

PROVINCIA DI PAVIA

REGIONE LOMBARDIA

COMUNE DI TRAVACO' SICCOMARIO
STUDIO GEOLOGICO A SUPPORTO DI
VARIANTE A PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

RELAZIONE ILLUSTRATIVA
-AGGIORNAMENTO SISMICO-

art. 57 Legge Regionale 12 del 11 marzo 2005 , DGR n.8/1566 del 22 dicembre 2005,

DGR n. 8/7374 del 28 maggio 2008 (definizione componente geologica, idrogeologica e sismica)

D.G.R. N° 9/2616 del 30/11/2011 (Aggiornamento Criteri),

D.G. R. 11 Luglio 2014 - N. X/2129 –Aggiornamento Zone Sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000, ART. 3, C. 108, LETT. D) e S.M.I.



Luglio 2016 - Ultimo aggiornamento Gennaio 2019

Dott. Geol. Adriano Zorzoli
O. d. G. Lombardia n° 802



Strada Colombarola 1/17- 27020 TRAVACO' SICCOMARIO (PV)

Mobile 3356376821 Tel/fax 0382 472637 Email adizorz@libero.it

INDICE

1.0 - Premessa.....	Pag. 3
2.0 - Modalità operative.....	Pag. 3
3.0 - Inquadramento generale del Territorio Comunale	Pag. 4
4.0 - Classificazione sismica del territorio comunale	Pag. 6
5.0 - Analisi della pericolosità sismica locale	Pag. 17
6.0 - Analisi di I° Livello – Carta della Pericolosità Sismica Locale.....	Pag. 20
7.0 - Analisi di II° Livello – Verifica del Fattore di Amplificazione (Fa)...	Pag. 22
8.0 - Verifica scenari Z4	Pag. 25
9.0 - Verifica alla liquefazione	Pag. 42
10.0 - Carta dei vincoli e di sintesi.....	Pag. 45
11.0 - Carta della Fattibilità Geologica per le azioni di Piano.....	Pag. 47

TAVOLE FUORI TESTO

TAVOLA 1 - Carta della caratterizzazione sismica locale

TAVOLA 2 - Carta di sintesi e dei Vincoli

TAVOLA 3 - Carta della fattibilità geologica di Piano

ALLEGATO 1 - Norme geologiche, geotecniche e ambientali di attuazione

1.0 Premessa

Il presente studio è stato redatto in collaborazione con STUDIO TECNICO ASSOCIATO DI ARCHITETTURA ARGO di Vigevano (PV), per conto dell'amministrazione Comunale di Travacò Siccomario (PV) nell'ambito della stesura della Variante parziale al Piano di Governo del Territorio vigente.

Il comune di Travacò Siccomario è dotato di uno studio geologico redatto dallo scrivente Dott. Geologo Adriano Zorzoli – Studio di geologia - in Travacò Siccomario, in sede di redazione ex **Legge Regionale 12 / 2005** del Piano di Governo del Territorio del Comune di Travacò Siccomario /anno 2012.

Con la DGR n. X/2129 del 14 Luglio 2014 la Regione Lombardia ha proceduto alla revisione della classificazione sismica del territorio regionale ed il comune di Travacò Siccomario è stato riclassificato dalla zona 4 alla zona 3.

Con il presente studio si procede pertanto all'aggiornamento della componente sismica dello studio vigente, procedendo all'analisi di II livello prevista per la zona di appartenenza, attenendosi a quanto previsto dalla normativa vigente ed in particolare:

- D.g.r. 11 luglio 2014 - n. X/2129 - Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d).
- D.g.r. 30.11.11 n. IX/2616 "Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 co. 1 della l.r. 11 marzo 2005 n. 12 approvati con D.g.r 22 dicembre 2005 n. 8/1566 e successivamente modificati con D.g.r. 28 maggio 2008 n. 8/7374".
- D.g.r. n. 8/1566 del 22 Dicembre 2005 "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'Art. 57, comma 1 della L.R. 11 Marzo 2005, n. 12.
- D.g.r. n. 8/7374 del 28 Maggio 2008, aggiornamento dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'Art. 57, comma 1 della L.R. 11 Marzo 2005, n. 12" approvati con D.g.r. n. 8/1566 del 22 Dicembre 2005.
- L.R. 11 Marzo 2005, ed in particolare l'art. 57.

*** DM 17 gennaio 2018 " "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC 2018)**

2.0 MODALITA' OPERATIVE

L'approccio allo Studio di adeguamento alla nuova normativa ha determinato la verifica organica dei dati ed informazioni già raccolti ed esposti nei precedenti studi, che sono risultati sostanzialmente ancora validi - ed ai quali si rimanda per l'inquadramento di dettaglio - , non essendo intervenute in questi anni modifiche ed alterazioni significative negli aspetti geo-idro-morfologici legati alla fisiografia del territorio all'interno dei confini amministrativi del comune.

Si è trattato pertanto di rivedere e rielaborare la documentazione precedentemente raccolta (e relativi elaborati cartografici) secondo quanto definito dalla normativa vigente in materia di Difesa del Territorio – Geologia della Pianificazione - Analisi del Rischio Sismico.

L'adeguamento dello Studio Geologico ha comportato le seguenti fasi:

A) STESURA DEGLI ELABORATI CARTOGRAFICI.

E' stata redatta la "CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE"

Si è quindi proceduto alla successiva realizzazione delle seguenti carte:

"Carta di sintesi e vincoli"

Trattandosi di adeguamento di precedenti studio, si è ritenuto opportuno per la carta dei Vincoli fare unico riferimento a quella redatta anche dagli Urbanisti, ove pure vengono riportati anche i vincoli che impongono limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore di contenuto prettamente geologico; tali vincoli vengono riportati sulla tavola di sintesi; sulla base della cartografia redatta viene poi definita la "Carta della Fattibilità Geologica di Piano".

B) AGGIORNAMENTO DELLA RELAZIONE CON:

- 1) Ridefinizione della componente sismica secondo D.G. R. 11 Luglio 2014 - N. X/2129
- 2) Definizione delle classi di fattibilità geologica di Piano

C) RECEPIMENTO NELLE NORME TECNICHE DI ATTUAZIONE DEL PGT, DI:

1. normativa Pai riguardante le fasce fluviali per le singole classi di fattibilità
2. Fasce di rispetto dei corsi d'acqua e norme inerenti il reticolo idrico minore
3. Disposizioni di cui al D. Lgs. 258/2000 e s.m.i. sulla salvaguardia dei punti di captazione acque ad uso idropotabile.
4. Disposizioni per Indagini geologiche e geotecniche, previste dal D.M. 11/03/88, e s.m.i., "Norme Tecniche di Costruzione" di cui al D.M. 14/01/08," "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" (DM 17gennaio 2018 - NTC 2018)
5. secondo le varie classi di appartenenza del territorio comunale.
6. D.G.R. 11 luglio 2014, n. X/2129: Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d).
7. L.r. n° 33/2015 – Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche
8. L.r. 30 marzo 2016 n X/5001 Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della l.r. 33/2015)

3.0 INQUADRAMENTO GENERALE DEL TERRITORIO

3.1 INQUADRAMENTO GEO-IDRO-MORFOLOGICO GENERALE.

Il territorio comunale occupa la porzione di territorio all'estremo limite sud orientale della pianura Pavese a nord del PO, compresa tra il Fiume e la confluenza nello stesso del fiume Ticino e ricopre una superficie indicativa di 15,6 Km.

I limiti comunali coincidono su tre lati con quelli fisici rappresentati dai due fiumi (a sud e ad est) e dai canali Rotta e Gravellone (a Nord), mentre ad ovest si ritrovano limiti convenzionali con i comuni di Cava Manara e S. Martino Siccomario; è confinante con i Comuni di Pavia, Mezzanino Po, Verrua Po, Rea Po, Cava Manara e San Martino Siccomario.

Considerata la particolare posizione geografica l'area di studio è raggiungibile solo da San Martino Siccomario, attraverso la SP 65 o dalla strada arginale che collega Borgo Ticino alla frazione Battella e, da qui, al capoluogo. Oltre al centro abitato principale, sede del Municipio, si hanno seguenti agglomerati urbanizzati :

- 1) Frazione Rotta al confine con il centro abitato di San Martino Sicc.
- 2) Frazione Battella, confinante con Borgo Ticino
- 3) Frazione Boschi alla confluenza tra Po e Ticino
- 4) Frazione Mezzano in prosecuzione da Travacò centro verso l'argine maestro di PO

5) Frazione Colonne al limite occidentale del territorio comunale sempre in prossimità dell'argine maestro

6) Frazione Dossi

ed una serie di cascine e case sparse che interessa la parte agricola del territorio comunale.

L'intorno del territorio in esame risulta costituito dai sedimenti, prevalentemente terrigeni, del Pliocene – Quaternario, che hanno colmato, per effetto della erosione della catena alpina ed appenninica, il Paleobacino Padano.

La successione stratigrafica del sottosuolo è rappresentata dai sedimenti appartenenti al sistema deposizionale plio-pleistocenico padano i cui termini basali (Pliocene-Pleistocene inf.), di origine marina, sono complessivamente costituiti da marne argillo-siltose e da argille siltose; su di esse riposa la sequenza continentale (Pleistocene medio sup. - Olocene) formata dalla successione "Villafranchiana" e dal "materasso alluvionale".

Secondo Braga e Cerro e G.Pilla (*"Le risorse idriche della città di Pavia"* / Atti Ticinensi di Scienze della Terra - Università di Pavia, 1998) al "Villafranchiano" corrispondono depositi di ambiente palustre-lacustre a bassa energia, litologicamente caratterizzati da un complesso limoso argilloso intercalato da ricorrenti livelli sabbiosi.

A questo si sovrappongono depositi francamente fluviali (Pleistocene medio-superiore) per lo più costituiti da ghiaie e sabbie, a cui si intercalano orizzonti limosi e argillosi.

La copertura alluvionale rappresenta l'ultima fase della sedimentazione che ha colmato il Paleobacino Padano, sulla quale è impostato il Piano Generale della Pianura.

Su tale piano (noto anche in letteratura come *Piano Generale Terrazzato* o *Livello Fondamentale della Pianura*) hanno poi agito i corsi d'acqua incidendone i depositi e modellandone la superficie.

L'azione erosiva di PO, Sesia e Ticino ed in subordine, dei corsi d'acqua minori come Terdoppio ed Agogna, ha prodotto incisioni più o meno profonde nella pianura e scarpate di raccordo fra tardoglaciale wurmiano ed Olocene.

All'interno delle medesime incisioni vallive si riconoscono ripiani minori riferibili all' Olocene antico, medio e recente, testimoni di livelli diversi di stazionamento dei corsi d'acqua e dei processi erosivi e deposizionali degli stessi in epoca post glaciale.

In tale contesto geologico regionale è inserito il territorio di Travacò, dove è possibile riconoscere, in varia forma e misura, gli elementi costitutivi del comprensorio padano precedentemente descritti; va rilevato che lo stesso rientra totalmente nel solco vallivo dei fiumi Po e Ticino, compreso tra la scarpata morfologica di raccordo col Terrazzo principale della Pianura e l'alveo attuale dei due corsi d'acqua, denominato *"piana del Siccomario"*.

Nella geologia di superficie sono presenti i seguenti depositi :

Q2R - alluvioni dell'"Alluvium recente" costituite prevalentemente da ghiaie, sabbie e limi, con locali accumuli torbosi; interessano la **piana** dalla base del salto morfologico fino all'alveo attuale del F.Po e il fondovalle del Ticino (età: OLOCENE)

Tali depositi denotano la loro origine determinata da fenomeni di divagazione fluviale e dal periodico alternarsi di episodi di piena e di magra con conseguenti variazioni nella capacità di trasporto e deposito presentano una notevole disomogeneità litologica, alternando la presenza di ghiaie, sabbie ed argille, con sensibili variazioni granulometriche sia in senso laterale che verticale in area golenale, mentre si risultano più uniformi sedimenti sabbiosi con presenza di lenti a granulometria più fine in area extra golenale.

Con la definizione di n° 2 sezioni Idrogeologiche rappresentative del territorio comunale, realizzate sulla base di diagrafie pozzi profondi nell'area di studio è stato possibile verificare la presenza, al di sotto dello strato di terreno superficiale costituito prevalentemente da sedimenti sabbioso limosi a permeabilità medio bassa, di un primo acquifero in sedimenti da sabbiosi a ghiaiosi (aumento della granulometria con la profondità) con livelli a permeabilità bassa o nulla (limi/argille) e di spessore variabile, dei quali non è garantita la continuità areale.

Il primo banco impermeabile, di spessore e estensione tali da garantire la separazione tra acquiferi, viene individuato a profondità mediamente comprese tra i 50 ed i 60 metri da piano campagna; fino a tali quote si è pertanto in presenza di falda acquifera superficiale, con soggiacenza media compresa tra i 2 ed i 4 metri dalla superficie (area extra golenale), come meglio evidenziato in Tav. 3 – Carta idrogeologica e della vulnerabilità (PGT Vigente).

I livelli piezometrici subiscono innalzamenti significativi (anche maggiori di 2 metri) nel periodo estivo, in concomitanza con le pratiche irrigue stagionali, mentre le piene stagionali dei corsi d'acqua principali influenzano molto meno l'oscillazione della falda, per periodi limitati e solo nelle fasce di territorio più prossime agli stessi.

Al di sotto del primo setto impermeabile è ubicato il primo acquifero confinato e pertanto adeguatamente protetto dal carico inquinante (di origine antropica) filtrante dalla superficie: da tale acquifero vengono infatti captate le acque nei pozzi ad uso idropotabile – comunali – della zona (mediamente a quote superiori ad 80 m. da p.c.).

4.0 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE

L'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274/2003 – “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*” (pubblicata sulla G.U. in data 08/05/2003 ed entrata in vigore, per gli aspetti inerenti la classificazione sismica, dal 23/10/05) individuava in prima applicazione le zone sismiche sul territorio nazionale e forniva le normative tecniche da adottare per le costruzioni nelle zone stesse, recepita dalla Regione Lombardia con d.g.r. n° 14964 del 07/11/2003 .

Ai sensi di tale ordinanza, e successive integrazioni, il territorio comunale di **Travacò Siccomario** era inserito in **zona 4**.

Ad integrazione dello Studio Geologico, geomorfologico ed idrogeologico per la pianificazione del territorio comunale, venivano anche richieste **l'analisi della sismicità e la redazione di una “Carta della pericolosità sismica”**, secondo le modalità indicate in **All.5** alla D.G.R. n° 8/1566 del 22/12/2005 “**Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005, n.° 12**”.

Un aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale (Gruppo di Lavoro, 2004), previsto dall'OPCM 3274/03, è stato adottato con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006. Il nuovo studio di pericolosità, allegato all'Opcm n. 3519, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (ag), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche.

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag)
1	$Ag > 0,25$
2	$0,15 < ag < 0,25$
3	$0,05 < ag < 0,015$
4	$Ag < 0,05$

Tabella 1: Suddivisione delle zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido (OPCM 3519/06)

Le attuali Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008) hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali; per ciascuna zona viene fornito un valore di accelerazione di picco, e quindi di spettro di risposta elastico, da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche.

Dal 1 luglio 2009 Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio “sito dipendente” e non più tramite un criterio “zona dipendente”; un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

Ai fini della definizione della azione sismica di progetto (punto 3.2.2), deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale.

La classificazione può essere basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio VS ovvero sul numero medio di colpi NSPT ottenuti in una prova penetrometrica dinamica ovvero sulla coesione non drenata media cu. In base alle grandezze sopra definite si identificano le seguenti le categorie del suolo di fondazione:

- A** – *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali livelli di alterazione superficiale con spessore massimo pari a 3m.
- B** – *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica NSPT > 50, o coesione non drenata Cu > 250 kPa).*
- C** – *Depositi di terreni grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità, caratterizzati da valori di VS30 compresi tra 180 e 360 m/s (15 < NSPT < 50, 70 < Cu < 250kPa).*
- D** – *Depositi di terreni grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di VS30 < 180 m/s (NSPT < 15, Cu < 70kPa).*
- E** – *Terreni costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di VS30 simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con VS30 > 800 m/s.*

La classificazione è effettuata sulla base del parametro VS30 che rappresenta la velocità delle onde di taglio S riferita a 30 m di profondità e calcolata con l'espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $g < 10^{-6}$) dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti nei 30m superiori.

Il calcolo dell'amplificazione stratigrafica viene effettuato in base alle formule riportate nella seguente tabella

Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti S_s e C_c valgono 1.

Per le categorie di sottosuolo **B, C, D** ed **E** i coefficienti S_s e C_c possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e T_C^* relativi al sottosuolo di categoria **A**, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.V, nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

La categoria che meglio si identifica con i tipi litologici presente nel territorio comunale (e nel suo intorno), e che ottiene conferma nei dati delle indagini geotecniche (CPT) disponibili per il territorio comunale, è :

C – Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza.

CALCOLO DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

L'azione sismica di progetto si definisce a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito d'interesse che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche in base alla quali sarà valutato il rispetto dei diversi stati limite considerati (Tab.3.2.1),

Tabella 3.2.I – Probabilità di superamento P_{V_R} al variare dello stato limite considerato

Stati Limite		P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa **ag**, in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria **A**, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente) e **Se (T)** , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza **Pvg** , nel

periodo di riferimento V_r . In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento **Pvg**, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- **ag** accelerazione orizzontale massima al sito;
- **F₀** valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- **T*C** periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri, necessari per la determinazione delle azioni sismiche, sono forniti per tutto il territorio nazionale, secondo un reticolo di riferimento (10 x 10Km) e un intervallo di riferimento (TR), nell'allegato B delle **"Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008" e s.m.i..**

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, nei modi chiaramente precisati dalle NTC, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche definiscono la risposta sismica locale.

Le classi A, B, C, D e E si riferiscono alla classificazione del sito da un punto di vista stratigrafico e litologico secondo il D.M. 14 gennaio 2008.

Categoria topografica	Caratteristiche della superficie topografica	Ubicazione dell'opera	S_t
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.	-	1,00
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$.	Sommità del pendio	1,20
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$.	Cresta del rilievo	1,20
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$.	Cresta del rilievo	1,40

F_0 - amplificazione spettrale massima, su bedrock orizzontale - ha un valore minimo di 2,2 e si ricava, come a_g , dalla tabella allegata al D.M.14 gennaio 2008 (allegato B).

T_c - periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro - è dato da

$$T_c = C_c T_c^*$$

in cui T_c^* è un parametro fornito nell'allegato B del D.M. 14 gennaio 2008, mentre C_c si ottiene, in funzione della categoria del sottosuolo, con la seguente tabella:

Categoria sottosuolo	C _c
A	1,00
B	$1,10(T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,05(T_c^*)^{-0,33}$
D	$1,25(T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,15(T_c^*)^{-0,40}$

I parametri T_b e T_d sono correlati a T_c attraverso le seguenti relazioni:

$$T_b = \frac{T_c}{3}; T_d = 4,0a_g + 1,6$$

Dallo spettro di risposta elastico dell'accelerazione si ricava lo spettro di risposta dello spostamento, applicando, per ogni periodo T , la relazione:

$$u = a(g)g\left(\frac{T}{2\pi}\right)^2$$

dove g è l'accelerazione di gravità (981 cm/s²).

Lo spettro di risposta elastico verticale si ottiene con le stesse relazioni viste per quello orizzontale, sostituendo il parametro F_0 con la grandezza F_v , data da:

$$F_v = 1,35F_0a_g^{0,5}.$$

Si ricorda che i parametri a_g , F_0 e T_c^* vanno ricavati dall'allegato B del D.M. in funzione del tempo di ritorno (Tr) preso in considerazione. Il parametro Tr viene ricavato dalla seguente relazione:

$$Tr(anni) = -\frac{V_r}{\ln(1 - P_{V_r})};$$

in cui V_r è la vita di riferimento dell'opera e P_{V_r} la probabilità di superamento legata allo stato limite di calcolo.

La vita di riferimento (V_r) dell'opera si ottiene con la formula:

$$V_r(anni) = C_u V_n$$

dove V_n è la vita nominale dell'opera (Tabella I) e C_u un fattore moltiplicativo funzione della classe d'uso della struttura in progetto

A seguire si riportano le varie tabelle identificative.

Tabella I

TIPI DI COSTRUZIONE	Vita Nominale V_N (in anni)
Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	$\square\square 10$
Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza	≥ 50
Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Tabella II

<i>Classe I:</i> Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
<i>Classe II:</i> Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso <i>III</i> o in Classe d'uso <i>IV</i> , reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
<i>Classe III:</i> Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso <i>IV</i> . Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
<i>Classe IV:</i> Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n.6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Tabella III

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_u	0,7	1,0	1,5	2,0

Il parametro PVR è invece funzione dello stato limite considerato, secondo la seguente tabella:

Tabella IV

Stati Limite	P _{VR}
Stato Limite di Operatività (SLO):	0,81
Stato Limite di Danno (SLD):	0,63
Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):	0,10
Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):	0,05

La stima della pericolosità sismica, sulla scorta delle NTC, è appunto basata su una griglia di 10751 punti ove viene fornita la terna di valori a_g , F_0 e T_c^* per nove distinti periodi di ritorno.

Per la determinazione di a_g (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido) è necessario conoscere le coordinate geografiche dell'opera da verificare; si determina, quindi, la maglia di riferimento in base alle tabelle dei parametri spettrali fornite dal ministero e, sulla base della maglia interessata, si determinano i valori di riferimento del punto come media pesata dei valori nei vertici della maglia moltiplicati per le distanze dal punto.

UBICAZIONE TERRITORIO COMUNALE E INQUADRAMENTO NEL RETICOLO SISMICO .

Il sito in esame (con centro nella sede municipale) ha le seguenti coordinate geografiche:

latitudine: 45,150943

longitudine: 9,16185

Classe: 2

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 13591

Lat: 45,1546Lon: 9,0973

Distanza: 5078,724

Sito 2 ID: 13592

Lat: 45,1572Lon: 9,1681

Distanza: 845,495

Sito 3 ID: 13814

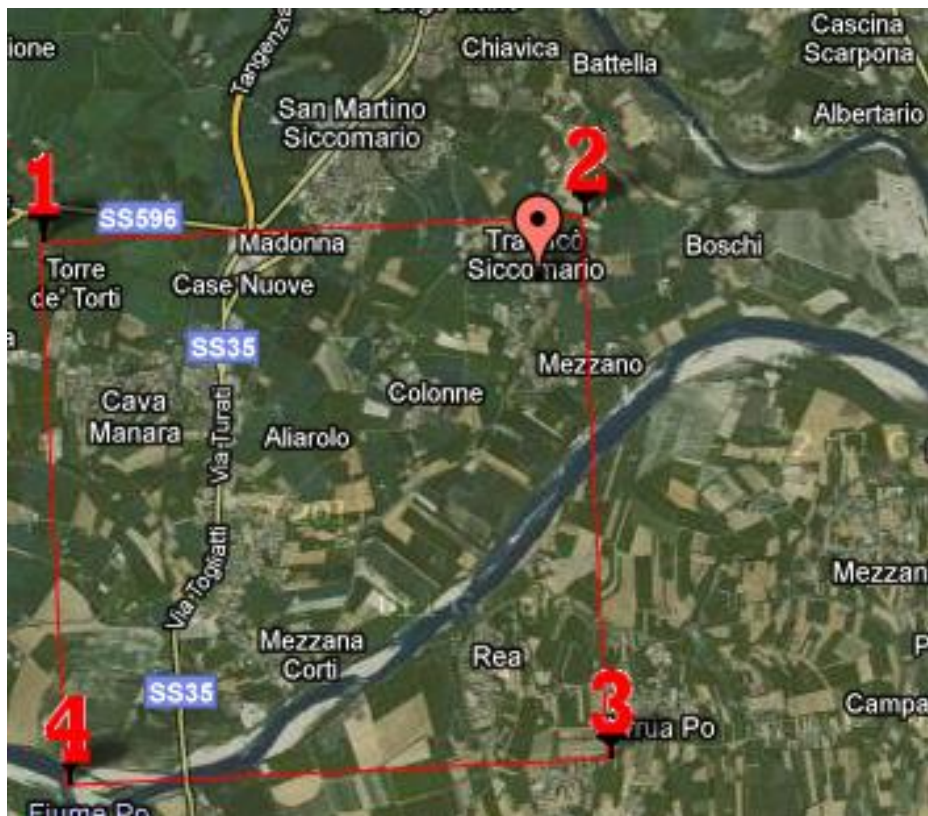
Lat: 45,1072Lon: 9,1717

Distanza: 4922,28

Sito 4 ID: 13813

Lat: 45,1047Lon: 9,1010

Distanza: 7021,247



Parametri sismici

Categoria sottosuolo: **C**
 Categoria topografica: **T1**
 Periodo di riferimento: **50anni**
 Coefficiente cu: **1,0**

STATO LIMITE	Probab. di super.	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81%	30	0,023	2,534	0,183
Danno (SLD)	63%	50	0,030	2,520	0,208
Salvaguardia vita (SLV)	10%	475	0,077	2,495	0,278
Prevenzione collasso (SLC)	5%	975	0,102	2,477	0,283

COEFFICIENTI SISMICI

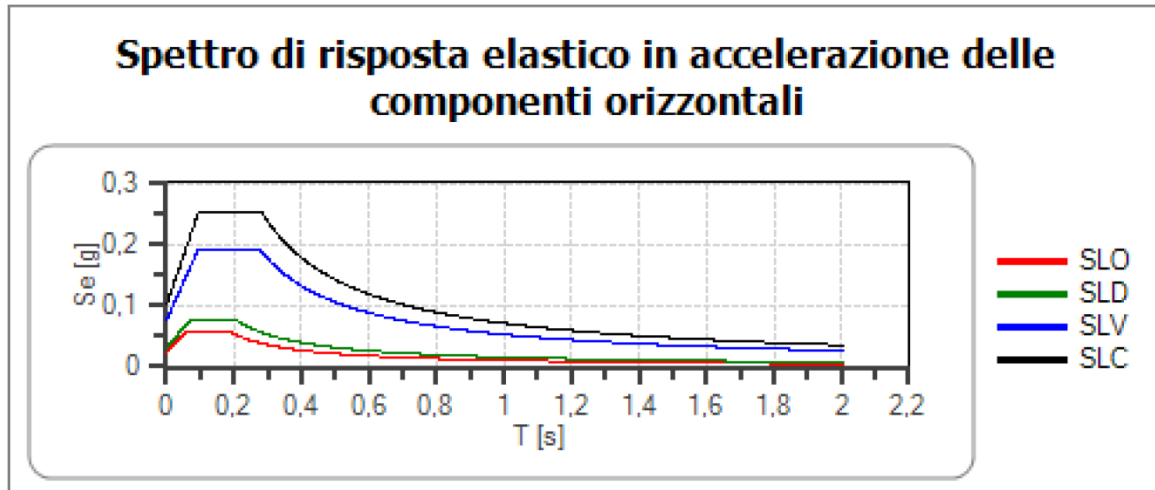
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss amplificazione stratigrafica	1,500	1,500	1,500	1,500
Cc Coeff. funz. categoria	1,840	1,760	1,600	1,590
St Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00
Kh	0,007	0,009	0,023	0,037
Kv	0,004	0,005	0,011	0,018
A _{max}	0,344	0,447	1,127	1,502
β	0,200	0,200	0,200	0,240

Spettri di risposta

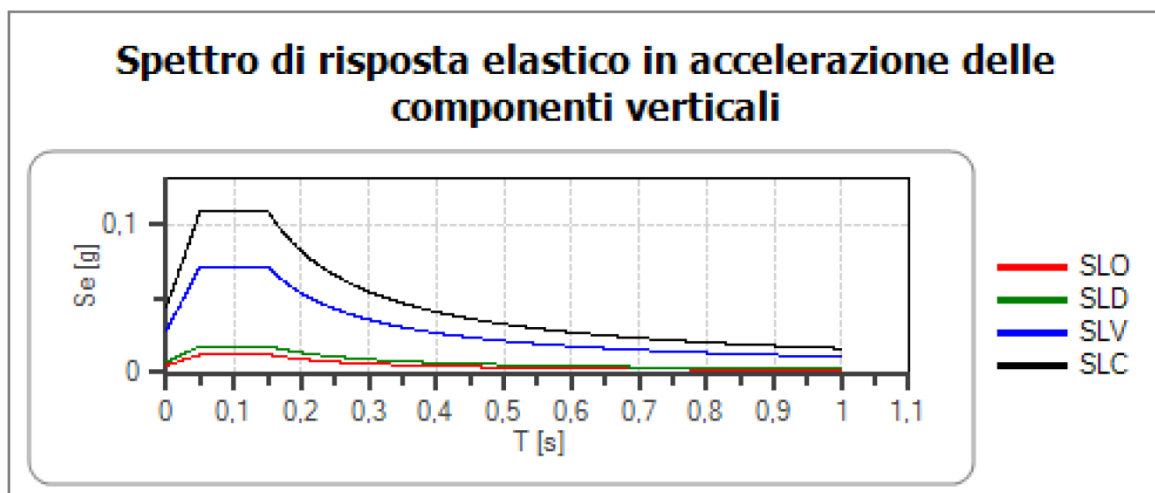
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso $\xi = 5 \%$

Fattore che altera lo spettro elastico $\eta = 1,000$



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	η	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,023	2,534	0,183	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,061	0,183	1,694
SLD	1	0,030	2,520	0,208	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,069	0,208	1,722
SLV	1	0,077	2,495	0,278	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,093	0,278	1,907
SLC	1	0,102	2,477	0,283	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,094	0,283	2,008



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	η	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,023	2,534	0,183	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	1	0,030	2,520	0,208	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	1	0,077	2,495	0,278	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	1	0,102	2,477	0,283	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

Spettro di progetto

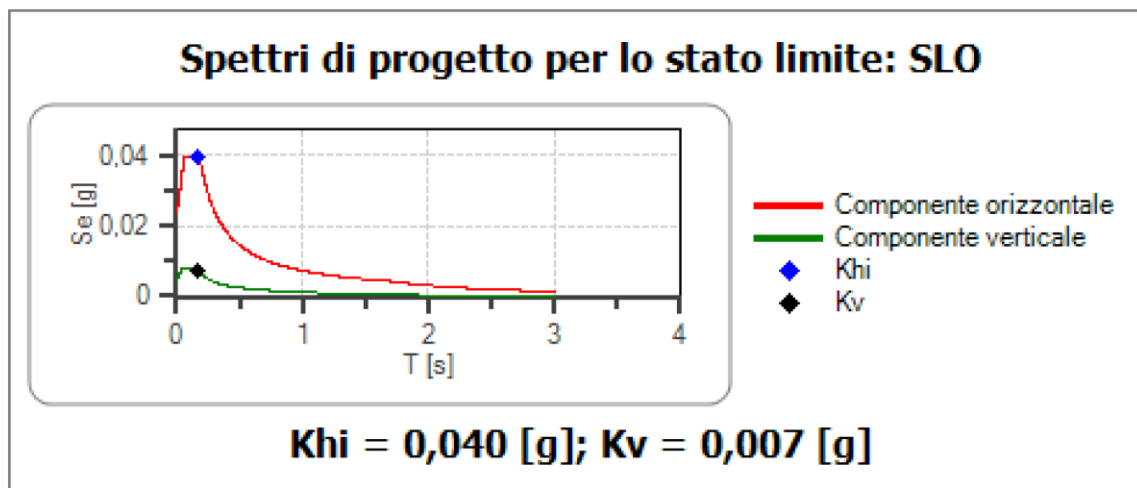
Coefficiente di struttura q per lo spettro orizzontale = 1.5

η per lo spettro orizzontale = 0,667

Coefficiente di struttura q per lo spettro verticale = 1.5

η per lo spettro verticale = 0,667

Stato limite: SLO



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO orizzontale	1	0,023	2,534	0,183	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500	0,061	0,183	1,694
SLO verticale	1	0,023	2,534	0,183	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

Periodo: 0.17[sec]

Nello specifico la regione Lombardia prevede livelli di analisi e di approfondimento sismico in fase pianificatoria diversi in funzione della zona sismica di appartenenza (D.g.r. 30.11.11 n. IX/2616).

Nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 e smi il comune di Travacò Siccomario era stato inserito in zona sismica 4.


Tale classificazione è stata rivista con la DGR n. X/2129 del 14 Luglio 2014 (entrata in vigore il 10 Aprile 2016) ed il comune in esame è stato inserito in **zona sismica 3**.

Nelle more dell'entrata in vigore della nuova classificazione sismica, nei Comuni riclassificati dalla Zona 4 alla Zona 3 e dalla Zona 3 alla Zona 2, tutti i progetti delle strutture riguardanti nuove costruzioni - pubbliche e private - dovranno essere redatti in linea con le norme tecniche vigenti, rispettivamente, nelle Zone 3 e 2.

Nella tabella a seguire si riportano i valori di accelerazione (a_g max) previsti dalla DGRX/2129/2014 per il comune in esame.

Bollettino Ufficiale

- 31 -

 Regione Lombardia

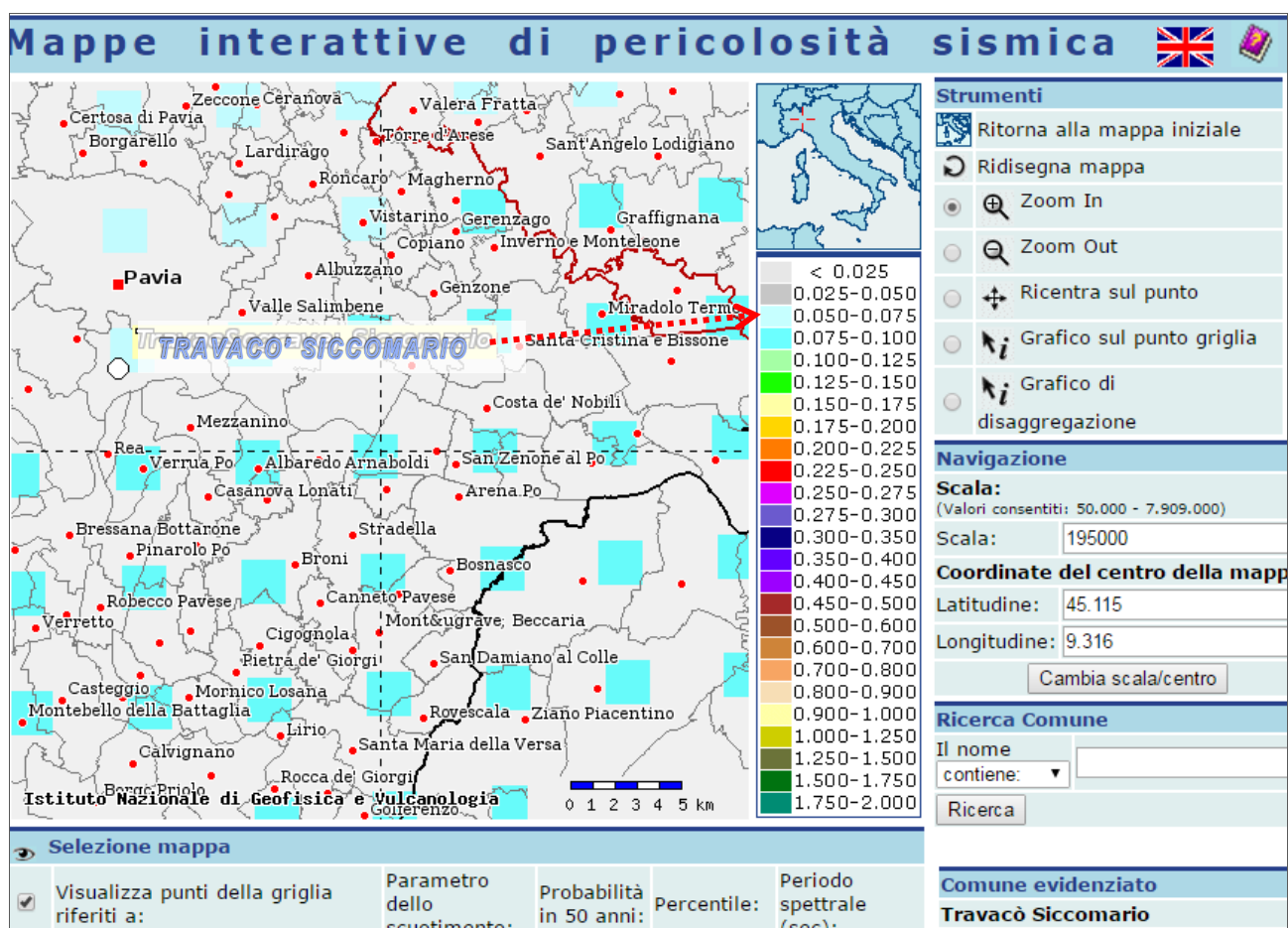
Serie Ordinaria n. 29 - Mercoledì 16 luglio 2014

ISTAT	Provincia	Comune	Zona Sismica	AgMax
03018162	PV	TRAVACONE SICCOMARIO	3	0,079936

Tabella 2: Valori di accelerazione previsti – ag max - per il comune in esame.

Pertanto, a seguito di inserimento in zona sismica 3, si procederà nella presente relazione all'esecuzione del II° Livello di approfondimento sismico previsto dalle normative regionali.

Con l'entrata in vigore del DM 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni 2008) è stata superata, per l'azione sismica di progetto, la precedente zonatura e, tramite l'allegato B al DM, vengono fornite tabelle con i parametri che definiscono l'azione sismica relativamente ad un reticolo di riferimento da cui è possibile derivare i valori per ogni punto indagato.

**Estratto Mappa interattiva di pericolosità sismica**

5.0 ANALISI DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

5.1. RISPOSTA SISMICA LOCALE

Le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona (condizioni locali) possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti diversi, da considerare nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area.

Tali effetti vengono distinti in funzione del comportamento dinamico dei materiali coinvolti; conseguentemente gli studi finalizzati al riconoscimento delle aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico sono basati, in primo luogo, sull'identificazione della categoria di terreno presente all'interno di una determinata area.

Si distinguono due tipologie di effetti locali:

1. Effetti di sito o di amplificazione sismica locale.

Tali effetti sono rappresentati dall'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico (terremoto di riferimento), relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), può subire durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il bedrock a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali.

Si distinguono in due gruppi che possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito:

- a) effetti di amplificazione topografica: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in generale; tali condizioni favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta del rilievo a seguito di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto; se l'irregolarità topografica è rappresentata da substrato roccioso (bedrock) si verifica un puro effetto di amplificazione topografica, mentre nel caso di rilievi costituiti da materiali non rocciosi l'effetto amplificatorio è la risultante dell'interazione (difficilmente separabile) tra l'effetto topografico e quello litologico di seguito descritto;
- b) effetti di amplificazione litologica: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia ecc.) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche; tali condizioni possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura.

2. Effetti di instabilità

Interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e sono rappresentati in generale da fenomeni di instabilità consistenti in veri e propri collassi e talora movimenti di grandi masse di terreno incompatibili con la stabilità delle strutture; tali instabilità sono rappresentate da fenomeni diversi a seconda delle condizioni presenti nel sito.

Nel caso di versanti in equilibrio precario (in materiale sciolto o in roccia) si possono avere fenomeni di riattivazione o neoformazione di movimenti franosi (crolli, scivolamenti rotazionali e/o traslazionali e colamenti), per cui il sisma rappresenta un fattore d'innescio del movimento sia direttamente a causa dell'accelerazione esercitata sul suolo sia indirettamente a causa dell'aumento delle pressioni interstiziali.

In presenza di aree interessate da particolari strutture geologiche sepolte e/o affioranti in superficie tipo contatti stratigrafici o tettonici quali faglie sismogenetiche si possono verificare

movimenti relativi verticali ed orizzontali tra diversi settori areali che conducono a scorrimenti e cedimenti differenziali interessanti le sovrastrutture.

Per terreni particolarmente scadenti dal punto di vista delle proprietà fisicomeccaniche si possono manifestare fenomeni di scivolamento e rottura connessi a deformazioni permanenti del suolo; per terreni granulari sopra falda sono possibili cedimenti a causa di fenomeni di densificazione ed addensamento del materiale, mentre per terreni granulari fini (sabbiosi) saturi di acqua sono possibili deflussi e colamenti parziali o generalizzati a causa dei fenomeni di liquefazione.

Il territorio comunale viene interessato unicamente da

EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA

5.2. AZIONE SISMICA

L'azione sismica sulle costruzioni è generata dal moto non uniforme del terreno di fondazione per effetto della propagazione delle onde sismiche; il moto sismico eccita la struttura provocandone la risposta dinamica.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, come già precedentemente detto, si utilizzano le Norme Tecniche per le Costruzioni – D.M. 14 Gennaio 2008, con le seguenti categorie di suolo di fondazione:

Cat.	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, 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 con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt,30} > 50$ nei terreni a grana grossa, e $Cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt,30} < 50$, $70 < Cu < 250$ kPa).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{spt,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $Cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fine).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/s).

Tabella 3 : categorie del suolo di fondazione (DM 14 Gennaio 2008)

La classificazione comprende il sottosuolo tra il piano di posa delle fondazioni ed un substrato rigido ("bedrock") di riferimento per una profondità adeguata ad estensione ed importanza dell'opera ed è effettuata sulla base del parametro VS30 che rappresenta la velocità delle onde di taglio S riferita a 30 m di profondità e calcolata con l'espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti nei 30m superiori.

5.3 ANALISI E CARATTERIZZAZIONE DEL RISCHIO SISMICO

In adempimento a quanto previsto dal D.M. 14 sett. 2005 "Norme tecniche per le costruzioni" viene prevista, ad integrazione dello Studio Geologico, geomorfologico ed idrogeologico per la pianificazione del territorio comunale, l'**analisi della sismicità** e la redazione di una "**Carta della pericolosità sismica**", secondo **D.G.R. n° 8/1566 del 22/12/2005** - "*Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005, n.° 12*".

La successiva **D.G.R. n° 9/2616 del 30/11/2011** - "*Aggiornamenti dei Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio -All.5*" fornisce le indicazioni sulle procedure da utilizzare per l'analisi della sismicità locale.

La metodologia di riferimento si fonda sull'analisi di indagini dirette e prove sperimentali effettuate su alcune aree campione della Regione (contenute in uno "studio- Pilota" redatto dal Dipartimento di Ingegneria Strutturale del Politecnico di Milano) e prevede tre livelli di approfondimento in funzione della zona sismica di appartenenza e degli scenari di pericolosità sismica locale.

1° livello: riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento del presente Studio geologico, geomorfologico,), sia di dati esistenti

E' obbligatorio per tutti i Comuni e prevede la redazione della **Carta della pericolosità sismica locale** con perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo (riportate in Tab.1- All. 5 /D.G.R. 8 del 22/12/2005) in grado di determinare gli effetti sismici locali (*aree a pericolosità sismica locale – PSL*).

2° livello: caratterizzazione semi quantitativa degli effetti di amplificazione attesi negli scenari perimetrali nella carta di pericolosità sismica locale, che fornisce la stima della risposta sismica in termini di Fattore di Amplificazione (Fa).

L'applicazione del 2° livello consente l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale

Il 2° livello è obbligatorio, per i Comuni ricadenti nelle Zone sismiche 2 e 3, nelle aree PSL individuate attraverso il 1° livello, suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della Tabella 1, riportata in Tav. 4 -Carta della Pericolosità Sismica).

Per i Comuni in Zona sismica 4 tale livello deve essere applicato (aree PSL Z3 e Z4) solo nel caso di nuove costruzioni strategiche e rilevanti come definite in d.g.r. n°14964/2003 (e d.d.u.o. n° 19904 del 21/11/03).

3° livello: definizione degli effetti di amplificazione tramite indagini e analisi più approfondite.

Tale livello si applica, in sede di progettazione, nei casi:


- a seguito dell'applicazione del 2° livello, risulti inadeguata la normativa sismica nazionale per gli scenari PSL d zone Z3 e Z4;
- in presenza di aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e zone di contatto tra litotipi a caratteri fisico meccanici molto diversi (Zone Z1, Z2, Z5).

Il 3° livello è obbligatorio anche nel caso in cui si stiano progettando costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.

Gli approfondimenti di 2° e 3° livello non vanno eseguiti in quelle aree che, per situazioni geologiche, geomorfologiche e ambientali o perché sottoposte a vincolo da particolari

normative, siano considerate inedificabili, fermo restando tutti gli obblighi derivanti dall'applicazione di altra normativa specifica.

Nella tabella seguente vengono sintetizzati gli adempimenti e la tempistica in funzione della zona sismica di appartenenza del comune.

	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1 ^a livello fase pianificatoria	2 ^a livello fase pianificatoria	3 ^a livello fase progettuale
 Zona sismica 2-3	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	- Nelle aree indagate con il 2 ^a livello quando F_a calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1 e Z2.
Zona sismica 4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	- Nelle aree indagate con il 2 ^a livello quando F_a calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti.

6.0 ANALISI DI 1° LIVELLO

CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

L'azione di eventi sismici sulle strutture, "Pericolosità sismica locale", è condizionata anche da situazioni locali, geologiche e geomorfologiche, che possono portare a fenomeni di amplificazione del fenomeno atteso; tali fattori vanno considerati nella valutazione generale della pericolosità sismica di un'area.

Tra le prime analisi da eseguire per la valutazione della Pericolosità sismica locale riveste un ruolo primario l'identificazione delle categorie di terreno che caratterizzano una determinata area e la ricostruzione delle caratteristiche litologiche del sottosuolo.

Successivamente, in funzione delle caratteristiche del sottosuolo si distinguono due gruppi di effetti locali: quelli di sito (amplificazione sismica locale) e quelli dovuti ad instabilità.

Gli effetti di sito interessano tutti quei terreni che mostrano dei comportamenti stabili nei confronti delle sollecitazioni sismiche previste.

Questi effetti si riferiscono alle modificazioni di ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un "terremoto di riferimento" può subire durante l'attraversamento dell'intervallo tra il bedrock ed il piano campagna, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali.

Gli effetti di sito si possono suddividere in:

- Effetti di amplificazione topografica, che si manifestano in presenza di superfici topografiche più o meno articolate e favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità delle creste dei rilievi.
- Effetti di amplificazione litologica che sono appunto funzione delle variazioni litologiche locali e delle differenti risposte sismiche all'evento di riferimento.

Gli effetti di instabilità interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile (o potenzialmente tale) nei confronti dell'azione di un sisma.

Rientrano in tale categoria: i versanti in equilibrio precario soggetti al rischio di riattivazione e di neoformazione di fenomeni morfogenetici (frane), le aree interessate da strutture geologiche significative (faglie, contatti stratigrafici, etc.) e le aree con terreni aventi caratteristiche geotecniche e geomeccaniche scadenti.

Come precedentemente indicato l'analisi di primo livello consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce la base dalla quale partire per i successivi livelli di approfondimento.

In tale fase di analisi sono stati utilizzati tutti i dati di natura geotecnica, idrogeologica e litostratigrafica a disposizione e le diverse cartografie tematiche d'inquadramento realizzate.

Sulla base di tutte le informazioni reperite si è proceduto alla stesura della Carta della pericolosità sismica locale in cui il territorio comunale è suddiviso, secondo le diverse situazioni indicate nella tabella a seguire

Tab.5- Estratto Tabella 1 all'Allegato 5 /D.G.R. 2616/2011

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluviocolluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	H3
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	H2 - livello di approfondimento 3°
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	H2 - livello di approfondimento 3°
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	H2 - livello di approfondimento 2°
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	H2 - livello di approfondimento 2°
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluviocolluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	H2 - livello di approfondimento 3°

Nell'elaborato cartografico di riferimento (Tav. 1 – carta della pericolosità sismica locale) è stata pertanto riportata la perimetrazione con retino trasparente delle zone unitarie di pericolosità con indicazioni della litologia superficiale e sezione lito stratigrafica-tipo dedotta dalle diagrafie dei pozzi profondi acquedottistici e non, presenti nell'intorno, dalle indagini geotecniche disponibili e risultanze delle due indagini sismiche (MASW) effettuate sul territorio comunale.

Si conferma in tal sede che, considerata l'omogeneità del territorio di studio sia sotto l'aspetto plani altimetrico che litostratigrafico, viene identificata un'unica zonizzazione:

Scenario di pericolosità sismica > Z4a- zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi.

7.0 ANALISI DI 2° LIVELLO

VERIFICA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE (FA)

Come già precedentemente esposto, a seguito dell'inserimento del comune di Travacò Siccomario in zona sismica 3, si è reso necessario procedere all'approfondimento di II° livello previsto dalla normativa regionale vigente.

Il 2° livello si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4) e la procedura consiste in un approccio di tipo semi quantitativo che fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa); gli studi vengono condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e morfologiche e sono utilizzati per zonare l'area di studio in funzione del valore di Fa.

Il valore di Fa si riferisce agli intervalli di periodo tra **0.1-0.5 s** e **0.5-1.5 s**; i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di Fa sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale (e comunale); in particolare l'intervallo **0.1-0.5 s** si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo **0.5-1.5 s** si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

La procedura di 2° livello fornisce, per gli effetti litologici, valori di Fa per entrambi gli intervalli di periodo considerati, mentre per gli effetti morfologici solo per l'intervallo 0.1-0.5 s: questa

limitazione è causata dall'impiego, per la messa a punto della scheda di valutazione, di codici di calcolo di tipo bidimensionale ad elementi di contorno, che sono risultati più sensibili all'influenza del moto di input nell'intervallo di periodo 0.5-1.5 s.

Obiettivo di tale approfondimento è l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulti sufficiente o insufficiente a tenere in considerazione gli effetti sismici (utilizzo o meno dei parametri dello spettro elastico previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica di appartenenza).

Sulla base delle indicazioni regionali l'approfondimento di II° livello è stato eseguito per gli ambiti urbanizzati ed urbanizzabili.

7.1. EFFETTI LITOLOGICI

La procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
- stratigrafia del sito;
- andamento delle Vs con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s;

la conoscenza degli spessori e delle Vs può essere ottenuta utilizzando qualsiasi metodo di indagine diretto ed indiretto, in grado di fornire un modello geologico e geofisico del sottosuolo attendibile in relazione alla situazione geologica del sito e il più dettagliato possibile nella parte più superficiale per una corretta individuazione dello strato superficiale; in mancanza del raggiungimento del bedrock ($V_s \geq 800$ m/s) con le indagini è possibile ipotizzare un opportuno gradiente di Vs con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da raggiungere il valore di 800 m/s;

- spessore e velocità di ciascun strato;
- sezioni geologiche, conseguente modello geofisico - geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.

Sulla base di intervalli indicativi di alcuni parametri geotecnici, quali curva granulometrica, parametri indice, numero di colpi della prova *SPT*, si individua la litologia prevalente presente nel sito e per questa si sceglie la relativa scheda di valutazione di riferimento.

Una volta individuata la scheda di riferimento è necessario verificarne la validità in base all'andamento dei valori di V_s con la profondità; in particolare si dovrà verificare l'andamento delle V_s con la profondità partendo dalla scheda tipo 1, nel caso in cui non fosse verificata la validità per valori di V_s inferiori ai 600 m/s si passerà all'utilizzo della scheda tipo 2.

In presenza di una litologia non contemplata dalle schede di valutazione allegate si potrà utilizzare la scheda di valutazione che presenta l'andamento delle V_s con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine.

Nel caso esista la scheda di valutazione per la litologia esaminata ma l'andamento delle V_s con la profondità non ricade nel campo di validità della scheda potrà essere scelta un'altra scheda che presenti l'andamento delle V_s con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine.

Nel caso di presenza di alternanze litologiche, che non presentano inversioni di velocità con la profondità, si potranno utilizzare le schede a disposizione solo se l'andamento dei valori di V_s con la profondità, nel caso da esaminare, risulta compatibile con le schede proposte.

In presenza di alternanze litologiche con inversioni di velocità con la profondità si potrà utilizzare la scheda di valutazione che presenta l'andamento delle V_s con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine e si accetteranno anche i casi in cui i valori di V_s escano dal campo di validità solo a causa dell'inversione. All'interno della scheda di valutazione si sceglie, in funzione della profondità e della velocità V_s dello strato superficiale, utilizzando la matrice della scheda di valutazione, la curva più appropriata (indicata con il numero e il colore di riferimento) per la valutazione del valore di F_a nell'intervallo 0.1-0.5 s e nell'intervallo 0.5-1.5 s, in base al valore del periodo proprio del sito T .

Il valore di V_s dello strato superficiale riportato nella scheda è da intendersi come limite massimo di ogni intervallo (es: per un valore di V_s dello strato superficiale ottenuto dall'indagine pari a 220 m/s si sceglierà il valore 250 m/s nella matrice della scheda di valutazione).

Qualora lo strato superficiale abbia una profondità inferiore ai 4 m si utilizzerà, per la scelta della curva, lo strato superficiale equivalente, a cui si assegna una velocità V_s calcolata come media pesata del valore di V_s degli strati superficiali la cui somma supera i 4 m di spessore.

Il periodo proprio del sito T , necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione, è calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità V_s è uguale o superiore a 800 m/s ed utilizzando la seguente equazione:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

ove h_i e V_{s_i} sono lo spessore e la velocità dello strato i -esimo del modello.

Il valore di F_a determinato dovrà essere approssimato alla prima cifra decimale e dovrà essere utilizzato per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente.

La procedura consente la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni espressa come Fattore di amplificazione (F_a).

Il valore di F_a si riferisce agli intervalli di periodo 0.1-0.5 s e 0.5-1.5s.

Tali periodi sono stati scelti sulla base delle tipologie di edifici maggiormente presenti sul territorio regionale ed in particolare: l'intervallo 0.1-0.5 s si riferisce a strutture basse, regolari e piuttosto rigide; l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e flessibili.

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di F_a ottenuto dalle schede di valutazione con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune e per le diverse categorie di suolo (Norme Tecniche per le Costruzioni) soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0.1- 0.5 s e 0.5-1.5 s.

Il parametro calcolato per ciascun Comune della Regione Lombardia è riportato nella banca regionale e rappresenta il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

Di seguito si riportano i valori di F_a forniti dalla Regione Lombardia per il territorio comunale in esame.

PR	CM	COMUNE	INTERVALLO	Valori soglia			
				B	C	D	E
18	162	TRAVACO' SICCOMARIO	0.1 – 0.5	1,4	1,9	2,2	2,0
18	162	TRAVACO' SICCOMARIO	0.5 – 1.5	1,7	2,4	4,2	3,1

Tabella 6

La procedura prevede pertanto di valutare il valore di F_a con le schede di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia considerando una variabilità di + 0.1, che tiene in conto la variabilità del valore di F_a ottenuto.

Si possono presentare quindi due situazioni:

- il valore di F_a è inferiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- il valore di F_a è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è necessario, in fase di progettazione edilizia, o effettuare analisi più approfondite (3° livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema:
 - anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C;
 - nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
 - anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
 - anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

8.0 VERIFICA SCENARI Z4

Nel presente capitolo si procede alla verifica del fattore di amplificazione sito specifica per gli scenari Z4. Considerando che l'intero urbanizzato e le aree di espansione sono caratterizzate dallo scenario sismico Z4 "Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio

glaciali granulari e/o coesivi", ai sensi della normativa vigente, si procederà all'esecuzione dell'approfondimento di II° livello per tale scenario.

I dati utilizzati ai fini della presente verifica sono stati reperiti tramite indagini geofisiche e penetrometriche, eseguite sia nell'ambito del presente studio sia a supporto di altri interventi sul territorio comunale.

I dati utilizzati, sulla base delle indicazioni fornite dalla tabella 2 dell'allegato 5 alla Dgr 2616/2011, sono caratterizzati da un grado di attendibilità medio- alto.

<i>Dati</i>	<i>Attendibilità</i>	<i>Tipologia</i>
Litologici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	Da prove di laboratorio su campioni e da prove in sito
Stratigrafici (spessori)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)
	Alta	Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)
Geofisici (Vs)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette e relazioni empiriche
	Alta	Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale)

Tabella 7: estratto Dgr 2616/2011 – Allegato 5 – tabella 2 – Livelli di attendibilità' da assegnare ai risultati ottenuti dall'analisi

In sintesi il presente approfondimento è stato eseguito utilizzando i seguenti dati:

- analisi spettrale delle onde di superficie con tecnica MASW – località Cimitero Maggiore / Travacò;
- analisi spettrale delle onde di superficie con tecnica MASW – località Frazione Rotta ;
- prove penetrometriche, disponibili sull'intero territorio comunale e già utilizzate nel precedente Studio geologico per la caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica del territorio comunale di Travacò Siccomario.

8.1. INDAGINE MASW

Nell'ambito dell'approfondimento sismico di II° livello si è proceduto all'esecuzione di n. 2 indagini sismiche superficiali tramite analisi spettrale delle onde di superficie con tecnica MASW eseguite presso:

27020 - TRAVACO' SICCOMARIO (PV)
E mail adizorz@libero.it

Tel / Fax 0382 472637
PEC: adizorz@epap.sicurezza postale.it

Strada Colombarola 1/17
Mobile 3356376821

- Cimitero Maggiore di Travacò Siccomario
- Parco giochi località fraz. Rotta di Travacò Siccomario secondo quanto indicato nello "Stralcio Tav.1 – Carta della Pericolosità sismica".

Come si vede le indagini sono state ubicate in corrispondenza due centri abitati maggiori ed anche valutando l'omogeneità litostratigrafica del territorio comunale e le possibili zone di espansione edilizia.

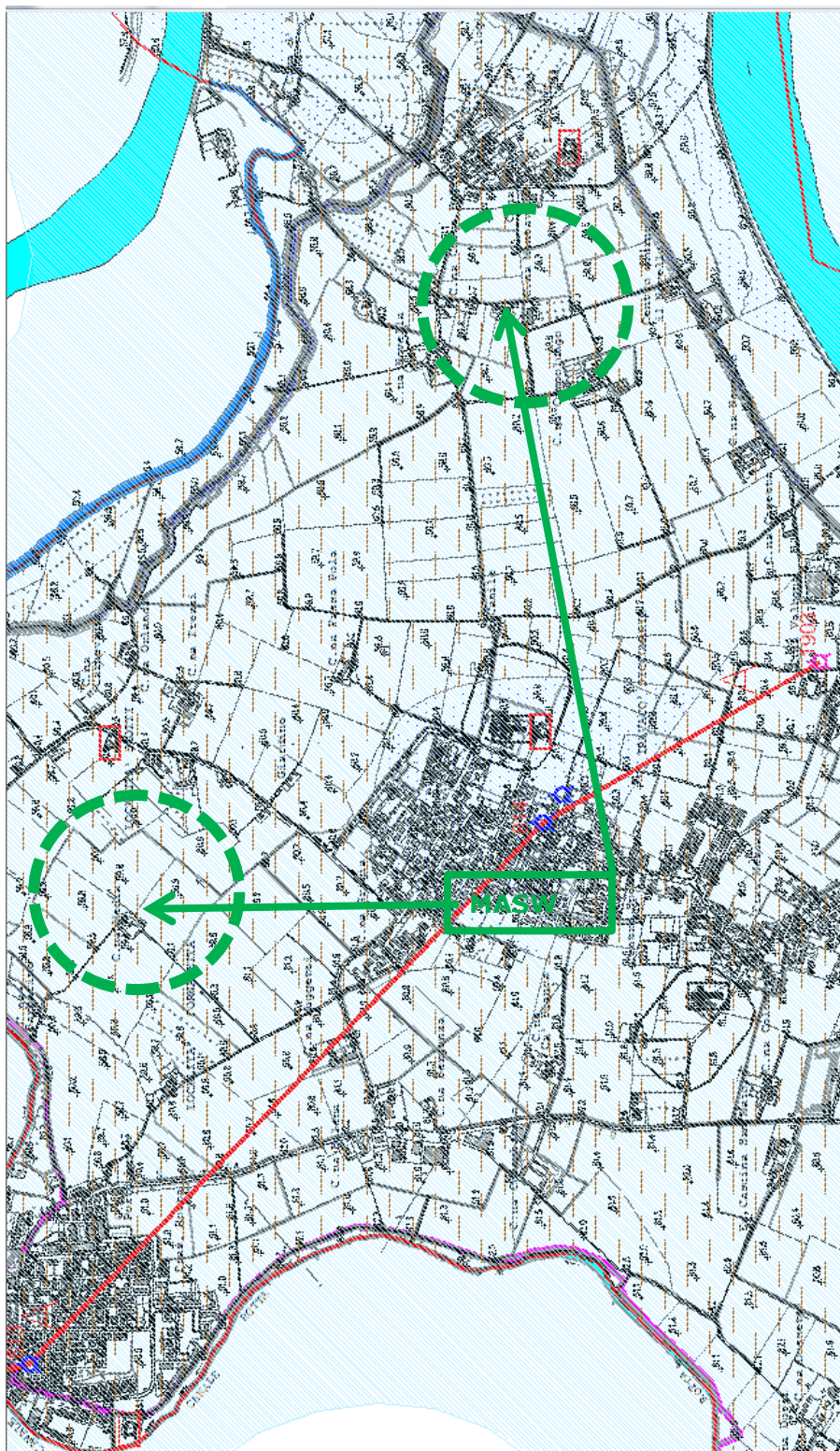
Per potere classificare con precisione l'area da un punto di vista sismico, è stata eseguita nei due siti in oggetto *n.1 indagine sismica a rifrazione con metodo MASW*, i cui risultati sono riportati a seguire.

Modalità esecuzione

indagini MASW

Per misurare le velocità delle onde di taglio si possono eseguire prospezioni sismiche mediante stendimenti superficiali, utilizzando geofoni verticali da 4,5 Hz ed acquisendo attivamente i segnali delle onde rifratte alla superficie mediante una sorgente artificialmente provocata; questa tecnica, nota con la sigla **MASW** (Multichannel Analysis of Surface Waves), permette di ricostruire il profilo verticale delle Vs con procedimenti di modellazione diretta delle velocità di fase delle onde, rifratte alla superficie.

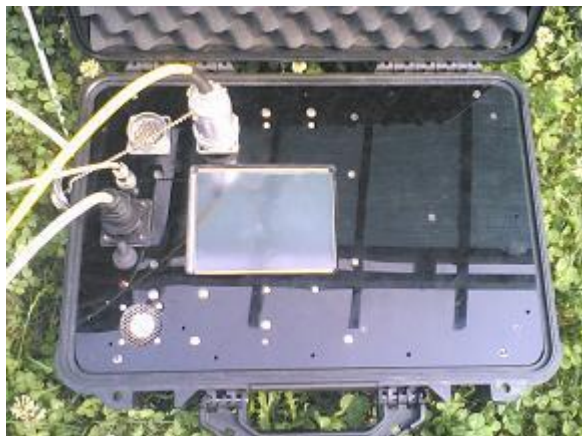
Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga; questa proprietà si chiama dispersione.



Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_s), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali.

Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.



L'intero processo comprende tre passi successivi: L'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_s .

Per ottenere un profilo V_s bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore; una serie di tecniche diverse è stata utilizzata nel tempo per ricavare la curva di dispersione.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

Dei valori approssimati per la densità sono necessari per ottenere il profilo verticale V_s dalla curva di dispersione e vengono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali.

Quando si generano le onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh, vengono generate anche una molteplicità di tipi diversi di onde.

Fra queste le onde di corpo, le onde superficiali non piane, le onde riverberate (back scattered) dalle disomogeneità superficiali, il rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane.

Le onde di corpo sono in vario modo riconoscibili in un sismogramma multicanale.

Quelle rifratte e riflesse sono il risultato dell'interazione fra le onde e l'impedenza acustica (il contrasto di velocità) fra le superfici di discontinuità, mentre le onde di corpo dirette viaggiano, come è implicito nel nome, direttamente dalla sorgente ai ricevitori (geofoni).

Le onde che si propagano a breve distanza dalla sorgente sono sempre onde superficiali. Queste onde, in prossimità della sorgente, seguono un complicato comportamento non lineare e non possono essere trattate come onde piane.

Le onde superficiali riverberate (back scattered) possono essere prevalenti in un sismogramma multicanale se in prossimità delle misure sono presenti discontinuità orizzontali quali fondazioni e muri di contenimento e le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente.

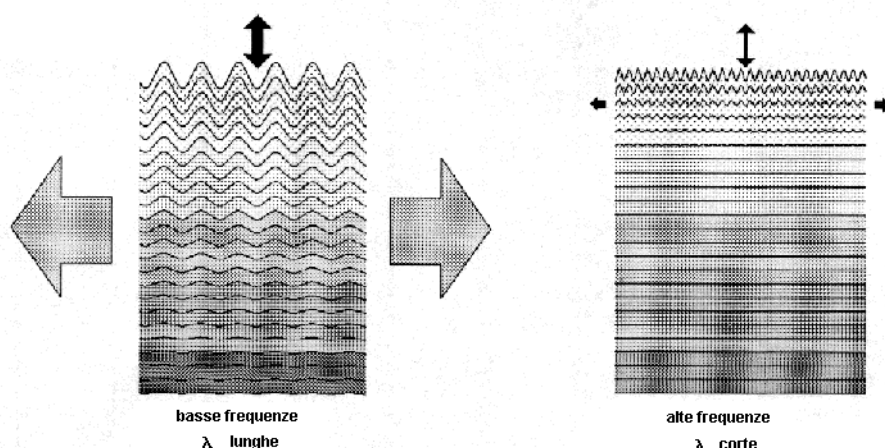
Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno.

La scomposizione di un campo di onde registrate in un formato a frequenza variabile consente l'identificazione della maggior parte del rumore, analizzando la fase e la frequenza dipendentemente dalla distanza dalla sorgente. La scomposizione può essere quindi utilizzata in associazione con la registrazione multicanale per minimizzare il rumore durante l'acquisizione.

La scelta dei parametri di elaborazione così come del miglior intervallo di frequenza per il calcolo della velocità di fase, può essere fatto con maggior accuratezza utilizzando dei sismogrammi multicanale; una volta scomposto il sismogramma, una opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel dominio della frequenza può essere utilizzata per calcolare la velocità di fase rispetto alla frequenza.

La velocità di fase e la frequenza sono le due variabili (x ; y), il cui legame costituisce la curva di dispersione. E' anche possibile determinare l'accuratezza del calcolo della curva di dispersione analizzando la pendenza lineare di ciascuna componente di frequenza delle onde superficiali in un singolo sismogramma. In questo caso MASW permette la miglior registrazione e separazione ad ampia banda ed elevati rapporti S/N. Un buon rapporto S/N assicura accuratezza nel calcolo della curva di dispersione, mentre l'ampiezza di banda migliora la risoluzione e la possibile profondità di indagine del profilo V_s di inversione.

Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente. La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a riflessione (CMP). Questa similitudine permette di ottenere, con la procedura MASW, delle sezioni superficiali di velocità che possono essere utilizzate per accurate correzioni statiche dei profili a riflessione



L'illustrazione mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale.

Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S (V_s) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

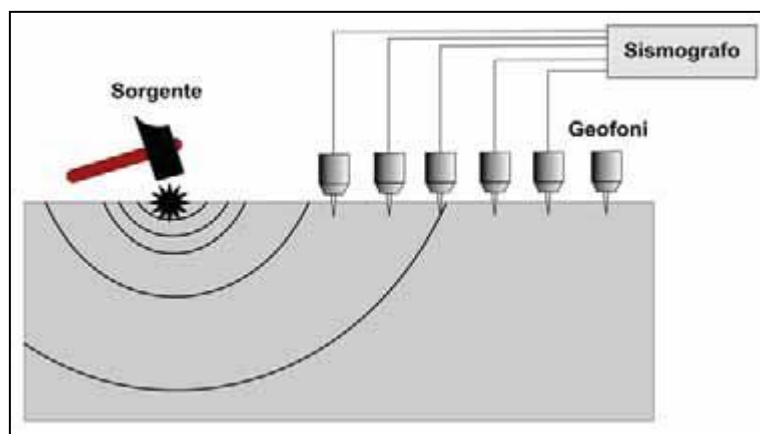
Partendo dal sismogramma registrato mediante sorgente energizzante in asse con lo stendimento, viene eseguita un'analisi spettrale che ha consentito di elaborare un'immagine della distribuzione del segnale di velocità sismica in funzione delle diverse frequenze che lo compongono.

Da tale elaborazione, tramite una fase di "picking" del segnale ad elevata intensità è stata ottenuta la "**curva di dispersione**", dalla cui inversione è stato calcolato il **modello sismo-stratigrafico** espresso in termini di velocità delle onde di taglio (V_s).

I dati sono stati registrati mediante un sismografo

- un sismografo EEG BR24 24 canali
- 24 geofoni a 4.5Hz
- mazza da 5 Kg

Schema di Array lineare e punto energizzante.



Il calcolo del profilo delle velocità delle onde di Rayleigh, $V(fase)/freq.$, può essere convertito nel profilo $V_s/profondità$. Tale metodo non è univoco e quindi il modello che ne scaturisce è un modello teorico; per questo motivo è preferibile operare in presenza di dati di taratura (come nel caso specifico) onde ricavare il modello reale.

L'indagine eseguita ha permesso la determinazione dell'andamento della velocità delle V_s fino a circa 35 m di profondità.

Tale valore, nell'area indagata, per la classificazione sismica dei terreni di fondazione seguendo le indicazioni del **D.M. 14/01/2008**, è risultata pari a:

MASW 1 (Cim.maggiore)	$V_{s30} = 251 \text{ m/s}$	categoria C
MASW 2 (Loc. Rotta)	$V_{s30} = 244 \text{ m/s}$	categoria C

Le prove hanno comportato la realizzazione di uno stendimento con le seguenti caratteristiche:

Stendimento geofonico (m)	Energizzaz.	Geofoni
46	2	24

Pertanto secondo la classificazione del suolo, si definisce il terreno di fondazione dell'area studiata come appartenente alla categoria **C**, *corrispondente a depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di **V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT, 30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu, 30 < 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina).***

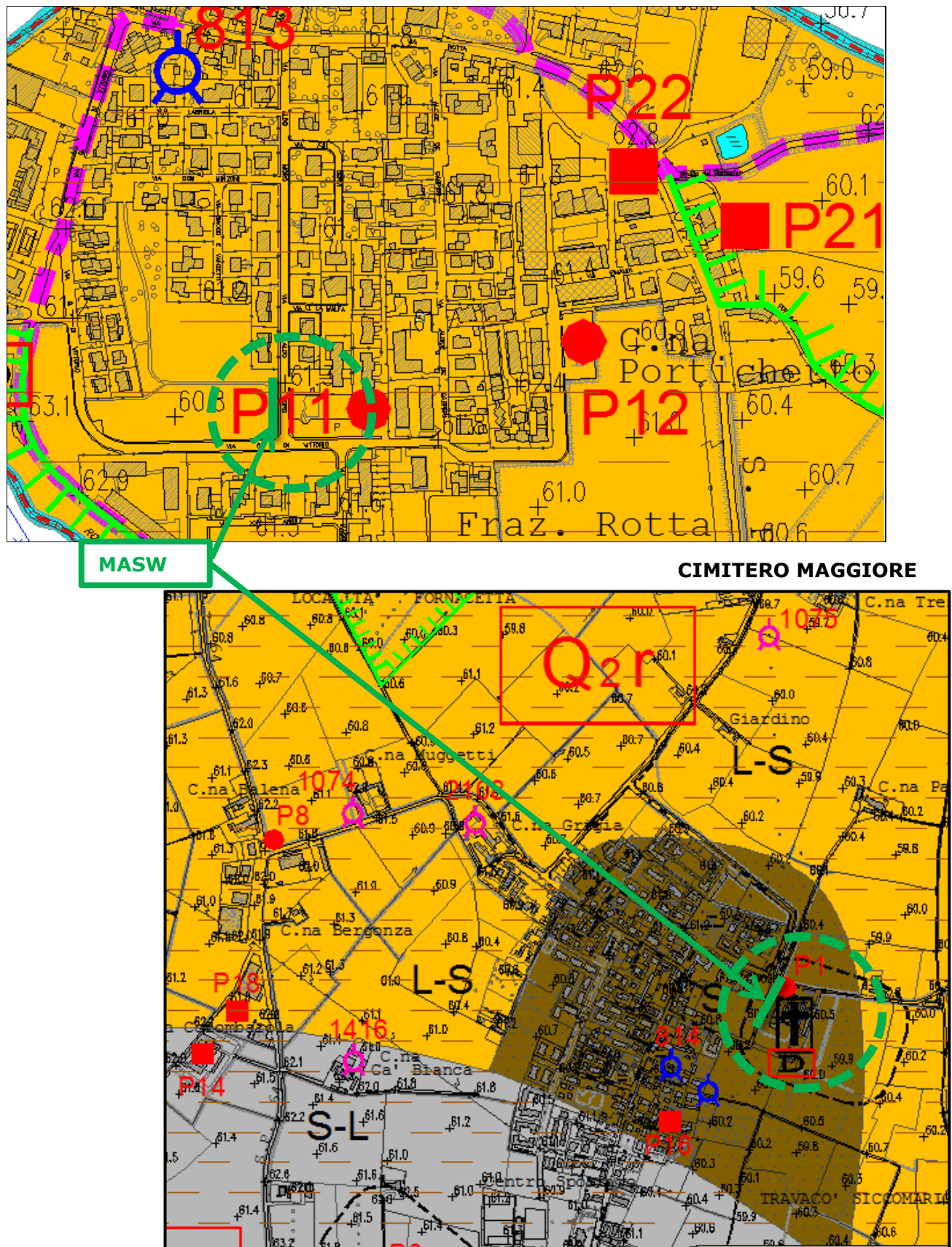
A seguire si allega stralcio Tav Geologica geomorfologica di Piano con ubicazione Indagini disponibili e caratterizzazione litologica del territorio Comunale.

FRAZIONE ROTTA

27020 - TRAVACO' SICCOMARIO (PV)
E mail adizorz@libero.it

Tel / Fax 0382 472637
PEC: adizorz@epap.sicurezzaapostale.it

Strada Colombarola 1/17
Mobile 3356376821



Come risulta dalle immagini alle MASW sono comparabili sia risultanze di Indagini penetrometriche che le stratigrafie dei due pozzi comunali.

LEGENDA:

Litologia

Classi



Depositi alluvionali costituiti da sabbie limose, da sabbie a mediamente addensate, con intercalazioni limose o ghiaiose.

In superfide fino alla profondità di 1- 1,5 m dal piano campagna sono presenti sabbie sabbie limose passanti a sabbie e ghiaie;



In superfide fino alla profondità di 2,5- 3,00 m dal piano campagna sono presenti sabbie sabbie limose passanti a sabbie;

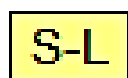


In superfide fino alla profondità di 4,00- 4,50 m dal piano campagna sono presenti sabbie sabbie limose passanti a sabbie e sabbie e ghiaie;

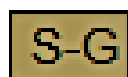


In superfide fino alla profondità di 5,00- 6,00 m dal piano campagna sono presenti limi sabbiosi e limi argillosi, coesivi, poco consistenti passanti ad argille limose e limi sabbiosi.

Depositi alluvionali nelle aree potenziali:

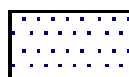


sabbie fini, limose, con intercalazioni limose o sabbioso-ghiaiose;

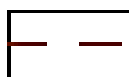


sabbie e sabbie ghiaiose con intercalazioni limose.

Litologia di superficie



sabbie



limi



argille



Prove penetrometriche tipo SCPT

P 14



Prove penetrometriche tipo CPT



Confine comunale



Argine maestro



Argine secondario



Paleosolivo



cimitero



Olivoglio



Orlo di terrazzo di scarpata fluviale stabile



Orlo di terrazzo di scarpata fluviale instabile



Sponda in erosione, attiva o potenziale

Pozzi a stratigrafia nota



Pozzo comunale



Pozzo privato

TRAVACÒ – ROTTA



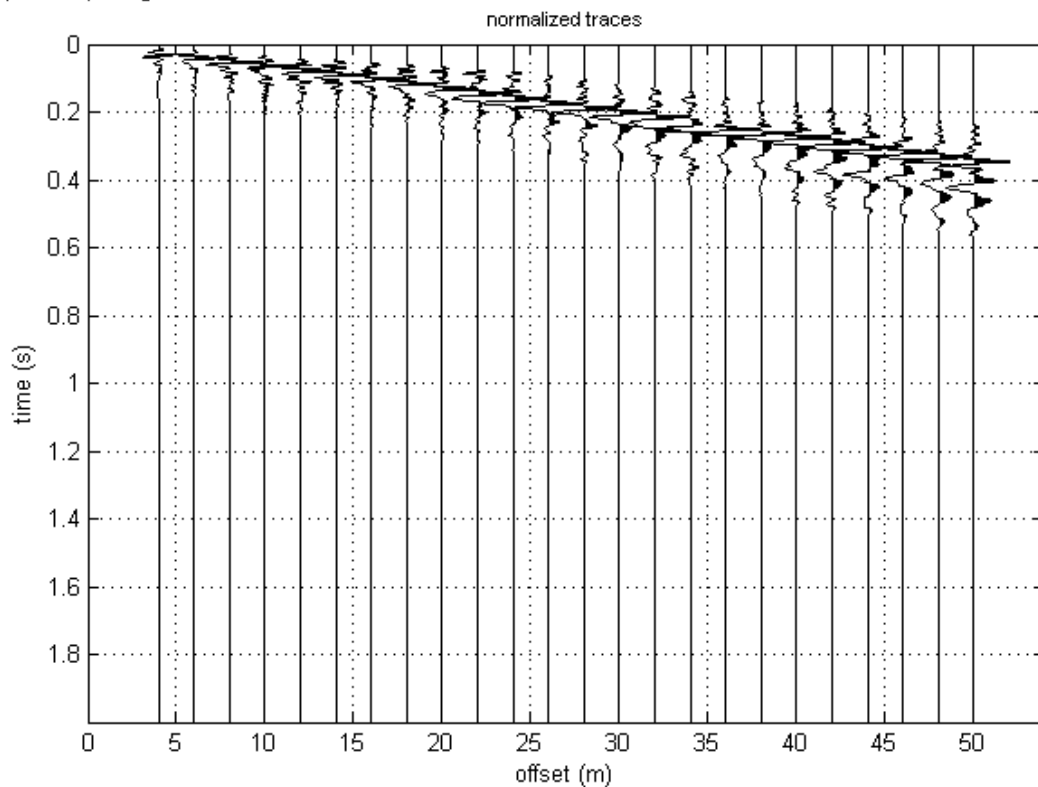
– #1: uploading & processing (MASW analyses)

dataset: 2016-06-03_1-51_00_otta_4.m.dat

sampling: 0.125 ms

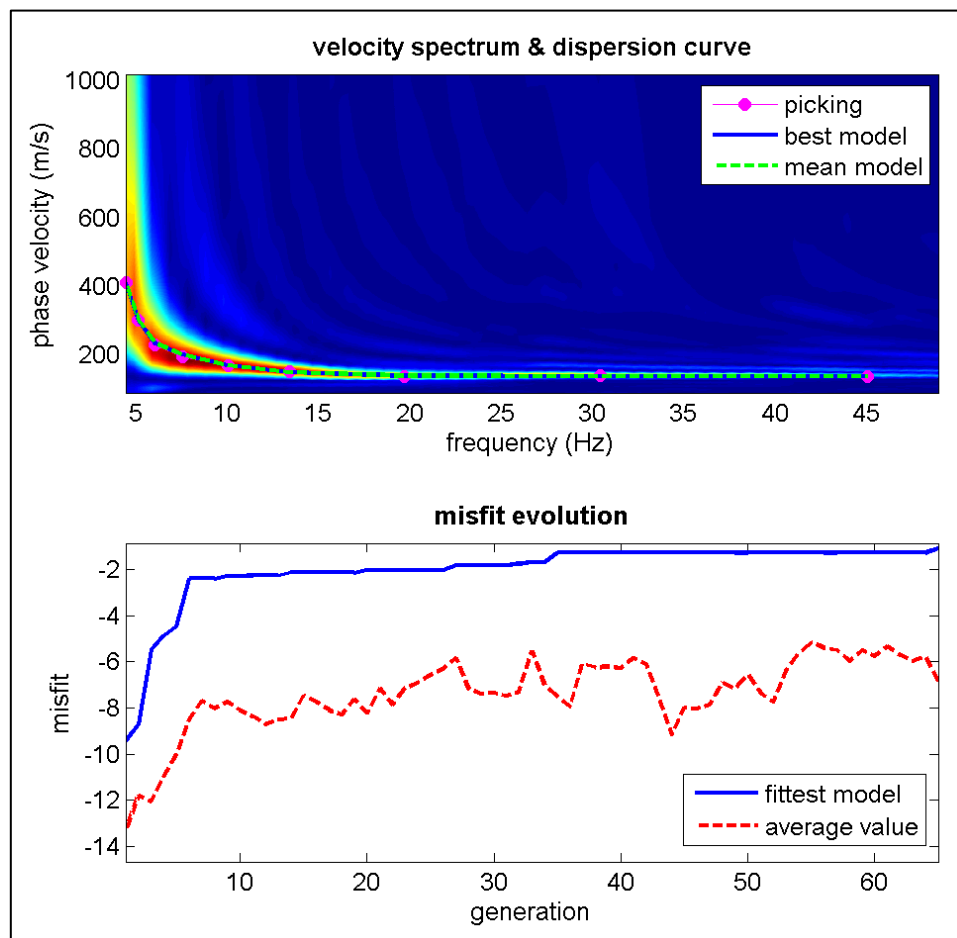
minimum offset: 4 m

geophone spacing: 2 m



Dato di campagna (sismogramma)

Spettro di velocità e picking della curva di dispersione



Risultati dell'inversione della curva di dispersione

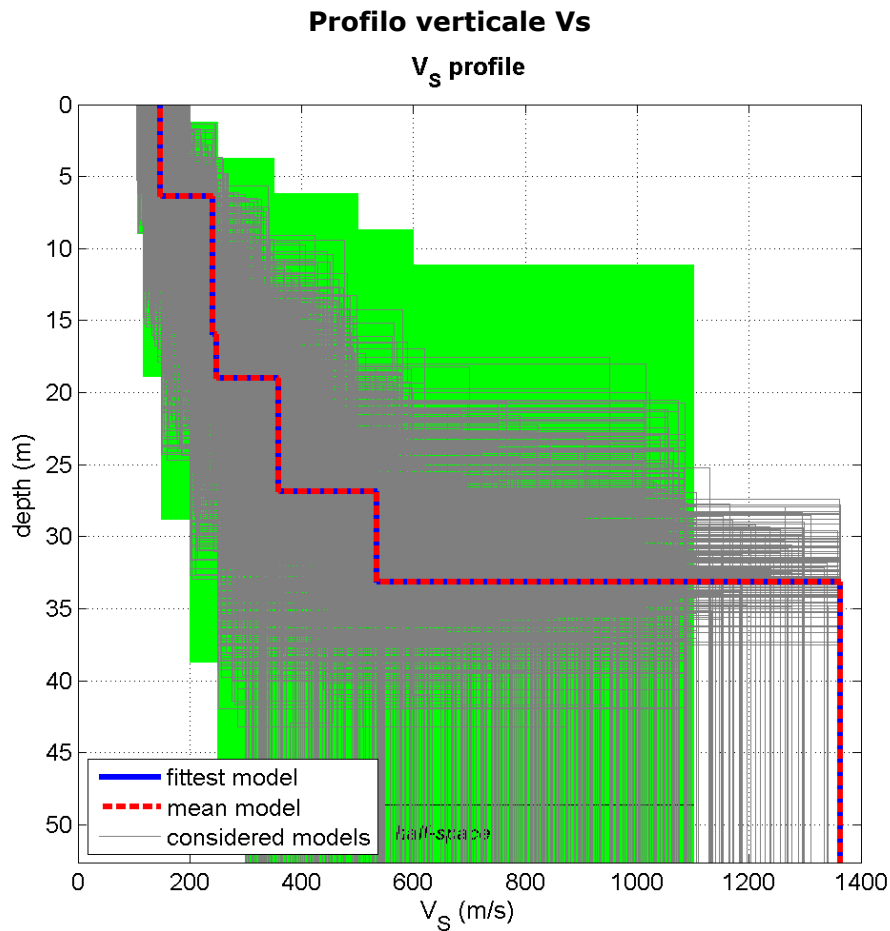
In alto: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione.

In basso: l'evolversi del modello al passare delle "generazioni"

(l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici - Dal Moro et al., 2007).

Discretizzazione degli strati

Spessore [m]	Vs [m/sec] e deviazioni standard	Moduli di taglio stimati (MPa)
6.4	148 ± 0	39
9.6	241 ± 0	109
3.1	248 ± 0	117
7.8	359 ± 0.2	256
6.2	534 ± 0.2	595
semi-spazio	1364 ± 0	4248



dataset: 2016-06-03_1-51_00_rotta_4.m.dat

dispersion curve: rotta_4.m.cdp

Vs30 (best model): 244 m/s

Vs30 (mean model): 244 m/s

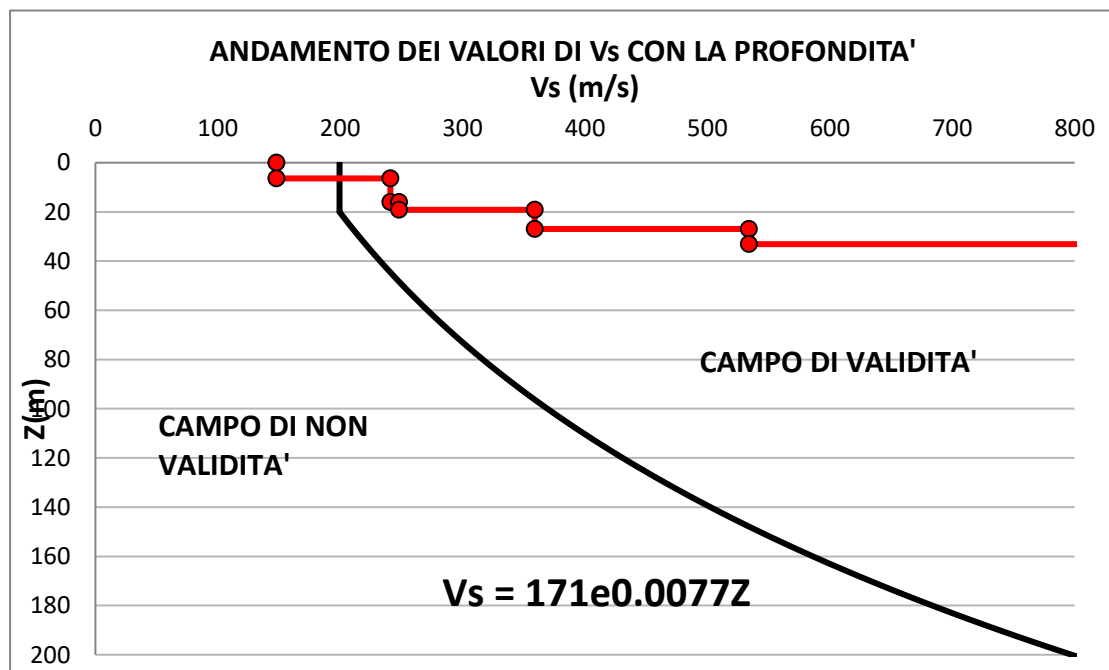


Grafico relativo al campo di validità della scheda litologica sabbiosa

27020 - TRAVACO' SICCOMARIO (PV)

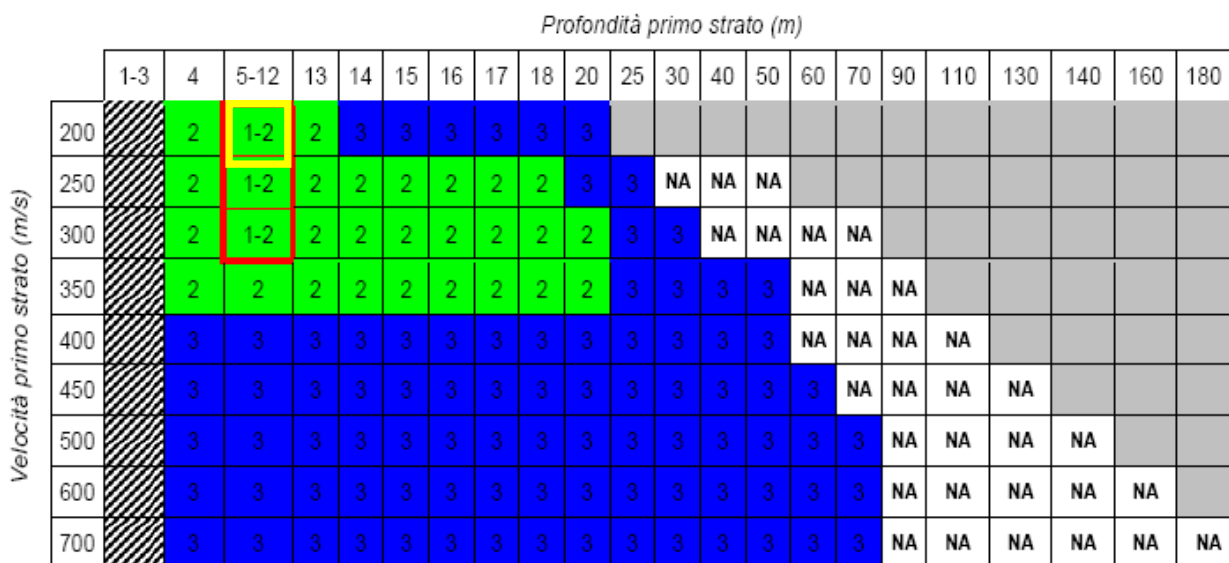
Tel / Fax 0382 472637

Strada Colombarola 1/17

E mail adizorz@libero.it

PEC: adizorz@epap.sicurezzaapostale.it

Mobile 3356376821



Abaco che permette di individuare, in base al colore, la curva di riferimento per l'individuazione di Fa, grazie all'intersezione della profondità raggiunta dal primo strato e la sua velocità

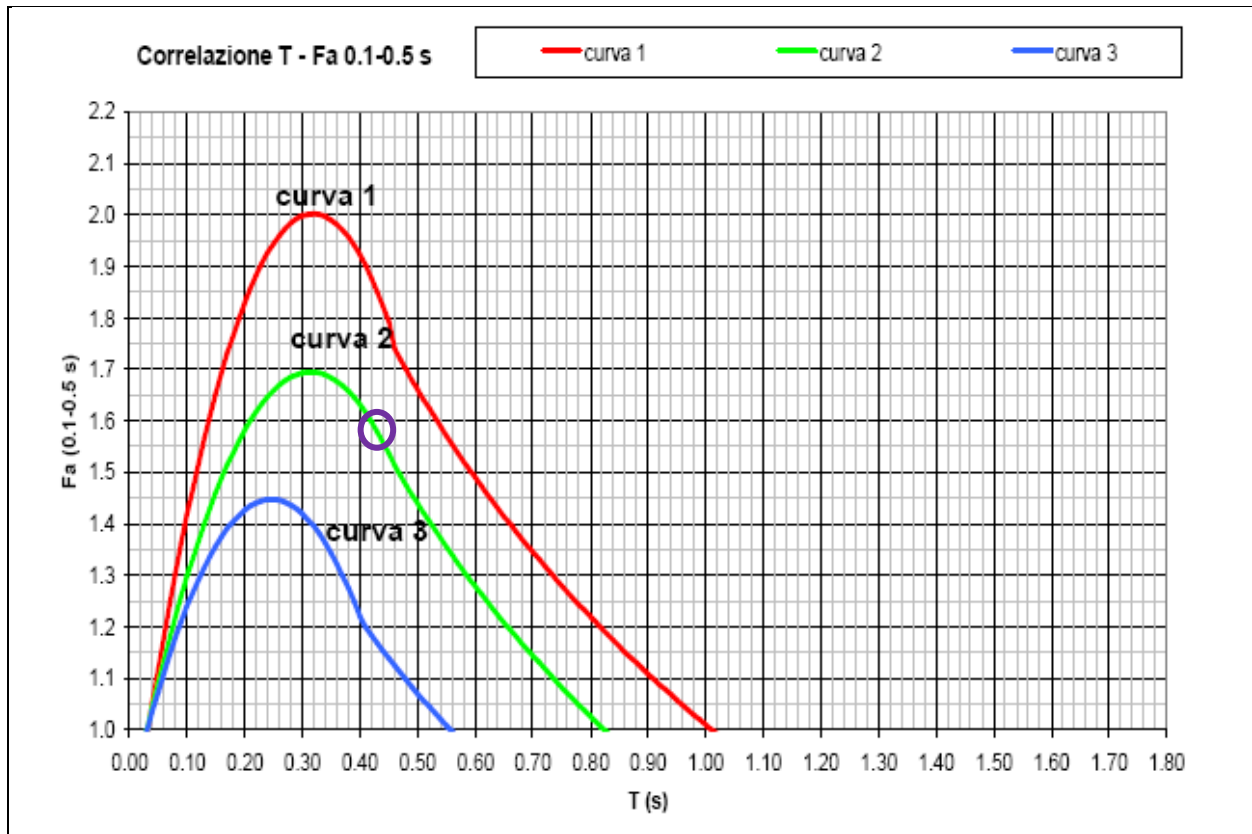
Per la determinazione del periodo si utilizza la seguente equazione:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n V s_i \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

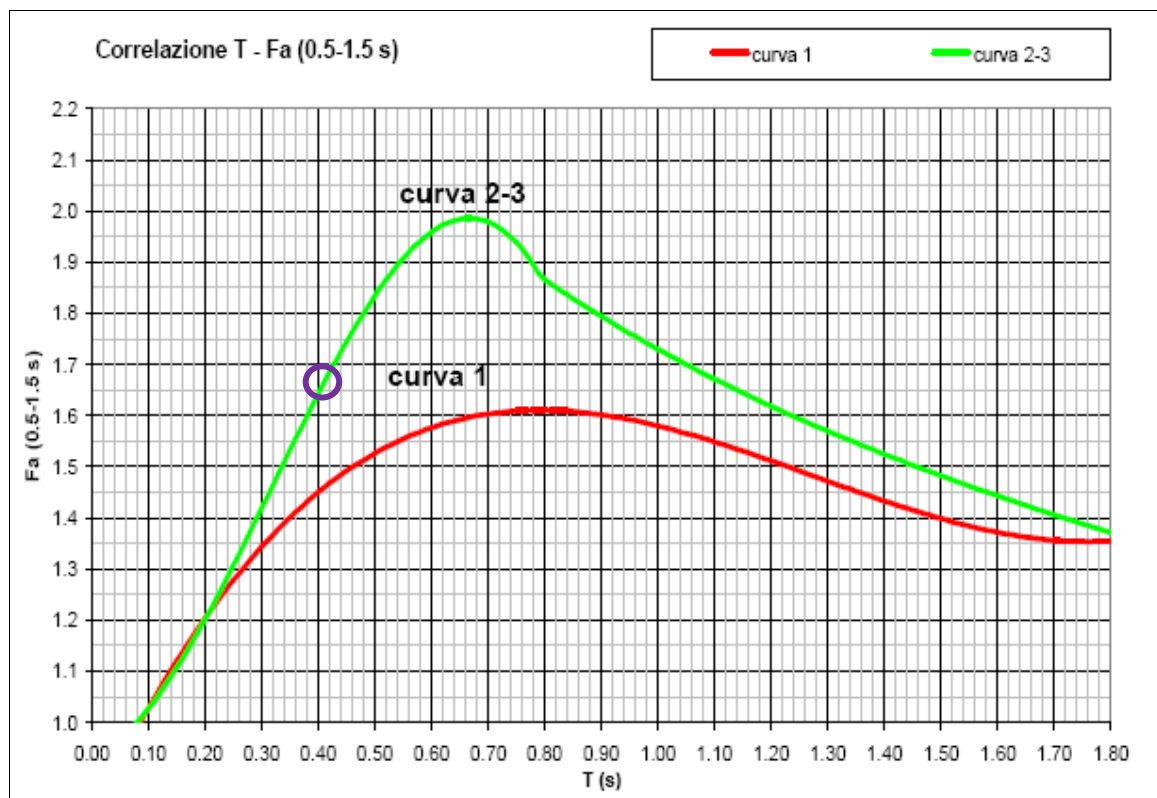
Valore del periodo T calcolato
0,43 s

Dagli abachi emerge come il valore attribuito al periodo ($T=0,43$), identifichi sulla curva verde un valore di **Fa = 1,58 per edifici bassi (Fa di riferimento per i terreni di tipo C = 1,90)** e **Fa = 1,70 per edifici alti (Fa di riferimento per i terreni di tipo C = 2,40)**.

Nel nostro caso il valore di F_a calcolato risulta essere inferiore al valore di soglia, sia per edifici alti che per edifici bassi, pertanto la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa.



Abaco di riferimento per la litologia sabbiosa per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici bassi)



Abaco di riferimento per la litologia sabbiosa per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici alti)

TRAVACÒ – CIMITERO



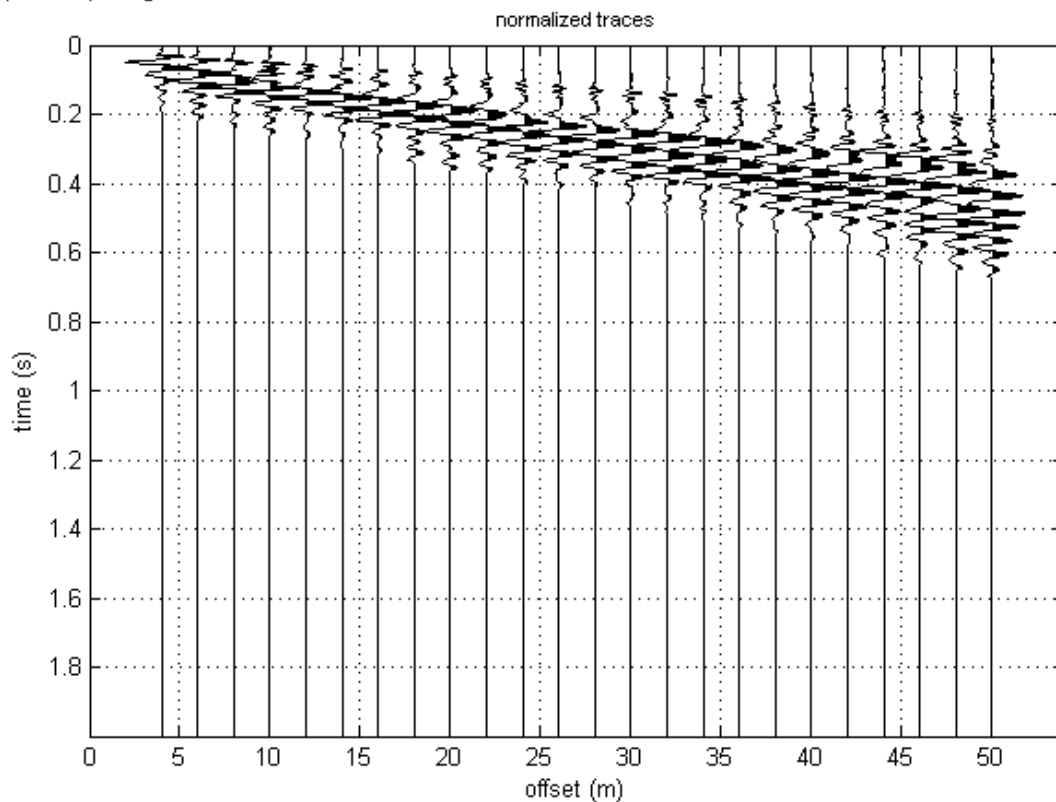
#1: uploading & processing (MASW analyses)

dataset: 2016-06-03_0-51_000_4.m.dat

sampling: 0.125 ms

minimum offset: 4 m

geophone spacing: 2 m



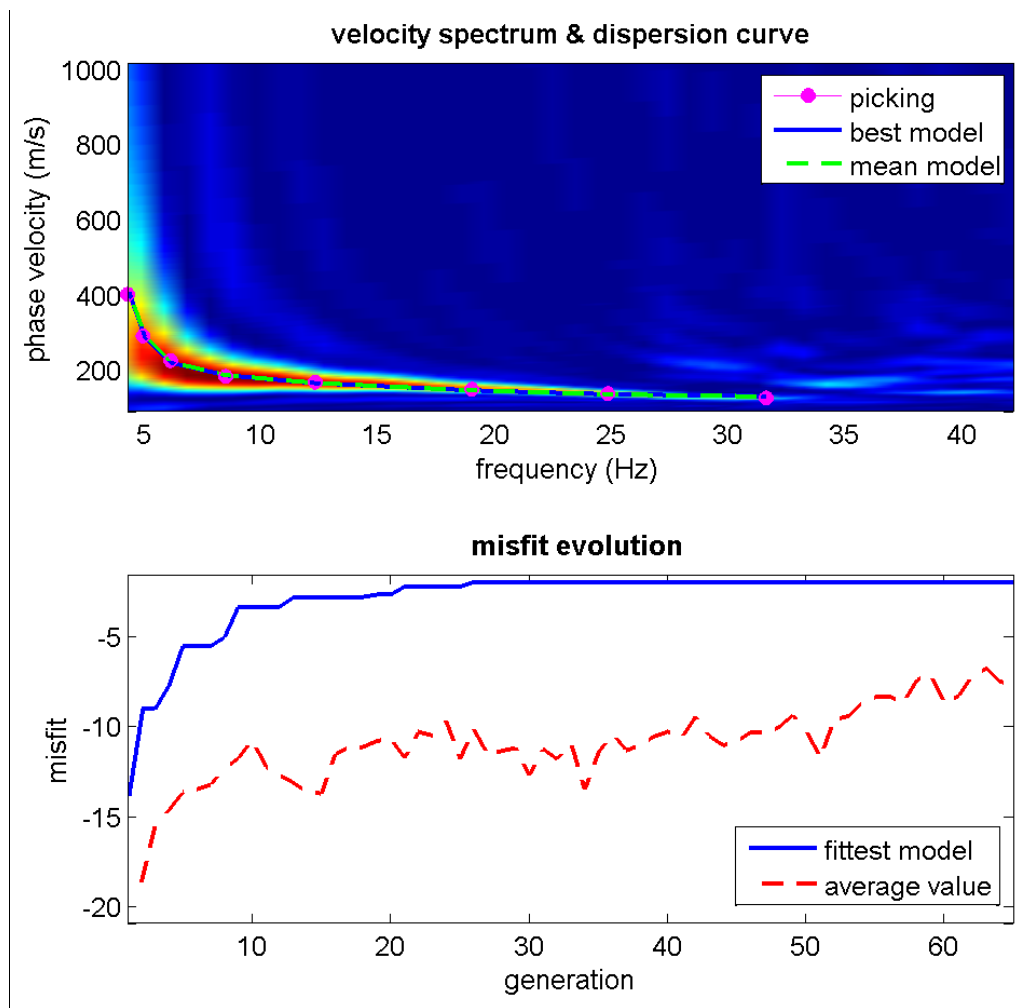
Dato di campagna (sismogramma)

27020 - TRAVACÒ' SICCOMARIO (PV)
E mail adizorz@libero.it

Tel / Fax 0382 472637
PEC: adizorz@epap.sicurezza postale.it

Strada Colombarola 1/17
Mobile 3356376821

Spettro di velocità e picking della curva di dispersione



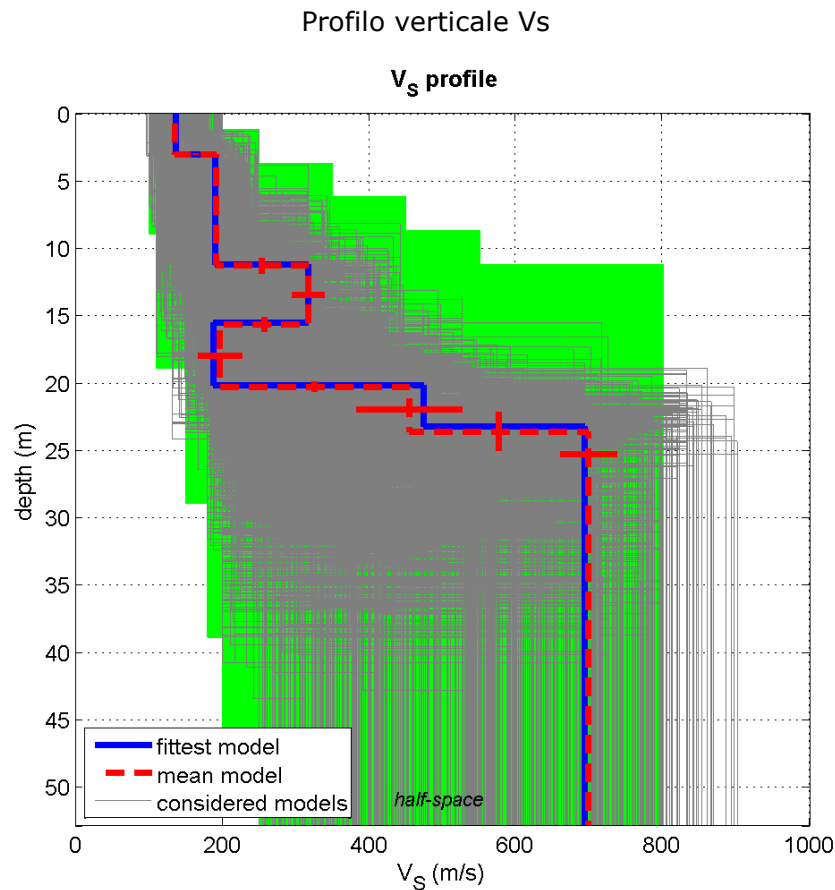
Risultati dell'inversione della curva di dispersione

In alto: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione.

In basso: l'evolversi del modello al passare delle "generazioni"

(l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici - Dal Moro et al., 2007).

Spessore [m]	Vs [m/sec] e deviazioni standard	Moduli di taglio stimati (MPa)
3.1	136 ± 0	32
8.3	191 ± 0.6	67
4.4	317 ± 0.5	197
4.6	197 ± 0.4	71
3.3	454 ± 2	423
semi-spazio	698 ± 1.4	1031



dataset: 2016-06-03_10-51_00004m.dat

dispersion curve: cimitero.cdp

Vs30 (best model): 250 m/s

Vs30 (mean model): 251 m/s

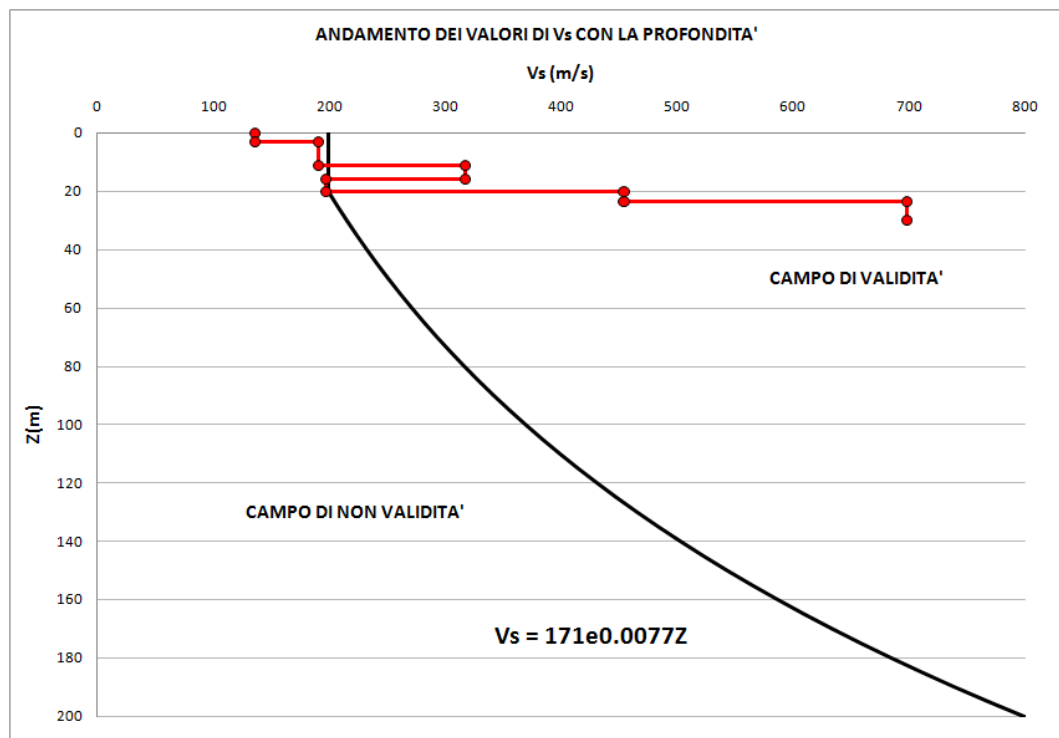


Grafico relativo al campo di validità della scheda litologica sabbiosa

		Profondità primo strato (m)																									
		1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180				
Velocità primo strato (m/s)	200		2	1-2	2	3	3	3	3	3	3																
	250		2	1-2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA												
	300		2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA	NA										
	350		2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	NA	NA	NA									
	400		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA								
	450		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA							
	500		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA						
	600		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA					
700		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA					

Abaco che permette di individuare, in base al colore, la curva di riferimento per l'individuazione di Fa, grazie all'intersezione della profondità raggiunta dal primo strato e la sua velocità

Per la determinazione del periodo si utilizza la seguente equazione:

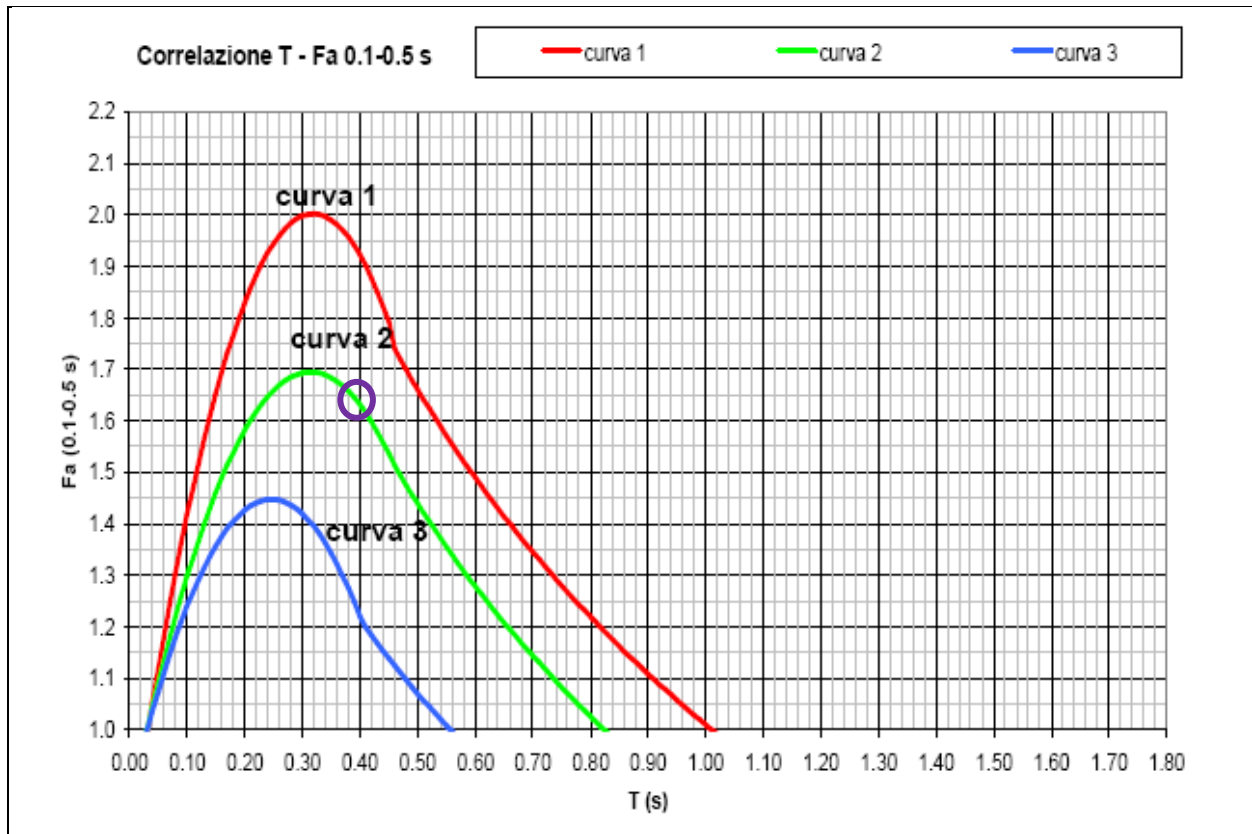
$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n V s_i \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

h_i = Spessore in metri dello strato i-esimo

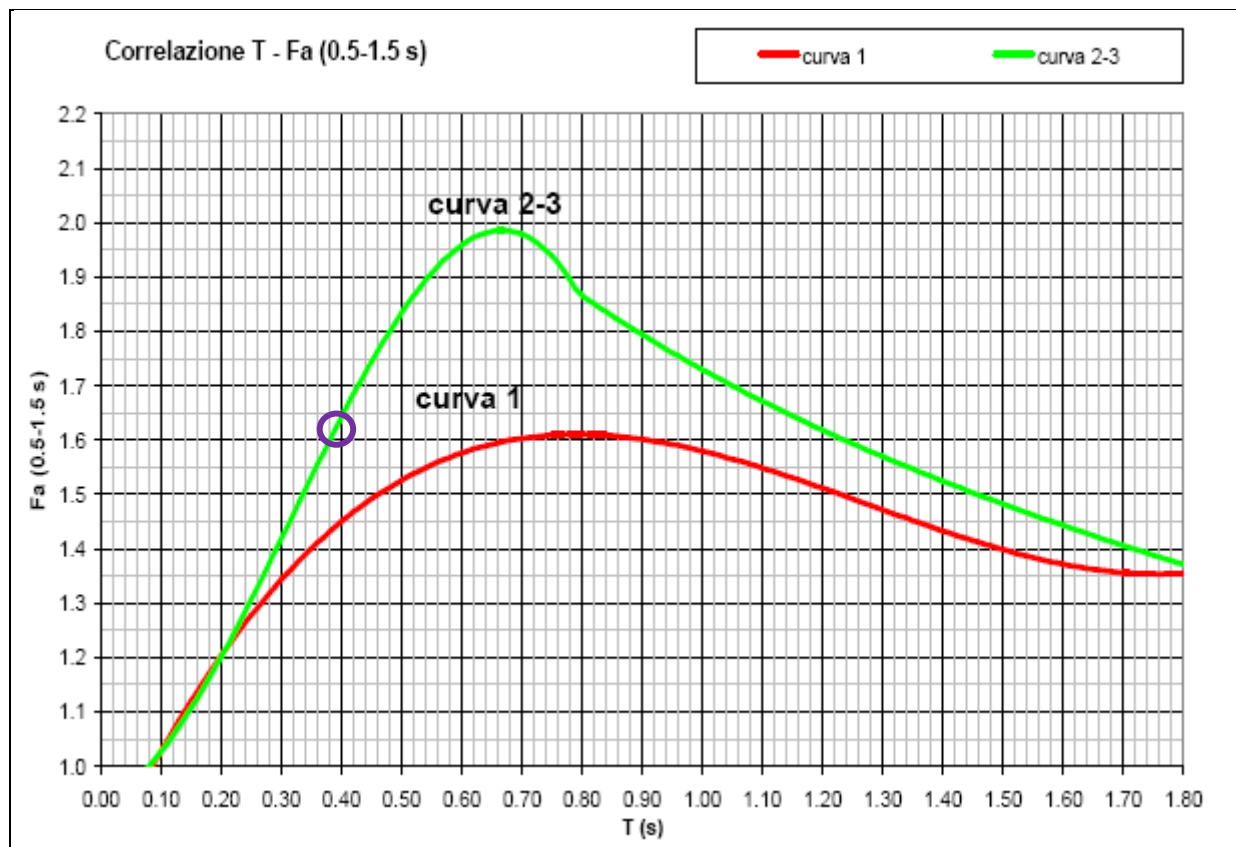
Valore del periodo T calcolato
0,39 s

Dagli abachi emerge come il valore attribuito al periodo ($T=0,39$), identifichi sulla curva verde un valore di **Fa =1,65 per edifici bassi (Fa di riferimento per i terreni di tipo C =1,90) e Fa = 1,60 per edifici alti (Fa di riferimento per i terreni di tipo C = 2,40).**

Nel nostro caso il valore di Fa calcolato risulta essere inferiore al valore di soglia, sia per edifici alti che per edifici bassi, pertanto la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa.



Abaco di riferimento per la litologia sabbiosa per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici bassi)



Abaco di riferimento per la litologia sabbiosa per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici alti)

9.0 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

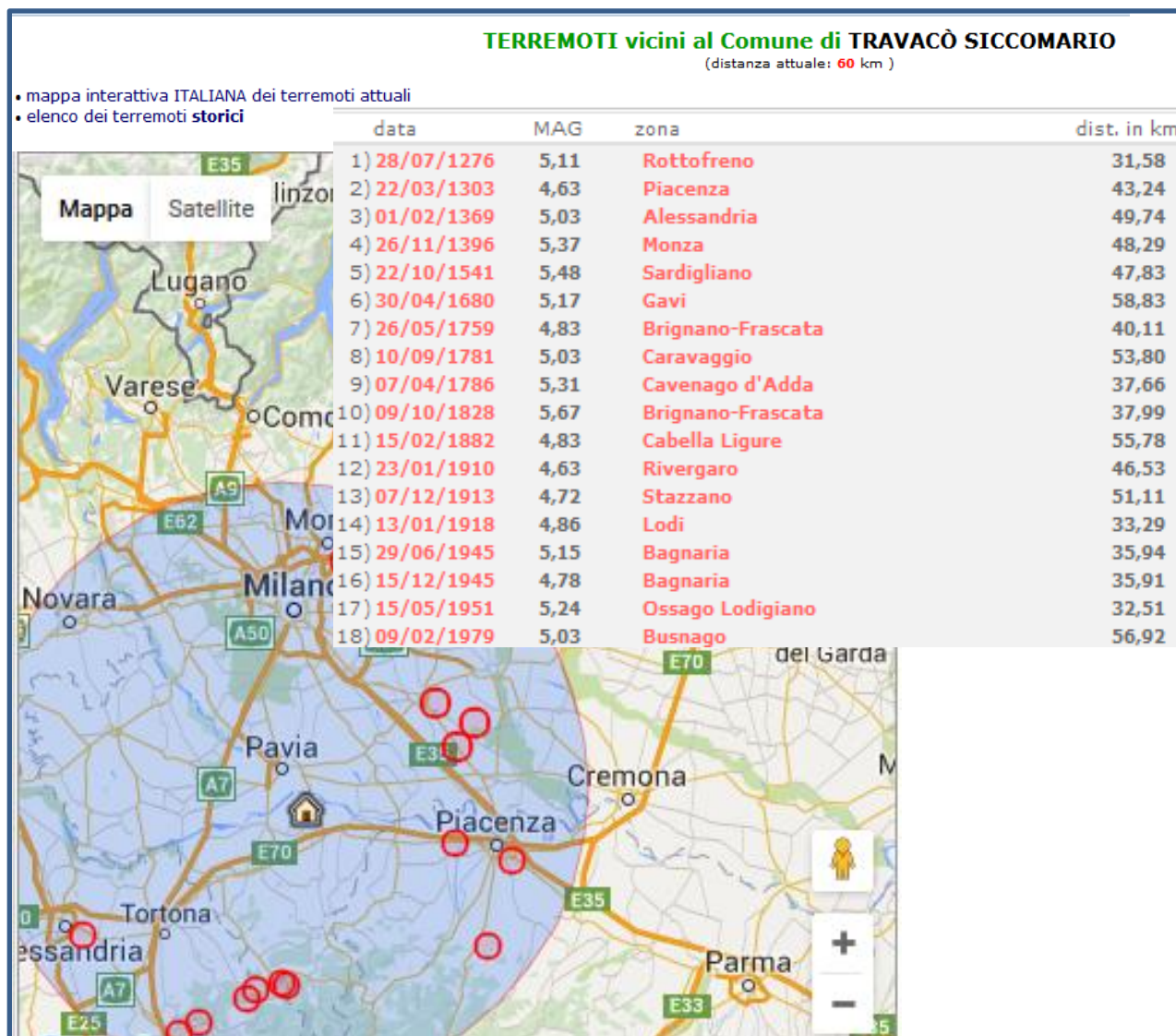
La liquefazione di un terreno è rappresentata dal quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi e la predisposizione a tale fenomeno è un elemento da tenere in considerazione soprattutto in chiave di progettazione antisismica.

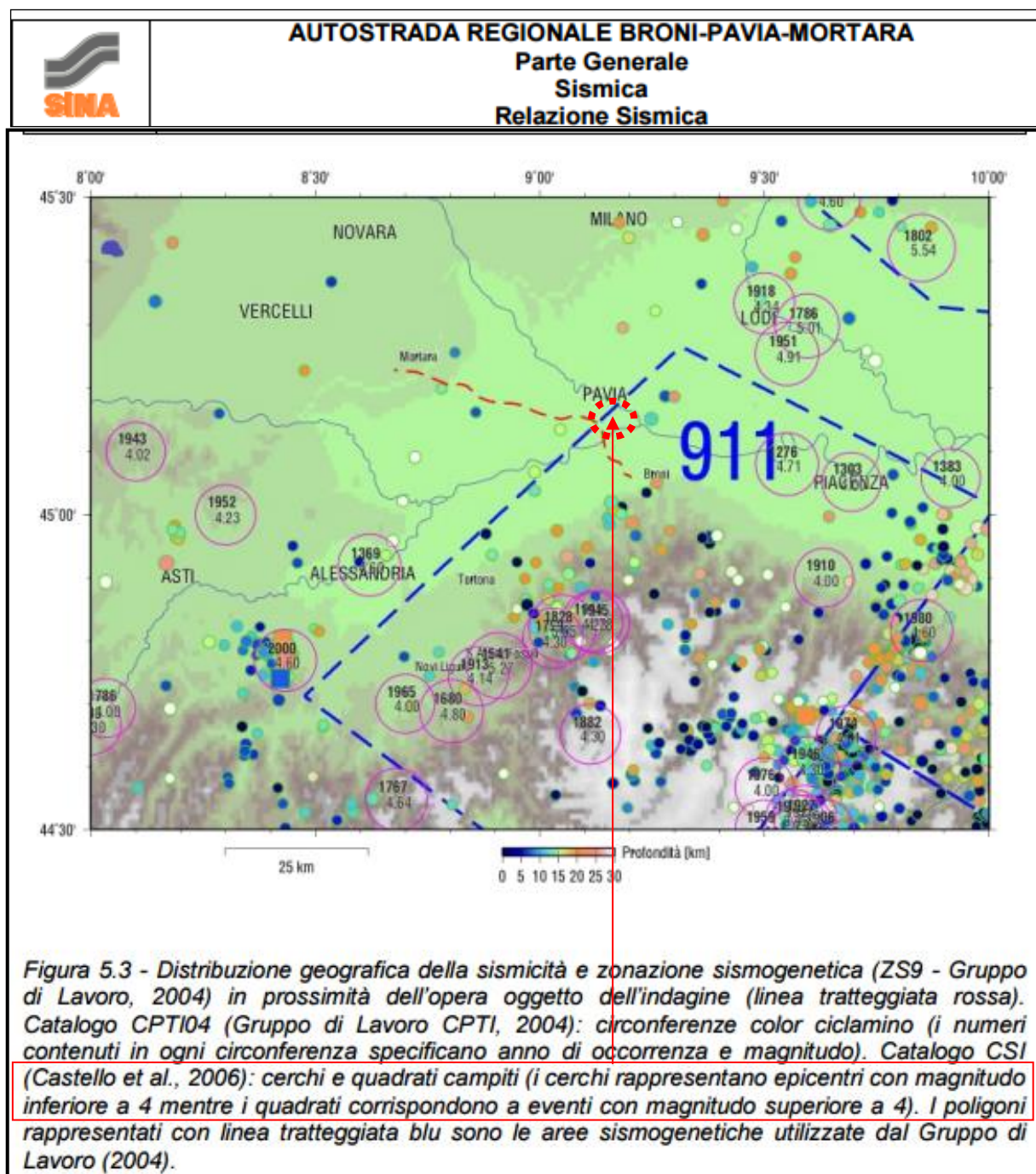
Vengono di seguito riportate le condizioni di Legge previste per:

Esclusione della verifica a liquefazione

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- ➡ 1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5 (cfr dati storici per territorio di Travacò Siccomario e suo intorno significativo a seguire;





- ➡ 2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;

Viene di seguito riportata la zona sismica per il territorio di Travacò Siccomario, indicata nell'O.P.C.M n. 3274/2003, aggiornata con D.G.R.Lombardia n. 2129 – 11/07/2014 entrata in vigore il 10 Aprile 2016

Zona sismica 3	Zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti.
AgMax 0,079936	Accelerazione massima presente all'interno del territorio comunale.

I criteri per l'aggiornamento della mappa di **pericolosità sismica** sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'**accelerazione orizzontale massima** (**a_g**) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;

4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 8.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 8.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

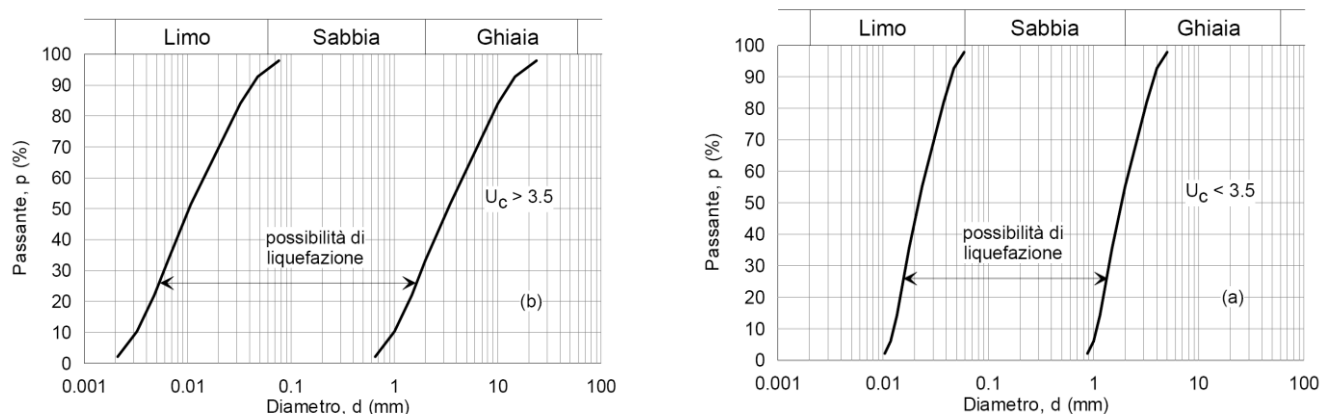


Figura 8.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

Quando le condizioni 1 e 2 non risultino soddisfatte, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 3, 4 e 5.

Sulla base di quanto definito sopra, dall'elaborazione e calcolo dei dati riportati nella presente relazione nonché dal controllo dei parametri ricavati dall'allegato B delle "Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008", si riportano i parametri sismici per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita di massima per il sito di studio:

S - Accelerazione massima in superficie=0.08 g

Le condizioni 1 e 2 risultano soddisfatte.

10.0 CARTA DEI VINCOLI E DI SINTESI

Il presente aggiornamento non comporta modifiche al quadro degli elementi di sintesi ed ai vincoli gravanti sul territorio in esame, si recepisce pertanto quanto definito nello studio geologico vigente (e di seguito riportato).

Viste le caratteristiche geologiche ed idrogeologiche del territorio comunale e la discretizzazione già effettuata nel precedente studio (unitamente al fatto che Carta dei Vincoli, anche geologici, verrà comunque riprodotta dagli Urbanisti) si è redatta una unica Carta dei Vincoli amministrativi e degli elementi di sintesi presenti sul territorio comunale (scala 1:10.000 su base Volo aerofotogrammetrico).

10.1. VINCOLI

Nel presente paragrafo sono analizzati i vincoli derivanti dalle normative in vigore di contenuto prettamente geologico, che comportano delle limitazioni alle destinazioni d'uso del territorio.

10.1.1. VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA

Per quanto riguarda l'individuazione dei corsi d'acqua e delle relative fasce di rispetto si rimanda allo studio di definizione del reticolo idrico minore recepito nel PGT vigente.

Analogamente, in riferimento alle attività consentite e le limitazioni alle destinazioni d'uso delle porzioni di territorio ricadenti all'interno delle fasce di rispetto del reticolo idrico minore si rimanda alle Norme di Polizia Idraulica allegate allo studio precedentemente citato.

10.1.2. AREE DI SALVAGUARDIA DELLE CAPTAZIONI AD USO IDROPOTABILE

Nella Carta dei Vincoli e Sintesi sono riportate le aree di salvaguardia (di tutela assoluta e di rispetto) dei pozzi ad uso idropotabile presenti nel territorio comunale.

Le attività consentite e vietate all'interno delle zone di rispetto e delle zone di tutela assoluta delle opere di captazione ad uso acquedottistico sono normate da:

- ☐ D.g.r. 10 aprile 2003 n. 7/12693 "Direttive per la disciplina delle attività all'interno delle aree di rispetto."
- ☐ D.Lgs. n. 152 del 3 Aprile 2006 – Norme in materia ambientale – Art. 94 "Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano".

10.1.3. VINCOLI DERIVANTI DALLA PIANIFICAZIONE DI BACINO AI SENSI DELLA L. 183/1989 (PAI) e S.m.i.;

FASCE FLUVIALI (desunte dal Piano per l'Assetto Idrogeologico – PAI, approvato con D.P.C.M. 24/05/2001, localmente ridefinite ai sensi del comma 3, art. 27 delle N.d.A. del PAI)

10.2. ELEMENTI DI SINTESI

Per quanto riguarda gli elementi e tematismi relativi alla "Sintesi" come base si è utilizzato quanto contenuto nella precedente documentazione agli atti (v. studio geologico comunale Dic. 2012); ai fini della coerenza con l'attribuzione delle relative classi di fattibilità, sono stati rappresentati sulla Tavola 02 i seguenti elementi di sintesi, esemplificando i passaggi analitici che hanno portato alla delimitazione dei poligoni di pericolosità.

I poligoni omogenei, dal punto di vista della pericolosità, sono stati definiti considerando i seguenti fattori:

Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico

Sono stati definiti i poligoni aventi le seguenti caratteristiche:

- aree a bassa soggiacenza della falda freatica, durante il periodo di massimo innalzamento prevedibile; si è tenuto in particolar modo conto delle esigenze funzionali degli insediamenti urbani, esistenti e futuri.

Sono state differenziate due classi, determinanti due "poligoni di pericolosità" principali:

a = soggiacenza minore di due metri rispetto al piano campagna;

b = soggiacenza maggiore o uguale a due metri rispetto al piano campagna;

- aree topograficamente depresse, in cui si manifesta l'affioramento perenne o stagionale della falda freatica;
- aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile; a Travacò Siccomario sono presenti due pozzi profondi, alimentanti l'acquedotto comunale, ove l'area di rispetto, approvata con D.D.G. 28/06/2002 n° 12383, coincide con la zona di tutela assoluta;

Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

Sono stati definiti i poligoni aventi le seguenti caratteristiche:

- fasce di esondazione del F. Po e del F. Ticino, così come definite dal Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico -PAI (art. 17, comma 6-ter, L.18/05/1989 n° 183 e successive modificazioni e integrazioni);

- secondo definizione del reticolo idrico minore e delle relative fasce di rispetto, da parte del Comune di Travacò Siccomario, sono state considerate le fasce di rispetto dei corsi d'acqua e dell'argine maestro, così come definiti dalla normativa vigente in materia di Polizia Idraulica (R.D. n. 523/1904 e s.m.i.);

- aree potenzialmente allagabili, individuate con criteri geomorfologici e storici, tendendo conto sia delle criticità derivanti da punti di debolezza delle strutture di contenimento e/o di protezione, sia delle criticità derivanti da eventi di piena eccezionali, di lunga durata (v. piena del 2000).

Prima caratterizzazione litostratigrafica / geotecnica del territorio comunale

Sulla base della documentazione scientifica d'archivio e delle indagini (pubbliche e private) a disposizione per le principali aree urbanizzate, si riporta anche una prima valutazione orientativa sulle caratteristiche geotecniche dei terreni superficiali, di interesse ai fini della pianificazione comunale.

Nella Carta di Sintesi sono state inoltre riportate le principali infrastrutture di pubblica utilità e di interesse per la sicurezza pubblica - argine maestro, opere di difesa radente, strutture di regolazione idraulica .

Vulnerabilità acquiferi profondi (prelievi idropotabili)

In merito alla vulnerabilità delle falde profonde alimentanti l'acquedotto comunale, la delimitazione delle aree di salvaguardia dei pozzi di Travacò Siccomario è stata eseguita mediante il "criterio idrogeologico" sulla base delle caratteristiche geologiche e idrogeologiche del territorio comunale e di un suo adeguato contorno (a seguito di precedenti studi geologici ed idrogeologici effettuati su richiesta del Comune per la riduzione delle fasce di rispetto).

Sulla base degli studi ed indagini effettuati sopra citati, si evidenzia la presenza di "acquiferi protetti", con caratteri di artesianità, la cui zona di alimentazione risulta situata a distanze considerevoli dai punti di captazione (pozzi di Travacò Siccomario); l'estensione dell'area di rispetto coincide, pertanto, con la relativa "zona di tutela assoluta", avente un raggio di 10 m rispetto al pozzo stesso.

11.0 CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO

Il presente aggiornamento non comporta modifiche sostanziali al quadro della fattibilità geologica del territorio in esame, si recepiscono solo adeguamenti alle più recenti direttive in merito alla definizione delle classi - stralcio vincoli definiti da altra normativa specifica (ambientali, igienico sanitari ,etc.).

Si procede invece all'aggiornamento delle NTA per quanto riguarda gli aspetti legati all'approfondimento di II° livello seguito nell'ambito della presente indagine.

Allo scopo di fornire un unico documento comprendente sia gli aspetti di natura sismica (oggetto del presente aggiornamento) sia di fattibilità geologica, nel presente capitolo si riporta l'analisi eseguita nello studio geologico vigente.

La carta in oggetto viene redatta in scala 1:10.000 su tutto il territorio comunale e la stesura della stessa è fatta sulla base degli elementi di criticità e di rischio idrogeologico e geomorfologico, secondo le indicazioni contenute nel D.g.r. n. 2616/2011 "Criteri ed indirizzi per la determinazione della componente geologica ed idrogeologica e sismica del P. di G. del Territorio, in attuazione all'art. 57, comma 1 della L.R. n. 12 del 11 Marzo 2005" e s.m.i..

Per quanto riguarda l'attribuzione delle classi di fattibilità geologica ci si è attenuti alle indicazioni fornite nella tabella 1 della DGR D.g.r. n. 2616/2011.

L'allegata Cartografia di fattibilità geologica, redatta sulla base dei tematismi contenuti in Carta di Sintesi e dei vincoli, e le relative NTA vanno a sostituire precedente cartografia e relative NTA dello studio geologico vigente.

Le aree non gravate da significative problematiche di carattere geologico sono state inserite in classe 2, mentre, per il territorio comunale in esame, non si è rilevata la presenza, alla luce delle attuali normative, di aree con caratteristiche tali da essere inserite in classe 1.

Nell'ambito della progettazione delle future trasformazioni d'uso dovrà essere prodotta una documentazione idrogeologica ed idrologica specifica relativamente agli scarichi delle acque meteoriche in modo da minimizzare l'impatto rispetto al sistema di smaltimento idrico naturale ed antropico esistente.

DEFINIZIONE DELLE CLASSI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA DI PIANO

L'adeguamento al precedente Studio Geologico (anno 2012) ha il compito di rivedere ed integrare le "Norme geologiche di attuazione" alla luce delle leggi vigenti e di fornire:

- le indicazioni di massima sulle varie destinazioni d'uso,
- gli elementi da valutare per gli interventi di piano
- le indagini da prescrivere (geologiche geotecniche, etc.) in sede di progettazione dei singoli interventi.

CLASSE II : FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI (colore Giallo)

Comprende la maggior parte della superficie comunale, ove le caratteristiche geo-idro morfologiche riscontrate comportano modeste limitazioni all'utilizzo del suolo a scopi edificatori e/o alla modifica dell'attuale destinazione d'uso.

In questa classe ricadono le aree nelle quali sono state rilevate puntuali o ridotte condizioni limitative alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni, per superare le quali si rende necessario realizzare approfondimenti di carattere geologico - tecnico od idrogeologico finalizzati alla realizzazione di eventuali opere di sistemazione e bonifica.

Sono comprese quelle aree caratterizzate da una struttura geologica favorevole alla realizzazione ed allo sviluppo del tessuto urbanistico, che richiedono comunque necessità di soluzioni progettuali finalizzate all'identificazione delle condizioni specifiche di esercizio e della

tipologia delle strutture di fondazione o contenimento, conservative ai fini della stabilità a lungo periodo delle opere stesse.

In queste aree viene pertanto identificata una situazione medio – buona al fine di un potenziale sviluppo, anche diversificato, in ambito urbanistico – edificatorio.

In tali zone rientra la gran parte dei nuclei abitati e delle aree agricole, comprese in Fascia C del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI).

Le problematiche legate alla realizzazione di nuovi insediamenti sono comunque superabili con le opportune indagini ed eventuali prescrizioni, che vengo indicate nell'Allegato **NORME GEOLOGICHE, GEOTECNICHE ED AMBIENTALI DI ATTUAZIONE- PRESCRIZIONI GENERALI.**

CLASSE III: FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI (colore arancione)

In questa classe rientrano le seguenti aree con significative limitazioni alla destinazione d'uso dei terreni. Sono comprese pertanto in questa classe quelle aree caratterizzate da una struttura geologica

poco favorevole alla realizzazione od allo sviluppo urbanistico. Il loro utilizzo, anche per strutture di limitata importanza deve tenere conto dei caratteri fisiografici e di incidenza sulle opere, propri del territorio comunale.

Anche tali zone rientrano in Fascia C del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI).

Comprendono terreni rientranti nelle seguenti categorie :

"Zona B" di caratterizzazione geotecnica (Sabbie limose)

"Zona C" di caratterizzazione geotecnica (Limi sabbiosi)

"Zona D" di caratterizzazione geotecnica (Limi argillosi)

Vengono identificate due sottoclassi in funzione delle differenti tipologie di vincolo e di rischio geologico (non sono più presenti in tale caratterizzazioni vincoli già considerati in altra normativa – vincoli ambientali, norme igienico sanitarie (cimiteri)).

Sottoclasse 3a :aree ad elevata vulnerabilità idraulica e/o idrogeologica

- Aree potenzialmente allagabili per esondazione del canale Gravellone e del canale Rotta (in concomitanza con piene straordinarie di Ticino) per mancato deflusso delle acque nel ricettore principale (Ticino).
- Aree relativamente depresse suscettibili di locali allagamenti in occasione di piene straordinarie per sottofiltrazione idrica al piede dell'argine e/o per innalzamento del livello piezometrico di falda.
Locali condizioni litostratigrafiche e geo morfologiche possono determinare la formazione di "fontanazzi" in prossimità del piede arginale esterno.
- Aree caratterizzate, in particolari periodi dell'anno (stagione irrigua, piene straordinarie) innalzamenti della falda molto prossimi al piano campagna (<2 m).

che vengono definite in base a criteri plani altimetrici, geomorfologici e storici.

Sottoclasse 3b : Aree con caratteristiche geotecniche scadenti (Limi argillosi)

La natura della limitazione è rappresentata da aree con caratteristiche geotecniche scadenti, con ristagni idrici e/o limi argillosi di spessore significativo e generalmente con falda superficiale più prossima al piano campagna(< 2 m.)

Vi è ricompresa la fascia di territorio, prettamente agricola, caratterizzata da un antico tracciato di PO (paleoalveo), depressa rispetto alle campagne circostanti e con presenza di una zona umida.

In alcune aree si evidenzia il rischio prevalente anche se ci può essere sovrapposizione di più vincoli

Le problematiche legate alla realizzazione di nuovi insediamenti sono comunque superabili con le opportune indagini ed eventuali prescrizioni, che vengo indicate nella capitolo successivo (**NORME GEOLOGICHE, GEOTECNICHE ED AMBIENTALI DI ATTUAZIONE- PRESCRIZIONI GENERALI**).

CLASSE IV: FATTIBILITA' CON GRAVI LIMITAZIONI (colore Rosso)

L'alta pericolosità/ vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso; viene esclusa qualsiasi nuova edificazione, ivi comprese quelle interrato, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti .

Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) della l.r. 12/05, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo.

Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento della normativa antisismica.

Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili; dovranno comunque essere puntualmente e attentamente valutate in funzione del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea.

Nelle zone in classe 4 di fattibilità è altresì ammissibile, a determinate condizioni, la realizzazione di infrastrutture viarie, di reti tecnologiche, di fabbricati tecnici, di opere di bonifica, consolidamento e messa in sicurezza dei siti.

In genere sono aree destinate allo sviluppo di attività d'uso del suolo diverse dall'insediamento antropico e dall'urbanizzazione, previ appositi studi geologici e progettazioni.

Appartengono a tali aree:

Sottoclasse 4a. Zone di pertinenza fluviale assoluta (*fascia A/B*) di PO e Ticino; in tali aree si applicano l'art. 1- commi 5/6, art. 29- comma 2, art. 30- comma 2, art. 32- commi 3/4, art. 38, art. 38 bis, art. 39 commi 1/2/3/4/5/6 e art. 41 NdA del PAI adottato con Del. N° 18/2001 dell'Autorità di Bacino del F. PO.

Sottoclasse 4b. Fascia di protezione assoluta punti captazione acque ad uso idropotabile (10 metri / D. Lgs. 258/00 art. 5- comma 4 e s.m.i.)

Sottoclasse 4c. Fasce di rispetto (10 metri) dal ciglio dei corsi d'acqua appartenenti al Reticolo idrico Principale che transitano sul territorio comunale (Rotta e Gravellone).

Sottoclasse 4d Fasce di rispetto (4 metri) dal ciglio dei corsi d'acqua minori che transitano sul territorio comunale (rogge, canali e colatori principali indicati in cartografia).

Sottoclasse 4e Aree caratterizzate da emergenze idriche diffuse (laghetti, lanche)

Si precisa che le fasce di rispetto corsi d'acqua e le zone di tutela assoluta dei pozzi ad uso acquedottistico indicate nello studio geologico comunale 2012 sono state tolte dalla zonazione della fattibilità geologica del presente studio come previsto dalla DGR n. 8/7374/2008.

Per quanto riguarda altri vincoli eventualmente presenti nelle aree in classe 4 si precisa che:

- Per le aree ricadenti all'interno della zona di rispetto e di tutela assoluta dei pozzi ad uso acquedottistico le attività consentite e vietate sono normate dalla D.g.r. 10 aprile 2003 n. 7/12693 "Direttive per la disciplina delle attività all'interno delle aree di rispetto" e dal D.Lgs. n. 152 del 3 Aprile 2006 "Norme in materia ambientale – Art. 94 - Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano".
- Per quanto riguarda la regolamentazione delle attività sui corsi d'acqua e nelle relative fasce di rispetto si rimanda al Regolamento di Polizia Idraulica.



Dott. Geol. Adriano Zorzoli
Ordine dei Geologi della Lombardia n. 802