti, costituiscono sistemi di acquiferi con permeabilità da fratturazione, di discreta potenzialità. Queste *idro-strutture* affiorano su vasta area della zona, con potenze dei membri anche di qualche centinaio di metri, costituendo dei buoni serbatoi sotterranei per riserve idriche, inoltre sono presenti anche notevoli strati marnosi, argillitici, che costituiscono letti impermeabili per le falde acquifere, infatti dove tali *litofacies* intercettano la superficie topografica, danno origine a sorgenti puntuali, mentre nel sottosuolo giacenti a letto di successioni torbiditiche terrigene danno luogo nell'insieme ad acquiferi compartimentati. A nord della zona di studio anche i toponimi "La Fonte" e "Fonte S. Angelo" suggeriscono la presenza di sorgenti puntuali per contatto.

Tuttavia all'intorno dell'area di studio non risultando al momento evidenti situazioni di ruscellamento selvaggio tali da costituire fenomeni di dissesto sia a grande che a piccola scala, né soliflussi o altri movimenti di versante. In aggiunta considerata la posizione morfologica del sito in questione si presume che nelle vicinanze dell'area in esame non ci dovrebbero essere falde acquifere, di una certa entità poste a debole profondità, in accordo anche con i dati provenienti dai pozzi dell'area. Infatti la falda libera è stata misurata con l'utilizzo di un freatimetro a circa -12 metri dal p.c. Quest'ultima considerazione è avvalorata considerando sia la morfologia della zona e l'alterazione della formazione in oggetto, fattori questi che permettono all'acqua di infiltrarsi e approfondirsi all'interno della formazione sottostante.

In base alle informazioni raccolte nel corso del sopralluogo e lo svolgimento del rilevamento geologico si può quindi attribuire all'area un basso rischio idraulico ed idrogeologico che possa interferire con la realizzazione della opera in progetto, in accordo anche con la cartografia delle aree esondabili del PAI del Fiume Tevere che non ha ricompreso l'area di progetto tra quelle a rischio di esondabilità e con la carta dei vincoli idrogeologici del PRGS del Comune di Tuoro s/T (vedi *Allegato V*).



## 5. Prescrizioni ai fini del vincolo idrogeologico

Come descritto prima la realizzazione dell'intervento in progetto ricade in area soggetta a vincolo idrogeologico (R.D.L. n°3267/1923 e R.D.L. n°1126/1926). Si ritiene perciò di fondamentale importanza, che il terreno movimentato durante i lavori venga posto al di fuori di ogni fosso o linea di scorrimento delle acque; i riporti di terreno dovranno essere appositamente compattati, in modo da limitare l'erosione superficiale e da garantire la prestazione attesa dai manufatti.

Per quanto concerne i sistemi di drenaggio in grado di intercettare e smaltire le acque di superficie si prescrive: di mantenere sempre in stato di efficienza il reticolo costituito dai fossi e dalle scoline presenti e di realizzare nuove linee di scolo di dimensioni e lunghezza adeguate, in grado di evitare sia la formazione di ristagni che l'insorgenza di fenomeni erosivi. Lo scopo è agevolare il deflusso delle acque meteoriche verso gli impluvi naturali a valle.

In considerazione dell'intervento progettuale ed i manufatti interessati ed in virtù della modesta entità dei movimenti terra da effettuare, si ritiene che l'attuazione dei lavori non andrà ad interferire in alcun modo con la stabilità (né locale, né - a maggior ragione - globale) della porzione di territorio comunale indagata.

Si allega la Certificazione Vincolo Idrogeologico per la realizzazione dell'opera in progetto, in rispetto di tutte le indicazioni elencate sopra e le prescrizioni elencate nello stesso documento (*vedi Allegato VI*).



## 6. Indagini Geologiche

Per l'espletamento dell'incarico si è fatto riferimento all'attento rilevamento di campagna, unitamente all'esecuzione di un rilievo geo-meccanico ed indagini sismiche eseguite dal sottoscritto tra il 05 e 06 novembre 2018 (vedi Figura 7), che hanno consentito di determinare, con un buon grado di attendibilità, la stratigrafia generale del sito, di ricostruire il modello geologico-geotecnico del volume significativo all'intorno delle opere di progetto e la caratterizzazione sismica dell'area di sedime.

In particolare sono state eseguite:

-N°1 rilievo geo-meccanico, eseguito il giorno 05 novembre 2018 dal sottoscritto per la definizione delle caratteristiche dell'ammasso roccioso; tutte le osservazioni ed i dati raccolti in campagna sono stati impiegati per ottenere, tramite specifiche elaborazioni effettuate con il programma RocLab della Rocscience Inc., i valori medi dei parametri meccanici dell'ammasso roccioso su cui poggerà l'edificio.

-N°1 indagine sismica MASW, eseguita il giorno 06 novembre 2018 dal sottoscritto utilizzando un sistema *DoReMi 24 bit* con stendimento a 12 canali verticali da 4.5 Hz della ditta *Sara Electronic Instruments* per la caratterizzazione sismica della categoria di sottosuolo secondo le NTC 2018, individuando il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs nei primi 30 metri di profondità dal piano di posa delle fondazioni del sito, (vedi *Relazione Sismica - Allegato VII*).

-N°1 indagine sismica passiva HVSR, eseguita il giorno 06 novembre 2018 dal sottoscritto utilizzando un *Geobox* della ditta *Sara Electronic Instruments* ed elaborando i dati con il software *Geoexplorer* è stato possibile indagare la frequenza di risonanza caratteristica di sito, utile a scopi ingegneristici (vedi *Relazione Sismica - Allegato VII*).



Figura 7. Ortofoto Google Earth con piano indagini eseguite nell'area di studio.



## Classificazione dell'ammasso secondo Hoek & Brown

L'esame consiste nella descrizione stratigrafica e sedimentologica delle associazioni di facies ricorrenti negli affioramenti esposti nei dintorni dell'area in esame, rilevando il numero e le caratteristiche delle discontinuità presenti nell'ammasso roccioso, successivamente confrontate con quelle definite per ammassi torbiditici standard nello specifico nella parte sinistra della carta per i flysch di Hoek & Brown (vedi figura 8). Nel caso in oggetto, l'ammasso è confrontabile con il **tipo C** (alternanze di livelli di arenarie con livelli di siltitici/peliti). Una volta definito il tipo di ammasso ed in base al numero ed alle caratteristiche delle discontinuità presenti è stato possibile definire il valore di GSI ("Geological Strength Index") che risulta pari a **38**. Le discontinuità hanno pareti ravvicinate a scabrezza media. Dopo aver determinato il valore dell'indice GSI, sono stati inseriti nel programma RocLab gli altri tre valori dei parametri di input richiesti ( $\sigma_{ci}$ ,  $m_i$ , e  $D$ , descritti in seguito).

Nel caso di ammassi rocciosi di tipo C pertanto, siccome sono alternanze regolari di litotipi con caratteristiche geotecniche diverse tra loro (vedi foto 7), i valori dei parametri di input da inserire nel modello (in particolare quelli di  $s_{ci}$  e  $m_i$ ), devono essere ottenuti mediando i valori dei parametri definiti per un litotipo arenarie ridotti del 20% in maniera cautelativa, con i valori dei parametri tipici delle siltiti ed argilliti-marnose prese per intero.

Rock Type: <input type="text" value="Flysch"/> GSI Selection: <input type="text" value="40"/> <input type="button" value="OK"/>		SURFACE CONDITIONS OF DISCONTINUITIES				
COMPOSITION AND STRUCTURE		VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR
	<b>A. Thick bedded, very blocky sandstone</b> The effect of pelitic coatings on the bedding planes is minimized by the confinement of the rock mass. In shallow tunnels or slopes these bedding planes may cause structurally controlled instability.	70	60			
	<b>B. Sandstone with thin inter-layers of siltstone</b>		50			
	<b>C. Sandstone and siltstone in similar amounts</b>		40			
	<b>D. Siltstone or silty shale with sandstone layers</b>					
	<b>E. Weak siltstone or clayey shale with sandstone layers</b>					
C, D, E and G - may be more or less folded than illustrated but this does not change the strength. Tectonic deformation, faulting and loss of continuity moves these categories to F and H.						
	<b>F. Tectonically deformed, intensively folded/faulted, sheared clayey shale or siltstone with broken and deformed sandstone layers forming an almost chaotic structure</b>			30		
	<b>G. Undisturbed silty or clayey shale with or without a few very thin sandstone layers</b>				20	
	<b>H. Tectonically deformed silty or clayey shale forming a chaotic structure with pockets of clay. Thin layers of sandstone are transformed into small rock pieces.</b>					10

→ : Means deformation after tectonic disturbance

Figura 8. Tabella per la determinazione dell'indice GSI.



Gli strati di arenarie/siltiti, in quanto “rocce che richiedono più di un colpo per essere fratturate dal martello”, hanno un valore medio di resistenza a compressione monoassiale su provino di roccia intatta ( $\sigma_{ci}$ ) pari a 75 MPa che, ridotto del 20% per le arenarie diventa 60 MPa. Per le siltiti il valore è di 35 MPa e per le argilliti-marnose, invece,  $\sigma_{ci}$  è pari a 25 MPa. Il valore di  $\sigma_{ci}$  dell'ammasso è risultato **40 MPa** (media del valore di  $\sigma_{ci}$  ridotto 20% delle arenarie con il valore di  $\sigma_{ci}$  intero delle siltiti ed argille-marnose). I range di valori di  $\sigma_{ci}$  caratteristici sono forniti direttamente dal programma RocLab in base a tabelle predefinite; i valori scelti ai fini della presente relazione sono stati confrontati con quelli disponibili in letteratura (Gattinoni P., Pizzarotti E., Scattolini E. e Scesi L. - Stabilità dei pendii e dei fronti di scavo in roccia).

Il valore medio di  $m_i$ , coefficiente della roccia intatta connesso ai caratteri petrografici ed alla tessitura della stessa, è pari a 15 per le arenarie (ridotto del 20% diventa 12), mentre per siltiti pari a 7 e le argilliti-marnose è pari a 6 (dati forniti dal software). Il coefficiente  $m_i$  ha pertanto un valore medio di **8,3** per l'ammasso roccioso analizzato. I valori caratteristici di  $m_i$  per la roccia intatta si ottengono in genere tramite l'interpolazione ai minimi quadrati di un set di risultati di prove triassiali effettuate su provini di dimensioni standard.

L'ultimo parametro di input necessario per risalire alle caratteristiche di resistenza dell'ammasso secondo Hoek & Brown è il fattore di disturbo  $D$ , a cui è stato attribuito cautelativamente valore pari a **0,7** indicato nel caso degli scavi con mezzi meccanici e visto che saranno utilizzati nella preparazione del piano di posa delle fondazioni.

### **Criterio di rottura di Hoek & Brown (2002) e linearizzazione**

Il criterio di rottura di Hoek & Brown (2002) è un metodo empirico che permette di definire i valori dei parametri di resistenza dell'ammasso roccioso partendo dai valori dei parametri definiti per la roccia intatta. Questa operazione si effettua mediante l'introduzione di coefficienti riduttivi ( $m_b$ ,  $s_b$  e  $\alpha$ ) che tengono di conto soprattutto della qualità dell'ammasso roccioso (quindi delle discontinuità presenti) e dell'effetto scala.



I valori dei coefficienti  $m_b$  (0,280),  $s_b$  (0,0001) ed  $\alpha$  (0,512) si ottengono tramite il programma RocLab applicando le seguenti formule:

$$m_b = m_i \exp [(GSI-100)/(28-14D)];$$

$$s_b = \exp [(GSI-100)/(9-3D)];$$

$$\alpha = 0,5 + 1/6 [\exp (-GSI/15) - \exp (-20/3)]$$

I valori ottenuti applicando le formule appena descritte devono essere introdotti nella formula seguente, che permette di ricavare la curva rappresentativa del criterio di rottura di Hoek e Brown:

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} [m_b (\sigma'_3/\sigma_{ci}) + s_b]^\alpha$$

$\sigma'_1$  e  $\sigma'_3$  sono gli sforzi efficaci principali massimi e minimi applicati a rottura.

Il criterio di rottura non lineare di Hoek & Brown (2002) può essere ricondotto, per semplicità, al criterio lineare di Mohr-Coulomb. La linearizzazione (Mohr-Coulomb fit), eseguita automaticamente dal software Rocklab con il metodo dei minimi quadrati, ha permesso di ricavare i seguenti valori medi dei parametri di coesione ed angolo di attrito efficace e peso di volume dell'ammasso roccioso in studio (vedi Figura 9):

$$\underline{C' = 0,142 \text{ MPA (1,44 KG/CM}^2\text{)}}$$

$$\underline{\phi' = 40^\circ}$$

$$\underline{\gamma = 2,6 \text{ T/M}^3}$$



Analysis of Rock Strength using RocLab

**Hoek-Brown Classification**  
intact uniaxial comp. strength ( $\sigma_{ci}$ ) = 40 MPa  
GSI = 39 mi = 8 Disturbance factor (D) = 0.7  
intact modulus (E) = 12000 MPa

**Hoek-Brown Criterion**  
mb = 0.280 s = 0.0001 a = 0.512

**Mohr-Coulomb Fit**  
cohesion = 0.142 MPa friction angle = 40.69 deg

**Rock Mass Parameters**  
tensile strength = -0.021 MPa  
uniaxial compressive strength = 0.432 MPa  
global strength = 2.652 MPa  
deformation modulus = 661.05 MPa

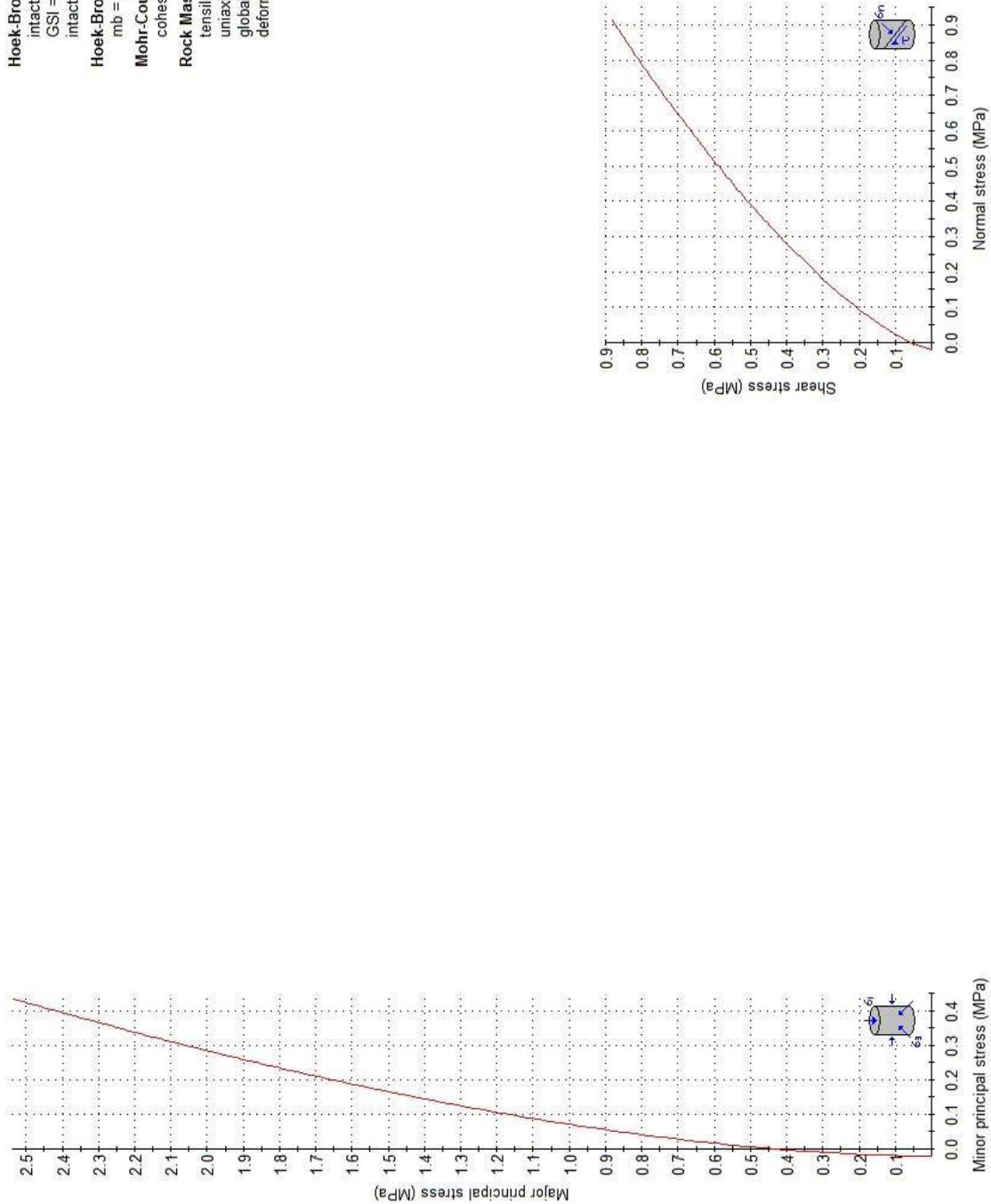


Figura 9. Risultati elaborati con il software RocLab.



## 7. Modellizzazione e caratterizzazione geologica sottosuolo



Figura 10. Mappa con la traccia sezione AB.

L'attento rilevamento di campagna, il rilievo geo-meccanico eseguito, la conoscenza maturata del sottoscritto nel contesto geologico all'intorno dell'area di studio e grazie a lavori precedentemente svolti nell'area di studio è stato possibile discretizzare il sottosuolo interessato dall'opera, permettendo di riconoscere con buona precisione lo spessore delle coltri sedimentarie superficiali e la profondità del substrato roccioso lungo la sezione AB (vedi Figura 10).

L'attribuzione dei valori medi ai parametri geotecnici in questo caso, visto il bedrock roccioso affiorante/subaffiorante è stata effettuata integrando le informazioni ottenute con il metodo di Hoek e Brown per la caratterizzazione degli ammassi rocciosi, confrontando i valori ottenuti i con dati provenienti da altri lavori svolti dallo scrivente nei dintorni dell'area in studio, considerando perciò un volume maggiore di terreno, confrontandoli infine con dati bibliografici (W.T Lambe e R.V. Whitman - Meccanica dei Terreni, P.Colombo - Elementi di Geotecnica, J.Bowles - Fondazioni).



Pertanto, per le finalità dello studio, il sottosuolo può essere schematizzato mediante l'assunzione del seguente modello geologico-geotecnico ricavato lungo la sezione AB (vedi Figura 11):

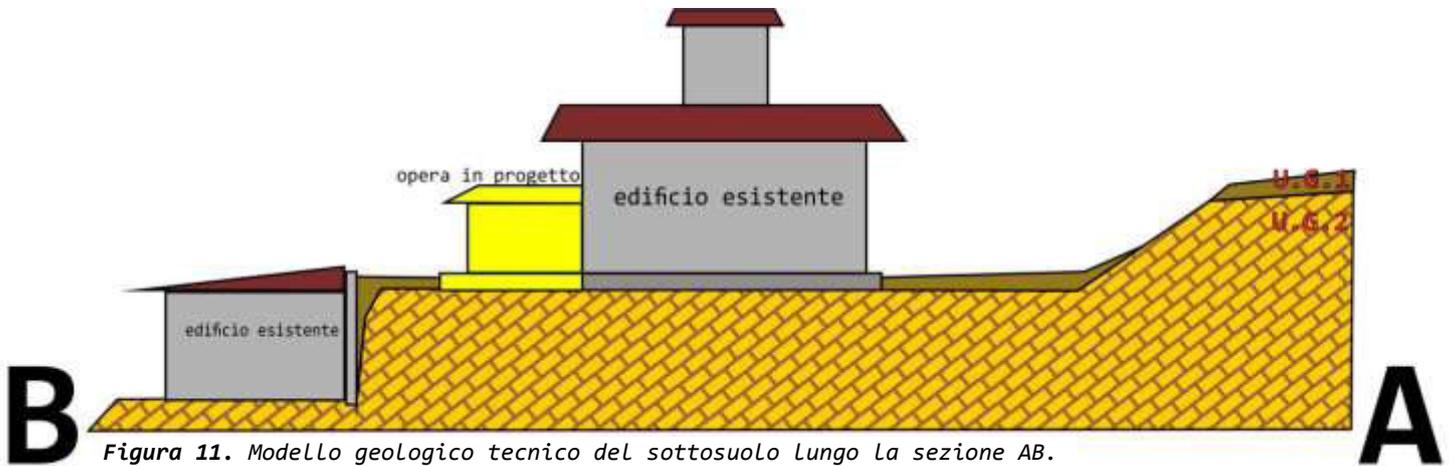


Figura 11. Modello geologico tecnico del sottosuolo lungo la sezione AB.

**-UNITA' GEO-LITOTECNICA 1 (U.G.1):** copertura detritica derivante da alterazione del substrato roccioso, composta da frammenti lapidei di natura arenacea, immersi in matrice limo-sabbiosa. L'orizzonte manca in alcuni punti dell'area d'indagine, dove la roccia affiora direttamente, lo spessore medio dal p.c. a -0,80 metri al di sotto della sezione AB di riferimento sotto il fabbricato oggetto di progetto. Tuttavia si possono considerare i seguenti parametri geotecnici medi:

Litologia	Profondità dal p.c.(m)	Peso di Volume (t/m <sup>3</sup> )	$\phi(^{\circ})$	C' (Kg/cm <sup>2</sup> )
Copertura detritica	0,00 - 0,80	1,70	26	0,01

**-UNITA' GEO-LITOTECNICA 2 (U.G.2):** substrato roccioso arenaceo (da -0,8 m dal p.c. in profondità) costituente il substrato roccioso su cui si poggeranno le fondazioni superficiali dell'edificio: litofacies caratterizzata da alternanza strati arenarie/siltiti a peliti marnose, *Membro del Poggio del Belveduto - MAC 2* della formazione del Macigno, affiorante/sub affiorante in posto e continuo in profondità.

Litologia	Profondità dal p.c.(m)	Peso di Volume (t/m <sup>3</sup> )	$\phi(^{\circ})$	C' (Kg/cm <sup>2</sup> )
Arenarie, siltiti e peliti marnose	Da -0,80 in profondità	2,4	40°	1,40



---

In generale il substrato di base roccioso, la litofacies arenacea della formazione del Macigno, nell'area di intervento (fondazioni dell'edificio oggetto di ristrutturazione) si rinviene alla profondità di circa -0,8 m dal p.c., si dovrà quindi provvedere ad attestare le opere fondali superficiali ad una profondità di circa -0,80 m dal p.c. andando perciò a rimuovere la parte superficiale di coltre d'alterazione del substrato roccioso.

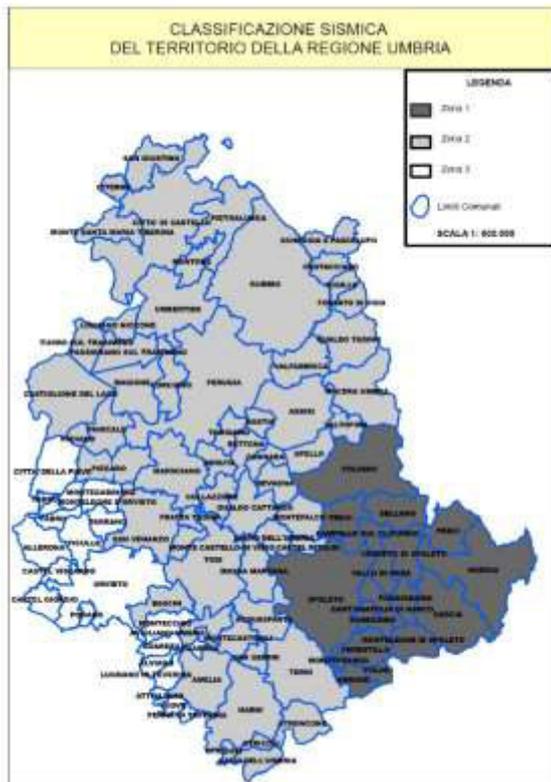
### **Cedimenti**

Poiché le opere fondali saranno attestate sul substrato litoide (Unità U.G.2), viste le caratteristiche di incomprimibilità del litotipo arenaceo, si potranno prevedere cedimenti del tutto trascurabili in quanto ad entità assoluta e differenziale. Tuttavia sarà fondamentale l'esecuzione dello scavo superficiale per la posa delle fondazioni fino alla quota descritta (-0,80 m) per asportare la coltre d'alterazione.



## 8. Pericolosità Sismica

### Classificazione sismica



Con Deliberazione della Giunta Regionale 18 settembre 2012, n. 1111 è stato approvato un aggiornamento della classificazione sismica della Regione Umbria, redatto ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006, n. 3519 e ritenuto opportuno al fine di rendere la classificazione sismica regionale maggiormente aderente all'approccio sito-dipendente introdotto dal Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008. Tali studi si basano essenzialmente sulle conoscenze derivanti dai cataloghi dei terremoti, dalle ricerche sulla zonazione sismogenetica, dagli studi delle relazioni di attenuazione del moto del suolo e dalle valutazioni di

$a_{max}$  (accelerazione massima) attesa con determinati tempi di ritorno.

Il Comune di Tuoro Sul Trasimeno risulta compreso in zona sismica 2,  $a_g=0,1648$  con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (vedi Figura 12).

### Sorgenti sismogenetiche

La zona sismogenetica ZS9 di cui alla mappa di pericolosità sismica dell'INGV, alla quale appartiene l'area indagata, è la 920 (Val di Chiana - Ciociaria). Le informazioni sulla sismicità più recente (dal 1981) indicano, per il tratto di Appennino posto in corrispondenza delle Province di Arezzo e di Perugia, una frequente ed intensa attività concentrata nell'alto Appennino Forlivese (sistema di faglie Santa Sofia-Casteldelci), nel margine nord-occidentale del Mugello, nella fascia toscana dell'alta Val Tiberina e nell'Appennino Umbro-Marchigiano. La zona del Casentino mostra un'attività piuttosto ridotta, così come i bacini del Valdarno Superiore e della Val di Chiana, con concentrazioni di eventi leggermente maggiore solamente in corrispondenza dei Monti del Chianti. Il territorio del Comune di Tuoro sul Trasimeno è posto al limite dei distretti



sismici del Casentino-Mugello-Appennino Forlivese e dell'alta Val Tiberina/Appennino Umbro-Marchigiano-Romagnolo. Tali distretti fanno parte della sezione centro-meridionale dell'*Etrurian Fault System* (EFS; Boncio et al., 2000), complesso sistema attivo che si estende per circa 350 km in direzione appenninica dalla Lunigiana all'Umbria meridionale, contraddistinto da un sistema di faglie normali a basso angolo ( $30^\circ$ ) che bordano i bacini della Lunigiana-Garfagnana, del Mugello-Casentino e dell'alta Valle del Tevere. L'EFS delimita due settori caratterizzati da differente grado di sismicità: ad ovest dell'EFS la sismicità è in genere bassa, con terremoti superficiali ( $h \leq 7$  km) di bassa magnitudo ( $M_w < 5$ ) mentre ad est dell'EFS gli eventi sono localizzati anche nella crosta inferiore ( $h = 15$  km-20 km), con magnitudo che, in alcuni casi, ha raggiunto 6,8. La porzione meridionale dell'EFS, che interessa più da vicino l'area in studio, coincide con l'alta Val Tiberina. L'elevata sismicità della zona in questione e dell'area umbro-marchigiana, secondo i modelli più accreditati, è legata all'attività di una *master fault* (Faglia Alto-Tiberina - ATF) che immerge verso nord-est con basso angolo ( $< 30^\circ$ ) al di sotto della catena appenninica e, soprattutto, delle numerose faglie sintetiche ed antitetiche alla ATF, maggiormente inclinate (allineamento Gubbio-Colfiorito-Valnerina). La ATF è individuata come superficie di scollamento basale dell'intero cuneo della Romagna-Umbria-Marche, estruso verso nord-est sotto la spinta del settore orientale della piattaforma Laziale-Abruzzese.

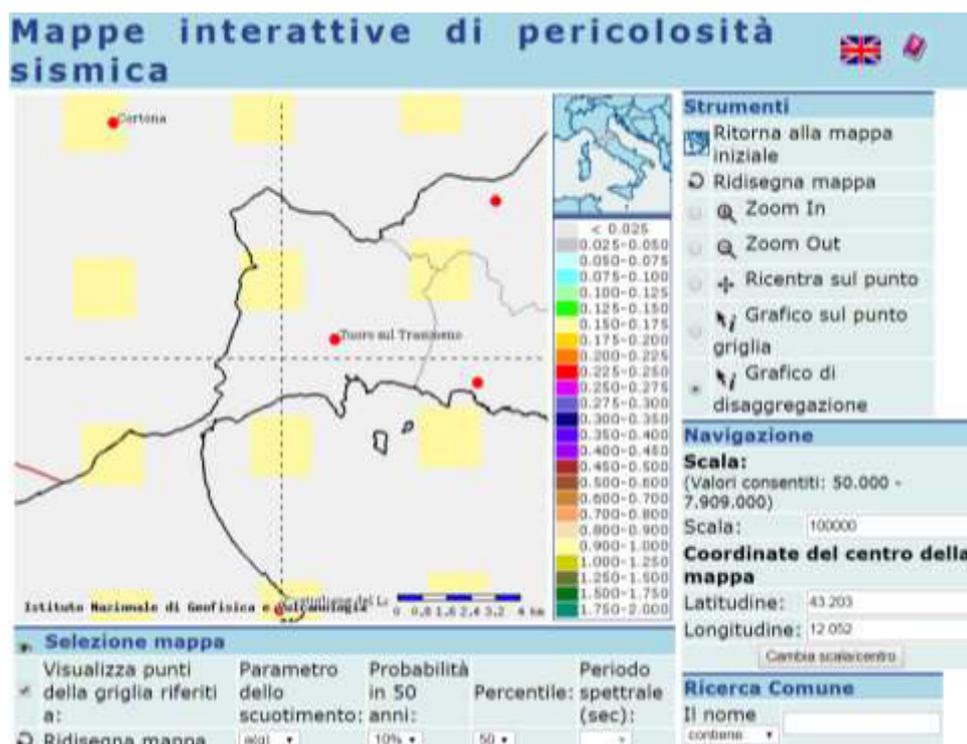


Figura 12. Mappa della pericolosità sismica all'intorno dell'area di studio. (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

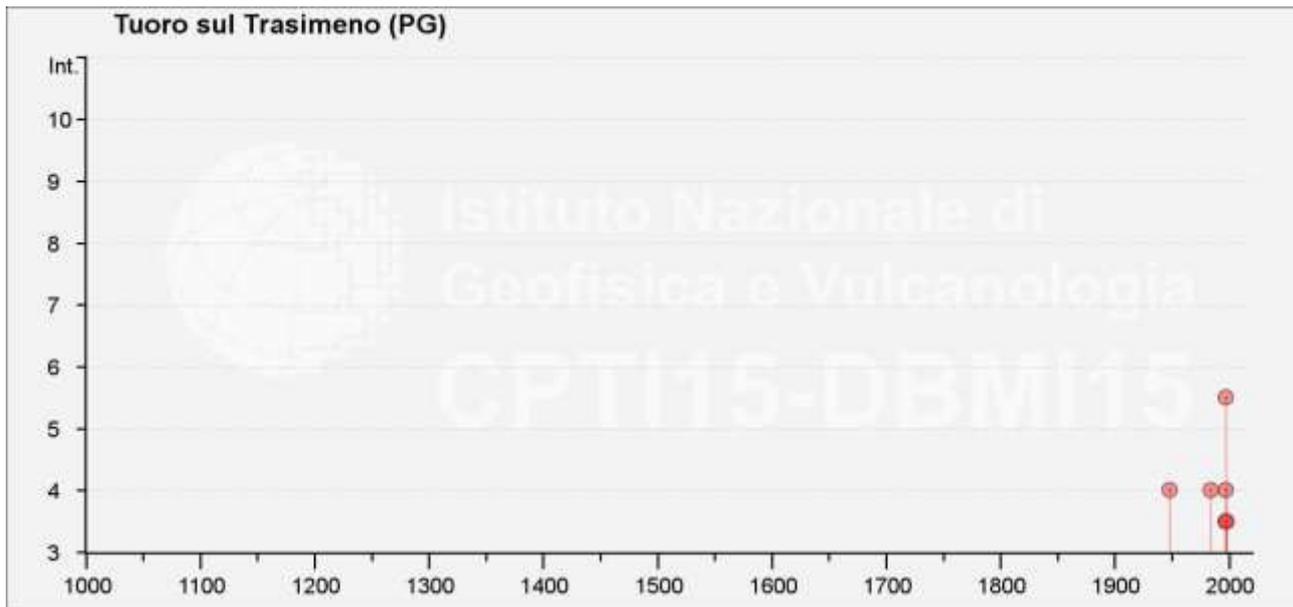


## Sismicità storica: eventi principali

Se si escludono i dati strumentali degli ultimi 30 anni, i parametri relativi ai singoli terremoti riportati nei cataloghi attualmente disponibili sono stati dedotti dalle intensità macrosismiche e dalla conseguente applicazione di correlazioni intensità macrosismica-magnitudo, variabili in base alla posizione geografica dell'area epicentrale ed alla profondità dell'ipocentro.

Per quanto concerne l'area in studio, nella tabella seguente sono elencati gli eventi principali occorsi nelle aree contermini (fonti consultate: CFTI4med, DBMI11 e dati della Rete Sismica Nazionale):

Effetti							
Int.	Anno	Me	Gi	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
	Ho	Mi	Se				
4	1948	06		Alta Valtiberina	142	7	5.04
	13	06	33 3				
2-3	1951	08		Gran Sasso	94	7	5.25
	08	19	56				
NF	1980	11		Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
	23	18	34 5				
4	1984	04		Umbria settentrionale	709	7	5.62
	29	05	02 5				
2	1986	10		Monti Sibillini	322	5-	4.46
	13	05	10 0			6	
NF	1987	07		Costa Marchigiana	359	7	5.06
	03	10	21 5				
NF	1990	05		Alta Valtiberina	64	5	3.77
	08	22	33 1				
NF	1993	06		Valle del Topino	90	5-	4.39
	04	21	36 5			6	
NF	1993	06		Valle del Topino	326	6	4.72
	05	19	16 1				
5-6	1997	09		Appennino umbro-marchigiano	869	8-	5.97
	26	09	40 2			9	
4	1997	10		Appennino umbro-marchigiano	490		5.22
	03	08	55 2				
3-4	1997	10		Appennino umbro-marchigiano	437		5.47
	06	23	24 5				
3-4	1998	04		Appennino umbro-marchigiano	395		4.78
	05	15	52 2				
NF	2005	12		Val Nerina	350	5	4.14
	15	13	28 3				
NF	2006	10		Anconetano	287	5	4.21
	21	07	04 1				



#### Approccio per la definizione dell'azione sismica

Per la valutazione della risposta sismica locale si può ricorrere all'approccio semplificato, essendo le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni riconducibili alle categorie definite nella *Tab. 3.2.II* del D.M. 17.01.2018. In particolare in riferimento alla classificazione sismica del territorio contenuta nel D.M. 17.01.2018, per la determinazione del modello sismo-stratigrafico e della categoria di sottosuolo, sono state eseguite in corrispondenza del lotto in esame: un'indagine sismica MASW, una HVSR, eseguite dal sottoscritto (*vedi Allegato XII - Relazione sismica*).

Grazie all'indagini MASW in onde R è stato possibile misurare le Vs ed in particolare i valori medi delle velocità delle onde di taglio negli strati fino ad intercettare il bedrock sismico. Anche se nel sito affiora/subaffiora la formazione rocciosa, tuttavia per i primi metri di profondità risulta essere un ammasso roccioso alterato con valori delle velocità di taglio che aumentano con la profondità così come le proprietà meccaniche dei terreni. Questo risultato in relazione alla ben nota tabella di classificazione delle categorie di sottosuolo, consente quindi di identificare il sito oggetto di studio nella categoria "B" secondo le NTC 2018 (vedi Figura 13).



Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Figura 13. Tab.3.2. II del D.M. 17.01.2018 Categorie del sottosuolo secondo Le NTC2018.

### Categoria topografica

Visto l'assetto morfologico che si riscontra in corrispondenza dell'area di studio, la categoria topografica assegnata è la **T2** (pendii con inclinazione media  $i > 15^\circ$  - Tabella 3.2 III del D.M. 17 gennaio 2018), a cui corrisponde un coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$  pari a 1,2.

### Parametri Sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Muro rigido: 0

Sito in esame.

latitudine: 43,199549

longitudine: 12,04955

Classe: 2

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 22733 Lat: 43,1751 Lon: 11,9818 Distanza: 6131,192

Sito 2 ID: 22734 Lat: 43,1760 Lon: 12,0503 Distanza: 2624,851

Sito 3 ID: 22512 Lat: 43,2260 Lon: 12,0491 Distanza: 2935,864

Sito 4 ID: 22511 Lat: 43,2251 Lon: 11,9805 Distanza: 6271,439

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T2



Periodo di riferimento: 50anni  
Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %  
Tr: 30 [anni]  
ag: 0,054 g  
Fo: 2,530  
Tc\*: 0,260 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %  
Tr: 50 [anni]  
ag: 0,066 g  
Fo: 2,544  
Tc\*: 0,271 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %  
Tr: 475 [anni]  
ag: 0,155 g  
Fo: 2,463  
Tc\*: 0,290 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %  
Tr: 975 [anni]  
ag: 0,194 g  
Fo: 2,462  
Tc\*: 0,297 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss: 1,200  
Cc: 1,440  
St: 1,200  
Kh: 0,015  
Kv: 0,008  
Amax: 0,759  
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,200  
Cc: 1,430  
St: 1,200  
Kh: 0,019  
Kv: 0,009  
Amax: 0,926  
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,200  
Cc: 1,410  
St: 1,200  
Kh: 0,053



Kv: 0,027

Amax: 2,186

Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,200

Cc: 1,400

St: 1,200

Kh: 0,067

Kv: 0,033

Amax: 2,735

Beta: 0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru

Coordinate WGS84

latitudine: 43.198585

longitudine: 12.048594

## Liquefazione

Il fenomeno della liquefazione sismica durante i terremoti interessa in genere i terreni finemente sabbiosi e/o sabbioso limosi, sostanzialmente sciolti, a granulometria uniforme e saturi; in tali terreni le sollecitazioni indotte dal sisma possono determinare un aumento delle pressioni interstiziali fino ad eguagliare la pressione di confinamento, annullare la resistenza al taglio efficace e determinare, di conseguenza, una condizione di stato fluido.

La probabilità che un terreno raggiunga tale condizione dipende pertanto da diversi fattori tra i quali: il grado di addensamento, la granulometria, la profondità della falda, la magnitudo dell'evento sismico. Dalle osservazioni in zone colpite da liquefazione si deduce che generalmente il fenomeno interessa aree caratterizzate da terremoti con magnitudo superiore o uguale a 5.0, con falda prossima al p.c. e spessori di terreno fino a circa 15 m di profondità.

Nel caso specifico, sulla base del modello geologico riferito al volume significativo dell'opera in progetto, si evidenzia la presenza di bed-rock roccioso affiorante/subaffiorante, perciò il sito non risulta fra quelli suscettibili al fenomeno della liquefazione.



## 9. Considerazioni finali

Lo studio geologico effettuato presso l'Azienda Agricola Montemelino, in Via Fonte S. Angelo 15 nel Comune di Tuoro s/T (PG), al fine di valutare la fattibilità dell'intervento edilizio in progetto (ampliamento porticato adiacente ad edificio esistente), ha evidenziato la presenza di un substrato roccioso affiorante/sub-affiorante caratterizzato dall'alternanza di strati di arenarie a sottili strati di siltiti ed argilliti marnose, riconducibili al *membro del Poggio del Belvedere* (MAC2), della formazione del Macigno secondo la letteratura, in particolare nella parte inferiore del membro, quella caratterizzata dalla componente arenacea maggiore rispetto la componente pelitico-marnosa ( $A/P > 1$ ). La resistenza dell'ammasso roccioso al di sotto della debole copertura (circa 0,80 m) è buona e migliora gradualmente all'aumentare della profondità, perciò si consigliano per il piano di posa delle fondazioni dell'opera in progetto, di asportare i primi 0,80 m di terreno e roccia alterata ed attestare le fondazioni superficiali, al di sopra del substrato roccioso. In generale si osserva un miglioramento graduale della resistenza dei terreni all'aumentare della profondità.

Visto il modello geologico-geotecnico ottenuto a seguito dell'interpretazione dei dati acquisiti secondo le osservazioni effettuate dal rilievo geo-meccanico, dalle indagini sismiche MASW/HVSR e dalla consultazione dei risultati di indagini pregresse, eseguite in contesti geologici confrontabili con quello riscontrato nel lotto in esame, è stata attribuita all'area di intervento la categoria di sottosuolo B.

In aggiunta i risultati dello studio hanno evidenziato che il sito non presenta problematiche tali da condizionare negativamente la fattibilità geologica dell'intervento: in particolare in un'area non interessata da pericolosità idrogeologica, ne sono presenti fenomeni rilevanti di dissesto in atto o potenziale, come risulta anche dalla consultazione delle tavole PAI, progetto IFFI e tavole PRGS del Comune di Tuoro sul Trasimeno.

Il modello geologico proposto dovrà essere verificato e, se necessario, integrato in fase esecutiva, al fine di garantire il livello prestazionale atteso dal manufatto.

Passignano sul Trasimeno, 12 novembre 2018

Dott. Geol. Alessandro Bigerna



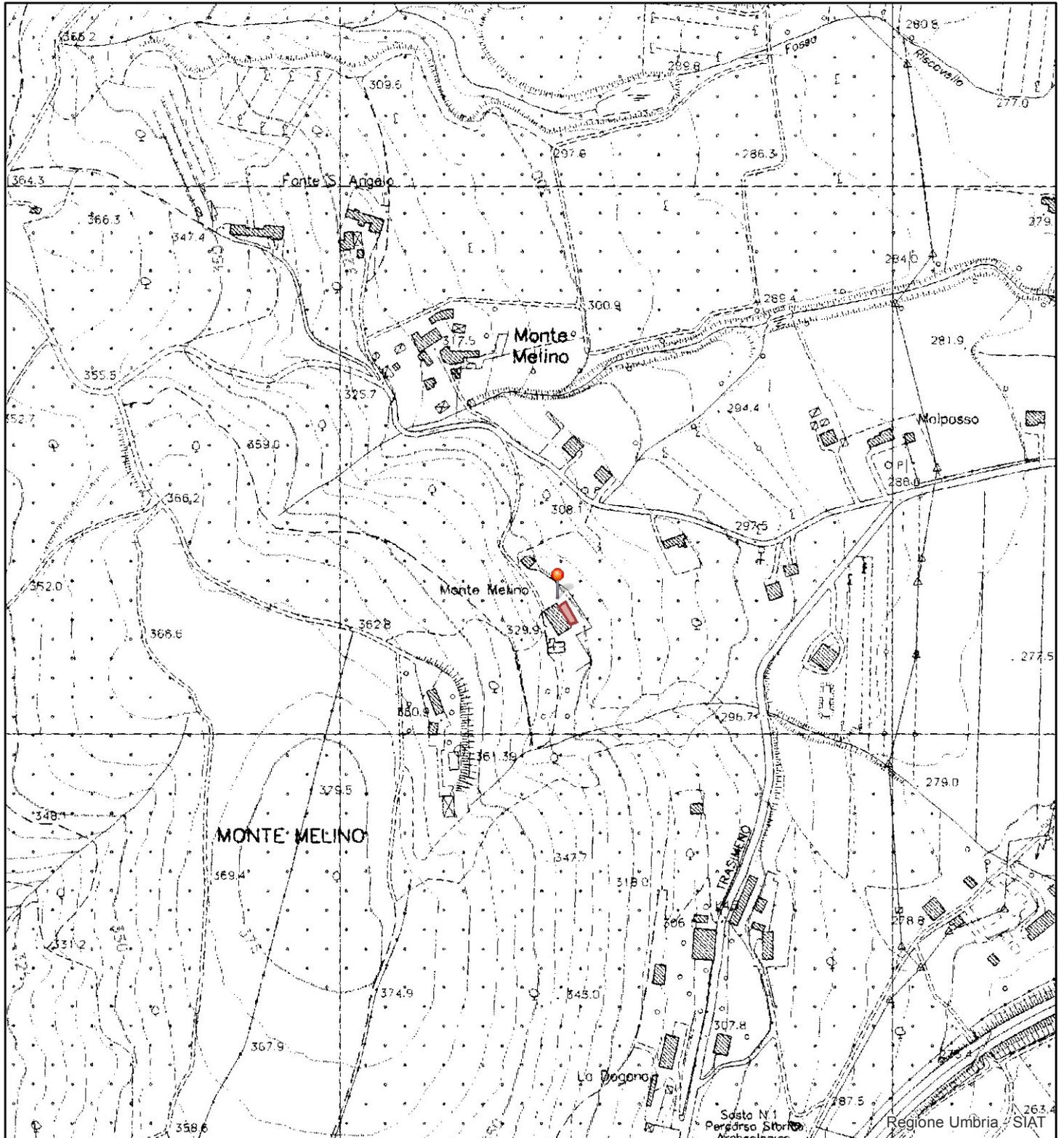


---

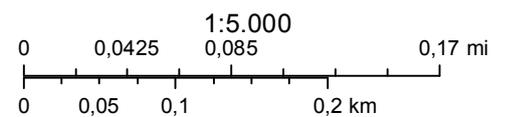
## 10. Allegati

- I. Estratto di CTR scala 1:5.000
- II. Estratto di mappa catastale scala 1:2.000
- III. Estratto di carta pericolosità PAI scala 1:10.000
- IV. Estratto carta IFFI scala 1:10.000
- V. Estratto carta dei vincoli idrogeologici PGRS scala 1:10.000
- VI. Certificazione vincolo idrogeologico
- VII. Relazione sismica

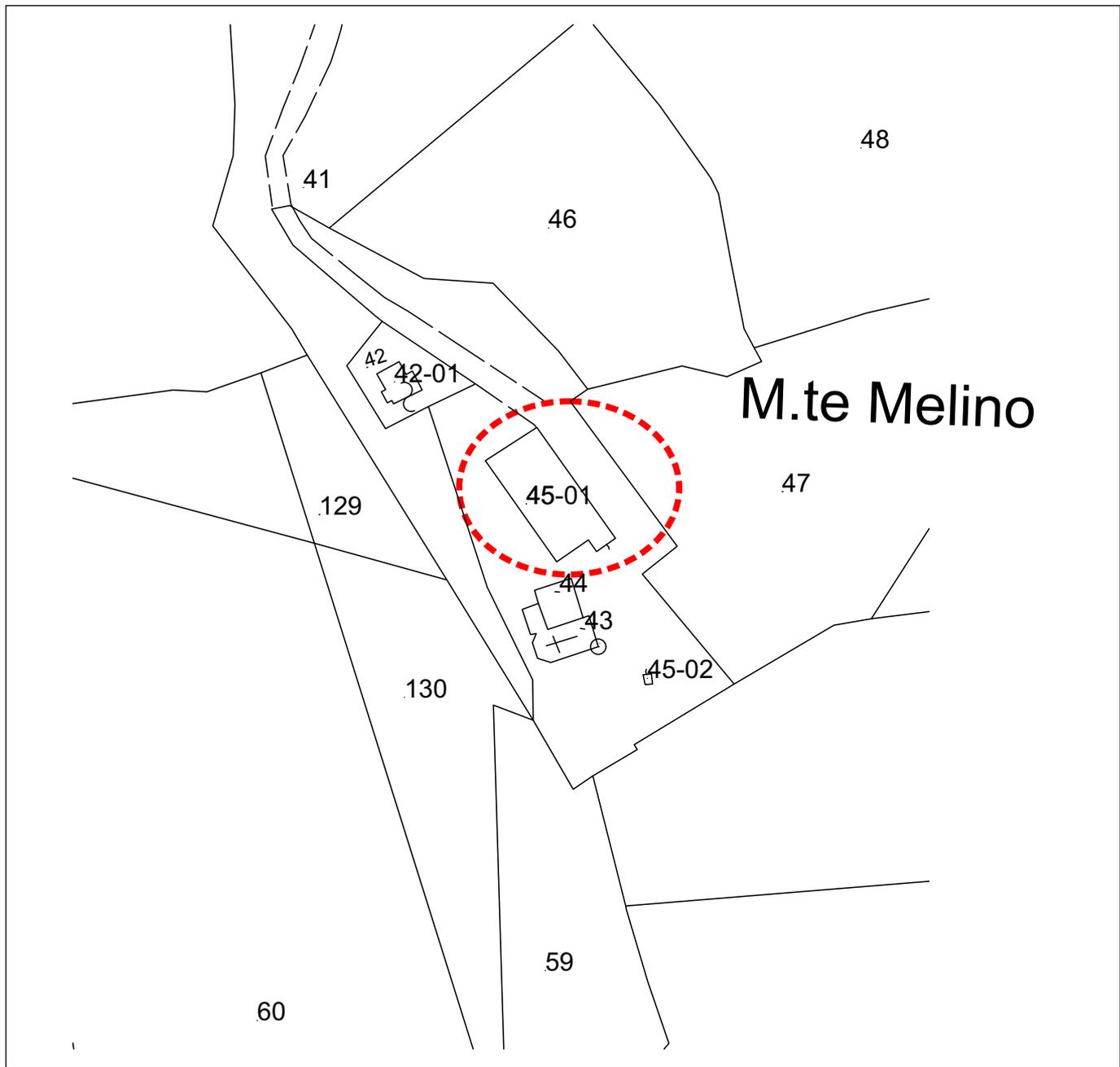
## Allegato I - C.T.R. 1:5.000



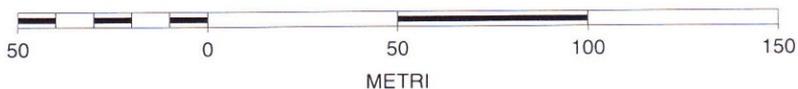
02 novembre 2018



Comune di Tuoro s/T  
Estratto di Mappa  
Foglio 22 Particella 45

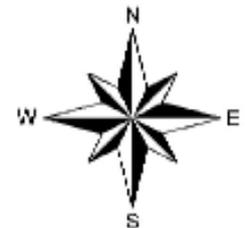


SCALA 1 : 2 000



 Area di studio

# Estratto Inventario Eventi Franosi PAI



## Legenda

### Inventario dei fenomeni franosi

fenomeno attivo	fenomeno quiescente	fenomeno latente*	fenomeno presunto	
				frana per crollo o ribaltamento
				frana per scivolamento
				frana per colamento
				frana complessa
				area con franosità diffusa
				area interessata da deformazioni gravitative profonde (DGPV)
				area interessata da deformazioni superficiali lente e/o siflusso
				falda e/o cono di detrito
				debris flow (colata di detrito)

fenomeno attivo	fenomeno quiescente	fenomeno latente*	fenomeno presunto	
				area a cianchi o in erosione
				frana presunta
				orlo di scarpata di frana
				frana non cartografabile

### Situazioni di rischio da frana

	R4 - 'molto elevato'
	R3 - 'elevato'

Area di studio





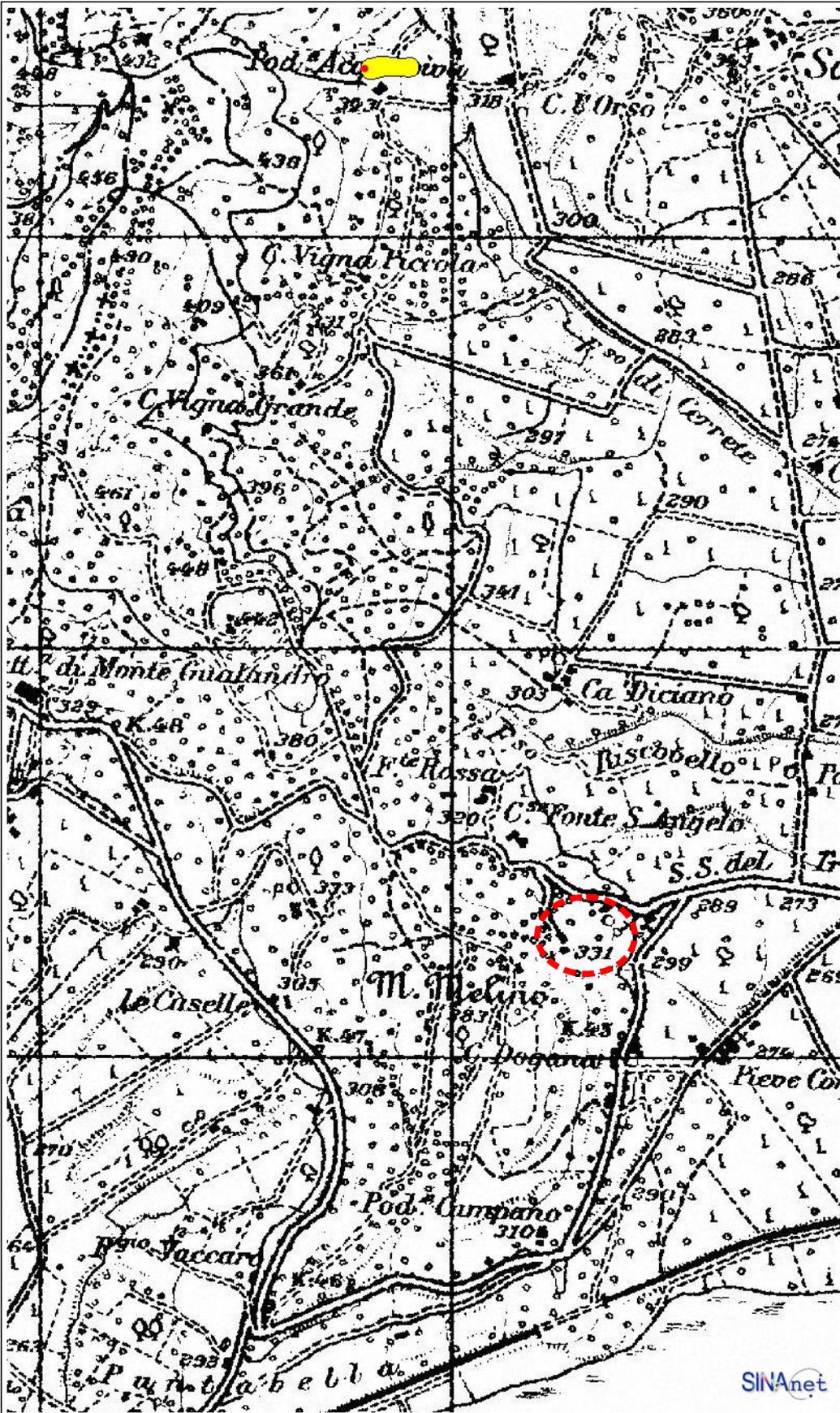
**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



# PROGETTO IFFI

Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia



### Layer IFFI

#### Punto Identificativo del Fenomeno Franoso

- Scheda frane di 1° Livello
- Scheda frane di 2° Livello
- Scheda frane di 3° Livello

#### Tipologia di frana

- Crollo/ribaltamento
- Scivolamento rotazionale/traslattivo
- Espansione
- Colamento lento
- Colamento rapido
- Sprofondamento
- Complesso
- N.D.
- DGPV
- Aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi
- Aree soggette a sprofondamenti diffusi
- Aree soggette a frane superficiali diffuse
- Frane lineari

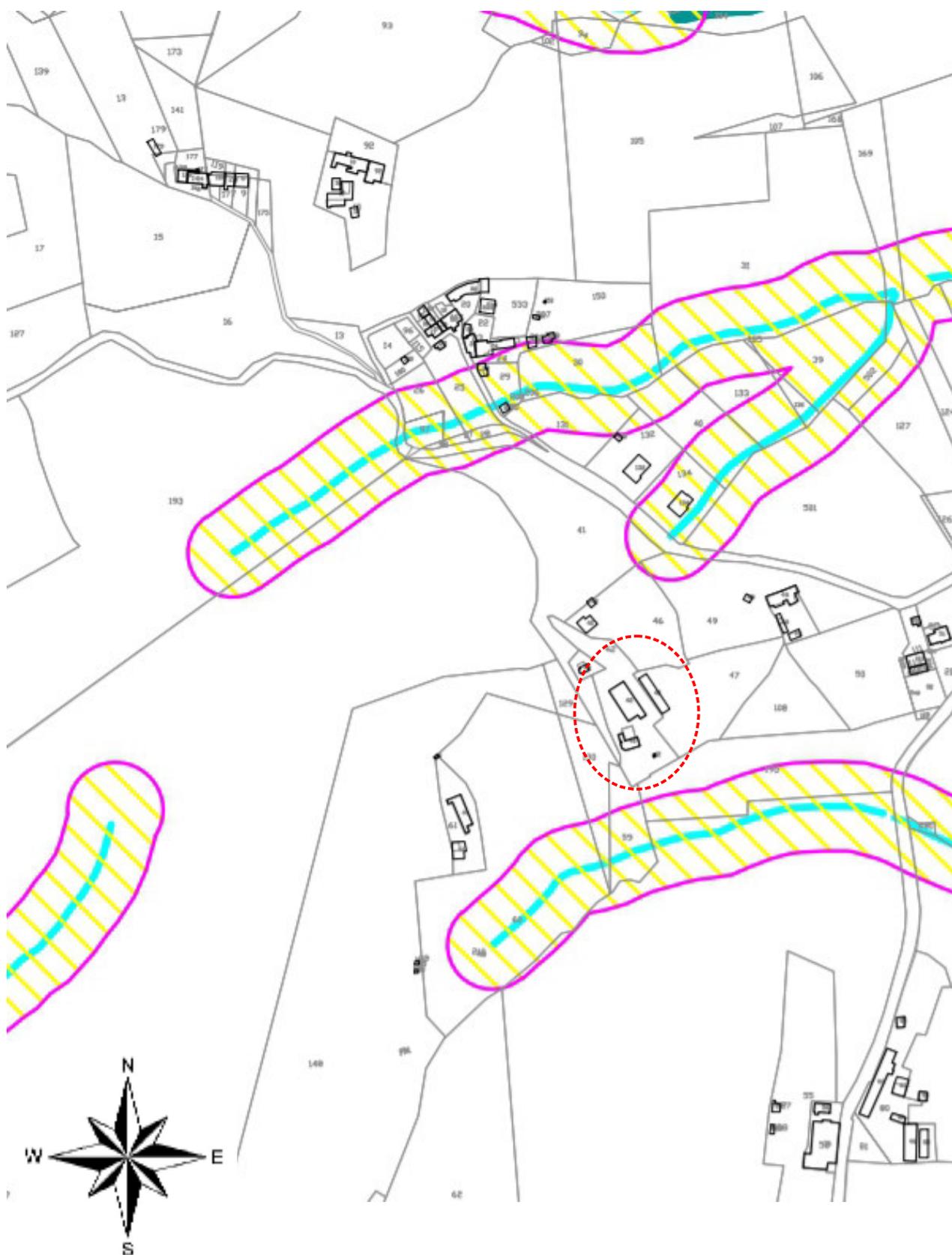
○ Area di studio

SINAnet

SCALA: 1:15.000  
 PROIEZIONE: UTM 33  
 DATUM: WGS84  
 CARTOGRAFIA: UMBRIA

COORDINATE  
 N.O. E: 258.850 N: 4.789.370  
 S.E. E: 260.870 N: 4.785.940  
 DATA: 04/11/2018

# Carta Vincoli Idrogeologici



FASCIA DI RISPETTO DEI CORSI D'ACQUA (fuori dai centri abitati)



CORSI D'ACQUA



Area di studio

**Al Comune di Tuoro sul Trasimeno**  
**AREA TECNICA**  
**Urbanistica e Commercio**  
Piazza del Municipio n.1  
06069 Tuoro sul Trasimeno

## **CERTIFICAZIONE IN MATERIA IDROGEOLOGICA**

L.R. 1/2015 Art. 127 "Testo unico governo del territorio e materie correlate"

**RELATIVA AL PROGETTO PER:** Relazione geologica con modello geotecnico di supporto al progetto di realizzazione di un porticato adiacente ad edificio esistente.

**PROPRIETA':** Azienda Agricola Montemelino

**LOCALITA':** Monte Melino

**DATI CATASTALI FG:** 22

**DESTINAZIONE PRG VIGENTE:** \_\_\_\_\_ **PRG ADOTTATO:** \_\_\_\_\_

I sottoscritti:

Ing. Mauro Cruccolini

In qualità di progettista,

e

Dott. Geol. Alessandro Bigerna con studio in Via del Verde 9 - 06065 Passignano s/T, iscritto all'Albo dei Geologi della Regione Umbria, con il n.557 In qualità di Geologo, per la pratica edilizia n..... del....., presentata con istanza prot. n.....del.....,

### **CONSIDERATO**

Che le opere in progetto interessano terreni catastalmente censiti al Foglio 22 del Comune di Tuoro sul Trasimeno, particella n. 45 i quali risultano vincolati a scopi idrogeologici, a norma del R.D. 30/11/1923, n. 3267

Ai sensi della Art L.R. 1/2015 Art. 127

### **CERTIFICANO**

1. la compatibilità degli interventi edilizi con le condizioni geologiche, geomorfologiche ed idrauliche dei territori;
2. che risulta garantito l'ordinato assetto idrogeologico e la stabilità dei terreni e dei versanti, oltre che la tutela delle falde idriche e la corretta regimazione delle acque superficiali;
3. la conformità dei lavori in oggetto ai piani di settore.

I contenuti di tali valutazioni sono esplicitati nella relazione geologica ed idrogeologica allegata al progetto edilizio a firma dello scrivente Geologo.

I sottoscritti precisano che all'istanza del titolo abilitativo non si allega copia della ricevuta di trasmissione dei documenti di cui al comma 10 bis dell'art. 22-bis L.R. 1/2004 in materia idrogeologica, in quanto l'Ente

Comunità Montana Monti del Trasimeno preposto alla gestione del Vincolo Idrogeologico non si esprime in **aree** che, come risulta quella in oggetto, sono classificate “**edificabili**” ai sensi del vigente e adottato P.R.G.

Tuoro sul Trasimeno..... **14 NOV. 2018** .....

IL PROGETTISTA

IL GEOLOGO



N.B.

Visto che in base al regolamento regionale n. 7/2002 di attuazione alla L.R. 28 del 19/11/2001 per quanto attiene le **aree edificabili ricomprese in zona sottoposta a vincolo idrogeologico** vale quanto previsto dall'art. 109 del richiamato R. R. N. 7 del 17/12/2002 che prevede che la competenza è del Sindaco ai sensi dell'art. 16 della L. R. 8 giugno 1984, pertanto il permesso di costruire è da intendersi anche quale AUTORIZZAZIONE AI FINI IDROGEOLOGICI PER LA REALIZZAZIONE DELLE OPERE IN OGGETTO;

Ai fini del vincolo idrogeologico rispettare le seguenti prescrizioni:

1. I lavori di scavo devono essere contenuti allo stretto necessario;
2. L'eventuale materiale di risulta sia collocato in zone idonee prive di vegetazione forestale, all'interno della proprietà evitando la formazione di cumuli d'intralcio al normale deflusso idrico della zona. Qualora detto materiale non possa essere collocato all'interno della proprietà sia portato a pubblica discarica;
3. L'esecuzione degli sbancamenti deve essere effettuata con la massima cautela rispettando tutte le relative norme di sicurezza;
4. L'esecuzione dei lavori deve essere eseguita il più celermente possibile, mettendo in atto tutti i presidi tecnici necessari al contenimento delle terre smosse ed al regolare deflusso delle acque superficiali;
5. I muri di contenimento del terreno devono essere realizzati nel rispetto delle norme vigenti in materia di stabilità dei rilevati e dei pendii naturali di cui al D.M. 11/03/1988; deve essere inoltre realizzata a tergo degli stessi un idoneo vespaio (con materiale arido di elevata pezzatura) per tutta l'altezza, con alla base canalette o tubi finestrati in PVC per consentire la raccolta ed il deflusso delle acque di percolazione sotterranea e per la dissipazione delle tensioni neutre;
6. Le nuove scarpate e quelle esistenti (così come tutte le zone movimentate) dovranno essere prontamente inerbite con idonee essenze erbacee ed arbustive con buon apparato radicale ed a rapido accrescimento in grado di contenere il dilavamento e l'erosione del terreno;
7. La sistemazione definitiva dell'area interessata dai lavori e dell'intero lotto dovrà prevedere una corretta regimazione delle acque superficiali evitando ruscellamenti ed infiltrazioni nell'area d'imposta dei muri;
8. Rispettare i termini di progetto e le indicazioni contenute nella Relazione Geologica;
9. Dovranno essere rispettati i termini di cui alla D.G.R. n. 674 del 27/04/2006 – “Atto di indirizzo art. 45 comma 1 lettera f) L.R. 1/04 per la disciplina delle modalità relative ai movimenti terra” con le integrazioni apportate dalla DGR. 1064/2009;
10. Qualora la realizzazione dell'opera in progetto comporti l'abbattimento di piante vincolate ai sensi della L.R. 28/01 ( ex L.R. 49/87), dovrà essere richiesta l'autorizzazione della Comunità Montana “Monti del Trasimeno”;
11. Prima dell'inizio dei lavori avvisare il locale Comando Stazione del Corpo Forestale dello Stato.

Gli interventi previsti ai fini del vincolo idrogeologico devono essere realizzati **entro trentasei mesi dalla data del rilascio della presente autorizzazione.**

Allegato VII

**Relazione sismica**

COMUNE DI Tuoro sul Trasimeno



**STUDIO SISMICO CON L'UTILIZZO DI:  
MASW E HVSR PER PROGETTO DI  
"REALIZZAZIONE DI UN PORTICATO  
ADIACENTE AD EDIFICIO ESISTENTE IN  
LOC. MONTE MELINO NEL COMUNE DI  
TUORO SUL TRASIMENO (PG)".**



08 NOVEMBRE 2018



## PREMESSA

Il sottoscritto Geol. Alessandro Bigerna, nei giorni 05-06 novembre 2018, ha effettuato delle indagini sismiche di supporto al progetto di costruzione di un fabbricato ad uso abitativo presso località "Monte Melino" nel Comune di Tuoro sul Trasimeno (vedi il piano delle indagini in figura 1 sotto).

A questo scopo sono stati realizzati:

- n. 1 misurazione sismica passiva HVSR (vedi foto 1)
- n. 1 profili acquisizione sismica con metodologia M.A.S.W.(vedi foto 2)

La relazione che segue, redatta nello spirito dell'Art. 41 D.P.R. 328/01, ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018 (N.T.C) e del Regolamento regionale n.2 del 7/02/2012, ne riferisce le risultanze.



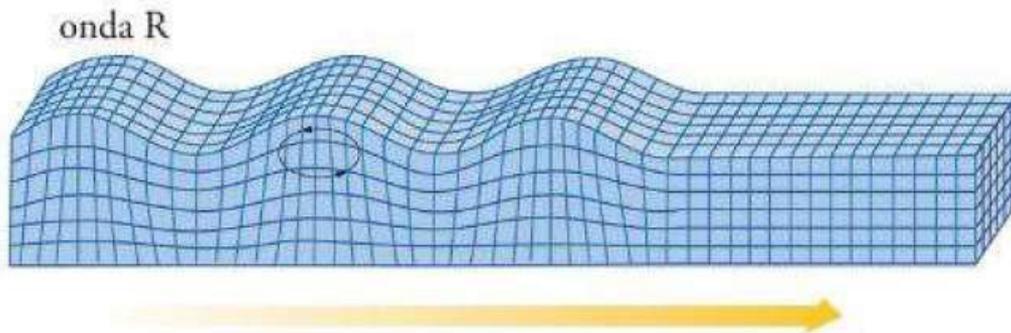
Figura 1. Posizionamento indagini sismiche su ortofoto Google Earth dell'area di studio.



## CENNI TEORICI SU PROSPEZIONI GEOFISICHE

### MASW in onde R (componente verticale)

Le indagini MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) consentono di analizzare le onde superficiali registrate contemporaneamente per mezzo di geofoni posti in linea collegati ad un sismografo multicanale, con lo scopo di ottenere profili Vs-z (velocità delle onde di taglio - profondità). Ai fini del presente elaborato è stata analizzata la componente verticale delle onde di Rayleigh (o onde R).



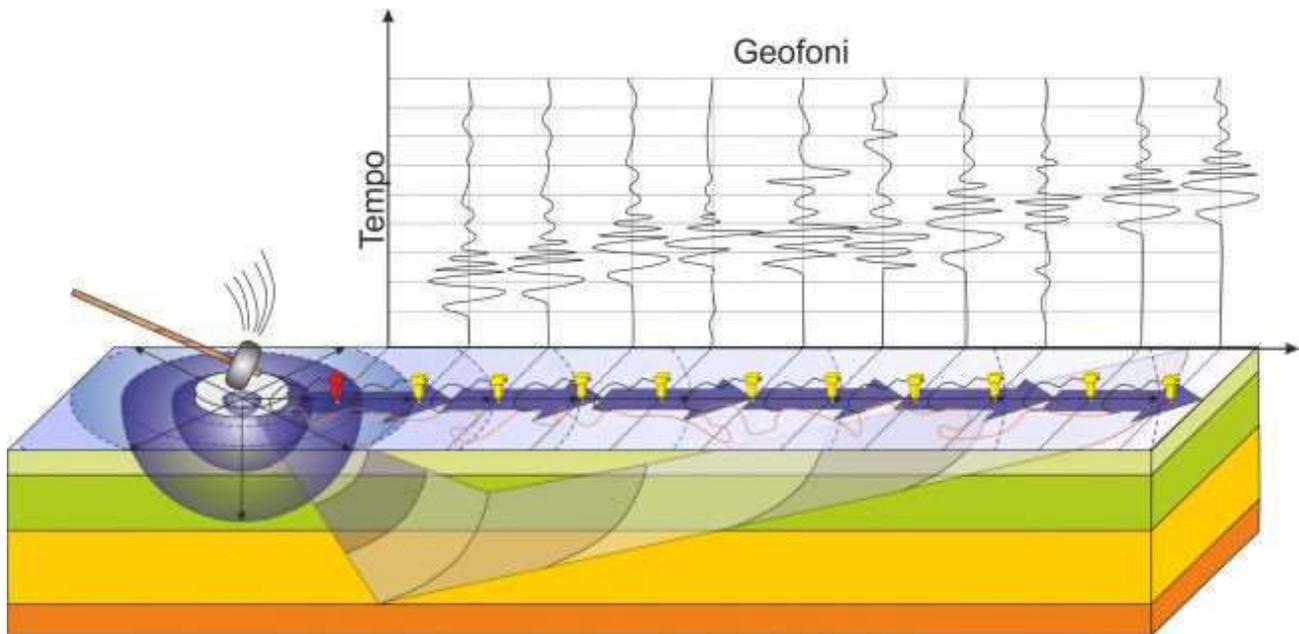
Queste ultime sono generate dall'interferenza costruttiva di onde P e onde Sv (onde S polarizzate sul piano verticale) incidenti sulla superficie libera del terreno. Sono onde con polarizzazione ellittica su un piano verticale parallelo alla direzione di propagazione (*ground roll*). Il rapporto fra le componenti orizzontali e verticali del moto (rapporto H/V o ellitticità) varia con la frequenza di vibrazione e dipende dalle caratteristiche della sorgente e da quelle del sottosuolo (quindi anche del profilo di velocità delle onde S). L'ampiezza delle onde R diminuisce esponenzialmente con la profondità e la rapidità di questa attenuazione dipende dalla lunghezza d'onda associata, all'aumentare della quale aumenta la profondità della parte interessata dalla perturbazione. A parità di velocità, la profondità cresce all'aumentare del periodo (in quanto direttamente proporzionale alla lunghezza d'onda) e - quindi - al diminuire della frequenza. Ciò significa che - al crescere del periodo - aumenta la sensibilità dell'onda a caratteristiche del terreno sempre più profonde. Pertanto è ragionevole aspettarsi che, in presenza di variazioni delle velocità di propagazione con la profondità, le velocità di propagazione



delle onde superficiali cambino in funzione della relativa lunghezza d'onda, quindi del periodo e della frequenza (fenomeno della dispersione). L'andamento delle velocità di fase (ma anche delle velocità di gruppo) in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza o del periodo) è detta curva di dispersione, il cui andamento fornisce informazioni sul profilo di velocità del sottosuolo. L'effetto della stratigrafia (spessore del singolo strato e  $V_s$  associata) sull'andamento della curva di dispersione può essere studiato mediante procedure di tipo numerico. Nei mezzi stratificati l'interferenza delle onde di volume alla superficie può essere molto articolata e le onde superficiali possono presentare diversi modi di propagazione, ciascuno dei quali darà origine ad una propria curva di dispersione. Se nei mezzi con velocità crescenti all'aumentare della profondità il modo fondamentale solitamente è quello dominante, con altre configurazioni (per esempio in presenza di inversioni di velocità o di forti contrasti di impedenza sismica) i modi superiori possono giocare un ruolo importante. Per tale ragione è importante definire una curva di dispersione effettiva, combinazione delle diverse curve modali "pesate", che può essere modellata teoricamente. Nel caso di profili normalmente dispersivi la curva di dispersione effettiva coincide con la curva relativa al modo fondamentale (in questo caso il più energetico), mentre con altre configurazioni (per esempio in presenza di inversioni di velocità o di forti contrasti di impedenza sismica), la curva di dispersione effettiva risulta frutto di una combinazione dei diversi modi in funzione della relativa energia. Nello studio delle onde superficiali è necessario tenere conto che i forti contrasti di impedenza sismica tendono a produrre effetti di intrappolamento dell'energia fra le interfacce dove questi contrasti sono presenti (per esempio alla superficie ed alla base delle coperture) dando origine al fenomeno della risonanza sismica. Un altro fenomeno indotto dalla stessa situazione è quello della canalizzazione delle onde superficiali all'interno dello strato lento. Poiché la profondità interessata dalla propagazione delle onde di Rayleigh dipende dalla loro lunghezza d'onda, nel caso di presenza di forti contrasti di impedenza sismica l'analisi della curva di dispersione al di sopra della frequenza



di risonanza fornisce informazioni sul profilo di velocità delle onde S al di sopra del basamento risonante. L'esistenza delle onde di Rayleigh in un semispazio stratificato è stata studiata attraverso diverse metodologie, tra le quali spiccano i *transfer matrix method* di Thomson (1950) e di Haskell (1953) ed il *dynamic stiffness matrix method* di Kausel & Roesset (1981).



### Indagine HVSR

Le tecniche di sismica passiva sono basate sulla misura e sull'analisi delle vibrazioni del terreno indotte da sorgenti non controllate ("rumore sismico ambientale"). Gli spostamenti in gioco sono dell'ordine di  $10^{-4}$ - $10^{-3}$  cm, in un intervallo di frequenze molto al di sotto della soglia di percezione umana. Le vibrazioni ambientali si classificano in base ai seguenti domini di frequenza:

- Bassa frequenza ( $< 0,5$  Hz) - Sono di origine essenzialmente naturale (microsismi) con sorgenti di grandi dimensioni spaziali (onde oceaniche, grandi perturbazioni atmosferiche, ecc.); hanno carattere stazionario (ovvero le loro proprietà statistiche non cambiano nel tempo) alla scala delle ore e dei giorni. Secondo osservazioni sperimentali largamente condivise, le onde marine di lungo periodo generano vibrazioni



---

ambientali a causa dei battimenti generati sulla linea di costa, generando (come dei percussori) treni di onde che si propagano all'interno della crosta.

- Frequenza intermedia ( $< 1$  Hz e  $> 0,5$  Hz) - A seconda delle caratteristiche del sottosuolo, sia sorgenti naturali che antropiche possono condizionare le vibrazioni ambientali, con un livello di stazionarietà variabile da caso a caso.
- Alta frequenza ( $> 1$  Hz) - Microtremori, di origine essenzialmente antropica (traffico veicolare e pedonale, attività industriale, ecc.) e - talvolta - naturale ma a scala locale (vento su edifici e piante, ecc.); mostrano significative variazioni alla scala delle attività antropiche (giorno/notte, festivi/feriali, ecc.).

Quando sono misurate, le vibrazioni ambientali mostrano un andamento molto irregolare ed esibiscono quindi una natura essenzialmente stocastica. Lo studio di questo tipo di fenomeno - pertanto - richiede un approccio sostanzialmente diverso da quello tipico della sismica, molto legato ad una visione deterministica: l'attenzione si sposta dallo studio delle singole fasi a quello delle proprietà medie del segnale. Se gli spettri medi delle vibrazioni ambientali sono calcolati per un intervallo di tempo sufficientemente lungo (tale da poter includere una molteplicità di sorgenti distribuite uniformemente attorno al sito) e se queste sollecitano in modo statisticamente uguale le componenti orizzontali e verticali del moto, allora i rapporti spettrali medi H/V (*HVSR - Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) sono funzione delle sole caratteristiche medie (nelle diverse direzioni) del sottosuolo. Quindi da misure di rumore risulta possibile risalire alle proprietà del mezzo, al netto del contributo delle diverse sorgenti. Poiché è possibile stabilire delle relazioni fra la forma dello spettro medio e la struttura del sottosuolo, allora è anche possibile utilizzare il campo di rumore ambientale per la caratterizzazione dinamica (nel dominio delle piccole deformazioni) dei terreni in posto.

In sintesi metodo consiste nel calcolo del rapporto (tipicamente indicato come H/V) della media delle componenti orizzontali rispetto alla componente verticale dello spettro di Fourier del rumore ambientale, registrato in un



unico sito da un sensore tridimensionale. L'evidenza empirica, supportata da simulazioni numeriche, indica che il massimo del rapporto spettrale H/V si registra, generalmente, a livello o vicino alla frequenza di risonanza fondamentale del sito, a condizione che vi sia un contrasto d'impedenza sufficientemente forte in profondità. Le frequenze caratteristiche di risonanza di sito sono correlabili ai contrasti di impedenza presenti nel sottosuolo.

La curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati e ciò - unitamente alla stima delle velocità - è in grado di fornire dati utili alla stima dello spessore degli stessi. Questa informazione è per lo più contenuta nella componente verticale del moto ma il segnale può essere normalizzato rapportando lo spettro verticale con quelli orizzontali.

#### **PROSPEZIONI GEOFISICHE E $V_{s,eq}$**

Le NTC 2018 prevedono la definizione della Categoria di sottosuolo in corrispondenza delle aree destinate alla edificazione, come approccio alle risposte sismiche di sito, con l'evidente scopo di conoscere il comportamento del sedime in presenza di sollecitazioni prodotte da eventi sismici naturali. In questa prospettiva, il legislatore ha individuato nella velocità di propagazione delle onde elastiche di taglio  $V_s$  nel sottosuolo, il riferimento più immediato al problema ed in particolare la  $V_{s,eq}$ , come media delle velocità  $V_s$  negli strati del sottosuolo, dal piano di fondazione al *bedrock* sismico, calcolata con la relazione:

$$V_{s,eq} = H/\Sigma(h_i/V_{s,i})$$

(1)

con:

$H$  = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzabile da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

$h_i$  = spessore dello strato  $i$ -esimo

$V_{s,i}$  = velocità delle onde di taglio nello strato  $i$ -esimo.



La determinazione delle Vs può avvenire per correlazione con le caratteristiche geo-meccaniche dei terreni (Resistenza dinamica con misure di  $N_{Spt}$  nei terreni incoerenti, Coesione non drenata  $C_u$  nei terreni coesivi), acquisite nel corso di sondaggi meccanici profondi almeno 30 metri e/o prove di laboratorio, ma viene realizzata prevalentemente con tecniche geofisiche, più affidabili, rapide ed economiche.

## STRUMENTAZIONE UTILIZZATA E SOFTWARE

### Sismica a rifrazione in onde P e MASW in onde R

Il dispositivo messo in campo per le acquisizioni effettuate (sismica a rifrazione in onde P e MASW in onde R - componente verticale) è costituito da un acquisitore digitale a 24 bit *DOREMI della SARA INSTRUMENTS s.r.l.* in dotazione dallo scrivente, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

Classe strumentale:	sismografo multicanale per geofisica
Topologia:	rete differenziale RS485 half-duplex multipunto
Lunghezza max rete:	virtualmente illimitata con l'uso di ripetitori
N. max canali per tratta:	255
Dimensioni elemento:	80x55x16 mm
Peso:	250 g (per elemento con cavo di 5 metri)
Cavo:	per geofisica 1x2x0.5 + 1x2x0.25 twisted pair schermato
Memoria:	60 kBytes (30000 campioni)
Frequenze selezionabili:	da 500 a 20000 Hz (passi di campionamento da 2 a 0.05 ms)
Convertitore:	tipo SAR a 16 bit (96 dB)
Amplificatore:	ultra-low noise con ingresso differenziale
Banda passante:	2Hz - 200Hz
Relazione modo comune:	>90dB
Diafonia (crosstalk):	zero, la trasmissione è digitale
Dinamica del sistema	
Risoluzione:	7.6 $\mu$ V @ 27dB; 0.076 $\mu$ V @ 60dB
Dinamica di base:	96dB (16 bit)
S/N ratio fra 0.5 e 30Hz:	>94dB (> 150dB con l'uso del PGA)
Alimentazione	
Alimentazione:	batteria ricaricabile interna operativa 10-15Vdc
Consumo di energia:	interfaccia 30 mA, canale 30mA per una stringa da 12 canali: < 500mA



- n.12 geofoni verticali, con frequenza di risonanza propria di 4,5 Hz,
- un cavo a 12 *take out* provvisto di un digitalizzatore per ogni geofono,
- i segnali acquisiti in campagna per indagine MASW in onde R sono stati elaborati con il software "GeoMASW" della Program Geo con licenza originale in possesso del sottoscritto,
- per l'energizzazione è stata utilizzata una mazza da 10 kg.



## Geometria dello stendimento e impostazioni del campionamento

- numero geofoni verticali: 12
- distanza intergeofonica: 2 m per indagini MASW
- Offset per MASW scoppio esterno a 2 metri dal primo geofono dello stendimento
- Durata e frequenza di campionamento (MASW in onde R):  
2 s      1000 Hz

## HVSR

L'indagine HVSR è stata eseguita mediante lo strumento denominato "GeoBox" della SARA Electronic Instruments s.r.l. - in dotazione allo scrivente - contraddistinto dalle seguenti caratteristiche tecniche:

Technical Features	
Power supply:	10-15Vdc (with power consumption less than 1 W)
Number of channels:	3 with 24 bit A/D converter ( $\Sigma\Delta$ )
Dynamic range:	124dB (144dB, 24 bit of ENOB, between 0.1 and 10Hz)
Sampling:	simultaneous on all three channel (1 a/d per channel)
Sampling rates:	from 10 to 600 Hz
Real Time Clock:	+/-10ppm (-20/+50°C)
Sync R.Time Clock:	GPS based via PPS
Precision to UTC time:	<50µs
Data interface:	RS232, USB cable supplied
Data format:	SADC20HS binary protocol
Baud rate:	115200 baud
GPS data interface:	RS232, MEA; 4800 baud, n,8,1
Case:	Solid block of alluminum with IP66 protection grade
Operating temperature:	-20/+60°C
Dimensions:	155x140x110
Weight:	3.1 kg With 4.5Hz sensos, 4.4kg with 2Hz sensors
Conformity declaration:	CE

Sara Electronic Instruments s.r.l. reserve the right to make changes to this brochure or to the instrument without any prior notice.



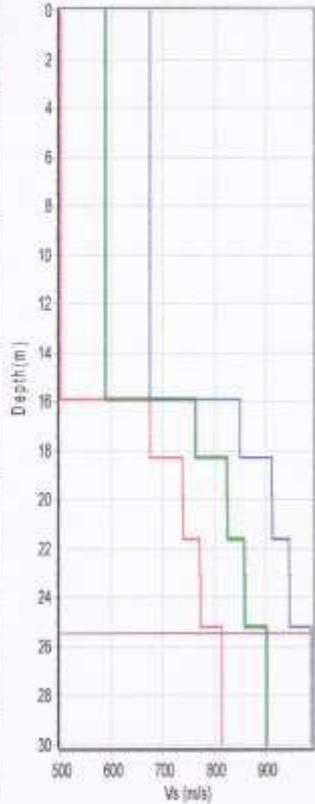
- tempo di registrazione per ogni indagine 1800 secondi (30').
- elaborazione delle tracce registrate è stata effettuata con il software Geoexplorer della SARA Electronic Instruments s.r.l. con regolare licenza in possesso del sottoscritto.



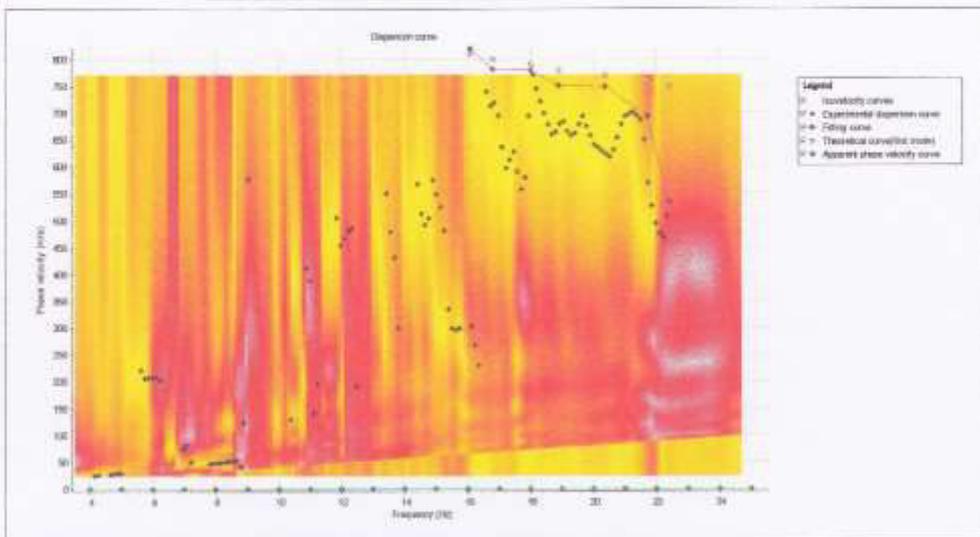
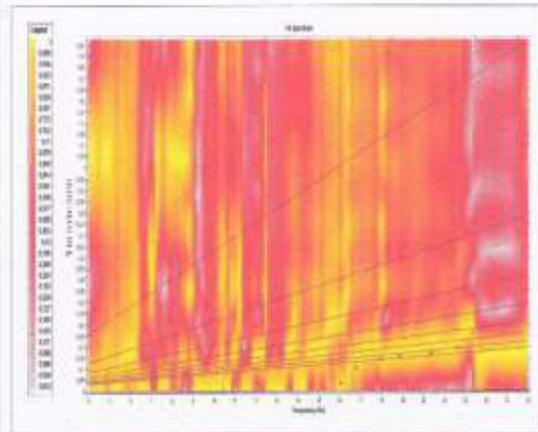
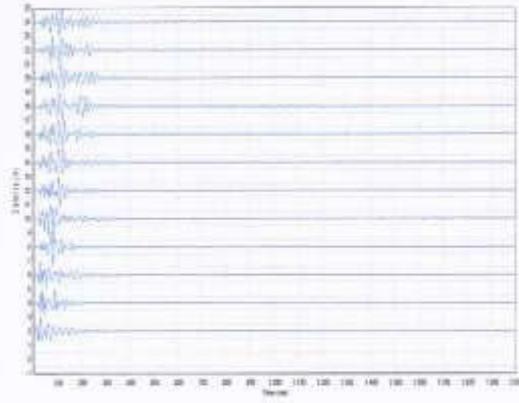
REPORT DELLE ELABORAZIONI: MASW 1

Multichannel Analysis of Surface Waves: MASW

N.	H(m)	Vs(m/s)
1	15,9	588,0
2	18,3	762,0
3	19,8	824,0
4	21,6	826,0
5	23,1	858,0
6	25,2	859,0
7	30,0	901,0



— Mean Vs    - - - Min Vs  
— Max Vs    - - - Survey max. depth  
 Site class(EC8): B - Vseq (m/s) = 686,3



PROGRAM GEO

**Vseq(m/s) = 686,3**

## STATION INFORMATION

*Station code:* -

*Model:* -

*Sensor:* -

*Notes:* -

## PLACE INFORMATION

*Place ID:* Az. Agricola Montemelino

*Address:* Via Fonte Sant'Angelo, 15 - Tuoro s/T

*Latitude:* -

*Longitude:* -

*Coordinate system:* -

*Elevation:* 325 m s.l.m.

*Weather:* -

*Notes:* -

## SIGNAL AND WINDOWING

*Sampling frequency:* 300 Hz

*Recording start time:* 2018/11/06 15:08:32

*Recording length:* 30 min

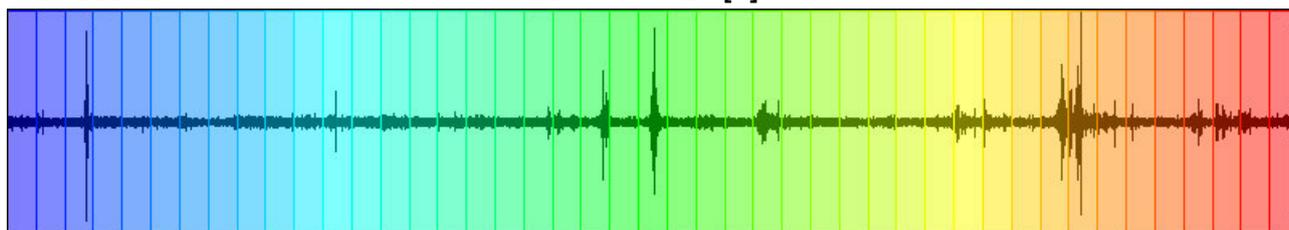
*Windows count:* 45

*Average windows length:* 40

*Signal coverage:* 100%

4181 Counts

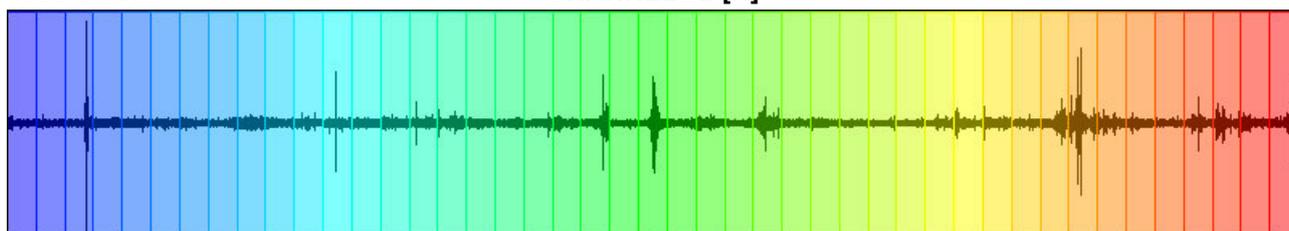
CHANNEL #1 [V]



-3718 Counts

4638 Counts

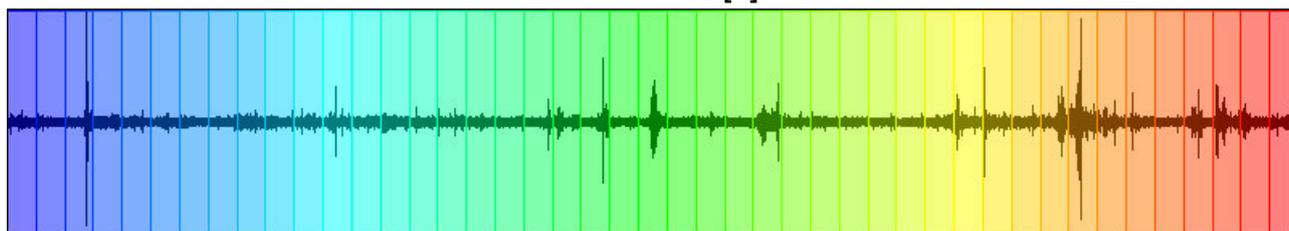
CHANNEL #2 [N]



-5032 Counts

4432 Counts

CHANNEL #3 [E]



-4377 Counts

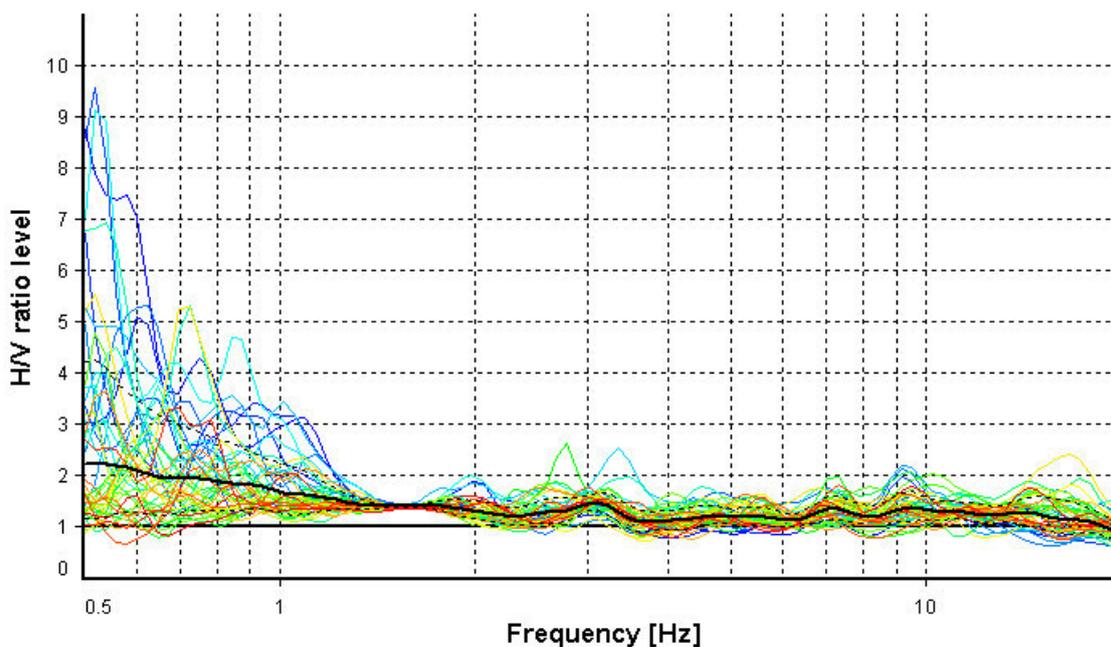
## HVSR ANALYSIS

*Tapering:* Enabled (Bandwidth = 5%)

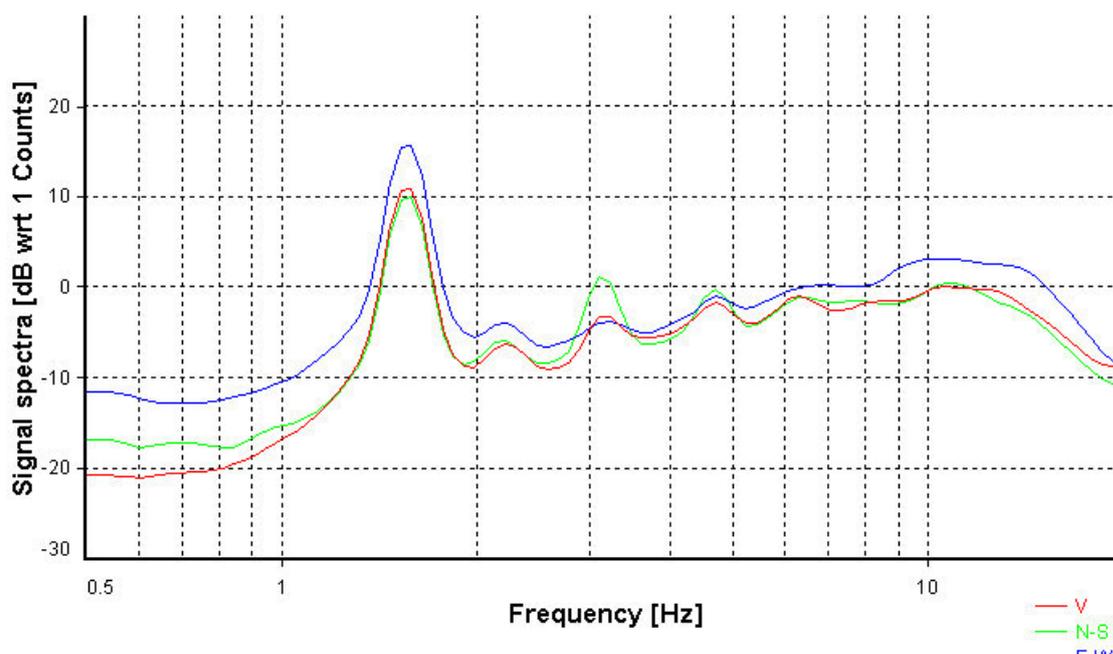
*Smoothing:* Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

*Instrumental correction:* Disabled

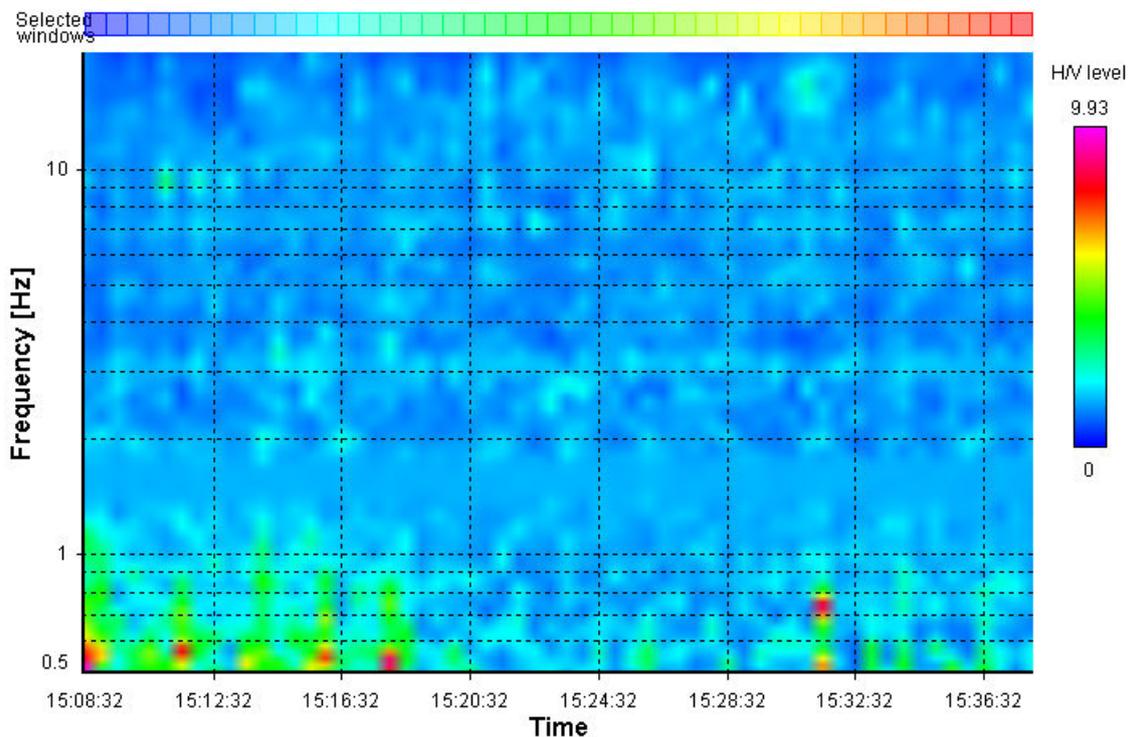
### HVSR average



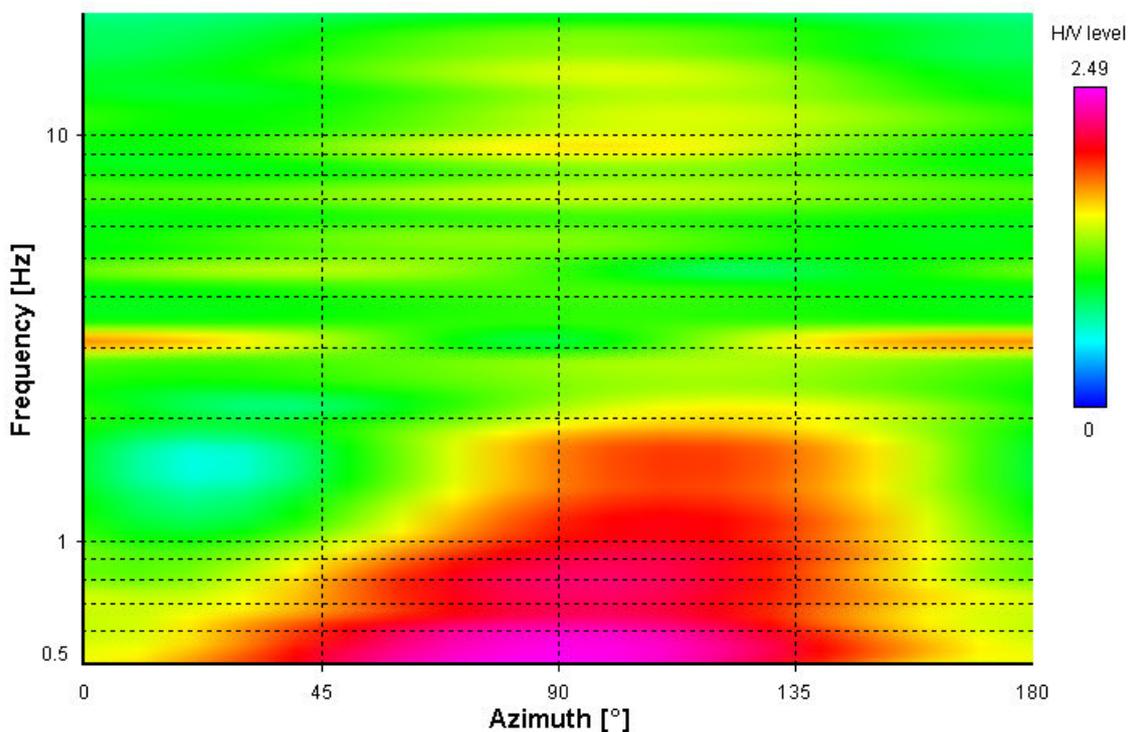
### Signal spectra average



### HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



### HVSR directional analysis





## CONCLUSIONI

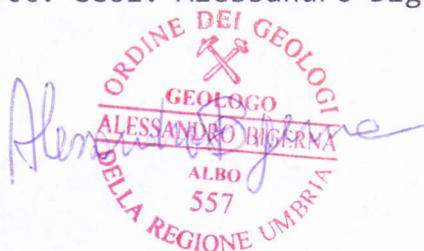
Le elaborazioni dei dati acquisiti in campagna mediante le indagini sismiche svolte hanno evidenziato che le velocità delle onde di taglio in corrispondenza del sito oggetto di studio sono tipiche di ammassi rocciosi costituiti nella parte superficiale da rocce tenere ricoperte da coltre superficiale derivata dall'alterazione del bedrock arenaceo-pelitico con graduale miglioramento delle proprietà con la profondità ( $V_{s,eq} = 686,3 \text{ m/s}$ ).

Dall'elaborazione dei dati acquisiti mediante GeoBox non è emersa la presenza di picchi evidenti e - quindi - rilevanti ai fini ingegneristici. Non risultano essere registrati picchi di origine stratigrafica che soddisfano i criteri SESAME.

In conclusione tuttavia, sulla base delle indagini condotte è possibile attribuire ai terreni in esame la categoria di sottosuolo B (secondo Le NTC 2018): "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s."

Passignano sul Trasimeno, 08/11/2018

Dott. Geol. Alessandro Bigerna





# Documentazione fotografica

## Indagini sismiche

Az. Agricola Monteleone Via Fonte Sant'Angelo 15 - 06029 Tuoro S. Frassinense



*foto 1. Posizionamento dell'attrezzatura ed esecuzione indagine HVSR.*



*foto 2. Visione dello stendimento di 24 metri durante l'esecuzione dell'indagine MASW.*