

## **COMUNE DI CASATENOVO**

**Piazza della Repubblica, 7 23880 CASATENOVO (Lc)**

### **Aggiornamento Componente Geologica Idrogeologica e Sismica del P.G.T.**

in conformità alle metodologie contenute nei criteri attuativi dell'art. 57 della l.r. 12 del 2005,  
approvati con d.g.r. 2616 del 2011,  
integrati con d.g.r. 6738 del 19 giugno 2017, d.g.r. 26 aprile 2022 - n. XI/6314, d.g.r. 18 luglio 2022 - n. XI/6702,  
d.g.r. 15 dicembre 2022 - n. XI/7564

## **RELAZIONE GENERALE**



Redatto da:

dott. geol. Domenico SCINETTI  
dott. geol. Vittorio BUSCAGLIA  
dott. geol. Sergio LOCCHI

Lecco – DICEMBRE 2022

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA APPLICATA PER LO STUDIO DELLA COMPONENTE GEOLOGICA</b>	<b>5</b>
2.1	<i>Fase di analisi</i>	5
2.1.1	Carta delle indagini geognostiche	6
2.1.2	Carta della stabilità di versante	6
2.1.3	Dissesto idrogeologico ISPRA	9
2.1.4	Sinkhole e cavità sotterranee	12
2.2	<i>Fase di sintesi/valutazione</i>	19
2.3	<i>Fase di proposta</i>	20
<b>3</b>	<b>STUDI E DATI GEOGRAFICI DI RIFERIMENTO</b>	<b>22</b>
<b>4</b>	<b>RACCORDO CON IL PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE - PTC</b>	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>STUDIO COMUNALE DI GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO</b>	<b>26</b>
<b>6</b>	<b>AGGIORNAMENTO CARTA DEI VINCOLI (Tav. 1)</b>	<b>27</b>
6.1	<i>Vincoli PAI e PGRA2022</i>	27
6.2	<i>Vincoli derivanti dal P.T.R</i>	29
6.3	<i>Vincoli derivanti dal P.T.C.P</i>	29
6.4	<i>Vincoli di Polizia Idraulica (RIM)</i>	30
6.5	<i>Censimento sorgenti e pozzi sul territorio comunale</i>	30
6.6	<i>Studio comunale di gestione del rischio idraulico</i>	31
<b>7</b>	<b>CARTA PAI-PGRA (Tav. 2)</b>	<b>32</b>
7.1	<i>PAI</i>	32
7.2	<i>PGRA</i>	33
<b>8</b>	<b>AGGIORNAMENTO CARTA DI SINTESI (Tav. 3)</b>	<b>33</b>
<b>9</b>	<b>AGGIORNAMENTO CARTA P.S.L. (Tavv. 4-5)</b>	<b>36</b>
9.1	<i>Risposta Sismica Locale – Generalità</i>	39
9.1.1	Analisi di 1° Livello (Tav. 4)	42
9.1.2	Analisi di 2° Livello (Tav. 5)	44
9.1.3	Analisi di 3° Livello per effetti di instabilità in terreno (Tav. 9)	50
<b>10</b>	<b>AGGIORNAMENTO CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA (Tavv. 6-7)</b>	<b>50</b>
<b>11</b>	<b>AGGIORNAMENTO NORME TECNICHE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA</b>	<b>53</b>

<b>12</b>	<b>DISPOSIZIONI INTEGRATIVE RISPETTO A QUELLE CONTENUTE NELLA D.G.R.VIII/4732/2007 RELATIVE ALL'ATTUAZIONE DELLA VARIANTE NORMATIVA AL PAI NEL SETTORE DELLA PIANIFICAZIONE DELL'EMERGENZA ALLA SCALA COMUNALE</b>	<b>54</b>
<b>13</b>	<b>CONGRUITA' TRA COMPONENTE GEOLOGICA, PAI-PGRA E AMBITI DI TRASFORMAZIONE</b>	<b>56</b>
<b>14</b>	<b>Riferimenti</b>	<b>58</b>

Allegato 1 – Indagini sismiche e analisi di 2° livello

Allegati fuori testo:

#### CARTOGRAFIA

Tavv. 1 – Carta dei vincoli -1:5000

Tavv. 2 – Carta PAI-PGRA - 1:5000

Tavv. 3 – Carta di sintesi - 1:5000

Tavv. 4 – Carta degli scenari di pericolosità sismica locale (1° livello) - 1:5000

Tavv. 5 – Carta delle Amplificazioni sismiche (2° livello) - 1:5000

Tavv. 6 – Carta della fattibilità geologica - 1:5000

Tavv. 7 – Carta della sovrapposizione fattibilità geologica e amplificazione sismica - 1:5000

Tavv. 8 – Carta indagini geognostiche e interferometrie - 1:5000

Tav. 9 – Carta della stabilità di versante - 1:10000

#### NORME DI FATTIBILITA' GEOLOGICA E VINCOLI

#### STUDI PRECEDENTI ANCORA VIGENTI:

RACCOLTA CARTOGRAFIA DI BASE redatta da Studio Associato EG di Carate Brianza (MB) luglio 2002 e agg. marzo 2013 - (solo in file .pdf)

Relazione generale 2002 e 2013 – Estratto

Tav 1 idrografica

Tav 2 geomorfologica

Tav 3 geologica

Tav 4 pedologica

Tav 6 idrogeologica

Tav 15 sezioni

Monografie pozzi

Monografie dissesti in atto

Monografie frane quiescenti e attive

## 1 PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di CASATENOVO (LC) si aggiorna la componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio (PGT), in conformità alle metodologie contenute nei criteri attuativi dell'art. 57 della l.r. n. 12 del 2005. I criteri attuativi sono definiti e aggiornati con:

- d.g.r. n. 40996 del 1999 - Legende di riferimento per la cartografia della componente geologica dei PGT
- d.g.r. n. 2616 del 2011 - Criteri per la redazione della componente geologica
- d.g.r. n. 6738 del 2017 - Attuazione del PGRA nel settore urbanistico e della pianificazione dell'emergenza
- d.g.r. n. 470 del 2018 - Semplificazione delle procedure per le varianti di adeguamento al PAI e PGRA
- d.g.r. n. 6314 del 2022 - Modifica delle procedure per l'approvazione degli aggiornamenti ai piani di bacino proposte dai Comuni
- d.g.r. n. 6702 del 2022 - Dati e studi di riferimento per la componente geologica dei PGT.
- d.g.r. n. 7564 del 15 dicembre 2022 – Integrazione dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica del PGT relativa al tema degli sprofondamenti (Sinkhole)

L'aggiornamento dalla precedente versione, redatta dallo Studio Associato EG – Engineering Geology di Carate Brianza nel 2002 e 2013, è necessario a seguito del passaggio del comune in classe sismica 3 (dalla precedente classe sismica 4), per l'emanazione del PGRA adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po con delibera n. 4 del 17 dicembre 2015 e approvato con delibera n. 2 del 3 marzo 2016 e definitivamente approvato con d.p.c.m. del 27 ottobre 2016, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 30, serie Generale, del 6 febbraio 2017. L'aggiornamento recepisce lo Studio comunale di gestione del rischio idraulico redatto da SmartHouse di Milano nel 2022 in ottemperanza del Regolamento n° 7 del 23-11-2017 e successivi aggiornamenti. Si svolge l'approfondimento del tema sugli sprofondamenti (sinkhole) così come richiesto dalla d.g.r. n. 7564 del 15 dicembre 2022.

Per approfondire gli aspetti sismici richiesti per i comuni in classe sismica 3 è stata condotta una apposita campagna geofisica sul territorio comunale, al fine di condurre l'approfondimento di secondo livello richiesto dalla D.G.R. n° IX/2616 del 30 novembre 2011.

Per quanto riguarda le PGRA, sono state recepite le aree perimetrate come ambiti a rischio alluvionale tratte dal geoportale di Regione Lombardia ver 2022.

Non essendo intervenute significative modifiche territoriali e/o geomorfologiche, la cartografia tematica di base (carte di analisi) redatta dallo Studio Associato EG – Engineering Geology di Carate Brianza nel 2002-2013 mantengono la loro validità e continuano quindi ad essere parte integrante della componente geologica del P.G.T. comunale.

Il presente studio è redatto ai sensi della D.G.R.n° IX/2616 del 30 novembre 2011 e della D.G.R.n° X/6738 del 19 giugno 2017 e contiene:

- ✓ aggiornamento della relazione illustrativa,
- ✓ aggiornamento della normativa di attuazione della fattibilità geologica,
- ✓ Aggiornamento Carta dei vincoli
- ✓ Aggiornamento Carta PAI-PGRA
- ✓ Aggiornamento Carta di sintesi
- ✓ Aggiornamento Carta degli scenari di pericolosità sismica locale (1° livello)
- ✓ Nuova Carta delle Amplificazioni sismiche (2° livello)
- ✓ Aggiornamento Carta della fattibilità geologica
- ✓ Nuova Carta della sovrapposizione fattibilità geologica e amplificazione sismica
- ✓ Nuova Carta indagini geognostiche
- ✓ Nuova Carta della stabilità di versante

Restano ancora vigenti alcuni contenuti di inquadramento generale già presenti nello studio geologico redatto da “Studio Associato EG” di Carate Brianza (MB) luglio 2002 e agg. marzo 2013:

- Carta idrografica
- Carta geomorfologica
- Carta geologica
- Carta pedologica
- Carta idrogeologica
- Sezioni Idrologiche
- Monografie pozzi
- Monografie dissesti in atto
- Monografie frane quiescenti e attive

## 2 METODOLOGIA APPLICATA PER LO STUDIO DELLA COMPONENTE GEOLOGICA

Per il presente studio è stato seguito quanto indicato dalla D.G.R.2616/2011, allegato B parte 1 di seguito sintetizzato.

“La metodologia proposta per la redazione della componente geologica dei P.G.T. si fonda sulle seguenti fasi di lavoro:

1. *fase di analisi* (a sua volta suddivisa in fase di ricerca storica e bibliografica, compilazione della cartografia di inquadramento e predisposizione di studi di dettaglio);
2. *fase di sintesi/valutazione;*
3. *fase di proposta.*”

### 2.1 FASE DI ANALISI

Il primo passo da compiere per una corretta analisi del territorio consiste nel condurre una approfondita ricerca storica e bibliografica, finalizzata ad acquisire una conoscenza il più approfondita possibile del territorio in esame, con particolare riferimento a fenomeni di dissesto o esondazione pregressi e ad alterazioni dello stato del territorio ancorché non più riconoscibili, nell’ottica della prevenzione e della previsione di nuovi scenari di pericolosità/rischio.

Il secondo consiste nella redazione della cartografia di inquadramento, finalizzata alla caratterizzazione del territorio comunale dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrologico, idrogeologico, strutturale e sismico. Deve essere estesa a tutto il territorio comunale e ad un significativo intorno tale da comprendere anche aree in cui si possono verificare fenomeni che interferiscono con l’area in esame. La cartografia di inquadramento deve approfondire i seguenti aspetti:

- *Elementi litologici, geologico-tecnici e pedologici*
- *Elementi strutturali*
- *Elementi geomorfologici e di dinamica geomorfologica*
- *Elementi idrografici, idrologici e idraulici*
- *Elementi idrogeologici*
- *Analisi della sismicità del territorio e carta della pericolosità sismica locale*

Come già detto in premessa, non essendo intervenute significative modifiche territoriali e/o geomorfologiche, la cartografia tematica di base (carte di analisi) redatta dallo Studio Associato EG – Engineering Geology di Carate Brianza nel 2013, mantengono la loro validità e continuano quindi ad essere parte integrante della componente geologica comunale del P.G.T.

Vengono invece approfonditi gli aspetti sulla analisi della sismicità del territorio indagati secondo l’allegato 5 della D.G.R.2616/2011, in quanto il passaggio da zona sismica 4 a zona sismica 3 impone l’approfondimento di 2° livello.

### **2.1.1 Carta delle indagini geognostiche**

A completamento delle carte di inquadramento già esistenti si è provveduto a redigere una carta (Tav. 8) contenente stratigrafie e indagini geognostiche distribuite sul territorio comunale.

La carta contiene i seguenti elementi:

- stratigrafie tratte dal database di Regione Lombardia
- indagini geognostiche (SPT) derivanti da studi in ambito di interventi edilizi realizzati sul territorio comunale
- isopieze e soggiacenza, elaborati dai dati pubblicati sullo studio geologico comunale versione 2002
- interferometrie: (Fonte: geoportale Regione Lombardia). Dati puntuali derivati da analisi effettuate con tecniche di interferometria delle immagini radar satellitari nel periodo dal 1992 al 2014. L'elaborazione consente di evidenziare e monitorare i movimenti lenti del terreno legati a fenomeni franosi e di subsidenza e misurarne la velocità media in millimetri / anno

Tali elementi sono la base per una valutazione di insieme dal punto di vista geotecnico del territorio comunale utili per orientare i tecnici nello sviluppare i propri approfondimenti in fase di progetto; la caratterizzazione geotecnica rappresentata nella Tav 8 non è da ritenersi sufficiente per un grado di approfondimento di progetto, in quanto sarà necessario programmare puntuali e specifiche indagini calibrate per ogni singolo intervento edilizio.

### **2.1.2 Carta della stabilità di versante**

Sebbene il territorio di Casatenovo non presenti acclività significative, è stata condotta un'analisi speditiva della stabilità dei luoghi sia in condizioni statiche, sia in condizioni dinamiche (sismica) col metodo del profilo indefinito, così come indicato nell'allegato 2 punto 2.2.2 della DGR 2616/2011, i cui risultati sono rappresentati in Tav 9.

#### **ANALISI DI STABILITÀ ALL'EQUILIBRIO LIMITE**

Le analisi per la valutazione della stabilità dei pendii consentono di stimare in modo quantitativo la loro suscettibilità a franare. I metodi all'equilibrio limite studiano le condizioni di equilibrio di volumi di terreno limitati inferiormente da superfici di scorrimento di forma cilindrica analizzando di norma una o più sezioni longitudinali del versante.

Con i metodi all'equilibrio limite il parametro indicativo del grado di stabilità di una frana è il Fattore di

Sicurezza (F.S.), ottenuto come il rapporto tra le resistenze disponibili e le resistenze mobilizzate.

$$F.S. = \text{resistenza disponibile/resistenza mobilizzante}$$

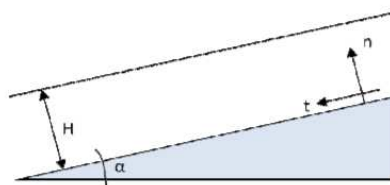
Il fattore di sicurezza è il valore che si associa alla superficie dove è più probabile che si inneschi il movimento. Quando F.S. assume un valore pari ad 1 risulta verificata la condizione di equilibrio limite, ovvero il versante si trova sul punto di collasso. Nel caso in cui la resistenza mobilizzata è minore di quella disponibile, il pendio risulta stabile ed F.S. assume un valore maggiore di 1.

Le verifiche sono state condotte considerando valori dei parametri geotecnici medi (valori caratteristici) derivanti da dati bibliografici. Tale grado di dettaglio può ritenersi sufficiente per una valutazione a scala di pianificazione territoriale, mentre richiederà indagini specifiche per valutazioni di dettaglio a scala di progetto.

#### LO SCHEMA DI PENDIO INDEFINITO

Lo studio di stabilità del pendio ha richiesto la formulazione di schemi semplificati che permettano la definizione delle forze agenti sul sistema. Di largo utilizzo è lo schema di pendio indefinito che parte dalla definizione di un sistema di riferimento solidale con il pendio, cioè inclinato di un angolo  $\alpha$  sull'orizzontale, di cui siano  $t$  ed  $n$  i versori rispettivamente tangenziale e normale al pendio, mentre  $y$  quello ortogonale a entrambe ed idealmente uscente dal foglio.

Si ipotizza che il pendio sia indefinitamente esteso nelle direzioni  $y$  e  $t$  e sia delimitato inferiormente da un substrato rigido come mostrato in figura:



Pur comportando una semplificazione della reale geometria del problema, lo schema di pendio indefinito si può considerare realistico in diversi casi non poco comuni in cui lo spessore dello strato superficiale di terreno potenzialmente a rischio di frana sia trascurabile rispetto all'estensione del pendio stesso. Questo schema semplificato è dunque applicabile al caso di frane di scorrimento allungate, in cui l'influenza delle porzioni di sommità e di piede è trascurabile. La stabilità delle coltri di terreno alluvionale o detritico, di piccolo spessore rispetto alla lunghezza della frana, poste su un terreno di fondazione più rigido è di norma trattata con risultati soddisfacenti in riferimento allo schema di pendio indefinito



## METODO GLOBALE DELL'EQUILIBRIO LIMITE IN CONDIZIONI STATICHE

Nell'ipotesi di superficie di scorrimento piana, in condizioni statiche, la soluzione del metodo globale dell'equilibrio limite fornisce la seguente equazione del fattore di sicurezza

$$F_s = \frac{c' + (\gamma z \cos^2 \alpha - u) \tan \varphi}{\gamma z \sin \alpha}$$

Dove:

- $z$  è la profondità della superficie di scorrimento
- $\gamma$  è il peso dell'unità di volume del terreno
- $u$  è la pressione neutra media che agisce sulla superficie di scorrimento
- $c'$  è la coesione
- $\varphi$  è l'angolo di attrito del terreno
- $\alpha$  è l'inclinazione del pendio

Per la valutazione della saturazione dei terreni si segue un approccio di tipo topografico/morfologico che considera l'altezza della falda idrica espressa come una funzione di un indice topografico, noto in letteratura come TWI (Topographic Wetness Index). Esso è definito come il rapporto tra l'area contribuente specifica (Area contribuente a monte del pendio per unità di larghezza) e la pendenza del versante che consente di individuare le regioni sature in maniera efficace e speditiva: maggiore è il valore del TWI, maggiore è la tendenza dell'area alla saturazione. Da una simile metodologia deriva la definizione di un criterio morfologico di controllo che permetta di valutare quale sia l'influenza delle forme geomorfologiche sull'idrologia satura/insatura e sul franamento superficiale. L'influenza della forma del versante sulla suscettibilità a franare risiede nella distribuzione del contenuto d'acqua: versanti piani o convessi risultano essere più stabili di quelli concavi, nei quali è favorita la formazione di una falda idrica, con conseguente tendenza della pressione a crescere più rapidamente (Sidle et al., 1985). Tali differenze aumentano all'aumentare dell'area contribuente e della pendenza del versante, in virtù della maggiore tendenza alla distribuzione laterale del flusso.

## METODO GLOBALE DELL'EQUILIBRIO LIMITE IN CONDIZIONI STATICHE

In condizioni sismiche dinamiche la verifica tiene conto del coefficiente sismico orizzontale  $k_h$  pari a:

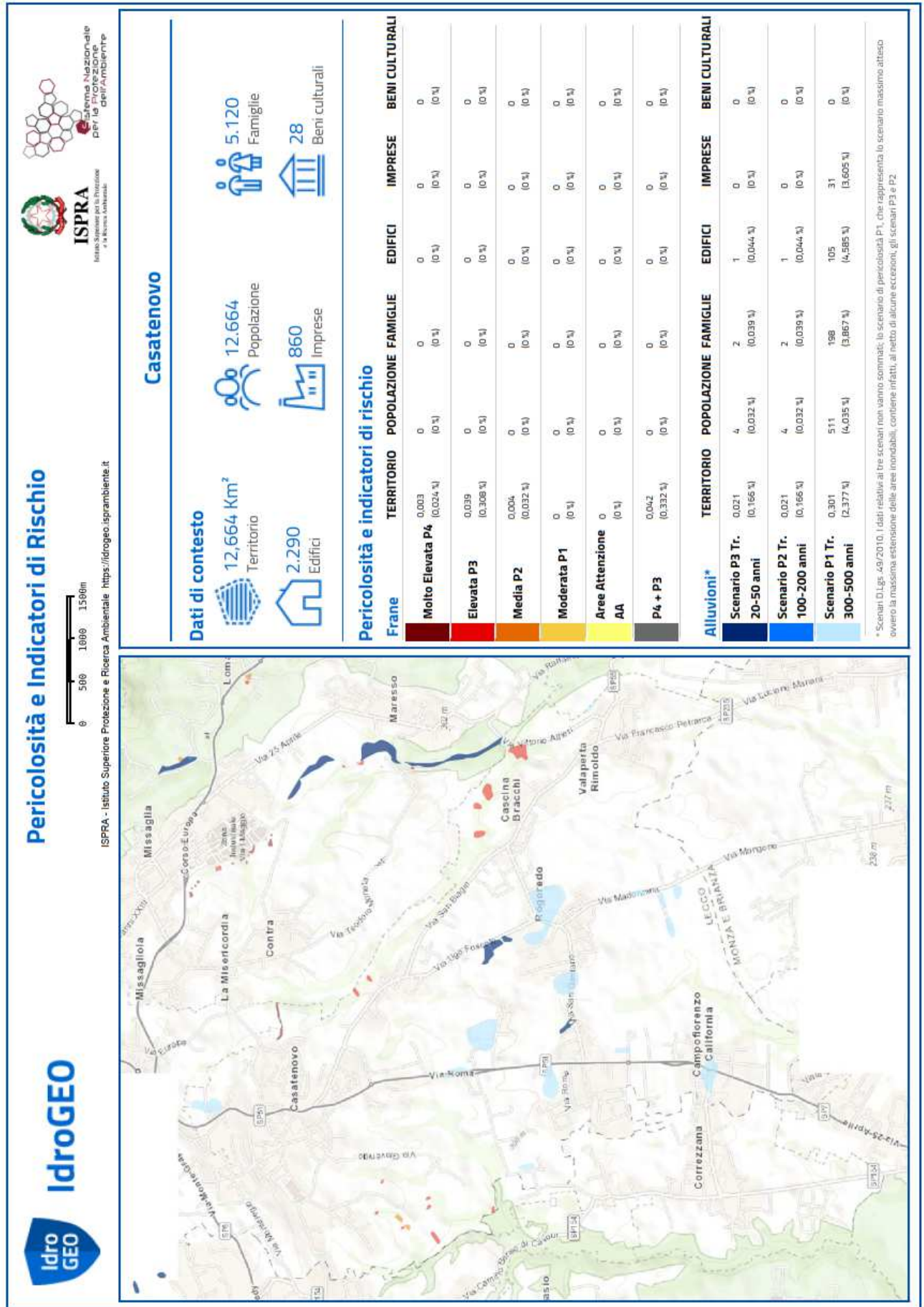
$$k_h = \beta_s \frac{a_{max}}{g} = \beta_s \frac{S_s * S_t * a_g}{g}$$

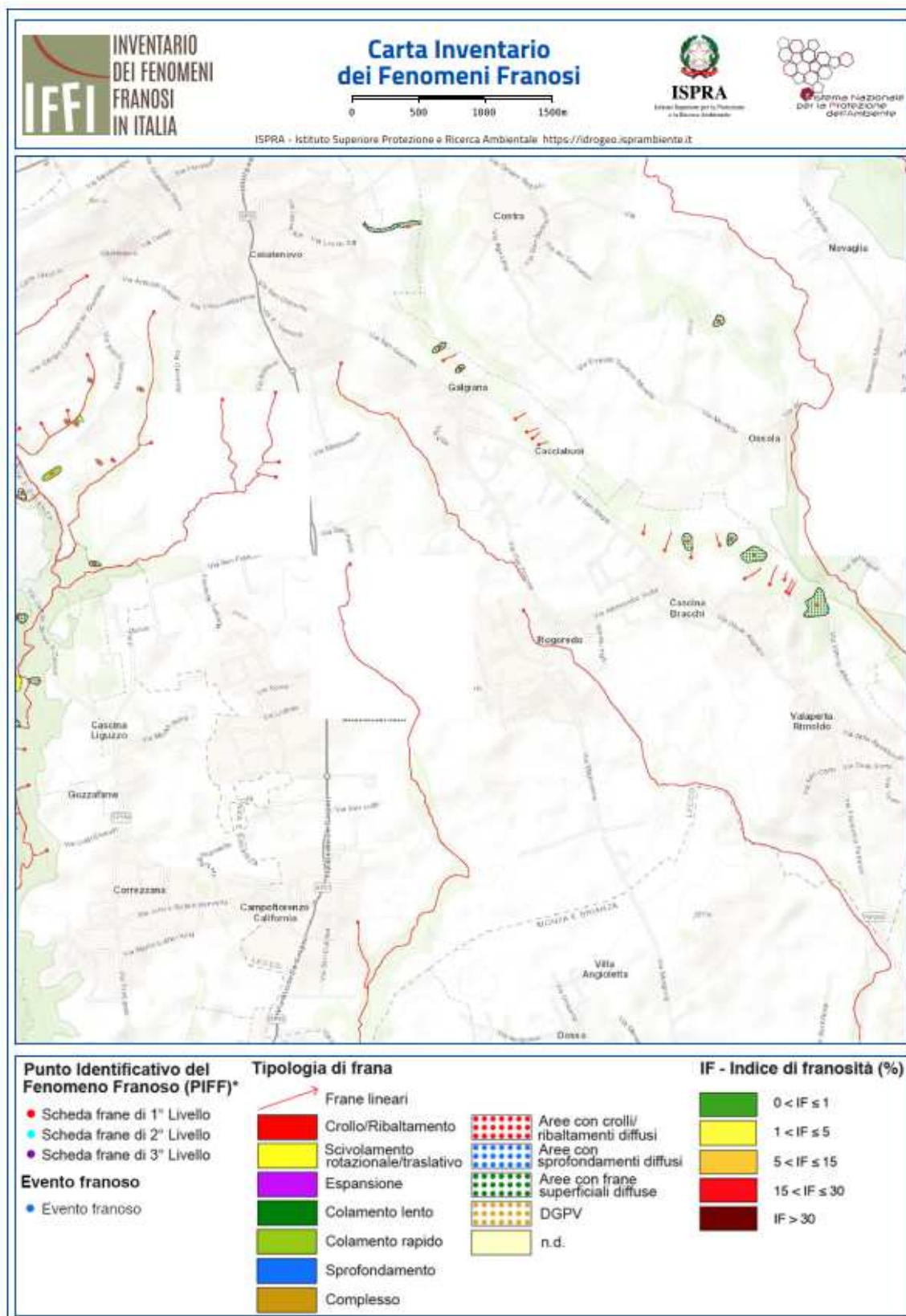
Si precisa che i risultati ottenuti sono significativi a scala di pianificazione e non a scala di progettazione, in quanto la caratterizzazione geotecnica dei terreni è stata condotta esclusivamente su dati bibliografici con approccio analitico semplificato (metodo del pendio indefinito). In fase di progetto dei singoli interventi si potranno condurre analisi meno generiche e più significative a carico dei progettisti.

### **2.1.3 Dissesto idrogeologico ISPRA**

Il Rapporto sul dissesto idrogeologico in Italia presenta le “mosaicature nazionali” della pericolosità per frane e alluvioni realizzate dall’ISPRA sulla base dei dati forniti dalle Autorità di Bacino Distrettuali, il nuovo rilievo sullo stato e sulle variazioni delle coste italiane e gli indicatori relativi a popolazione, famiglie, edifici, aggregati strutturali, imprese e beni culturali a rischio. La metodologia adottata per la produzione degli indicatori risponde a criteri di trasparenza e replicabilità e restituisce i dati su base nazionale, regionale, provinciale, comunale, per macro-aree geografiche e per ripartizione dei fondi strutturali.

Di seguito si riportano gli estratti delle mappe del progetto ISPRA riferite al territorio oggetto di studio:





### 2.1.4 Sinkhole e cavità sotterranee

Al fine di migliorare l'azione regionale in tema di prevenzione dei rischi geologici, idrogeologici e sismici nella pianificazione territoriale in attuazione dell'art. 55 della l.r. 12/2005 relativamente alla categoria di dissesti legata agli sprofondamenti (sinkhole), sono stati integrati i "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio" (d.g.r. 30 novembre 2011, n. 2616) con le linee guida sviluppate nella d.g.r. XI/7565 del 12-12-2022 costituite dai seguenti documenti:

- Allegato A "Sinkhole e cavità sotterranee - Integrazione al testo dei Criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio";
- Allegato B "Sinkhole e cavità sotterranee – Linee guida per l'individuazione delle aree, la valutazione della pericolosità e le indagini sito specifiche";
- Allegato B1 "Scheda per il censimento dei sinkhole".

Di seguito si riporta un estratto delle definizioni tratte dagli allegati sopracitati.

#### Classificazione degli sprofondamenti (sinkhole)

Secondo la classificazione proposta da ISPRA (Fig. 1) in base alla casistica italiana, i sinkhole o potenziali sinkhole possono essere suddivisi in due grandi categorie: naturali e antropogenici.

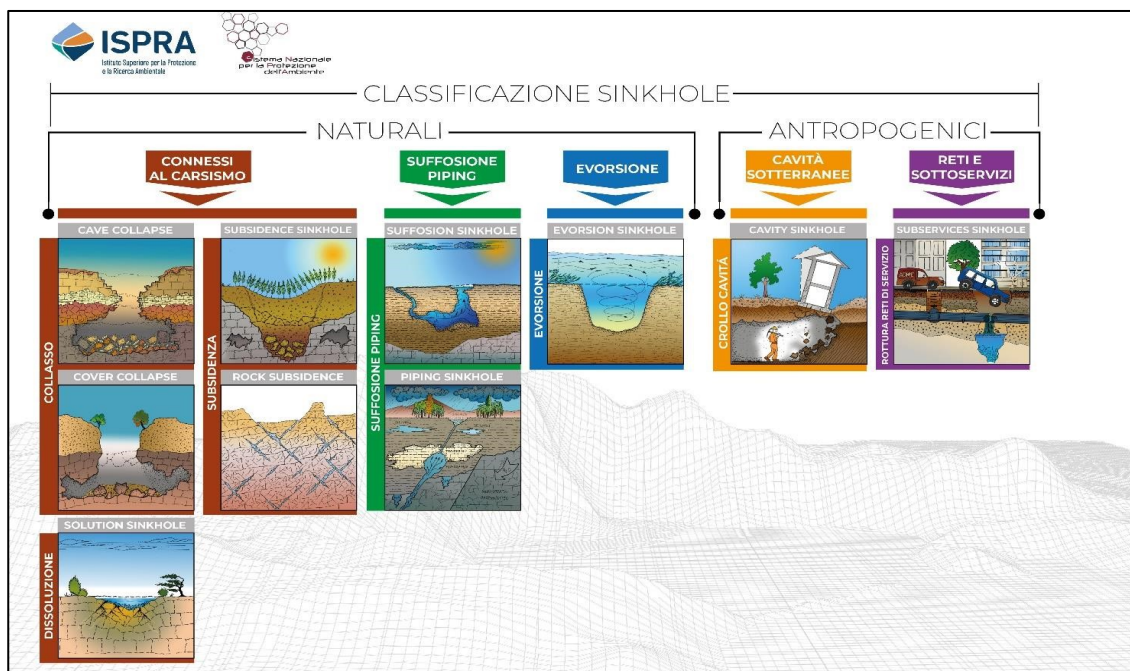


Fig. 1 – Classificazione sinkhole secondo ISPRA

I sinkhole naturali sono voragini, generalmente di forma sub-circolare con diametro variabile da alcuni metri a poche centinaia di metri. Il processo di formazione della voragine è in genere rapido ed avviene nell'arco di poche ore. Il sinkhole può essere colmato rapidamente da acqua di falda o di risalita trasformandolo nell'arco di un certo periodo di tempo in un piccolo lago. I sinkhole naturali possono essere suddivisi, in base ai processi genetici, nelle seguenti categorie:

a) Sinkhole di origine carsica: questi fenomeni corrispondono alle doline, che si originano per fenomeni solamente carsici di dissoluzione della roccia. I meccanismi che determinano la formazione della cavità in superficie sono i seguenti:

- la sola dissoluzione
- la lenta subsidenza
- il crollo.

b) Sinkhole di suffosione superficiale: si tratta di cavità di forma circolare che si realizzano in terreni sciolti per fenomeni di erosione dal basso con formazione di condotti verticali e/o sub-orizzontali che possono interessare i primi metri della copertura eluviale colluviale e/o i terreni sciolti sottostanti. In questa categoria sono stati classificati gli "occhi pollini", sinkhole potenzialmente in evoluzione, corrispondenti a cavità od orizzonti di debolezza sotterranei presenti nell'alta pianura lombarda fino a profondità di circa 20 metri che, pur non manifestando necessariamente evidenze superficiali, potrebbero evolvere in tal senso fino allo sprofondamento;

c) Sinkhole per piping: caratteristica distintiva è un meccanismo profondo di erosione dal basso che investe spessori notevoli di copertura. Questa tipologia è rappresentata da cavità colmate d'acqua, attraverso il processo di annegamento, che si aprono su coperture a granulometrie variabili ma prevalentemente fini (argille siltose o limi con spessori superiori ai cento metri) impermeabili o semipermeabili, in cui è improbabile una filtrazione verso il basso. Ciò che distingue questi sinkhole, è il fatto che l'acqua di riempimento, mineralizzata e con risalita di gas, presenta una prevalenza tale da renderla a volte artesianiana al piano campagna o al di sopra di esso, generando quindi delle sorgenti. La coesistenza di acque mineralizzate e di emissioni gassose, sostanzialmente riconducibili a CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, assente o limitata nei sinkhole classificati nelle altre categorie, induce ad invocare un modello genetico ed evolutivo che si discosta da quelli comunemente accettati. Si può ipotizzare un ruolo attivo e di primo piano svolto dal "fattore A/G" (Artesianismo/Gas), sia nella genesi che nello sviluppo di questo tipo di fenomeni. In particolare, si pensa che, al momento della formazione di questi fenomeni, la risalita di acque miscelate a gas di origine profonda possa aver meccanicamente contribuito in maniera determinante all'attivazione degli sprofondamenti. In Regione Lombardia, al momento, non sono noti fenomeni di questo tipo;

d) Sinkhole di eversione: sono relativi a processi erosivi provocati da turbolenze ad asse verticale (dall'alto verso il basso), mulinelli, che si verificano generalmente in grandi pianure alluvionali (es. Pianura Padana) in seguito a rotte arginali, denominati anche "bugni", "gorghi", "laghetti di rotta". Le forme risultanti da tali processi possono essere depressioni asciutte o laghetti sub-circolari in aree di pianura, di dimensioni osservate con diametri variabili da 30 a 100 m e profondità fino a un massimo di 13 -15 m. Tali forme risultano collocate ove si può ritenere che si sia prodotta la confluenza di notevoli quantità d'acqua, ai piedi di un argine fluviale in corrispondenza di una rotta, o in un territorio depresso nel luogo di convogliamento di acque tracimate, oppure in punti in cui queste hanno dovuto attraversare strutture lineari come argini, dossi, cordoni litoranei. Queste cavità si formano su terreni in cui è presente una grande percentuale di sabbia. In tali condizioni possono anche associarsi processi di suffosione superficiale e sifonamento; infatti, in condizioni di elevata pressione idrostatica, in tali ambienti e negli stessi punti, è anche frequente la formazione di "fontanazzi".

I sinkhole antropogenici sono voragini di forma e dimensioni varie, originate dalla presenza di un vuoto sotterraneo (cavità) realizzato dall'uomo per un particolare fine (es. cave/miniere sotterranee costituite da reti di gallerie a volte non bonificate dopo il loro utilizzo) o generatosi indirettamente a causa di attività umane (es. dilavamento dei terreni sciolti al di sotto del manto stradale dovuto a disfunzioni della rete dei sottoservizi) o dal sommarsi di entrambe le cause.

#### Cause predisponenti e innescanti

Gli sprofondamenti si originano in contesti di complesse situazioni geologico-strutturali ed idrogeologiche del territorio che ne costituiscono le cause predisponenti. Vengono innescati per motivi di diversa natura quali un sisma, un periodo di siccità, o una alluvione o l'emungimento di grandi quantitativi di acqua dal sottosuolo che possono provocare variazioni rapide del livello piezometrico.

Le cause, molteplici e spesso concomitanti, possono essere appunto distinte in predisponenti ed innescanti il fenomeno, così come di seguito riassunte in via indicativa e non esaustiva:

#### *Cause predisponenti*

- presenza di un substrato carbonatico o costituito da roccia solubile (calcari, dolomie, evaporiti o rocce solfatiche) sottoposto a fenomeni carsici; presenza di una morfologia del bedrock accidentata, sia a piccola che a grande scala, con macroforme carsiche (doline, uvala, crepacci e grotte) e con cavità carsiche presenti al tetto del substrato (interfaccia suolo/roccia) risultato di processi corrosivi e pedogenetici per i sinkhole di origine carsica e per piping;
- presenza di un pacco di sedimenti impermeabili o semi-permeabili al tetto del substrato costituito da limi, argille, sabbie a differente granulometria omogenee o eterogenee per i sinkhole di eversione e per piping;

- Scadenti caratteristiche fisico-meccaniche (consolidazione, addensamento, resistenza) dei materiali costituenti il manto superiore per i sinkhole di evorsione e per piping;
- presenza di un reticolo di fratture o faglie che permettano una maggiore circolazione idrica e una notevole erosione meccanica per i sinkhole di evorsione, suffosione, piping e carsici;
- presenza di abbondanti acque di circolazione sotterranea per i sinkhole di suffosione superficiale, piping e carsici;
- presenza di gas nel sottosuolo, generalmente CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>S, che consentano la dissoluzione dei materiali di copertura e la risalita delle acque per i sinkhole di piping;
- scarsa presenza di un manto vegetale che possa esercitare un effetto limitante nei confronti della mobilizzazione dei terreni;
- presenza di cavità sotterranee di origine antropica (siti minerari/aree interessate da attività estrattive passate) per i sinkhole antropogenici.

#### *Cause innescanti*

- intensità elevata delle precipitazioni piovose e alternanza di periodi secchi e piovosi con conseguente incremento della circolazione d'acqua nel sottosuolo, oscillazioni del livello piezometrico, ecc.;
- scosse sismiche;
- carichi superficiali;
- attività antropiche (estrattive, emungimenti di acqua, etc.). Il forte emungimento per uso irriguo ed idropotabile fa sì che si sviluppino, in prossimità dei pozzi, coni di depressione tali da far aumentare notevolmente la velocità dei flussi idrici e quindi l'asportazione delle particelle dei sedimenti e la subsidenza delle coperture alluvionali.

#### *Individuazione delle aree a potenziale presenza/evoluzione di cavità sotterranee*

Il manifestarsi in superficie di fenomeni di sprofondamento, connessi alla presenza o all'evoluzione di cavità sotterranee, è da ricondurre ai diversi fattori predisponenti e innescanti elencati in precedenza.

Vi sono pertanto delle aree ove questi fattori sono prioritariamente presenti, ad esempio:

- siti minerari/aree interessate da attività estrattive passate;
- siti archeologici;
- aree carsiche;
- aree con presenza di litotipi potenzialmente soggetti a fenomeni di dissoluzione (depositi evaporitici);
- aree con condizioni favorevoli allo sviluppo di occhi pollini; a tale scopo si invita a far riferimento allo studio pilota di *"Aggiornamento del quadro conoscitivo relativo alla suscettività del territorio della provincia di Monza e della Brianza al fenomeno degli occhi pollini"*;
- aree individuate da indagini stratigrafiche preesistenti o indagini geognostiche realizzate ad hoc con presenza di livelli/orizzonti a scadenti caratteristiche geotecniche, oppure con cavità vere e proprie, a profondità potenzialmente interferenti con le fondazioni (o anche superiore);



- aree con evidenze di variazioni plano-altimetriche del suolo, ove si sono osservate lesioni/cedimenti negli edifici, nei sottoservizi e nelle sovrastrutture e ove si sono verificati eventi di sprofondamento pregressi.

L'individuazione delle aree a potenziale presenza/evoluzione di cavità sotterranee rientra nella fase di analisi per la redazione/aggiornamento della componente geologica Idrogeologica e sismica del PGT, nell'ambito della quale il territorio comunale viene inquadrato dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrogeologico, stratigrafico e strutturale.

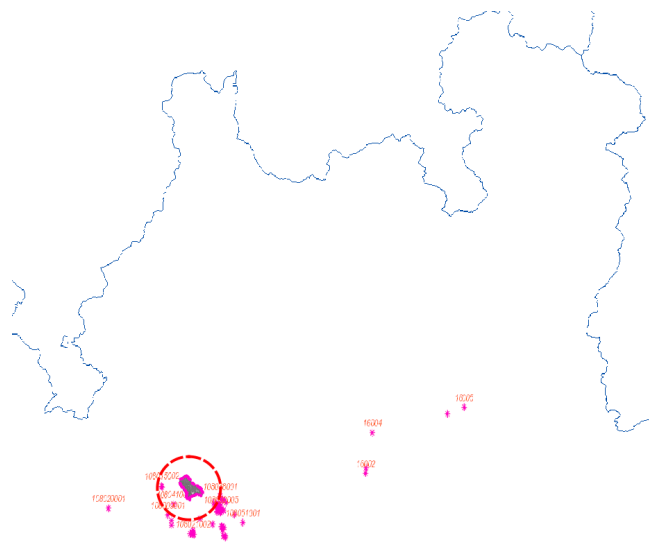
In tale fase devono essere consultate le banche dati tematiche disponibili sul Geoportale della Lombardia quali, in particolare, le seguenti:

Cartografia geologica (Progetto CARG), Banca Dati Geologica di Sottosuolo, Dati interferometria radar, Suscettività al fenomeno degli occhi pollini nel territorio di Monza e della Brianza, Inventario dei fenomeni franosi (IFFI) oltre al Database nazionale dei sinkhole e ad altri quadri conoscitivi di riferimento che verranno messi a disposizione a tale scopo attraverso il Geoportale della Lombardia).

Di seguito si riportano estratti cartografici delle banche dati e cartografie di cui sopra nell'intorno del territorio di Casatenovo:

#### Database Nazionale Sinkhole Naturali

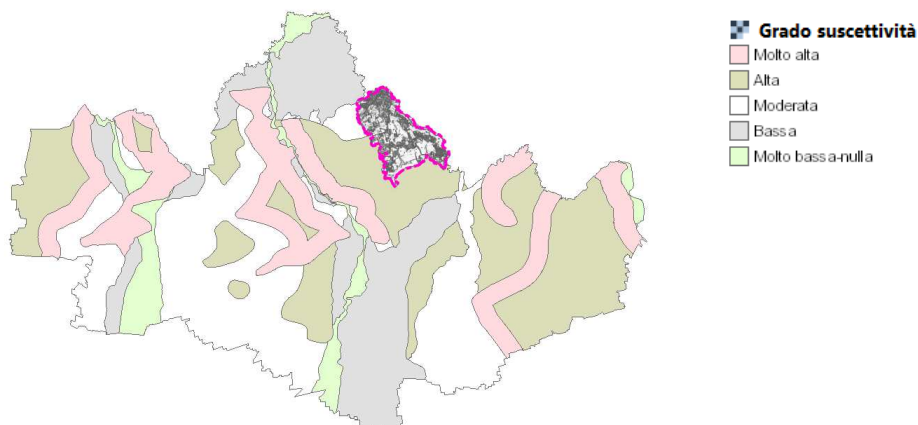
Il Servizio permette di visualizzare l'ubicazione degli sprofondamenti censiti dal Servizio Geologico di Italia.



La consultazione del Database Nazionale non indica sinkhole naturali sul territorio comunale di Casatenovo. Sono presenti segnalazioni concentrate nei comuni a sud del territorio comunale (Vedi Bernareggio).

Suscettibilità al fenomeno degli occhi pollini nel territorio di Monza e Brianza

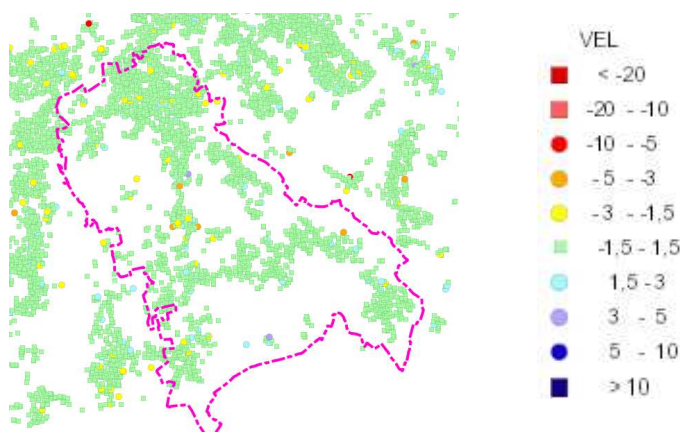
Di seguito si riporta un estratto della mappa della suscettibilità al fenomeno degli occhi pollini della Provincia di Monza Brianza.



Il comune di Casatenovo non ricade in provincia di Monza Brianza. Tuttavia, la mappa sulla Suscettibilità al Fenomeno degli Occhi Pollini nel territorio di Monza e Brianza riguardante i comuni confinanti con Casatenovo indica settori da moderata a molto alta suscettibilità. L'analisi delle indagini geotecniche distribuite sul territorio (Vedi Tav. 8) indica puntuali siti caratterizzati da improvvisi e bruschi abbassamenti nei colpi delle prove penetrometriche, tipici in sprofondamenti riconducibili ad occhi pollini né si osservano indizi di occhi pollini

Interferometrie:

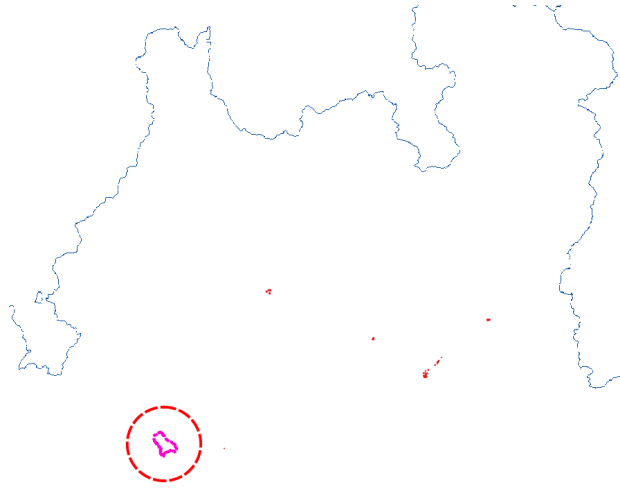
Di seguito si riportano le registrazioni interferometriche disponibili sul territorio di Casatenovo tratte dal geoportale di Regione Lombardia.




Non si rilevano anomalie concentrate o aree particolarmente interessate da forte subsidenza.

Geoiffi

Di seguito si riporta la mappa del territorio di Casatenovo con la rappresentazione delle aree cartografate come "sprofondamenti" nel progetto Geoiffi



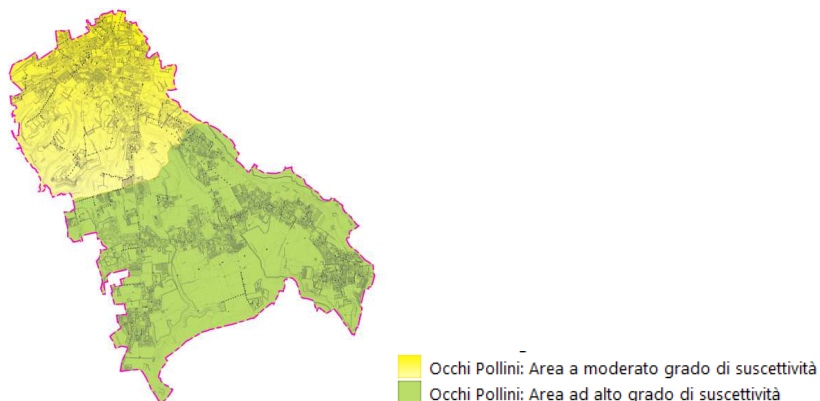
 Sprofondamento

Come si evince dall'immagine, non vi sono segnalazioni di sprofondamenti nel territorio comunale o quelli confinanti.

### Conclusioni

Nel territorio del comune di Casatenovo l'analisi bibliografica e la consultazione di banche dati e cartografia si è conclusa con la suddivisione del territorio di due zone:

- moderato grado di suscettibilità per occhi pollini
- alto grado di suscettibilità per occhi pollini



Sulla base di quanto sopra, nella carta di sintesi sono state inserite tali suddivisioni alle quali è stata attribuita una specifica classe di fattibilità geologica.

## 2.2 FASE DI SINTESI/VALUTAZIONE

La fase di sintesi/valutazione è definita tramite:

- la **carta dei vincoli**, che individua le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative in vigore di contenuto prettamente geologico
- la **carta di sintesi**, che propone una zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità geomorfologico-geotecnica e della vulnerabilità idraulica

La carta dei vincoli deve essere redatta su tutto il territorio comunale alla scala dello strumento urbanistico comunale. Devono essere rappresentate su questa carta le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore con contenuto prettamente geologico, con particolare riferimento a:

- *Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino PAI - PGRA*
- *Vincoli derivanti dal PTR*
- *Vincoli derivanti dal PTCP*
- *Presenza di Geositi*
- *Vincoli di polizia idraulica*
- *Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile*

La carta dei vincoli è stata aggiornata tenendo conto dei nuovi vincoli dettati dalle PGRA ver 2022, aggiornando l'ubicazione dei pozzi captati ad uso idropotabile pubblico. Sono state riportate le fasce di rispetto del RIM vigente (studio EG 2018).

La carta di sintesi deve essere redatta su tutto il territorio comunale, ad una scala tale da poter rappresentare i contenuti di seguito descritti.

La carta di sintesi deve rappresentare le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità riferita allo specifico fenomeno che la genera. Pertanto tale carta deve essere costituita da una serie di poligoni che definiscono porzioni di territorio caratterizzate da pericolosità geomorfologico-geotecnica e vulnerabilità idraulica e idrogeologica omogenee. La sovrapposizione di più ambiti determina dei poligoni misti per la coesistenza di pericolosità determinata da più fattori limitanti. La delimitazione dei poligoni avviene sulla base delle valutazioni sulla pericolosità e sulle aree di influenza dei fenomeni desunte dalla fase di analisi descritta sopra e per i casi specificati derivanti da "Studi di dettaglio". Nella carta di sintesi vanno inserite anche le opere realizzate per la mitigazione del rischio.

### 2.3 FASE DI PROPOSTA

La fase di proposta è definita attraverso la redazione della **carta della fattibilità geologica** e delle relative **norme di attuazione**. Tale fase prevede modalità standardizzate di assegnazione della classe di fattibilità agli ambiti omogenei per pericolosità geomorfologica e geotecnica nonché per vulnerabilità idraulica e idrogeologica, individuati nella fase di sintesi, al fine di garantire omogeneità e obiettività nelle valutazioni di merito tecnico.

La carta della fattibilità geologica deve essere redatta alla stessa scala dello strumento urbanistico e si riferisce all'intero territorio comunale.

La carta di fattibilità geologica viene desunta dalla carta di sintesi e dalla carta dei vincoli (per gli ambiti ricadenti entro le fasce fluviali e le aree in dissesto PAI e le aree PGRA) attribuendo un valore di classe di fattibilità a ciascun poligono. Al mosaico della fattibilità devono essere sovrapposte, con apposito retino "trasparente", le aree soggette ad amplificazione sismica locale (Fattore di amplificazione maggiore del Limite di soglia comunale), che non concorrono a definire la classe di fattibilità, ma alle quali è associata una specifica normativa che si concretizza nelle fasi attuative delle previsioni del PGT.

La carta di fattibilità geologica è dunque una *carta di pericolosità* che fornisce le indicazioni in ordine alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio.

La carta deve essere utilizzata congiuntamente alle "**norme geologiche di piano**" che ne riportano la relativa normativa d'uso (prescrizioni per gli interventi urbanistici, studi ed indagini da effettuare per gli approfondimenti richiesti, necessità di opere di mitigazione del rischio, necessità di controllo dei fenomeni in atto o potenziali, necessità di predisposizione di sistemi di monitoraggio e piani di emergenza).

L'attribuzione della classe di fattibilità avviene attraverso due fasi:

- nella prima fase, a ciascun poligono della carta di sintesi, in base al/i fattore/i di pericolosità/vulnerabilità presente/i viene attribuita una classe di fattibilità (valore di ingresso) seguendo le indicazioni della Tabella 1-1bis-2 dell'allegato B della D.G.R.2616/2011;
- successivamente il professionista può aumentare o diminuire il valore della classe di fattibilità in base a valutazioni di merito tecnico per lo specifico ambito, ad eccezione di alcune categorie specificate nella normativa. La diminuzione della classe di fattibilità rispetto alla classe di ingresso deve essere compiutamente documentata e motivata da specifiche indagini sulla pericolosità del comparto.

Nel caso in cui in un'area omogenea per pericolosità/vulnerabilità vi sia la presenza contemporanea di più fenomeni, deve essere attribuito il valore più alto tra le classi di fattibilità previste; la relativa

normativa associata deve contenere le prescrizioni che considerano la sussistenza di tutti i fenomeni evidenziati.

Ogni classe di fattibilità può essere, per maggiore chiarezza, suddivisa in sottoclassi riguardanti ambiti omogenei. Tale suddivisione si rende necessaria laddove le sottoclassi individuino aree sottoposte a particolari normative (es. aree in dissesto ex art. 9 delle N.d.A. del PAI e aree ricadenti all'interno delle Fasce Fluviali).

La Relazione Geologica del PGT deve essere composta da:

- *Relazione illustrativa*
- *Norme geologiche di piano*

La relazione illustrativa raccoglie la documentazione cartografica prodotta e tutte le informazioni di base utilizzate per lo studio che non sono state oggetto di apposita cartografia o che nella cartografia sono state aggregate o sintetizzate in vario modo. In particolare raccoglie:

- *gli esiti della ricerca storica e le relative schede;*
- *l'inquadramento meteo climatico e nivologico;*
- *una descrizione dei corsi d'acqua naturali e artificiali sotto l'aspetto idrografico, idrologico e idraulico;*
- *una descrizione dell'assetto geologico e strutturale dell'area in esame tenendo conto delle finalità applicative dello studio geologico;*
- *una descrizione delle principali forme e processi geomorfologici;*
- *una descrizione dell'assetto idrogeologico dell'area;*
- *una descrizione degli ambiti di pericolosità omogenea come individuati cartograficamente nella carta di sintesi;*
- *una descrizione delle aree riconosciute come passibili di amplificazione sismica;*
- *una descrizione delle opere realizzate (idrauliche, di sistemazione dei dissesti ecc.).*

Come già detto precedentemente, la presente revisione recepisce i contenuti di inquadramento geologico, morfologico, idrogeologico e climatico presenti nella Relazione Geologica della precedente versione, la quale continua quindi ad essere parte integrante della componente geologica del P.G.T. comunale. Vengono invece qui approfonditi gli aspetti sulla analisi della sismicità del territorio secondo l'allegato 5 della D.G.R.26165/2011, in quanto il passaggio da zona sismica 4 a zona sismica 3 impone un approfondimento di 2° livello. Sono stati inoltre affrontati i temi richiesti per il raccordo col PTCP della Provincia di Lecco in vigore dal 2014.

Le “Norme geologiche di piano” sono formulate in modo tale da poter essere riportate integralmente nel Piano delle Regole oltre che nel Documento di Piano del P.G.T. Contengono la normativa d’uso della carta di fattibilità geologica ed il richiamo alla normativa derivante dalla carta dei vincoli. Riportano, per ciascuna delle classi di fattibilità, indicazioni in merito alla richiesta di indagini di approfondimento, alle prescrizioni per le tipologie costruttive e alle eventuali opere di mitigazione del rischio da realizzarsi. L’aggiornamento ha introdotto nuove classi di fattibilità rispetto alla precedente versione e, ove ritenuto necessario, ne ha modificato e/o integrato le prescrizioni.

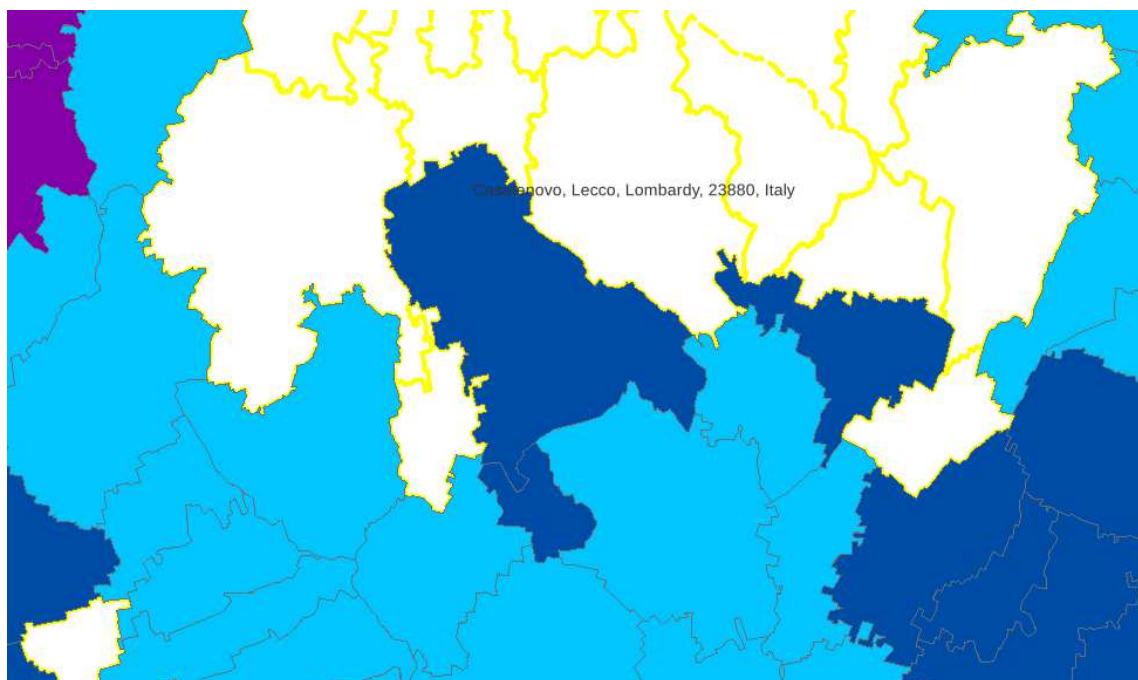
Per il comune di Casatenovo la fase di proposta comprende anche la Carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI, elaborata al fine di aggiornare l’Elaborato 2 del PAI stesso con il quadro della pericolosità idraulica derivante dal PGRA.

### **3 STUDI E DATI GEOGRAFICI DI RIFERIMENTO**

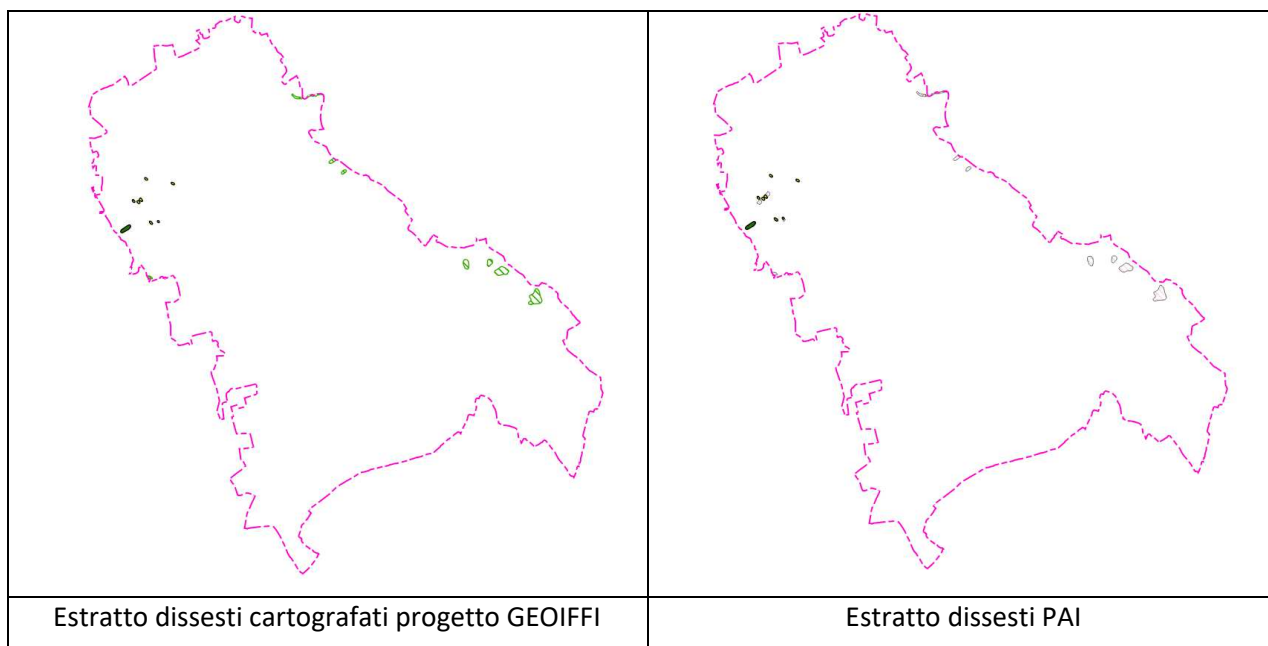
Con d.g.r. 18 luglio 2022 n. XI/6702, pubblicata su BURL Serie Ordinaria n. 30 del 25 luglio 2022, è stato approvato l’aggiornamento 2022 dell’allegato 1 ai criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, redatti in attuazione dell’art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12 e approvati con d.g.r. 2616/2011, già aggiornato con precedente d.g.r. 4685/2021. L’aggiornamento 2022 dell’Allegato 1 tiene conto dei nuovi studi e dati resi disponibili successivamente alla d.g.r. 4685/2021.

Per il presente studio sono stati consultati i nuovi gli studi e dati geografici di riferimento per la redazione e l’aggiornamento della componente geologica dei PGT. Nello specifico, il territorio di Casatenovo è interessato dallo studio “*Relazione idraulica a supporto del Progetto esecutivo di interventi di regimazione delle acque di piena del Molgorana nella frazione Roccolo – 2019*”. Il progetto riguarda la realizzazione di una vasca di laminazione sul Rio Molgorana per la riduzione dei fenomeni di allagamento che si sono verificati nel territorio del comune di Arcore.

Di seguito si riporta un estratto dal geoportale di Regione Lombardia nel quale sono riportate le aree interessate da studi di riferimento.



E' stata inoltre consultata la cartografia del progetto GEOIFFI di cui si riporta un estratto a confronto con i dissesti cartografati nel progetto PAI:



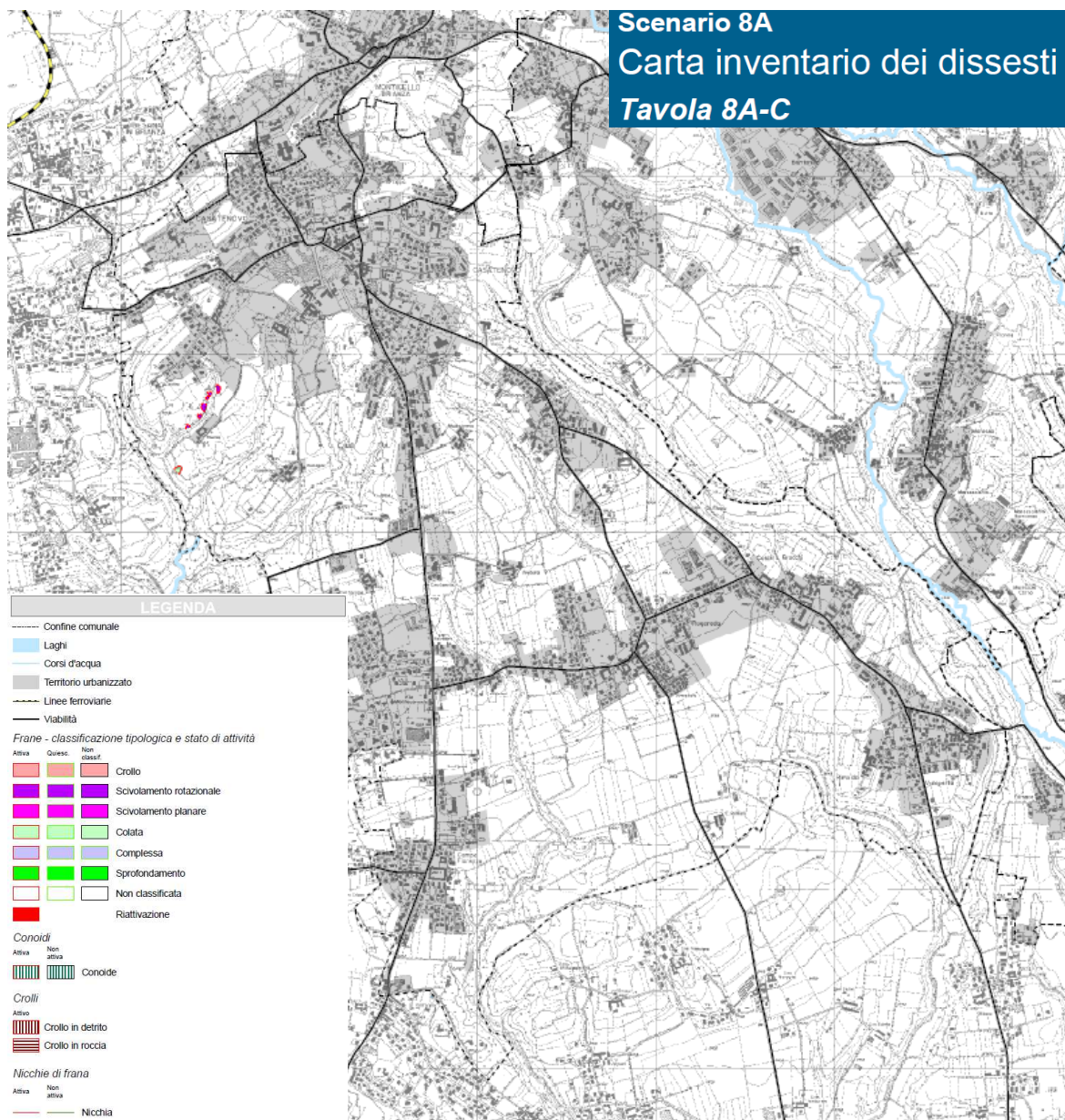
Dal confronto si conclude che gli ambiti in dissesto individuati dai due progetti sono gli stessi.



#### 4 RACCORDO CON IL PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE - PTC

Il presente studio è stato redatto tenendo conto di quanto indicato dal P.T.C.P. (2014 e aggiornamento 2022) nelle NOTE DI ATTUAZIONE (Adozione delibera Consiglio Provinciale n° 43 del 29-09-2021 e Approvazione delibera Consiglio Provinciale n° 35 del 20-06-2022) al Titolo VI – Norme Geologiche e Condizioni Di Sicurezza Del Territorio (artt. 38-47), al quadro dei dissesti e a quanto indicato dall’art. 51 delle relative N.T.A. in relazione agli *Ambiti di prevalente valore naturale*.

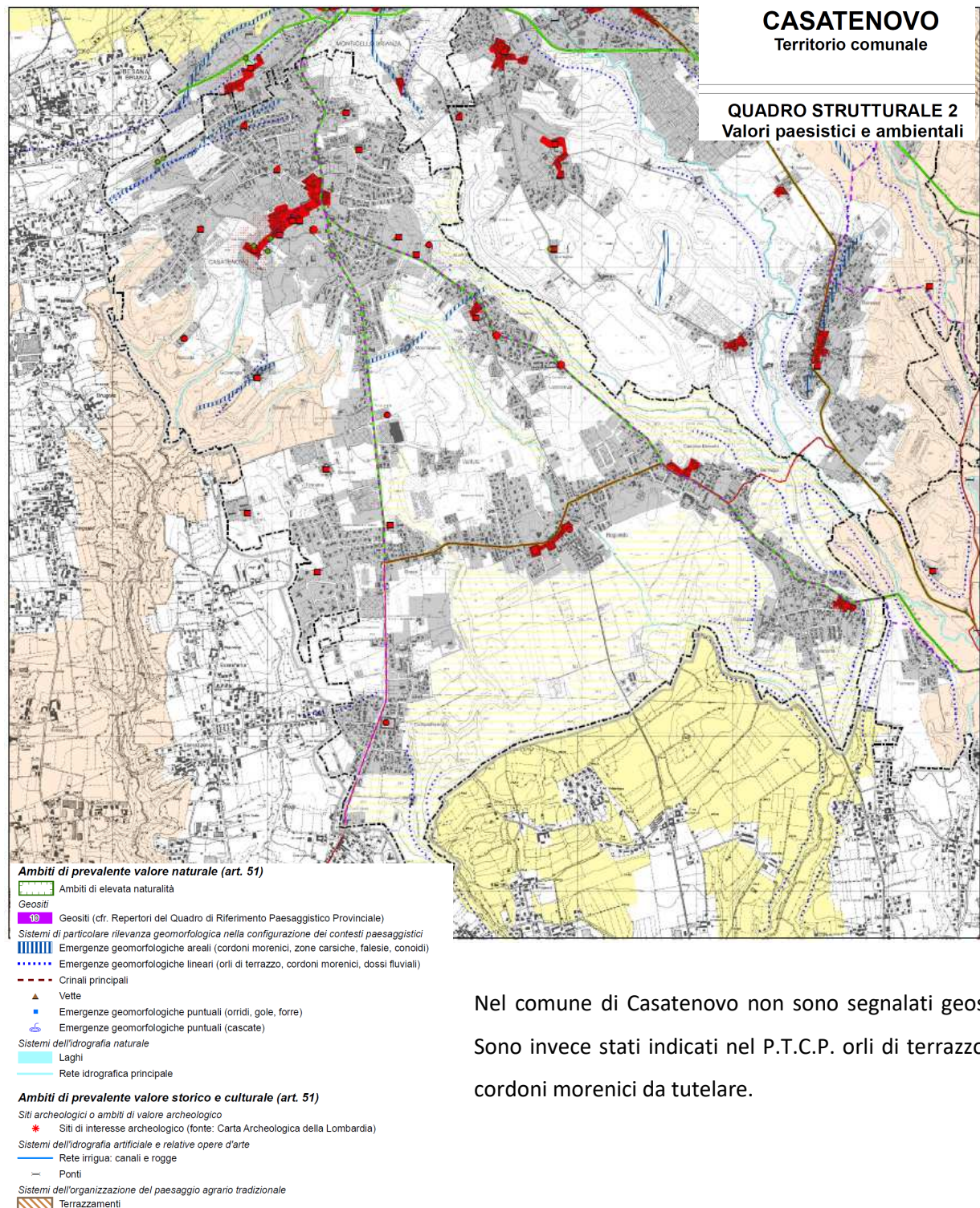
Per quanto riguarda il quadro dei dissesti, è stata consultata la tavola dello Scenario-8A-C (Carta-inventario-dei-dissesti del P.T.C.P.) di cui si riporta un estratto:



I dissesti segnalati corrispondono a quelli già censiti dal PAI e nella cartografia del portale GeoIFFI.

In ottemperanza all'art. 51 del P.T.C.P., nella tavola Quadro strutturale 2 - Valori paesistici e ambientali, sono indicati gli elementi geomorfologici da valorizzare in chiave paesaggistica. Gli ambiti che l'art. 51 richiede siano approfonditi e o meglio delineati nella componente geologica comunale sono: geositi, cordoni morenici e orli di terrazzo.

Di seguito si riporta un estratto della tavola del P.T.C.P



Nel comune di Casatenovo non sono segnalati geositi. Sono invece stati indicati nel P.T.C.P. orli di terrazzo, e cordoni morenici da tutelare.

## **5 STUDIO COMUNALE DI GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO**

Il comune di Casatenovo è dotato dello studio di gestione del rischio idraulico, redatto ai sensi del regolamento regionale n° 7 del 23/1 1/2017 e successivo aggiornamento n° 8 del 19-04/2019, redatto dallo studio professionale SMARTHouse nel novembre 2022.

Parte dei contenuti di tale documento sono stati riportati nella carta dei Vincoli e nella carta PAI-PGRA.

Agli ambiti con inefficienza della rete fognaria è stata attribuita una specifica classe di fattibilità geologica, recependo le prescrizioni suggerite nel documento di gestione del rischio idraulico.

## 6 AGGIORNAMENTO CARTA DEI VINCOLI (Tav. 1)

Questa carta deve riportare i vincoli di “interesse geologico” presenti sul territorio comunale, anche con riferimento a quelli derivanti dalla pianificazione sovraordinata quali:

- P.A.I. (elaborato 8: fasce fluviali - d.p.c.m. 24 maggio 2001)
- Piano di gestione del Rischio Alluvioni (PGRA - Direttiva Alluvioni 2022)
- Vincoli derivanti dal P.T.R. (2018) contenuti nella tabella dell’elaborato SO1
- Vincoli derivanti dal P.T.C.P. 2014 (art. 51)
- Vincoli di Polizia Idraulica (vedi studio R.I.M. comunale 2018)
- Aree di salvaguardia captazioni idropotabili
- Piano di gestione del rischio idraulico (Regolamento Regionale n° 7 novembre 2017)

### 6.1 VINCOLI PAI E PGRA2022

I tematismi riferiti al PAI sono stati estratti dal Geoportale di Regione Lombardia rispettandone la georeferenziazione originale.

Il presente studio non propone modifiche alle aree in dissesto PAI. Gli ambiti Em, così come indicato nello studio geologico del marzo 2013, derivano da ristagni d’acqua per inefficienza della rete fognaria o per morfologia dei luoghi e non da dinamiche fluviali/torrentizie.

Di seguito si riportano alcuni estratti dello studio geologico precedente redatto nel marzo 2013 riferito agli ambiti Em:

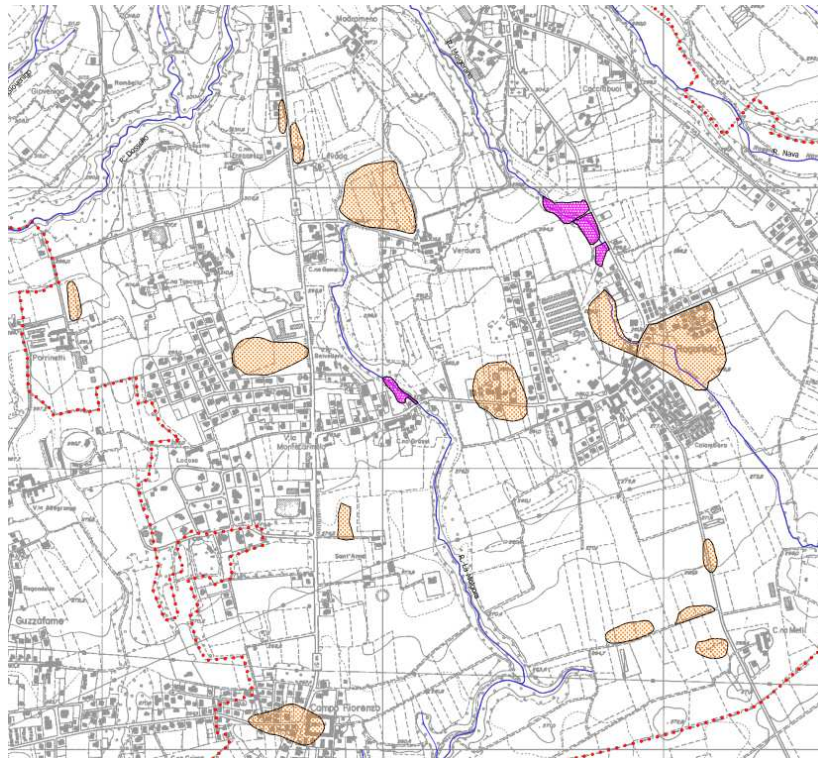
#### **15.5 Em, aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità media o moderata di esondazione**



Nelle aree classificate Em, aree coinvolgibili dai fenomeni di ristagno dovuti a sottodimensionamento del sistema fognario (pericolosità media o moderata)

#### **14.3 CLASSE 2A - R1 PER ESONDAZIONE (RISTAGNO NEL CASO IN ESAME) / FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI**

All'interno di tale classe sono state comprese e segnalate tutte quelle zone in cui sono stati registrati negli ultimi anni fenomeni di allagamento causati dall'insufficiente dimensionamento della rete fognaria e da fenomeni di ristagno.

Per i primi, a causa della loro relativa pericolosità e della facile risoluzione, si dovrà prevedere un programma di interventi che preveda il progressivo adeguamento della rete fognaria che consenta di eliminare nel tempo tali problematiche.



ESONDAZIONE	PERICOLOSITA' RISCHIO	CLASSI DI FATTIBILITA'	VOCI LEGENDA P.A.I.
	R1 per esondazione (ristagno nel caso in esame)	CLASSE 2 (modeste limitazioni)	Em - Pericolosità media o moderata di esondazione
	R4 per esondazione	CLASSE 4 (gravi limitazioni)	Ee - pericolosità molto elevata

Come si evince sia dalla descrizione testuale, le aree Em (mappatura arancione) sono classificate in come aree di esondazione per ristagno e per allagamenti da inefficienza della rete fognaria. Esse sono ubicate in ambiti non interferenti con dinamiche fluviali, ad eccezione dell'area in Loc Rogoredo. A seguito di ciò, a parere dello scrivente sembra corretta una trattazione di tali ambiti anche nello specifico "studio del rischio idraulico – invarianza" che si pone l'obiettivo di individuare le aree dove la rete fognaria non risulta adeguata, ad eccezione dell'ambito Em dell'area in Loc Rogoredo interferente con la dinamica fluviale.

I tematismi riferiti alle PGRA2022 sono stati estratti dal Geoportale di Regione; per gli ambiti RSCM L valgono le stesse considerazioni sopra descritte per le aree in dissesto PAI - Em.

## 6.2 VINCOLI DERIVANTI DAL P.T.R

Non si segnalano vincoli derivanti dal P.T.R. (2018) contenuti nella tabella dell'elaborato SO1 ricadenti sul territorio del comune di Casatenovo.

## 6.3 VINCOLI DERIVANTI DAL P.T.C.P

In ottemperanza all'art. 51 del P.T.C.P., nella tavola Quadro strutturale 2 - Valori paesistici e ambientali, vengono indicati gli elementi geomorfologici da valorizzare in chiave paesaggistica. Gli ambiti che l'art. 51 richiede siano approfonditi e o meglio delineati nella componente geologica comunale sono: geositi, cordoni morenici, orli di terrazzo e solchi vallivi.

Sul territorio di Casatenovo non sono segnalati geositi da tutelare. Vengono invece individuati cordoni morenici, orli di terrazzo e aree terrazzate, oggetto di tutela sulla base dei criteri espressi dal PTCP.

Le norme di attuazione del PTCP vigenti all'art. 51 indicano di individuare le forme morfologiche significative senza però distinguere l'esistenza o meno di un reale valore paesaggistico.

Gli ambiti di interesse sono stati tracciati a partire dagli elementi morfologici indicati nella cartografia del PTCP, tracciati con maggior dettaglio a scala comunale sul nuovo fotogrammetrico.

Sul territorio comunale di Casatenovo alcune forme geomorfologiche, seppur esistenti, sono già state completamente compromesse dall'azione antropica; si pensi al centro abitato di Casatenovo che si sviluppa per intero sul dorso di un cordone morenico ormai totalmente antropizzato. Sulla base di quanto esposto, si è scelto di tracciare nella carta dei vincoli tutti gli elementi morfologici indicati dal PTCP, ma di individuare le aree a vincolo solo in corrispondenza degli ambiti naturali non compromessi da esistenti urbanizzazioni. Questo approccio permetterà la conservazione degli ambiti di valore paesaggistico presenti sul territorio, permettendo solo eventuali interventi di completamento negli ambiti ormai già compromessi dall'edificazione pregressa.

Nello specifico, la componente geologica ha individuato gli ambiti di carattere strettamente geologico, quali i cordoni morenici, le scarpate morfologiche e i solchi vallivi.

*Si precisa che lo studio della componente geologica si limita a tracciare gli elementi morfologici indicati dal PTCP senza entrare nel merito dei vincoli da attribuire a tali elementi, se non espressamente prescritti dal quadro normativo vigente del PTCP.*

#### 6.4 VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA (RIM)

Come richiesto della D.G.R.IX/2616 del 30 novembre 2011, le fasce di rispetto dei corsi d'acqua identificati nello studio del R.I.M. vanno riportate nella Carta dei Vincoli. Il presente aggiornamento allo studio geologico recepisce i contenuti e le aree mappate nel documento di polizia idraulica vigente.

Per quanto riguarda l'aspetto normativo, si rimanda allo studio del Reticolo Idrico comunale vigente redatto nel 2018 dallo Studio Associato EG – Engineering Geology di Carate Brianza, costituito da una parte cartografica con l'individuazione del reticolo idrografico e delle rispettive fasce di rispetto e da una parte normativa con l'indicazione delle attività vietate e soggette ad autorizzazione.

#### 6.5 CENSIMENTO SORGENTI E POZZI SUL TERRITORIO COMUNALE

La disciplina delle aree di salvaguardia delle captazioni superficiali e sotterranee ad uso potabile è contenuta nell'art. 94 del Decreto Legislativo n.152/2006 dove vengono definite la Zona di Tutela Assoluta (ZTA), la Zona di Rispetto (ZdR) e le attività consentite all'interno delle stesse.

La delimitazione delle Zone di Rispetto è effettuata dai Comuni su proposta degli enti responsabili dell'Ambito Territoriale Ottimale, sulla base dell'individuazione dei punti di attingimento delle acque destinate al consumo umano approvata nel piano d'ambito come disciplinato da Regione Lombardia con la Legge Regionale n. 26 del 12 dicembre 2003 (art. 42 comma 3) e con il Regolamento Regionale n. 2/2006 (art.14 comma 4). Regione Lombardia ha inoltre emanato due Deliberazioni di Giunta Regionale, n. VI/15137 del 27 giugno 1996 e n. VII/12693 del 10 aprile 2003, in cui ha disciplinato rispettivamente le modalità di delimitazione delle fasce di rispetto e le attività ammissibili all'interno delle stesse.

Nella carta dei vincoli vengono quindi riportati solo i pozzi e le sorgenti captati per uso idropotabile.

Tali elementi sono stati aggiornati sulla base della nuova mappatura fornita dal gestore (Lario Reti Holding). Sono state considerate anche le fasce di rispetto derivanti da captazioni pubbliche ubicate nei territori confinanti. L'aggiornamento della zona di tutela assoluta e della fascia di rispetto è stato recepito nella carta dei vincoli (Tav. 1).

Per non perdere le informazioni stratigrafiche riferite a vecchi pozzi in disuso, si riporta l'allegato D – pozzi facente parte dello studio geologico comunale ver marzo 2013. *Si raccomanda di non tener conto delle zone di tutela e delle fasce di rispetto indicate nelle schede redatte nel 2013 in quanto superate, ma di far riferimento alla Tav.1 Carta dei vincoli 2022 aggiornata con gli elementi forniti dal gestore Lario Reti Holding.*

## **6.6 STUDIO COMUNALE DI GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO**

Il comune di Casatenovo è dotato dello studio di gestione del rischio idraulico, redatto ai sensi del regolamento regionale n° 7 del 23/1 1/2017 e successivo aggiornamento n° 8 del 19-04/2019, redatto dallo studio professionale SMARTHouse nel novembre 2022.

In accordo con l'allegato 5 della D.G.R.6738/2017, nella carta dei vincoli sono state inserite anche le aree destinate alla futura realizzazione di interventi strutturali (aree destinate a laminazione), così come individuate nello "Studio comunale di gestione del rischio idraulico" di SmartHouse (Mb).



## 7 CARTA PAI-PGRA (Tav. 2)

Nel presente studio si aggiorna la carta PAI-PGRA.

Nella tavola 2 si riportano le aree individuate nei dissesti PAI già note e vengono aggiunte le perimetrazioni PGRA relative a reticolo secondario collinare e montano (RSCM), che, nel caso di Casatenovo, coincidono con le aree di esondazione del PAI.

Come richiesto dall'allegato 5 della D.G.R.6738/2017, nella carta PAI-PGRA sono state inserite anche le aree soggette ad allagamenti con tempo di ritorno di 100 anni per insufficienza della rete di smaltimento urbana, individuate dallo "Studio comunale di gestione del rischio idraulico" redatto da SmartHouse (Mb).

In allegato, tra i documenti ancora vigenti dello studio geologico redatto nel marzo 2013, si riportano le monografie delle frane e dei dissesti.

### 7.1 PAI

Dall'analisi della documentazione del geoportale di Regione Lombardia e dal portale di Adbpo, emerge che il territorio del comune di Casatenovo non è interessato da ambiti appartenenti alle "Fasce Fluviali del PAI". Sono invece cartografate "Aree in dissesto PAI" per gli ambiti di frana (Fa, Fq, Fs) e di esondazione (Ee, Em). Gli ambiti Fa, Fq, Fs, Ee e Em vengono mantenuti in quanto il comune di Casatenovo ha già concluso la verifica di compatibilità prevista dalla normativa, così come indicato nell'allegato 13 aggiornata all'ottobre 2020 della D.G.R.2616/2011:

#### AGGIORNAMENTO OTTOBRE 2020



Regione Lombardia

ALLEGATO 13

PROVINCIA	COMUNE	SITUAZIONE ITER AGGIORNAMENTO ELABORATO 2 DEL PAI	QUADRO DEL DISSESTO VIGENTE
LC	Casatenovo	concluso	aggiornato

## 7.2 PGRA

A seguito dell'approvazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni, avvenuta con d.p.c.m. 27 ottobre 2016, Regione Lombardia ha approvato con D.G.R.n. 6738 del 19 giugno 2017, le disposizioni regionali sull'attuazione del PGRA nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza che integrano quelle approvate con D.G.R.n. 2616 del 30 novembre 2011.

I Comuni sono tenuti:

- ad applicare da subito la normativa riportata nella D.G.R.n. 6738 del 2017 sulle aree allagabili così come presenti nelle mappe di pericolosità del PGRA (accessibili attraverso il Geoportale della Lombardia - Servizio di mappa Direttiva alluvioni - revisione 2019);
- a effettuare entro le aree R4 - rischio molto elevato -, una valutazione più dettagliata delle condizioni di pericolosità e rischio locali e a trasmettere tale valutazione a Regione Lombardia oppure a verificare quella già svolta in passato e, ove necessario, aggiornarla sulla base dei nuovi dati (portate, livelli, topografia) utilizzati per la mappatura delle aree allagabili del PGRA
- per i corsi d'acqua del reticolo idrico principale, entro le aree R4 - rischio molto elevato -, nelle more dell'adeguamento del PGT, a svolgere valutazioni preliminari della pericolosità e del rischio, oppure ad applicare le norme riguardanti le aree P3/H e P2/M (fasce A e B) oppure richiedere che gli interventi edilizi siano supportati da uno studio di compatibilità idraulica
- ad adeguare il proprio PGT, attraverso il recepimento delle aree allagabili e relative norme, entro e non oltre i termini stabiliti dall'art. 5 "Norma transitoria" della l.r. n. 31 del 2014 sul consumo di suolo.

I tematismi riferiti alle PGRA2022 sono stati estratti dal Geoportale di Regione Lombardia rispettandone la georeferenziazione originale. Nel comune di Casatenovo sono presenti aree PGRA relative al reticolo secondario collinare e montano RSCM, mentre non si hanno aree PGRA relativi a reticolo principale di pianura (RP), reticolo secondario di pianura (RSP) e aree costiere lacuali (ACL). Non vi sono aree significativamente estese ricadenti in ambiti R4; l'unico ambito è ubicato in Via San Gaetano (Coordinate WGS84 – UTM 32 525038.525,5058222.886).

## 8 AGGIORNAMENTO CARTA DI SINTESI (Tav. 3)

La carta di sintesi è stata redatta su tutto il territorio comunale, ad una scala tale da poter rappresentare le aree omogenee attraverso una serie di poligoni che definiscono porzioni di territorio caratterizzate da pericolosità geomorfologico-geotecnica e vulnerabilità idraulica-idrogeologica omogenee.

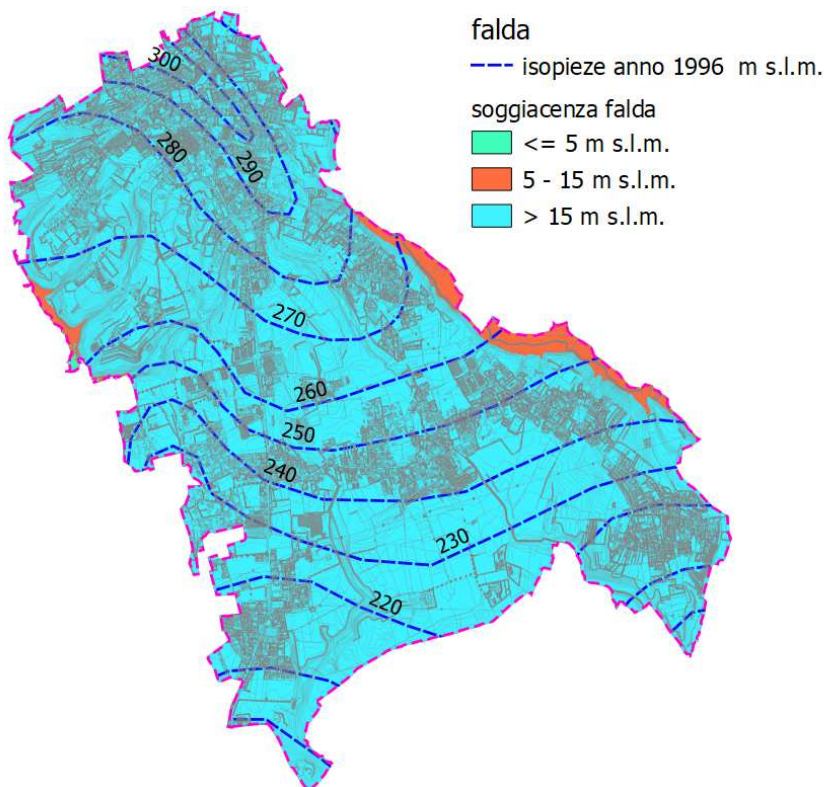
L'aggiornamento di questo elaborato ha comportato numerose modifiche dei limiti tra i poligoni già definiti nello studio geologico precedente sia per quanto riguarda l'aggiornamento dei contenuti esistenti, sia per l'inserimento e la caratterizzazione di nuovi ambiti precedentemente non considerati.

In generale, gli ambiti di pericolosità e vulnerabilità sono individuati in base agli scenari descritti al capitolo 2.2 dell'allegato B della D.G.R. n° IX/2616 del 30 novembre 2011.

#### Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico

In questa categoria ricadono gli ambiti del territorio interessati da vulnerabilità idrogeologica, quali la bassa soggiacenza della falda o le emergenze idriche diffuse.

Al fine di individuare le classi di soggiacenza della falda (riferimento dati luglio 1996), è stato confrontato il DTM comunale con il raster delle isopieze tratte dalla carta idrogeologica allegata allo



studio geologico comunale vigente.

Come possiamo vedere dall'immagine a lato, nel territorio di Casatenovo gli ambiti con soggiacenza inferiore a 5 m sono limitatissimi e coincidenti con il fondovalle delle incisioni torrentizie e pertanto non vengono rappresentati.

E' tuttavia cartografata un'area caratterizzata da falda sospesa in zona Cascina Crotta individuata nel precedente studio geologico comunale che viene mantenuta.

#### Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

In questa categoria sono stati inseriti gli ambiti del territorio interessati da dinamiche fluviali e/o torrentizie. Sono state mappate le aree direttamente occupate da alvei a cielo aperto o incisioni vallive sede di scorrimento d'acqua anche solo temporaneo in corrispondenza delle piogge. Sono state inoltre distinte le aree adiacenti ai corsi d'acqua, aree adiacenti alle incisioni vallive con deflussi d'acqua meteorica e aree occupate da corsi d'acqua tombinati. Si nota che tali ambiti non corrispondono alle

fasce di rispetto del reticolo minore, ma rappresentano porzioni del territorio interessate da pericolo per la dinamica idraulica/torrentizia.

In questa categoria rientrano anche le aree interessate da esondazione torrentizie cartografate e già classificate tra i dissesti PAI o nelle carte del PGRA.

L'aggiornamento della carta di sintesi inserisce alcune aree interessate da allagamenti per insufficienza della rete urbana di raccolta delle acque meteoriche; tali ambiti sono tratti dallo "Studio di gestione del rischio idraulico" redatto SmartHouse.

#### Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti

In questa categoria sono stati inseriti gli ambiti del territorio interessati da dissesti in atto o potenziali riconosciuti da rilievi in situ, dall'analisi cartografica o da analisi di dettaglio facente parte della documentazione pregressa. In questa categoria rientrano anche le aree instabili cartografate e classificate nei dissesti PAI, le aree acclivi del territorio derivanti dall'elaborazione tramite programma GIS della carta della stabilità con metodo semplificato del pendio indefinito (vedi Tav 9), realizzata sulla base del DTM (vedasi allegato 2 DGR 2616/2011).

#### Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche

In questa categoria sono stati inseriti gli ambiti del territorio interessati da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche o ambiti con particolari eterogeneità geotecniche così come risultanti dalle carte di analisi esaminate.

Il territorio di Casatenovo è interessato dal fenomeno degli Occhi Pollini, la cui conseguenza genera terreni con caratteristiche geotecniche scadenti o caratteristiche geotecniche eterogenee.

La valutazione della suscettività distinta in moderata ed alta è stata fatta sulla base della classificazione proposta nel PTCP della confinante provincia di Monza Brianza.

Con delibera del consiglio regionale n. X/903 del 24-11-2015 è vigente il nuovo piano cave della provincia di Lecco in fase di aggiornamento. Sul territorio di Casatenovo non sono individuate ambiti di cava.

#### Interventi in aree di dissesto o di prevenzione in aree di dissesto potenziale

Nella carta di sintesi vanno riportate le principali opere realizzate per la mitigazione del rischio; nel territorio di Casatenovo non vi sono opere significative atte a mitigare importanti fenomeni in dissesto.

## 9 AGGIORNAMENTO CARTA P.S.L. (Tavv. 4-5)

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 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. n. 105 dell'8 maggio 2003 Supplemento ordinario n. 72, vengono individuate in prima applicazione le zone sismiche sul territorio nazionale e fornite le normative tecniche da adottare per le costruzioni nelle zone sismiche stesse. Tale Ordinanza è entrata in vigore, per gli aspetti inerenti la classificazione sismica, dal 23 ottobre 2005, data coincidente con l'entrata in vigore del D.M. 14 settembre 2005 "*Norme tecniche per le costruzioni*", pubblicato sulla G.U. n. 222 del 23 settembre 2005, Supplemento ordinario n. 159 che prevede di tener conto dell'azione degli eventi sismici nell'ambito della progettazione di nuove strutture, essendo stata eliminata la classe dei comuni "non sismici". 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".

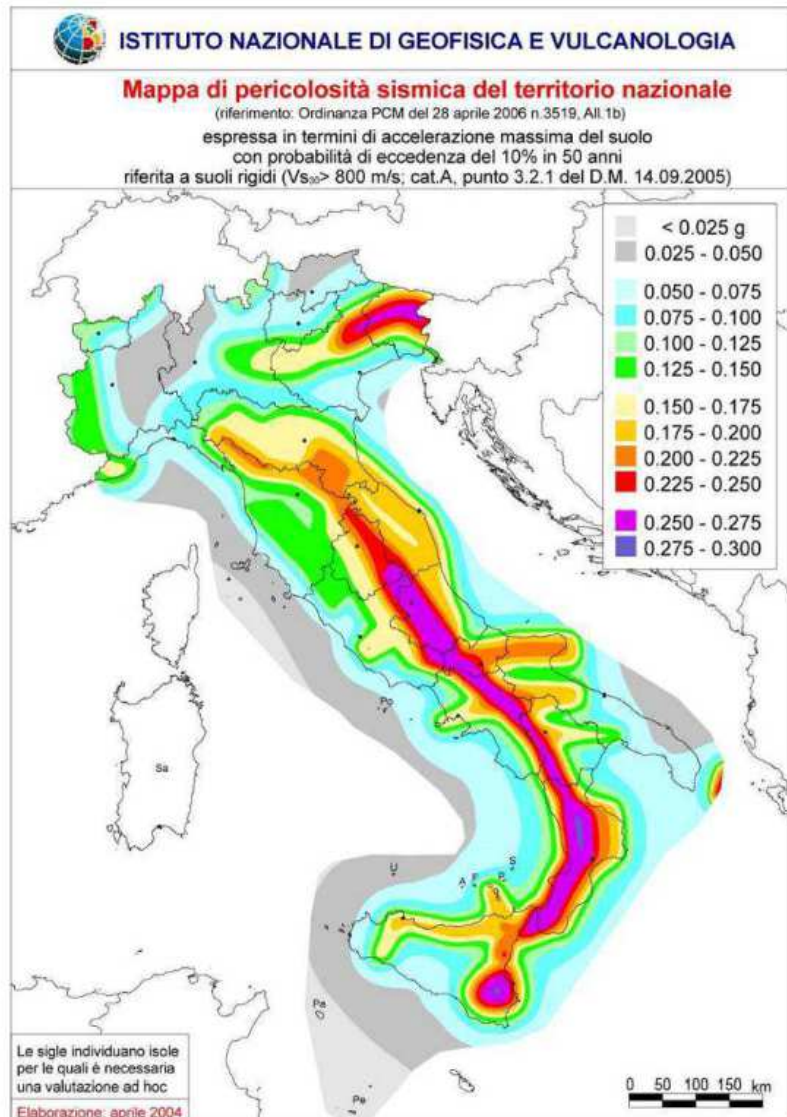
Per l'applicazione della normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 Marzo 2003) l'intero territorio nazionale è suddiviso in zone sismiche, con grado di pericolosità crescente da 4 a 1 (vedi allegato A della normativa: classificazione sismica dei comuni italiani); ciascuna zona è contrassegnata da un valore del parametro di accelerazione di picco orizzontale al suolo ( $a_g$ ) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale.

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28/04/06 pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale dell'11/05/06 Serie Generale Anno 147° - n. 108 (Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone) adotta come riferimento ufficiale una nuova mappa di pericolosità sismica e definisce i criteri generali per la classificazione delle zone sismiche.

Costituiscono parte integrante dell'ordinanza:

- Allegato 1A - Criteri per l'individuazione delle zone sismiche e la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone
- Allegato 1B - Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale.

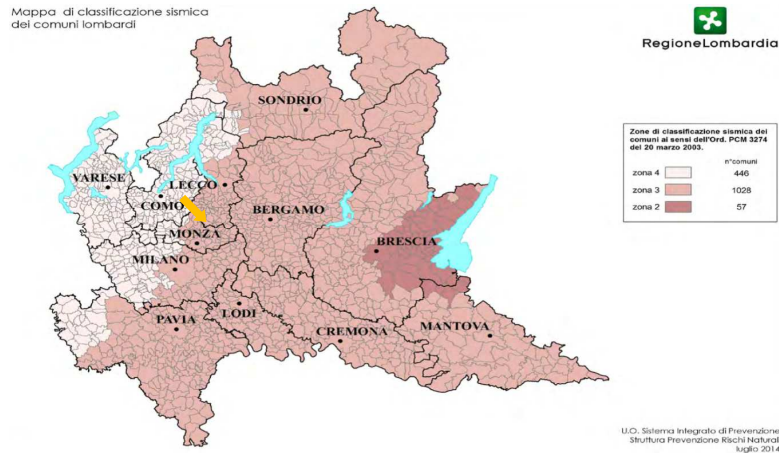
Di seguito si rappresenta la mappa riportata nell'Allegato 1B, rappresentante graficamente la pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo ( $a_g$ ), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi caratterizzati da  $VS30 > 800$  m/s.



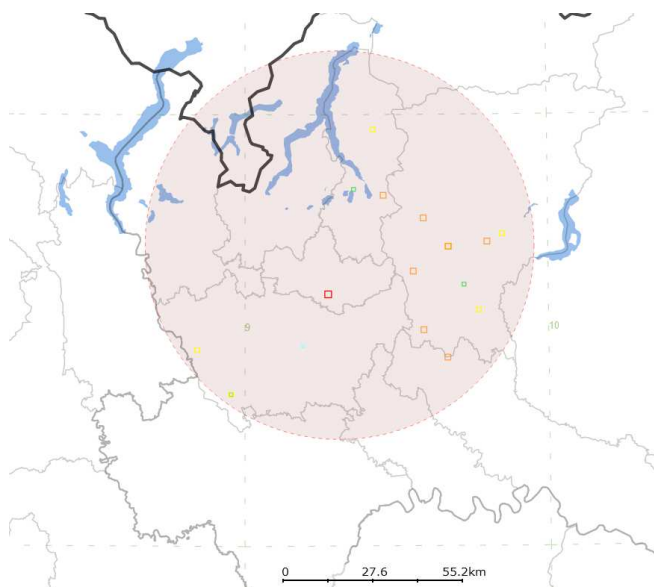
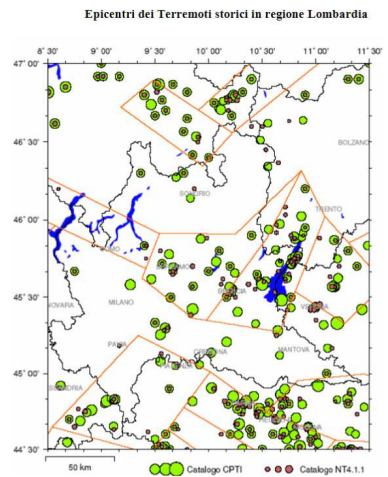
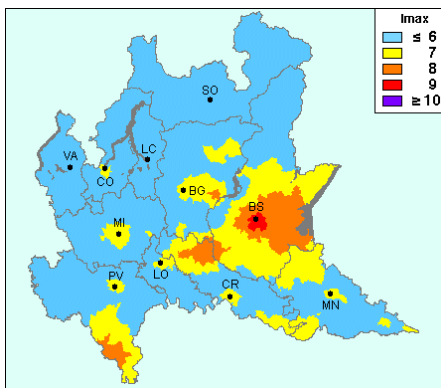
La Regione Lombardia, con la D.G.R. 7 novembre 2003 n. 7/14964 ha recepito la classificazione sismica dei singoli comuni proposta dalla O.P.C.M. citata.

Con DGR n. 2129 del'11 luglio 2014 Regione Lombardia ha provveduto a riclassificare il proprio territorio dal punto di vista sismico. La nuova zonazione sismica (D.g.r. 11 luglio 2014 n° 2129) e la L.R. 33/2015 sono entrambe efficaci dal 10 aprile 2016. In data 30 marzo 2016 con la D.G.R. n. X/5001, Giunta Regionale ha approvato le linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica, ai sensi degli artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della L.R. 33/2015.

La riclassificazione sismica dei comuni operata da Regione Lombardia (D.g.r. 11 luglio 2014 n° 2129) ha classificato il comune di Casatenovo in **Zona Sismica 3**.



Di seguito si riporta la mappa con le intensità sismiche ed epicentri dei terremoti registrati in Regione Lombardia.



Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDF	Io	Mw
1304	12	18	02			Pianura lombarda	1	5-6	4.40
1312	10	14	11	15		Pianura lombarda	1	5	4.16
1396	11	26				Monza	1	7-8	5.33
1473	05	07	07	45		Milanese	5	4	3.70
1576	09	26	05	10		Bergamo	1	5-6	4.40
1593	03	08				Bergamo	1	6-7	4.86
1606	08	22				Bergamo	1	6-7	4.86
1642	06	13				Pianura lombarda	8	6	4.92
1661	03	12				Prealpi bergamasche	4	6-7	4.86
1771	08	15	08	15		Pianura lombarda	3	5	4.16
1781	09	10	11	30		Pianura lombarda	11	6-7	4.93
1884	09	12	07	23		Pianura lombarda	34	6	4.70
1887	05	20	04	12		Lecchese	36	5	3.97
1918	01	13	12			Pianura lombarda	24	4	4.62
1918	04	24	14	21		Lecchese	34	6	4.95
1961	11	23	01	12	05	Prealpi bergamasche	119	6-7	4.86
1979	02	09	14	44		Bergamasco	73	6	4.78
1983	01	03	17	03	04	Valsassina	24	4	4.27
1995	10	29	13	00	27	Lago d'Iseo	408	5-6	4.35

## 9.1 RISPOSTA SISMICA LOCALE – GENERALITÀ

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

Per definire l'azione sismica di progetto si valuta l'effetto della risposta sismica locale, intesa come insieme delle modifiche che il moto sismico sito subisce, in termini di ampiezza, contenuto in frequenza, durata, dovute alle condizioni locali stratigrafiche e topografiche. L'approccio semplificato si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento, come schematizzato nelle tabelle 3.2 II del D.M. 17-01-2018 T.U. edilizia e sull'individuazione della categoria topografica schematizzata nelle tabelle 3.2 III del D.M. 17-01-2018 (T.U. edilizia).

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

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al § 3.2.3 delle NTC 17-01-2018. Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale (analisi di III livello) per la definizione delle azioni sismiche.

Categoria TOPOGRAFICA	Descrizione
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilevati isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e incl. media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$



Tali effetti sono distinti in funzione del comportamento dinamico dei materiali coinvolti; pertanto gli studi finalizzati al riconoscimento delle aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico sono basati, in primo luogo, sull'identificazione dello scenario presente in una determinata area.

In funzione delle caratteristiche del terreno presente, si distinguono quindi due grandi gruppi di effetti locali: quelli di sito o di amplificazione sismica locale e quelli dovuti ad instabilità.

Effetti di sito o di amplificazione sismica locale: interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese; tali effetti sono rappresentati dall'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che il moto sismico (terremoto di riferimento), relativo ad una formazione rocciosa di base, può subire, durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il substrato, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali.

Tali effetti si distinguono in due gruppi che possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito:

- *gli 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 si verifica un puro effetto di amplificazione topografica, mentre nel caso di rilievi sostituiti da materiali non rocciosi l'effetto amplificatorio è la risultante dell'interazione (difficilmente separabile) tra l'effetto topografico e quello litologico di seguito descritto;

- *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.

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'innesco del movimento sia direttamente a causa dell'accelerazione esercitata sul suolo sia indirettamente a causa dell'aumento delle pressioni interstiziali.
- Nel caso 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.
- Nel caso di terreni particolarmente scadenti dal punto di vista delle proprietà fisico-meccaniche si possono verificare 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 fluitamenti e colamenti parziali o generalizzati a causa dei *fenomeni di liquefazione*.
- Nel caso di siti interessati da carsismo sotterraneo o da particolari strutture vacuolari presenti nel sottosuolo si possono verificare fenomeni di subsidenza più o meno accentuati in relazione al crollo parziale o totale di cavità sotterranee.

La metodologia per la valutazione dell'amplificazione sismica locale è riportata nell'allegato 5 "Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei P.G.T." del D.G.R.22/12/2005 n°8/1566 "Criteri attuativi della L.R. 12/05, - Componente geologica idrogeologica e sismica del PGT", e successivo aggiornamento D.G.R. del 30 novembre n° IX/2616.

Sono previsti tre livelli successivi di approfondimento da applicarsi in funzione della zona sismica di appartenenza del comune. Nel caso di un comune in Zona Sismica 3, come Casatenovo, sono previsti come obbligatorî il **1° livello** della procedura, che prevede il riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica locale con la redazione della carta della pericolosità sismica locale (P.S.L.), e il **2° livello** che deve essere sviluppato in alcuni degli scenari di pericolosità sismica locale individuati nella carta di 1° livello.

	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1° livello fase pianificatoria	2° livello fase pianificatoria	3° 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	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato &gt; valore soglia comunale;</li> <li>- Nelle zone PSL Z1 e Z2.</li> </ul>

### **9.1.1 Analisi di 1° Livello (Tav. 4)**

Il 1° livello consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento; è un metodo empirico che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti.

Il metodo permette l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità, prevedibili, sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per una determinata area (quali la cartografia topografica di dettaglio, la cartografia geologica e dei dissesti) e i risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte e che saranno oggetto di un'analisi mirata alla definizione delle condizioni locali (spessore delle coperture e condizioni stratigrafiche generali, posizione e regime della falda, proprietà indice, caratteristiche di consistenza, grado di sovraconsolidazione, plasticità e proprietà geotecniche nelle condizioni naturali, ecc.).

Nell'ambito del territorio comunale di Casatenovo le informazioni stratigrafiche sono tratte dalla stratigrafia di pozzi e sondaggi geognostici tratti dal geoportale di Regione Lombardia, da dati relativi ad indagini geognostiche note (in particolare prove penetrometriche) eseguite nell'ambito della realizzazione di nuove edificazioni e dalla carta geologica del progetto CARG.

Nella nuova *Carta della Pericolosità Sismica Locale* aggiornata (Tav. 4 scala 1:5.000) viene riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo, in grado di determinare gli effetti sismici locali, specificate nella Tabella 1 proposta dalla normativa vigente:

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (PSL)	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	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	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 loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Tabella 1 – Scenari di pericolosità sismica locale

Nell'ambito del territorio comunale di Casatenovo si sono individuati ambiti con possibili effetti di amplificazione sismica locale riconducibili a:

Effetti relativi ad instabilità

- **Z1a** Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi
- **Z1b** Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti

Gli ambiti franosi e il loro grado di attività derivano dalla cartografia dei dissesti del progetto PAI.

Effetti relativi ad amplificazione litologica

- **Z4a** Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi
- **Z4c** Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)

Gli elementi poligonali sono stati valutati principalmente sulla base della mappatura del CARG dei fogli 096 SEREGNO e 097 VIMERCATE.

La *Carta della Pericolosità Sismica Locale* di primo livello rappresenta il riferimento per l'applicazione dei successivi livelli di approfondimento.

### 9.1.2 Analisi di 2° Livello (Tav. 5)

Il 2° livello a scala comunale in fase di pianificazione si applica agli scenari suscettibili di amplificazioni sismiche di origine morfologica e litologica (poligoni Z3 e Z4 della carta PSL di 1 livello) ricadenti in ambiti urbanizzati o urbanizzabili.

Dalla carta delle PSL di 1 livello del comune di Casatenovo si evince che non si hanno poligoni Z3, pertanto non verrà condotta nessuna analisi di 2° livello per amplificazioni topografiche, mentre le aree classificate in Z4 ricadono in ambiti urbanizzati e urbanizzabili, pertanto sono state oggetto di analisi di 2° livello.

Nelle Tavv. 5 si riporta la sintesi dell'analisi di 2° livello a scala comunale previste dalla normativa per i comuni ricadenti in zona sismica 3.

La procedura consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di *Fattore di Amplificazione* (Fa); gli studi sono 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; in particolare l'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 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.

Di seguito si riporta la metodologia per l'approfondimento di 2° livello che deve essere applicata sia per l'analisi a scala comunale, sia nell'ambito delle singole pratiche edilizie.

### 9.1.2.1 Analisi di 2° livello - Amplificazione litologica

L'analisi di secondo livello prevede una caratterizzazione semi quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree Z4 perimetrata nella "Carta di Pericolosità Sismica Locale" e fornisce la stima della risposta sismica dei terreni valutando il valore del Fattore di Amplificazione (Fa) come prescritto nell'allegato 5 della D.G.R. n. IX/2616 del 30 novembre 2011 – "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.22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con D.G.R.28 maggio 2008, n. 8/7374" .

Lo scopo delle analisi di 2° livello è di individuare le aree in cui le sollecitazioni sismiche previste dalla normativa nazionale su suolo rigido risultano insufficienti a salvaguardare le strutture sia esistenti sia future dagli effetti di amplificazione sismica locale; per queste aree si dovrà procedere alle indagini di 3° livello o, in alternativa quando possibile, utilizzare i parametri di progetto previsti dal T.U. edilizia 2018 per la categoria di suolo superiore (da suolo B a suolo C o D / da suolo C a suolo D / da suolo E a suolo D).

Nelle aree di PSL interessate da amplificazione litologica Z4 individuate sul territorio comunale di Casatenovo all'interno dell'abitato e/o in corrispondenza di strutture di pubblico interesse, si è proceduto alla caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione attesi, secondo l'approfondimento di 2° livello. I valori di Fa ottenuti da apposite indagini sismiche eseguite *in situ* sono confrontati con i Valori di soglia del Fattore di amplificazione (Fs) attribuiti dalla normativa regionale al comune di Casatenovo per le categorie di suolo A-B-C-D-E indicate dal DM 17-01-2018 per due differenti intervalli di periodo T, tra 0.1-0.5 s e tra 0.5-1.5 s.

La procedura richiede i seguenti passaggi:

- ✓ Esecuzione di indagini geofisiche *in situ* (MASW e misure H/V) per individuare il tipo di suolo di fondazione a cui appartengono i depositi dell'area d'interesse in base ai valori di Vs, utilizzando la classificazione del D.M. 17-01-2018 T.U. Edilizia (suolo tipo: A, B, C, D, E);
- ✓ individuare la scheda di valutazione di riferimento tra quelle proposte dalla normativa regionale compatibile con la stratigrafia sismica locale individuata dalle indagini;
- ✓ in funzione della profondità e della velocità Vs dello strato superficiale, all'interno della scheda di valutazione scegliere la curva più appropriata per la determinazione del valore di Fa 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;
- ✓ calcolare i due fattori Fa per le due diverse classi di periodo (0,1-0,5 e 0,5-1,5 secondi);
- ✓ confrontare i valori di Fa calcolati con i valori soglia Fs forniti dalla Regione Lombardia per il comune in oggetto, con riferimento alla categoria di suolo precedentemente individuata;
- ✓ valutare l'adeguatezza dello spettro sismico proposto dalla normativa per la progettazione.

Le indagini sismiche appositamente condotte per il presente studio hanno indagato 8 siti ritenuti significativi, liberamente accessibili e arealmente ben distribuiti sul territorio urbanizzato del comune. Per ogni sito si è realizzato uno stendimento per l'acquisizione e l'elaborazione di indagini di tipo MASW e una registrazione con tromografo per la misura del rapporto H/V nello spettro di frequenza dei microtremori. Si considerano inoltre i risultati di alcune indagini sismiche analoghe già realizzate sul territorio e forniteci dagli uffici comunali, reinterpretabili con i criteri indicati dalle NTC 2018.

L'attribuzione alla categoria di suolo è stata condotta applicando la seguente relazione:

$$V_s = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{si}}}$$

con:  $h_i$  = spessore dell' $i$ -esimo strato;

$V_{si}$  = velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato;

$N$  = numero di strati;

$H$  = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{Seq}$  è definita dal parametro  $V_{S30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Come specificato sopra, l'analisi di 2° livello regionale consente una procedura semplificata condotta sulla base di schede tipo per stimare il Fattore di amplificazione  $F_a$  del sito. Per un maggior dettaglio, considerato che le schede non sempre soddisfano le condizioni dei luoghi, lo Scrivente ha scelto di procedere con il calcolo del fattore di amplificazione locale  $F_a$  mediante analisi degli accelerogrammi locali forniti da Regione Lombardia con la stratigrafia sismica misurata (RSL).

Il procedimento per l'analisi monodimensionale di risposta sismica locale (RSL) ha seguito i seguenti step:

- ◆ Elaborazione degli eventi sismici naturali raccolti nei database di riferimento. Partendo dagli accelerogrammi presenti nelle banca dati ITACA (Luzi L., Sabetta F., 2006), Regione Lombardia ha selezionato le registrazioni caratterizzate da picchi di accelerazione più simili alle massime accelerazioni orizzontali attese in modo da limitare al massimo l'operazione di scalatura degli accelerogrammi stessi. Il territorio lombardo è stato suddiviso in 8 fasce omogenee, per le quali sono stati messi a disposizione 5 accelerogrammi registrati compatibili con quanto previsto dalle Norme e dalla circolare da utilizzare nelle analisi dinamiche dei sistemi geotecnici.
- ◆ Filtraggio degli accelerogrammi estratti attraverso il profilo  $V_s$  ottenuto dalla registrazione in sito;
- ◆ Elaborazione di un output (spettro elastico di risposta sismica locale RSL) che rappresenti l'effettiva risposta elastica del suolo. Calcolo del fattore di amplificazione locale.

Per ogni sito interessato da indagine sismica è stato condotto un calcolo di **risposta sismica locale**.

Lo spettro elastico ottenuto per il sito con l'analisi di Risposta Sismica Locale (RSL) è stato condotto a piano campagna e in corrispondenza del bedrock.

Il Fattore di Amplificazione è per definizione il rapporto fra l'integrale dello spettro elastico a piano fondazione (output) e quello al bedrock (input), nell'intervallo di periodo T 0,1-0,5 s (breve periodo) e T 0,5-1,5 s (lungo periodo).

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di  $F_a$  ottenuto dalla RSL con un parametro soglia  $F_s$  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 dati in formato .xls (**soglie\_lomb.xls**) 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.

La procedura prevede pertanto di valutare il valore di  $F_a$  e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia  $F_s$ , 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  $F_s$  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  $F_s$  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.

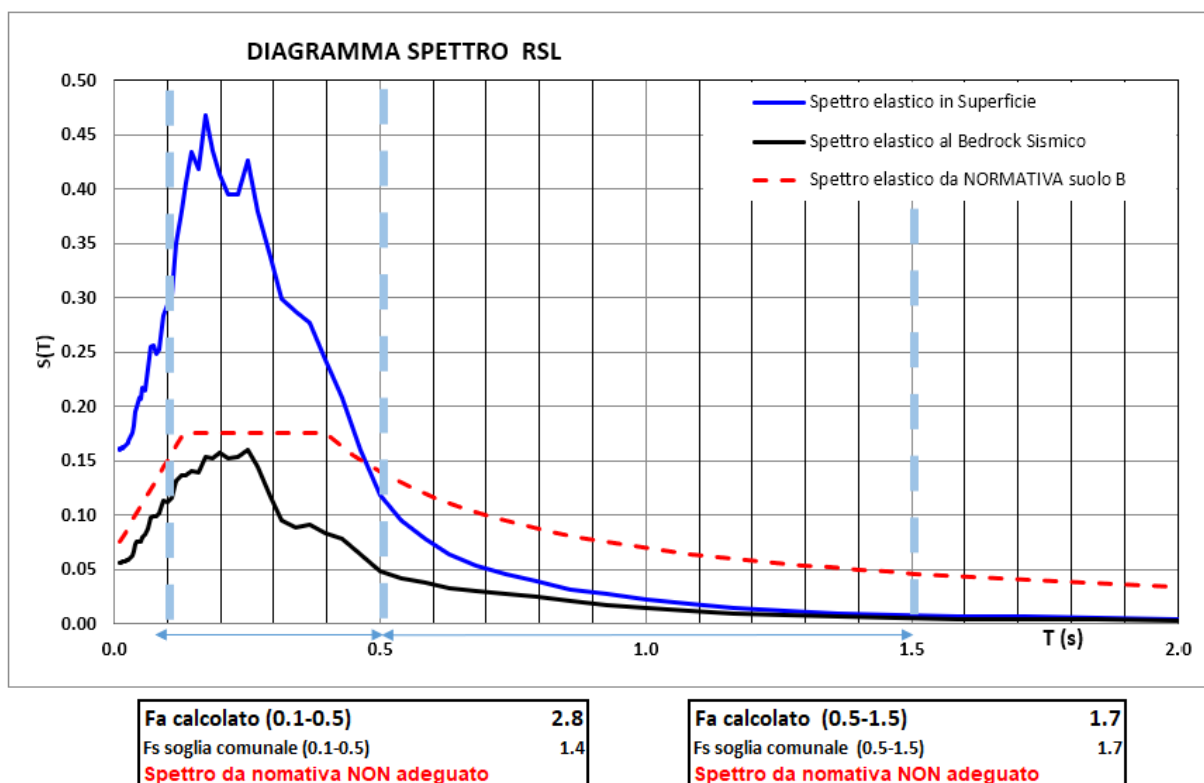
In allegato si riportano i risultati delle analisi di 2° livello eseguite sui siti oggetto di indagine, interpretati secondo i criteri aggiornati del D.M. 17-01-2018 T.U. Edilizia (per l'attribuzione della categoria di suolo) e la D.G.R.n.2616 del 2011 (per il confronto con le soglie di amplificazione).



Per il comune di Casatenovo la normativa individua le seguenti soglie del valore di  $F_s$ :

PERIODO T DELLA STRUTTURA COMPRESO TRA 0.1-0.5 s						
strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide						
		Valore di soglia per $F_s$				
COMUNE	Classificazione	Suolo A	Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
CASATENOVO	zona sismica 3	1	1,4	1,9	2,2	2,0
PERIODO T DELLA STRUTTURA COMPRESO TRA 0.5-1.5 s						
strutture più alte e flessibili						
		Valore di soglia per $F_s$				
COMUNE	Classificazione	Suolo A	Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
CASATENOVO	zona sismica 3	1	1,7	2,4	4,2	3,1

Nell'allegato 3 si riportano gli spettri calcolati a piano campagna e lo spettro riferito al bedrock con il fattore di amplificazione e il confronto con lo spettro del suolo di riferimento. Di seguito si riporta un esempio di tale elaborazione:



Dal confronto tra il valore del Fattore di amplificazione (Fc) ottenuto dalle analisi di 2° livello ed il valore di soglia (Fa) previsto dalla normativa sono stati ottenuti i seguenti risultati:

INDAGINE SISMICA	Vs (m/s)	Categoria suolo	PERIODO COMPRESO TRA 0.1-0.5 s			PERIODO COMPRESO TRA 0.5-1.5 s		
			Fa calcolato	Fs Soglia	Fa > / < Fs	Fa calcolato	Fs Soglia	Fa > / < Fs
<b>Indagini eseguite da inGeo per PGT</b>								
sito 1	329	C	2.9	1.9	<b>Fa &gt; Fs</b>	2.2	2.4	<b>Fa &lt; Fs</b>
sito 2	382	B	2.8	1.4	<b>Fa &gt; Fs</b>	1.73	1.7	<b>Fa &gt; Fs</b>
sito 3	370	B	2.5	1.4	<b>Fa &gt; Fs</b>	1.8	1.7	<b>Fa &gt; Fs</b>
sito 4	459	B	2.2	1.4	<b>Fa &gt; Fs</b>	1.2	1.7	<b>Fa &lt; Fs</b>
sito 5	425	B	2.9	1.4	<b>Fa &gt; Fs</b>	3	1.7	<b>Fa &gt; Fs</b>
sito 6	402	B	2.7	1.4	<b>Fa &gt; Fs</b>	1.6	1.7	<b>Fa &lt; Fs</b>
sito 7	439	B	2.4	1.4	<b>Fa &gt; Fs</b>	1.6	1.7	<b>Fa &lt; Fs</b>
sito 8	362	B	2.6	1.4	<b>Fa &gt; Fs</b>	1.9	1.7	<b>Fa &gt; Fs</b>
<b>Indagini da bibliografia</b>								
sito 101	385	B	2.1	1.4	<b>Fa &gt; Fs</b>	1.65	1.7	<b>Fa &lt; Fs</b>
sito 102	324	C	3.2	1.9	<b>Fa &gt; Fs</b>	2.1	2.4	<b>Fa &lt; Fs</b>
sito 103	366	B	2.0	1.4	<b>Fa &gt; Fs</b>	1.5	1.7	<b>Fa &lt; Fs</b>

Sulla base di quanto emerso dall'analisi di 2° livello, in base a quanto previsto dalla normativa, si deve redigere una carta delle amplificazioni locali, sulla quale indicare aree sismicamente omogenee distinte sulla base di fattori di amplificazione Fa maggiori o minori rispetto ai valori Fs di soglia comunale.

*In base ai risultati si evince che, per periodi compresi tra 0.1 e 0.5 s, il Fattore di amplificazione calcolato supera sempre il valore di soglia comunale, mentre per periodi compresi tra 0.5 e 1.5 s, il Fattore di amplificazione calcolato a volte supera il valore di soglia comunale. Per tale rappresentazione si rimanda alle Tavv 7*

Nel caso di Casatenovo, stata redatta una carta (Tavv. 5) con l'ubicazione delle indagini sismiche condotte, le isolinee delle velocità Vs interpolate ed i risultati delle analisi di 2° livello (tipo di suolo, valori di soglia calcolato Fs e i valori di frequenza fondamentale del sito). Si riporta inoltre un modello di interpolazione dei valori di Fattore di Amplificazione calcolato (Fa) nel periodo compreso tra 0.1-0.5 s. Avendo condotto registrazioni HVSR, è stato possibile ricavare valori di frequenza di risonanza sitodipendente in Hz corrispondente al bedrock sismico, i cui risultati sono stati proposti nelle Tavv 5 di analisi di secondo livello sismico.

Considerate le variazioni locali sia stratigrafiche sia di condizioni geotecniche dei terreni, i risultati ottenuti sono da ritenersi orientativi in quanto si basano su limitati punti di registrazione, successivamente interpolati su tutto il territorio comunale. Si ritiene che i risultati ottenuti siano adeguati per un livello di pianificazione territoriale, ma non per il livello progettuale, per il quale si richiede una dettagliata valutazione dello spettro sismico locale.

I risultati rappresentati nelle tavole non sostituiscono le indagini sismiche puntuali (MASW, HVSR, ecc.) da realizzarsi per le elaborazioni di 2°/3° livello specifiche per ogni nuovo intervento edilizio, ma sono da ritenersi il punto di partenza e la base di confronto per gli approfondimenti richiesti dalla normativa.

### 9.1.3 Analisi di 3° Livello per effetti di instabilità in terreno (Tav. 9)

Sebbene l'approfondimento di 3° livello sia previsto in fase progettuale e non in fase di pianificazione, a titolo preliminare è stata condotta un'analisi della stabilità dei luoghi sia in condizioni statiche, sia in condizioni dinamiche (sismica) col metodo del profilo indefinito.

L'analisi ha, inoltre, calcolato valori di accelerazione critiche su tutto il territorio.

*Per gli ambiti acclivi, si raccomandato approfondimenti di 3° livello di dettaglio da realizzarsi nelle fasi di progetto.*

## 10 AGGIORNAMENTO CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA (Tavv. 6-7)

A conclusione dell'aggiornamento dello Studio Geologico di supporto alla pianificazione territoriale del Comune di Casatenovo è stata condotta la revisione della perimetrazione delle classi di fattibilità geologica a seguito dell'adeguamento dei poligoni della Carta di Sintesi alla nuova base cartografica, al recepimento delle aree con pericolo idraulico individuate nel PGRA2022 e alla riconsiderazione delle aree di influenza di alcuni dissesti.

Le classi di fattibilità sono individuate in base alle classi di ingresso descritte al punto 3.2, Tab. 1, Tab. 1 bis e Tab. 2 dell'allegato B della D.G.R. n° IX/2616 del 30 novembre 2011.

Tabella 1 - classi di ingresso

Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti	
Aree soggette a crolli di massi (distacco e accumulo). Da definire in base all'estensione della falda di detrito e alla distanza raggiunta dai massi secondo dati storici (vengono delimitate le effettive aree sorgenti e le aree di accumulo dei crolli)	4
Aree interessate da distacco e rotolamento di blocchi provenienti da depositi superficiali (vengono delimitate le effettive aree sorgenti e le aree di accumulo dei crolli)	4
Aree di frana attiva (scivolamenti; colate ed espansioni laterali)	4
Aree di frana quiescente (scivolamenti; colate ed espansioni laterali)	4
Aree a franosità superficiale attiva diffusa (scivolamenti, soliflusso)	4
Aree a pericolosità potenziale per grandi frane complesse (comprendenti di aree di distacco ed accumulo)	4
Aree in erosione accelerata (calanchi, ruscellamento in depositi superficiali o rocce deboli)	4
Aree interessate da trasporto in massa e flusso di detrito su conoide	4*
Aree a pericolosità potenziale per crolli a causa della presenza di pareti in roccia fratturata e stimata o calcolata area di influenza	4
Aree a pericolosità potenziale legata a orientazione sfavorevole della stratificazione in roccia debole e stimata o calcolata area di influenza	3
Aree a pericolosità potenziale legata a possibilità di innesco di colate in detrito e terreno valutate o calcolate in base alla pendenza e alle caratteristiche geotecniche dei terreni	3
Aree di percorsi potenziali di colate in detrito e terreno	4*
Aree a pericolosità potenziale legate alla presenza di terreni a granulometria fine (limi e argille) su pendii inclinati, comprendenti delle aree di possibile accumulo (aree di influenza)	3
Aree interessate da valanghe già avvenute	4
Aree a probabile localizzazione di valanghe potenziali	4
Aree protette da interventi di difesa efficaci ed efficienti	3
Aree estrattive attive o dismesse non ancora recuperate, comprendendo una fascia di rispetto da valutare in base alle condizioni di stabilità dell'area	3

<b>Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico</b>	
Aree ad elevata vulnerabilità dell'acquifero sfruttato ad uso idropotabile e/o del primo acquifero	3
Aree con emergenze idriche diffuse (fontanili, sorgenti, aree con emergenza della falda)	4
Aree a bassa soggiacenza della falda o con presenza di falde sospese	3
Aree interessate da carsismo profondo (caratterizzate da inghiottitoi e doline)	4
<b>Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico</b>	
Aree ripetutamente allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali o frequentemente inondabili (indicativamente con tempi di ritorno inferiori a 20-50 anni), con significativi valori di velocità e/o altezze d'acqua o con consistenti fenomeni di trasporto solido	4
Aree allagate in occasione di eventi meteorici eccezionali o allagabili con minore frequenza (indicativamente con tempi di ritorno superiori a 100 anni) e/o con modesti valori di velocità ed altezze d'acqua, tali da non pregiudicare l'incolumità delle persone, la funzionalità di edifici e infrastrutture e lo svolgimento di attività economiche	3
Aree potenzialmente inondabili individuate con criteri geomorfologici tenendo conto delle criticità derivanti da punti di debolezze delle strutture di contenimento quali tratti di sponde in erosione, punti di possibile tracimazione, sovralluvionamenti, sezioni di deflusso insufficienti anche a causa della presenza di depositi di materiale vario in alveo o in sua prossimità ecc.	4
Aree già allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali nelle quali non siano state realizzate opere di difesa e quando non è stato possibile definire un tempo di ritorno	4
Aree soggette ad esondazioni lacuali	3
Aree protette da interventi di difesa dalle esondazioni efficaci ed efficienti, dei quali sia stato verificato il corretto dimensionamento secondo l'allegato 3 (con portate solido-liquide aventi tempo di ritorno almeno centennale)	3
Aree interessabili da fenomeni di erosione fluviale e non idoneamente protette da interventi di difesa	4
aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza dei conoidi pedemontani di raccordo collina-pianura	3
<b>Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche</b>	
aree di possibile ristagno, torbose e paludose	3
aree prevalentemente limo-argillose con limitata capacità portante (riportare gli spessori)	3
aree con consistenti disomogeneità tessiture verticali e laterali (indicare le ampiezze)	3
aree con riporti di materiale, aree colmate	3

\* classe di fattibilità non modificabile

Tabella 2: Correlazione tra classi di Pericolosità, classi di Fattibilità geologica per le azioni di piano e voci della legenda PAI.

PERICOLOSITA' /RISCHIO	CLASSI DI FATTIBILITA'	VOCI LEGENDA PAI
H1 su conoide	Classe 1/2 - senza o con modeste limitazioni	Cn - conoide protetta...
H2 su conoide	Classe 2/3 - modeste o consistenti limitazioni	Cn - conoide protetta ...
H3 su conoide	Classe 3 - consistenti limitazioni	Cp - conoide parz. protetta <sup>1</sup> Cn - conoide protetta...
H4 - H5 su conoide	Classe 4 - gravi limitazioni	Ca - conoide attiva non protetta
H1 per crolli, crolli in massa e scivolamenti	Classe 2/3 - modeste o consistenti limitazioni	Fs - frana stabilizzata
H2 per crolli e crolli in massa H2-H3 per scivolamenti	Classe 4/3 - gravi o consistenti limitazioni	Fq - frana quiescente <sup>2</sup>
H3-H5 per crolli e crolli in massa H4-H5 per scivolamenti	Classe 4 - gravi limitazioni	Fa - frana attiva
H1-H2 per esondazione	Classe 2/3 - modeste o consistenti limitazioni	Em - pericolosità media o moderata di esondazione
H3 per esondazione	Classe 3 - consistenti limitazioni (con norma più restrittiva art. 9 comma 6)	Eb - pericolosità elevata di esondazione
H4 per esondazione	Classe 4 - gravi limitazioni	Ee - pericolosità molto elevata
Zona rossa	Classe 4 - gravi limitazioni	Ve, Vm - pericolosità molto elevata o media per valanga
Zona blu	Classe 3 - consistenti limitazioni	Nessuna corrispondenza con legenda PAI ma norme di cui all'Allegato 3
Zona gialla, Zona bianca	Classe 2 - modeste limitazioni	Nessuna corrispondenza con legenda PAI ma norme di cui all'Allegato 3





Sebbene sia lasciata la facoltà al professionista di aumentare o diminuire il valore della classe di fattibilità in base a valutazioni di merito tecnico per lo specifico ambito, lo Scrivente ritiene di attenersi alle attribuzioni indicate dalle tabelle sopra riportate.

Le porzioni di territorio esterne ai poligoni individuati mediante le procedure precedentemente descritte corrispondono a quelle aree per le quali non sono state individuate limitazioni alla modifica dell'uso dei terreni dal punto di vista geologico (classe 1). Tali aree saranno comunque soggette all'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni, di cui alla normativa nazionale.


Di seguito si riporta la legenda della carta di sintesi e la conseguente legenda della carta di fattibilità:

### CARTA DI SINTESI








#### Aree pericolose del punto di vista dell'instabilità dei versanti

-  Aree soggette a franosità in terreni prevalentemente argillosi acclivi, con forte grado di imbibizione
-  Area di frana attiva (fonte: dissesti PAI)
-  Area di frana quiescente (fonte: dissesti PAI)
-  Area di frana stabilizzata fonte: (dissesti PAI)




#### Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico

-  Falde sospese a bassa soggiacenza



#### Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

-  Aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (fonte: RIM fascia NA)
-  Aree eccezionalmente allagate e/o soggette a colate detritiche (fonte: RIM fascia NB)
-  Ruscellamento superficiale (fonte: RIM fascia NC)
-  Aree prossime a corso d'acqua
-  Aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (fonte: PGRA-RSCM / dissesti PAI)
-  Aree potenzialmente interessate da alluvioni rare (fonte: PGRA-RSCM / dissesti PAI)
-  Area di ristagno e/o insufficienza rete fognaria (Fonte: Studio rischio idraulico e PGRA-RSCL/L)

#### Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche

-  Occhi Pollini: Area a moderato grado di suscettività
-  Occhi Pollini: Area ad alto grado di suscettività
-  Aree con riporti di materiale

#### Opere di prevenzione esistenti in aree in dissesto


- Consorzio opere di difesa (banca dati Regione Lombardia e dati forniti da Comune)*
-  vasca di espansione
- Opere di mitigazione del rischio*
-  Paratoia

### CARTA DI FATTIBILITA' GEOLOGICA

#### Classe 2










#### Sottoclasse 2

-  a - Occhi Pollini: Area a moderato grado di suscettività

#### Classe 3







#### Sottoclasse 3

-  a - Aree con riporti di materiale
-  b - Occhi Pollini: Area ad alto grado di suscettività
-  c - Aree prossime a corso d'acqua e/o Aree potenzialmente interessate da alluvioni rare (fonte:PAI/Em PGRA-RSCM/L)
-  d - Ruscellamento superficiale (fonte: RIM fascia NC)
-  e - Area di ristagno e/o insufficienza rete fognaria (fonte: Studio rischio idraulico e PGRA-RSCM/L)
-  f - Area di frana stabilizzata (fonte: dissesti PAI/Fs)
-  g - Falde sospese a bassa soggiacenza

#### Classe 4



#### Sottoclasse 4

-  a - Aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (fonte: RIM fascia NA, PAI-Ee, RSCM-H, Vasche di espansione)
-  b - Aree eccezionalmente allagate e/o soggette a colate detritiche (fonte: RIM fascia NB)
-  c - Aree soggette a franosità in terreni prevalentemente argillosi acclivi, con forte grado di imbibizione
-  d - Area di frana attiva/quiescente (fonte: dissesti PAI/Fa-fq)

Come richiesto della D.G.R.IX/2616 del 30 novembre 2011, le fasce di rispetto dei corsi d'acqua identificati nello studio del R.I.M. sono indicate nella Carta dei Vincoli; quindi tale ambito non va obbligatoriamente riportato nella carta della fattibilità geologica. Per il comune di Casatenovo, nella Carta di Sintesi e, conseguentemente, nella Carta della Fattibilità Geologica si è ritenuto comunque di mantenere l'indicazione del tracciato degli alvei attivi e quella di una fascia di attenzione idraulica lungo i corsi d'acqua (concetto diverso dal vincolo dalla fascia del RIM), in relazione al grado di pericolo individuato, in quanto territorio direttamente interessato dalle dinamiche idrauliche-torrentizie e quindi con specifica pericolosità geologica.

## **11 AGGIORNAMENTO NORME TECNICHE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA**

L'aggiornamento delle Norme Tecniche e la normativa sui vincoli sono contenuti nel fascicolo: "NORME DI FATTIBILITA' GEOLOGICA E VINCOLI" allegato fuori testo che, insieme alla Carta della Fattibilità Geologica (Tav.6) a cui fa riferimento, è parte integrante del Piano delle Regole.

Le norme tecniche sono state aggiornate tenendo conto sia delle nuove normative vigenti (es. PGRA), sia delle nuove classi di fattibilità che sono state introdotte con l'aggiornamento della Carta di Fattibilità Geologica.

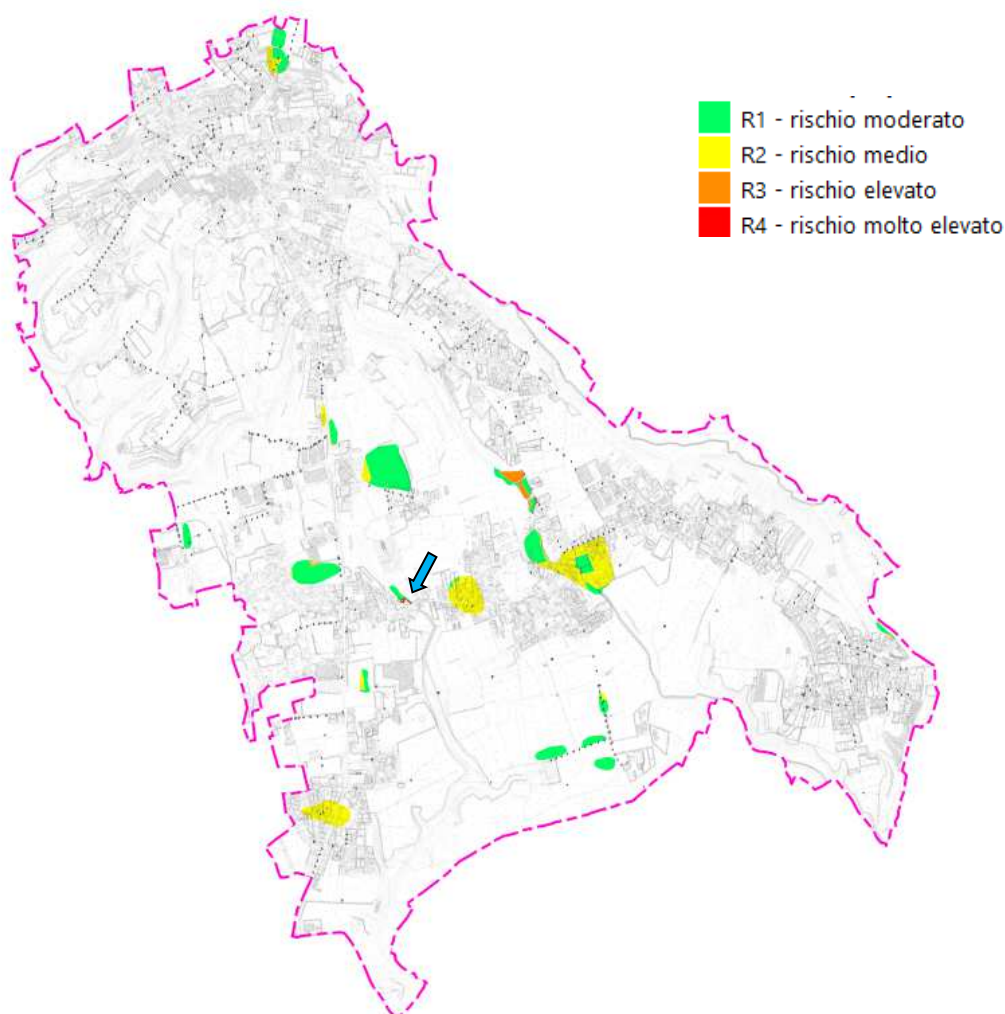
## 12 DISPOSIZIONI INTEGRATIVE RISPETTO A QUELLE CONTENUTE NELLA D.G.R.VIII/4732/2007 RELATIVE ALL'ATTUAZIONE DELLA VARIANTE NORMATIVA AL PAI NEL SETTORE DELLA PIANIFICAZIONE DELL'EMERGENZA ALLA SCALA COMUNALE

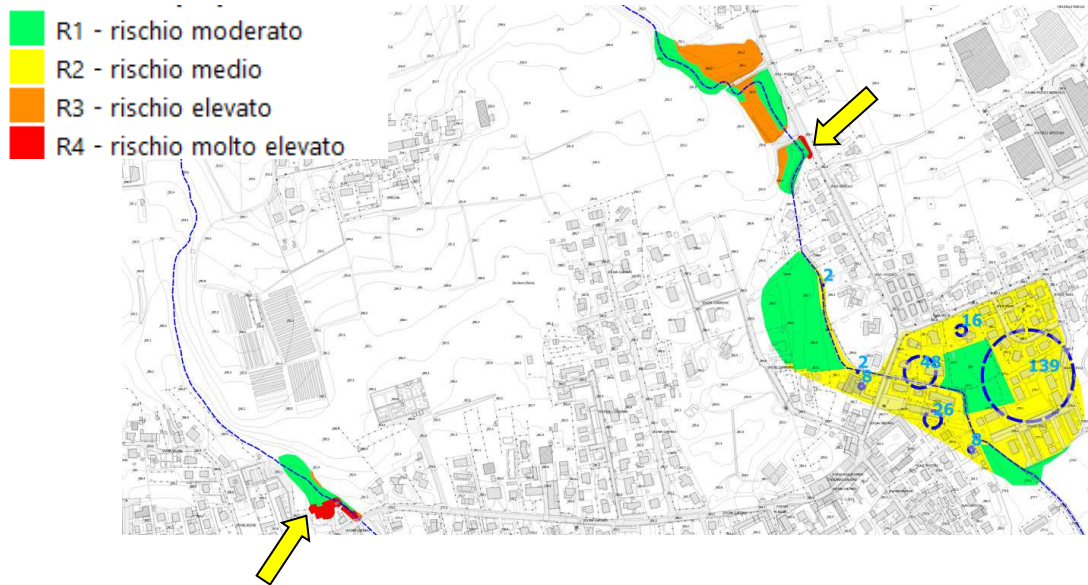
Come richiesto dalla D.G.R.X/6738 del 19-06-2017 il Piano di Emergenza Comunale dovrà essere aggiornato alle nuove perimetrazioni individuate dalla direttiva PAI e PGRA su tutto il territorio comunale. Particolare attenzione andrà posta alle aree R4 evidenziate dal PGRA che individuano zone già urbanizzate soggette ad alta pericolosità idraulica, individuate nella Carta PAI-PGRA (Tav.2).

### Adeguamento Piano di Emergenza Comunale:

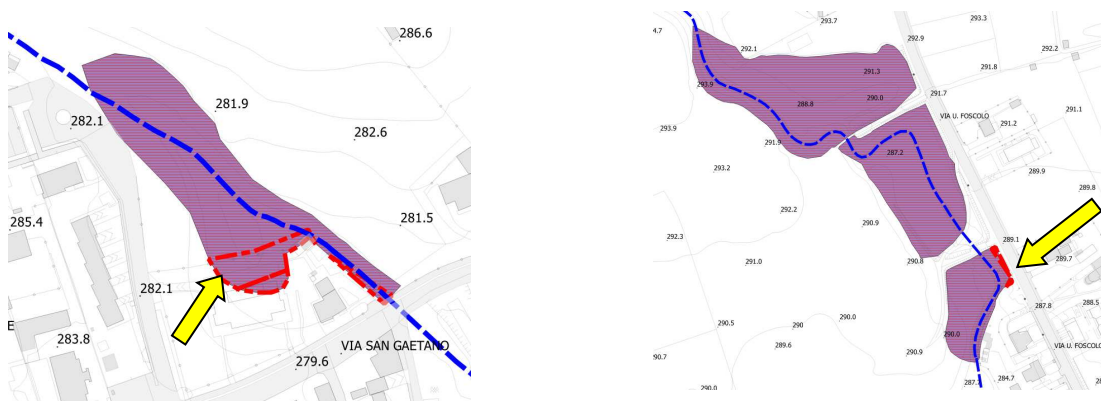
In base alle aree PAI-PGRA, gli ambiti R4 identificati dal PGRA per le aree RSCM sul territorio di Casatenovo sono estremamente limitate ed occupano una superficie di circa 500 m<sup>2</sup> in Via San Gaetano (Coordinate WGS84 – UTM 32 525038.525,5058222.886).

Di seguito si riporta la mappa del rischio e il numero degli abitanti ricadenti in ambiti potenzialmente interessati da esondazione sulla base della mappatura PGRA:





Nello specifico, di seguito si riporta un estratto con tali ambiti (R4=linea tratteggiata rossa):





### 13 CONGRUITA' TRA COMPONENTE GEOLOGICA, PAI-PGRA E AMBITI DI TRASFORMAZIONE

Di seguito si riporta la sovrapposizione tra gli Ambiti di Trasformazione Urbana forniti dall'urbanista arch. Coppa con gli elementi a vincolo di inedificabilità derivanti dalla Carta dei vincoli (Tav. 1) e dalla nuova perimetrazione della classe 4 di fattibilità geologica contenuta nella Tav. 6.

Nella tabella sottostante, per ogni ambito di trasformazione si rappresentano gli eventuali vincoli di inedificabilità di competenza geologica presenti nell'area circostante.

	<p style="text-align: center;"><b>AdT 1 A</b></p> <p>Vincoli di inedificabilità: //</p>
	<p style="text-align: center;"><b>AdT 1 B</b></p> <p>Vincoli di inedificabilità: //</p>

	<p style="text-align: center;"><b>AdT 2</b></p> <p>Vincoli di inedificabilità: //</p>
	<p style="text-align: center;"><b>AdT 3</b></p> <p>Vincoli di inedificabilità: //</p>
	<p style="text-align: center;"><b>AdT 4</b></p> <p>Vincoli di inedificabilità: //</p>

La sovrapposizione evidenzia che tutti gli A.T.U. non sono interessati da vincoli di inedificabilità di carattere geologico.

## 14 Riferimenti

- D.g.r. 10/2129. (2014, luglio 11). *D.g.r. n° 10/2129 del 11-07-2014 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia"*.
- D.g.r. 11/6702. (2022, luglio 18). *D.g.r. 18 luglio 2022 - n. XI/6702 Aggiornamento 2022 dell'allegato 1 ai criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio.*
- D.g.r. n° 4685/2021. (2021, maggio 10). *Ulteriore aggiornamento dell'allegato 1 ai criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57 della l.r. 11 marzo 200.*
- D.g.r. n° 5001/2016. (2016, marzo 30). *D.g.r. n° X/5001 del 30-03-2016 Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica.*
- D.g.r. n° 9/2616. (2011, novembre 30). *D.g.r. n° 9 del 30/11/2616: 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, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12'.*
- D.g.r. n°6314/2022. (2022, aprile 26). *D.g.r. n°XI/6314 del 26 aprile 2022: "Modifiche ai criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio".*
- D.g.r. n°7564/2022. (2022, dicembre 15). *D.g.r. n°XI/7564 del 15 dicembre 2022: "Integrazione dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica per il piano di governo del territorio relativa al tema degli sprofondamenti (Sinkhole) (art. 57 della L.R. 11 marzo 2005 n°12)".*
- D.g.r. n°6738/2017. (2017, giugno 19). *Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del piano di gestione dei rischi di alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza, ai sensi dell'art. 58 delle norme di attuazione del piano stralcio per l'assetto idrogeologico.*
- D.l. n°152 2006. (2006, aprile 3). *Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152: "Norme in materia ambientale".*
- D.p.r. 120/2017. (s.d.). *Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164.*
- Google. (s.d.). Google Maps. *Foto aeree tratte da Google Maps.*
- Ispra. (s.d.). *Geoportale (carte geologiche).*
- Mappa Catastale. (s.d.). *Mappa Catastale servizio WMS dell'Agenzia delle Entrate.*
- NdA PAI 2001 e successivi. (2001, aprile 26). *Norme di Attuazione PAI del 26 aprile 2001 approvata con DPCM 24 maggio 2001.*

Norme Tecniche. (2018, gennaio 17). *D.M. Norme tecniche per le costruzioni*.

PGT. (s.d.). *Studio geologico comunale allegato al PGT*.

PTCP. (s.d.). *Piano territoriale di coordinamento provinciale*.

PTR. (s.d.). *Piano Territoriale Regionale: "Progetti di riferimento per le previsioni di infrastrutture per la difesa del suolo"*.

Regione Lombardia. (s.d.). *Geoportale. (Vincoli, PAI, PGRA, GEOIFFI, Ortofoto, Interferometrie, CARG)*.

Regolamento n° 7 del 23-11-2017 . (2017, novembre 23). *Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12*.

RIM. (s.d.). *Documento di Polizia Idraulica (Studio del reticolo idrico minore)*.

Lecco, dicembre 2022

Dott. geol. Domenico SCINETTI  
Dott. geol. Vittorio BUSCAGLIA  
Dott. geol. Sergio LOCCHI

*documento firmato digitalmente*

# **ALLEGATO 1**

**INDAGINI SISMICHE MASW – HVSR**

**ANALISI DI 2° LIVELLO**

Committente = COMUNE di CASATENOVO

Luogo: Via Cavalcanti  
CASATENOVO (Lc)

Data: 03-01-2022

n° 1



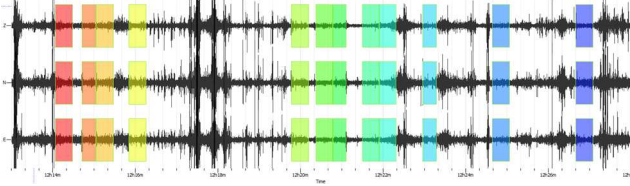
**INDAGINE HVSR**

Frequenza di campionamento = 500 Hz  
Sensori = geofoni 4.5 Hz  
Acquisitore = geofono triassiale EADC 24 bit

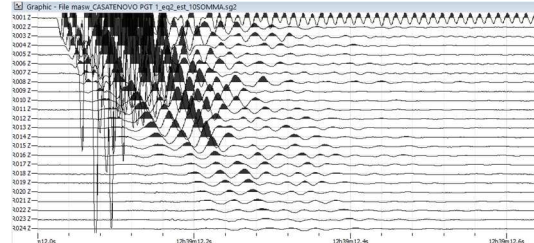
**INDAGINE MASW**

Frequenza di campionamento = 2000 Hz  
Sensori = 24 geofoni da 4.5 Hz equidistanza: 2 m  
Acquisitore = MAE S485  
Battuta: -10 m, -4 m

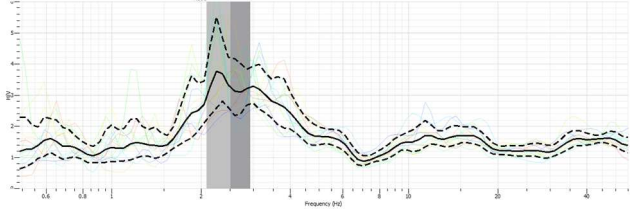
Reg 15 min Finestre temporali  
nelle direzioni Z, N, E (20-30 sec)



Sismogramma

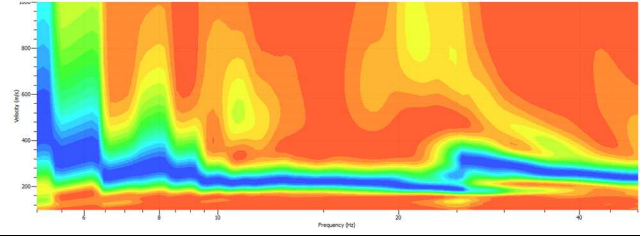


frequenze / (H/V)

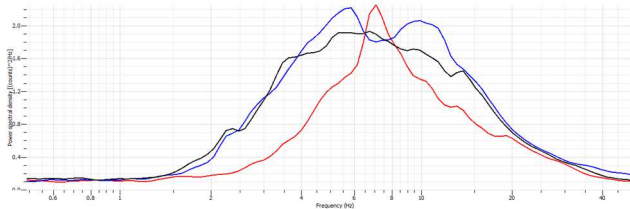


Smoothing tipe: Konno & Ohmachi Smoothing: 40%  
Direzionalità selezionata: 0°

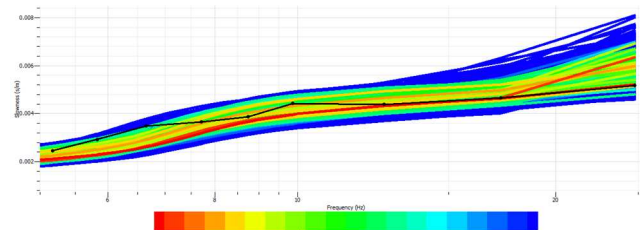
Spettro di velocità  
Frequenza/ Velocità onde Rayleigh



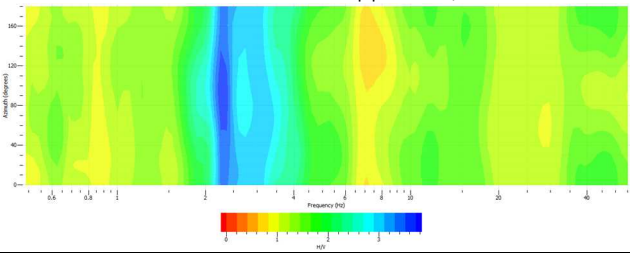
Spettri medi delle singole componenti  
(Z, N, E)



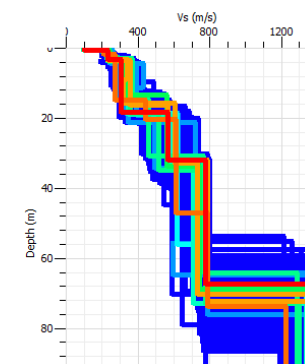
Curva dispersione da picking (nero)  
e curva di dispersione da inversione (rosso)



Direzionalità del rapporto H/V

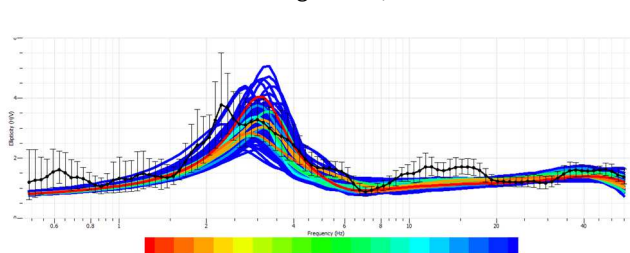


Modello Vs  
da inversione congiunta MASW-HVSR



da (m)	a (m)	Vs (m/s)
0.0	1.3	107
1.3	2.2	187
2.2	2.7	230
2.7	15.7	275
15.7	42.5	574
42.5	81.4	736
81.4		1365
Quota Rif.		0,0 da p.c.
Vs (0.0-30)		329
Categoria		C
Quota Rif.		da p.c.
Vs (0.0-30)		
Categoria		
Freq. rison sito		2.5 Hz

Confronto curva registrata / curva teorica



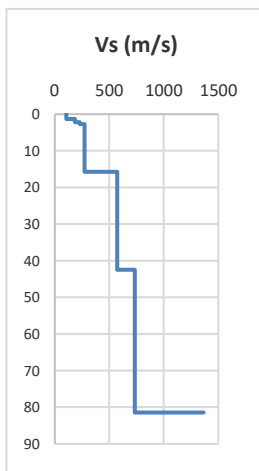
# AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA: ANALISI SISMICA 2° LIVELLO

Sito: 1 CASATENOVO Via Cavalcanti

Data:

Jan-22

Da [m]	A [m]	Vs [m/s]
0.0	1.3	107
1.3	2.2	187
2.2	2.7	230
2.7	15.7	275
15.7	30.0	574
30.0	42.5	574
42.5	81.4	736
81.4		1365

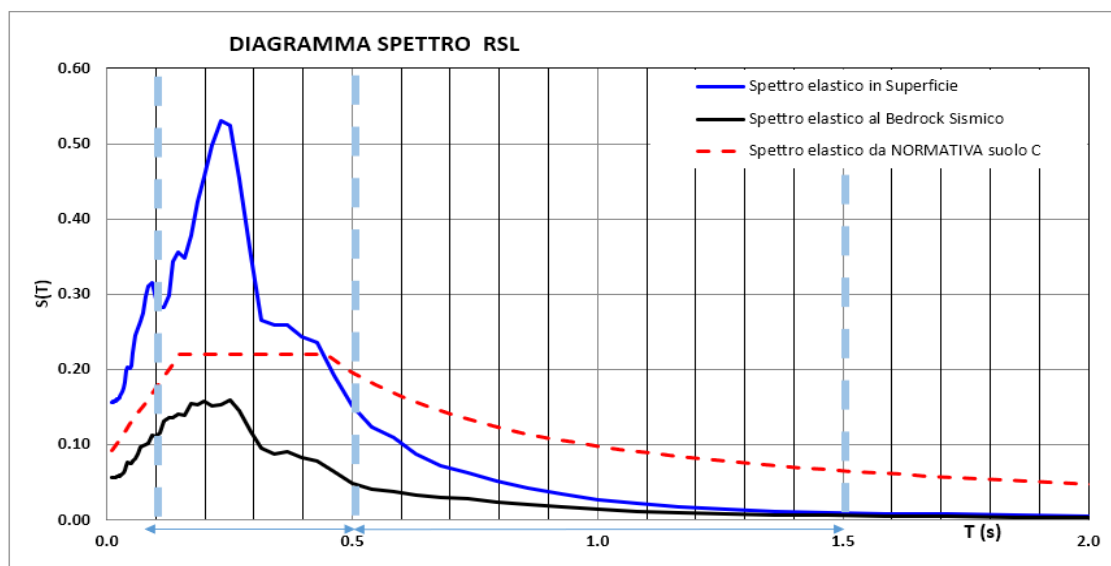


Vs 30
329

Categoria C

T (s)	Freq. (Hz)
0.55	1.81

soglia comunale per categoria di terreno	
1.9	soglia 0,1-0,5
2.4	soglia 0,5-1,5



Fa calcolato (0.1-0.5)	2.9
Fs soglia comunale (0.1-0.5)	1.9
<b>Spettro da nomativa NON adeguato</b>	

Fa calcolato (0.5-1.5)	2.2
Fs soglia comunale (0.5-1.5)	2.4
<b>Spettro da nomativa adeguato</b>	

Committente = COMUNE di CASATENOVO

Luogo: Via Volta – Campo Sportivo Comunale  
CASATENOVO (Lc)

Data: 03-01-2022

n° 2



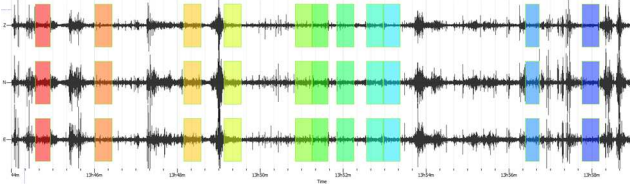
**INDAGINE HVSR**

Frequenza di campionamento = 500 Hz  
Sensori = geofoni 4.5 Hz  
Acquisitore = geofono triassiale EADC 24 bit

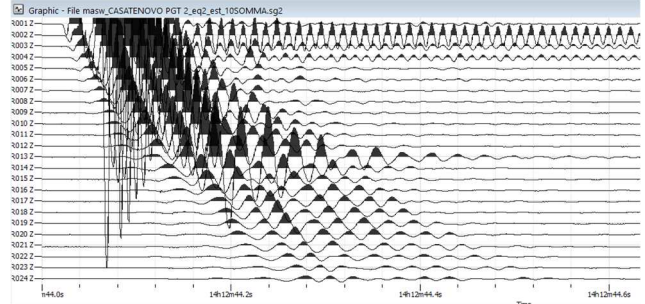
**INDAGINE MASW**

Frequenza di campionamento = 2000 Hz  
Sensori = 24 geofoni da 4.5 Hz equidistanza: 2 m  
Acquisitore = MAE S485  
Battuta: -10 m, -4 m

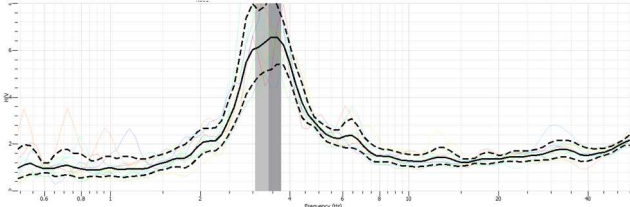
Reg 15 min Finestre temporali  
nelle direzioni Z, N, E (20-30 sec)



Sismogramma

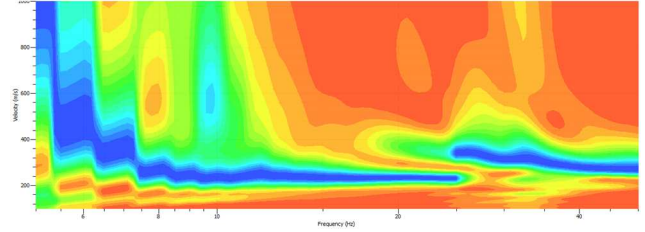


frequenze / (H/V)

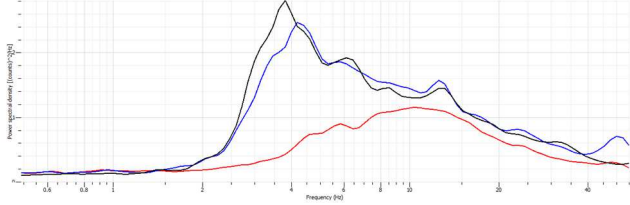


Smoothing tipe: Konno & Ohmachi Smoothing: 40%  
Direzionalità selezionata: 0°

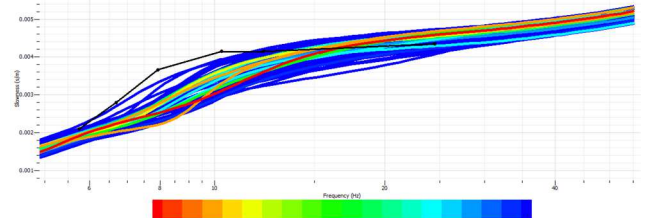
Spettro di velocità  
Frequenza/ Velocità onde Rayleigh



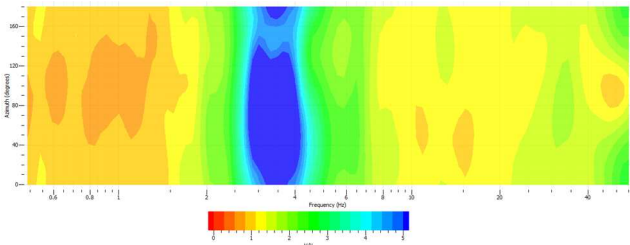
Spettri medi delle singole componenti  
(Z, N, E)



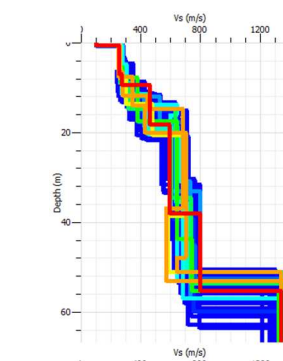
Curva dispersione da picking (nero)  
e curva di dispersione da inversione (rosso)



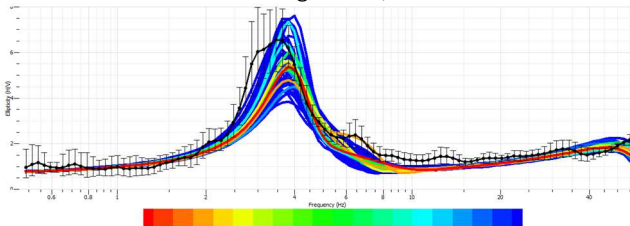
Direzionalità del rapporto H/V



Modello Vs  
da inversione congiunta MASW-HVSR



Confronto curva registrata / curva teorica



da (m)	a (m)	Vs (m/s)
0.0	0.6	100
0.6	7.0	257
7.0	9.4	273
9.4	18.1	462
18.1	38.1	592
38.1	55.2	797
55.2		1338
Quota Rif.		0,0 da p.c.
Vs (0.0-30)		<b>380</b>
Categoria		<b>B</b>
Quota Rif.		da p.c.
Vs (0.0-30)		
Categoria		
Freq. rison sito		<b>3.5 Hz</b>



# AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA: ANALISI SISMICA 2° LIVELLO

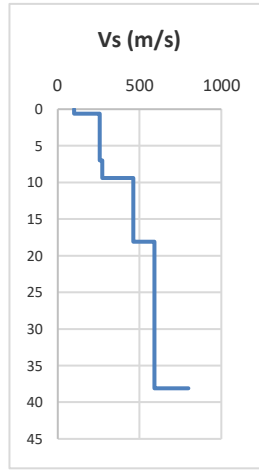
Sito: 2

CASATENOVO Via Volta

Data:

Jan-22

Da [m]	A [m]	Vs [m/s]
0.0	0.6	100
0.6	7.0	257
7.0	9.4	273
9.4	18.1	462
18.1	30.0	592
30.0	55.2	592
38.1		797

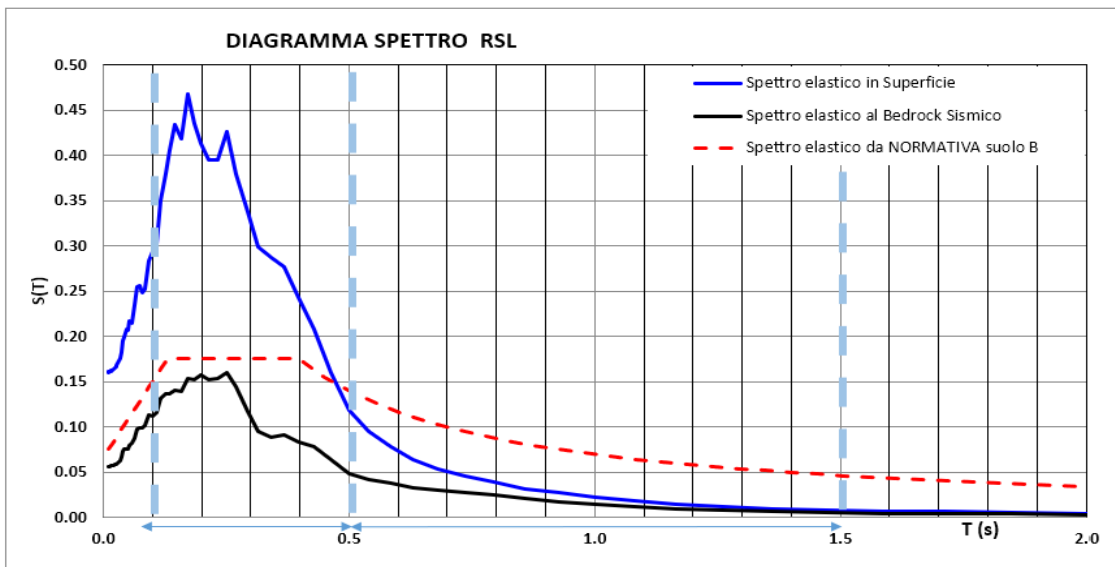


Vs 30
382

Categoria B

T (s)	Freq. (Hz)
0.38	2.61

soglia comunale per categoria di terreno	
1.4	soglia 0,1-0,5
1.7	soglia 0,5-1,5



Fa calcolato (0.1-0.5)	2.8
Fs soglia comunale (0.1-0.5)	1.4
<b>Spettro da normativa NON adeguato</b>	

Fa calcolato (0.5-1.5)	1.7
Fs soglia comunale (0.5-1.5)	1.7
<b>Spettro da normativa NON adeguato</b>	

Committente = COMUNE di CASATENOVO

Luogo: Via Don Consonni  
CASATENOVO (Lc)

Data: 03-01-2022

n° 3



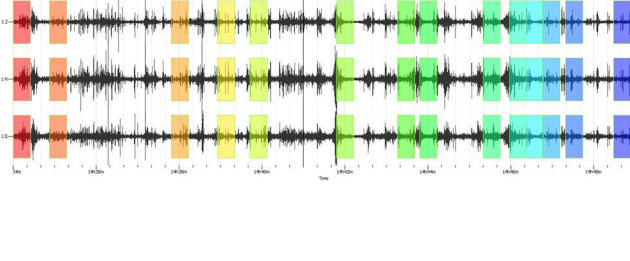
**INDAGINE HVSR**

Frequenza di campionamento = 500 Hz  
Sensori = geofoni 4.5 Hz  
Acquisitore = geofono triassiale EADC 24 bit

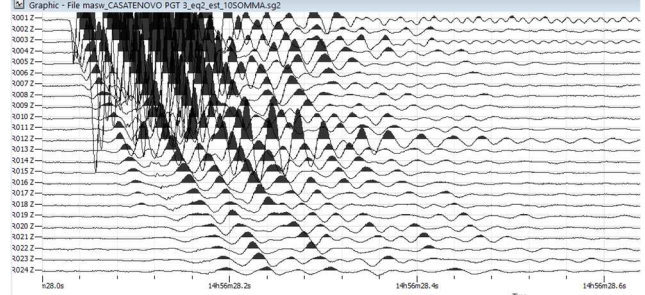
**INDAGINE MASW**

Frequenza di campionamento = 2000 Hz  
Sensori = 24 geofoni da 4.5 Hz equidistanza: 2 m  
Acquisitore = MAE S485  
Battuta: -10 m, -4 m

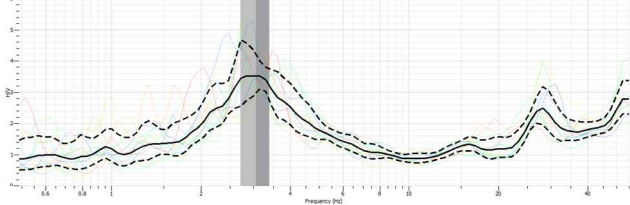
Reg 15 min Finestre temporali  
nelle direzioni Z, N, E (20-30 sec)



Sismogramma

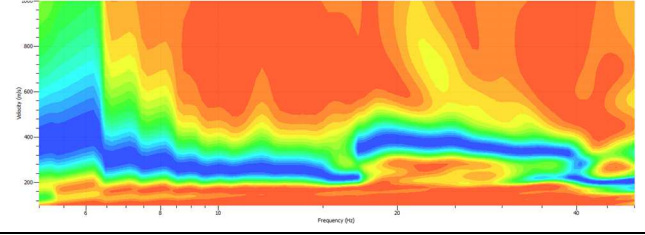


frequenze / (H/V)

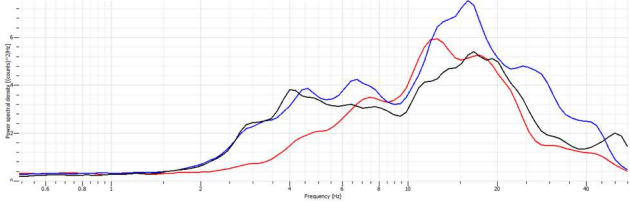


Smoothing tipe: Konno & Ohmachi Smoothing: 40%  
Direzionalità selezionata: 0°

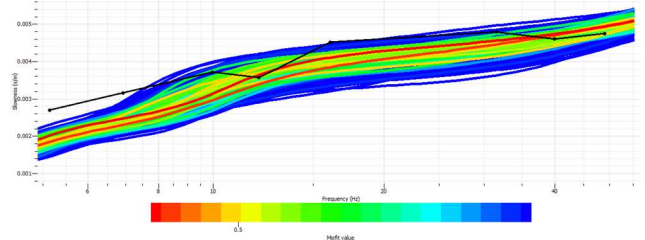
Spettro di velocità  
Frequenza/ Velocità onde Rayleigh



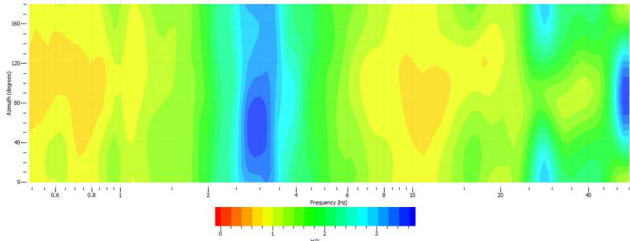
Spettri medi delle singole componenti  
(Z, N, E)



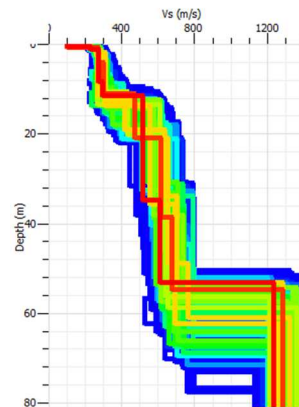
Curva dispersione da picking (nero)  
e curva di dispersione da inversione (rosso)



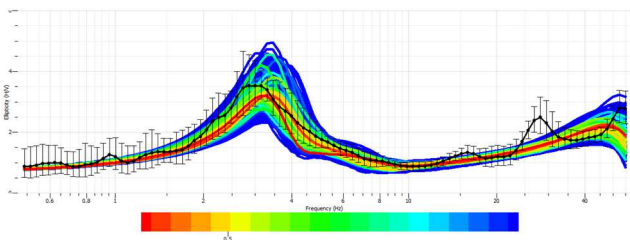
Direzionalità del rapporto H/V



Modello Vs  
da inversione congiunta MASW-HVSR



Confronto curva registrata / curva teorica



da (m)	a (m)	Vs (m/s)
0.0	0.6	99
0.6	1.0	226
1.0	8.3	273
8.3	11.3	292
11.3	34.8	515
34.8	53.1	610
53.1		1235
Quota Rif.		0,0 da p.c.
Vs (0.0-30)		370
Categoria		B
Quota Rif.		da p.c.
Vs (0.0-30)		
Categoria		
Freq. rison sito		3 Hz

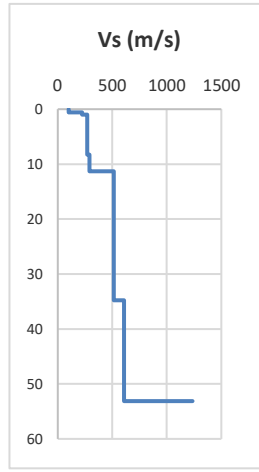
# AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA: ANALISI SISMICA 2° LIVELLO

Sito: 3 CASATENOVO Via Don Consonni

Data:

Jan-22

Da [m]	A [m]	Vs [m/s]
0.0	0.6	99
0.6	1.0	226
1.0	8.3	273
8.3	11.3	292
11.3	34.8	515
30.0	34.8	515
34.8	53.1	610
53.1		1235

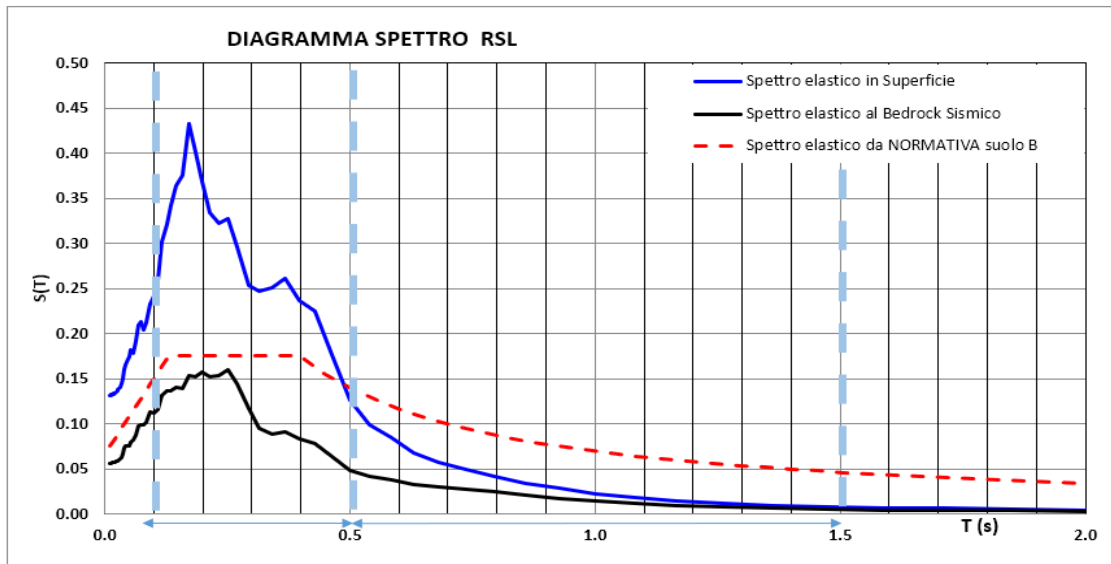


Vs 30
370

Categoria B

T (s)	Freq. (Hz)
0.43	2.33

soglia comunale per categoria di terreno	
1.4	soglia 0,1-0,5
1.7	soglia 0,5-1,5



Fa calcolato (0.1-0.5)	2.5
Fs soglia comunale (0.1-0.5)	1.4
<b>Spettro da normativa NON adeguato</b>	

Fa calcolato (0.5-1.5)	1.8
Fs soglia comunale (0.5-1.5)	1.7
<b>Spettro da normativa NON adeguato</b>	

Committente = COMUNE di CASATENOVO

Luogo: Via Circonvallazione  
CASATENOVO (Lc)

Data: 09-02-2022



n° 4

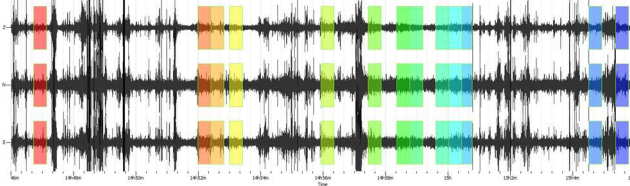
**INDAGINE HVSR**

Frequenza di campionamento = 500 Hz  
Sensori = geofoni 4.5 Hz  
Acquisitore = geofono triassiale EADC 24 bit

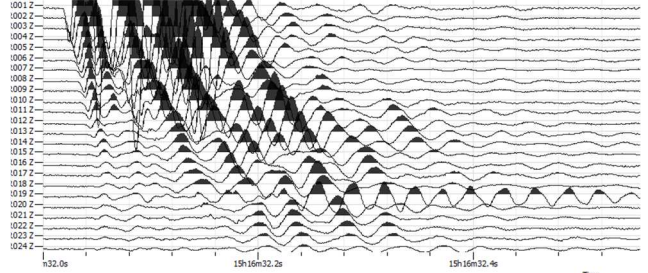
**INDAGINE MASW**

Frequenza di campionamento = 2000 Hz  
Sensori = 24 geofoni da 4.5 Hz equidistanza: 2 m  
Acquisitore = MAE S485  
Battuta: -10 m, -4 m

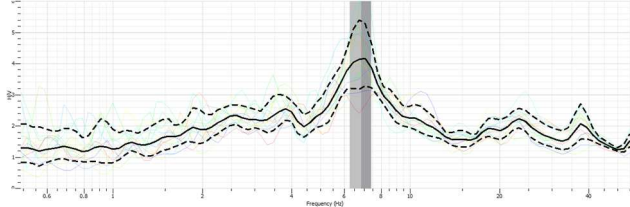
Reg 20 min Finestre temporali  
nelle direzioni Z, N, E (20-30 sec)



Sismogramma

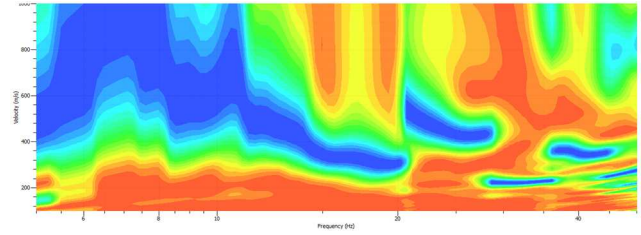


frequenze / (H/V)

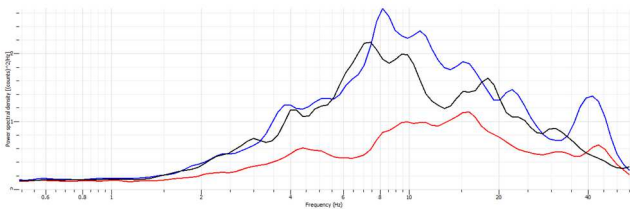


Smoothing tipe: Konno & Ohmachi Smoothing: 40%  
Direzionalità selezionata: 0°

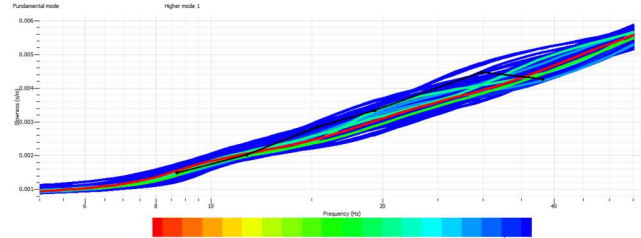
Spettro di velocità  
Frequenza/ Velocità onde Rayleigh



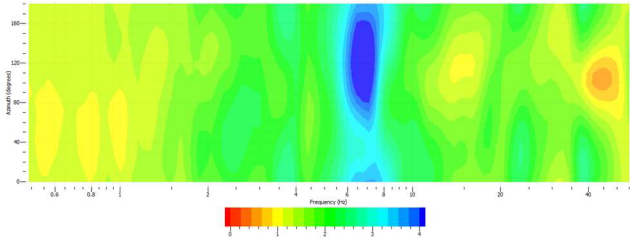
Spettri medi delle singole componenti  
(Z, N, E)



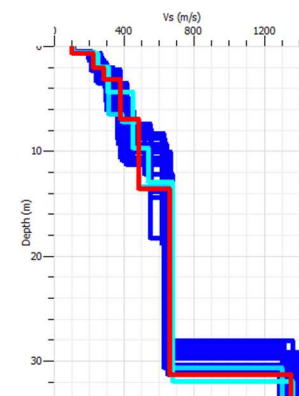
Curva dispersione da picking (nero)  
e curva di dispersione da inversione (rosso)



Direzionalità del rapporto H/V

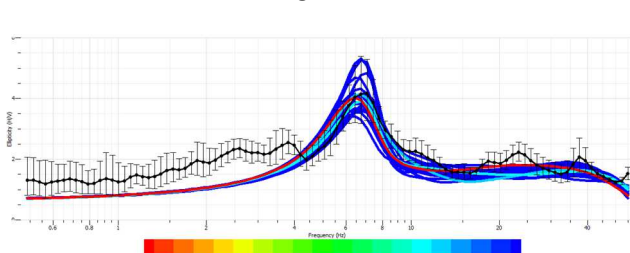


Modello Vs  
da inversione congiunta MASW-HVSR



da (m)	a (m)	Vs (m/s)
0.0	0.6	100
0.6	2.1	221
2.1	3.1	281
3.1	7.0	375
7.0	13.6	480
13.6	31.3	660
31.3		1352
Quota Rif.		0,0 da p.c.
Vs (0.0-30)		459
Categoria		B
Quota Rif.		da p.c.
Vs (0.0-30)		
Categoria		
Freq. rison sito		7 Hz

Confronto curva registrata / curva teorica



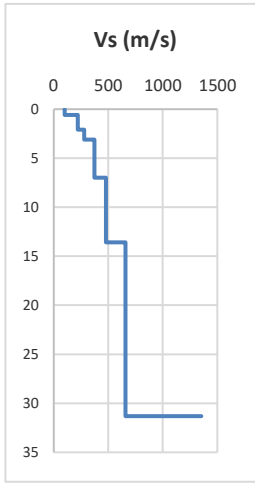
# AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA: ANALISI SISMICA 2° LIVELLO

Sito: 4 CASATENOVO Via Circonvallazione

Data:

Feb-22

Da [m]	A [m]	Vs [m/s]
0.0	0.6	100
0.6	2.1	221
2.1	3.1	281
3.1	7.0	375
7.0	13.6	480
13.6	30.0	660
30.0	31.3	660
31.3		1352



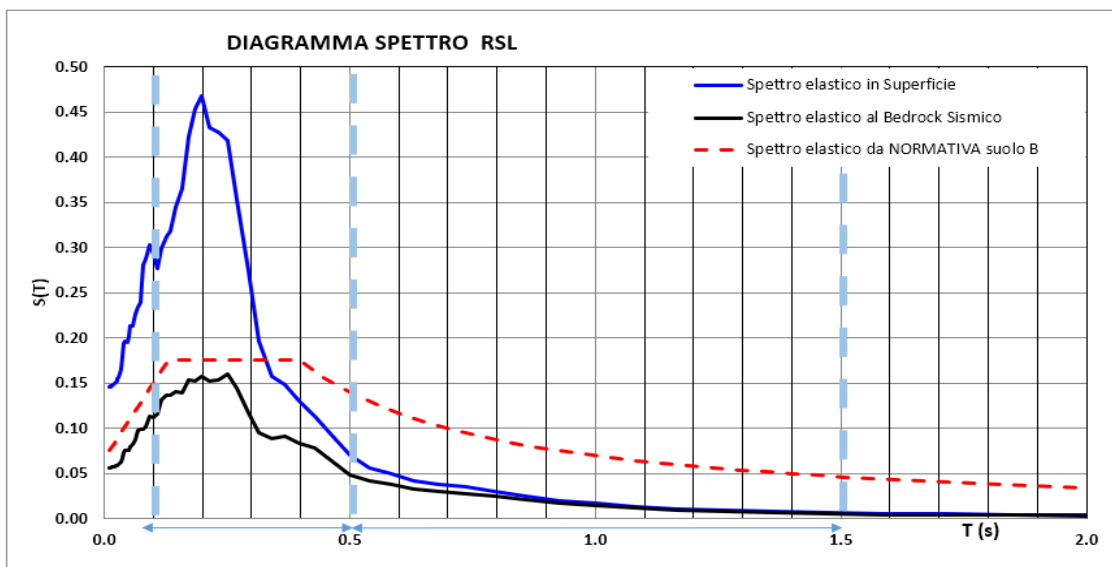
Vs 30
459

Categoria B

T (s)	Freq. (Hz)
0.22	4.48

soglia comunale per categoria di terreno	
	1.4
	1.7

soglia 0,1-0,5  
soglia 0,5-1,5



Fa calcolato (0.1-0.5)	2.2
Fs soglia comunale (0.1-0.5)	1.4
<b>Spettro da normativa NON adeguato</b>	

Fa calcolato (0.5-1.5)	1.2
Fs soglia comunale (0.5-1.5)	1.7
<b>Spettro da normativa adeguato</b>	

Committente = COMUNE di CASATENOVO

Luogo: Via San Giacomo  
CASATENOVO (Lc)

Data: 09-02-2022

n° 5



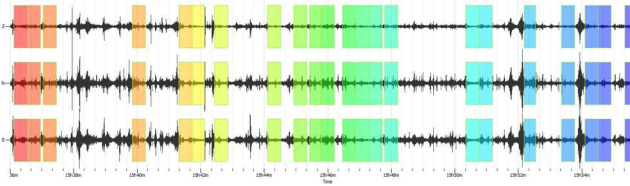
**INDAGINE HVSR**

Frequenza di campionamento = 500 Hz  
Sensori = geofoni 4.5 Hz  
Acquisitore = geofono triassiale EADC 24 bit

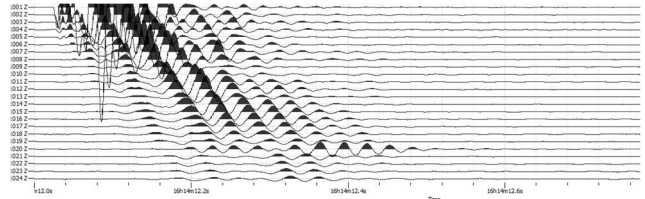
**INDAGINE MASW**

Frequenza di campionamento = 2000 Hz  
Sensori = 24 geofoni da 4.5 Hz equidistanza: 2 m  
Acquisitore = MAE S485  
Battuta: -10 m, -4 m

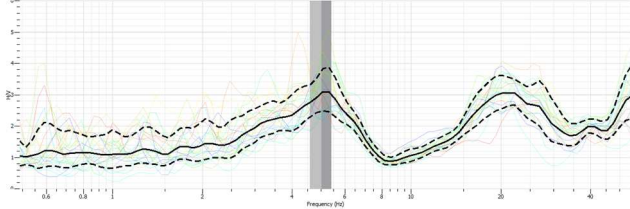
Reg 20 min Finestre temporali  
nelle direzioni Z, N, E (20-30 sec)



Sismogramma

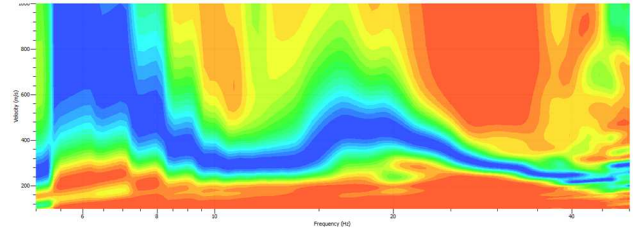


frequenze / (H/V)

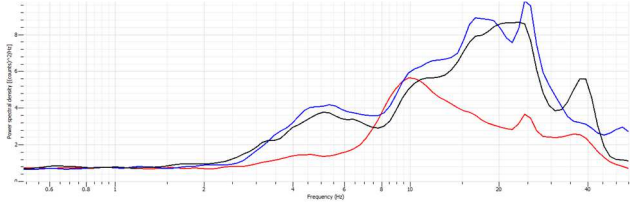


Smoothing tipe: Konno & Ohmachi Smoothing: 40%  
Direzionalità selezionata: 0°

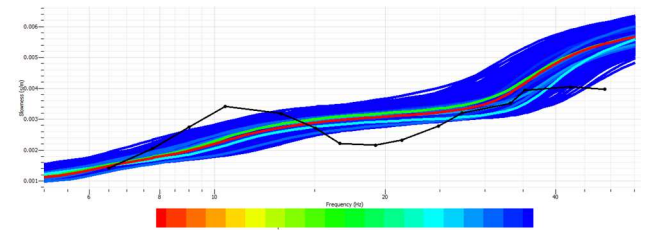
Spettro di velocità  
Frequenza/ Velocità onde Rayleigh



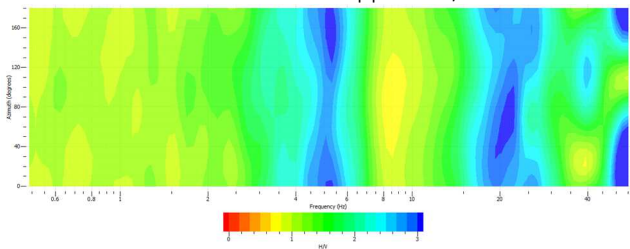
Spettri medi delle singole componenti  
(Z \_\_, N \_\_, E \_\_)



Curva dispersione da picking (nero)  
e curva di dispersione da inversione (rosso)



Direzionalità del rapporto H/V

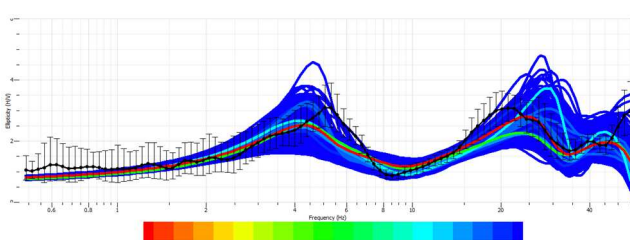


Modello Vs  
da inversione congiunta MASW-HVSR



da (m)	a (m)	Vs (m/s)
0.0	0.5	81
0.5	2.5	200
2.5	16.3	397
16.3	50.5	697
50.5		1341
Quota Rif.		0,0 da p.c.
Vs (0.0-30)		425
Categoria		B
Quota Rif.		da p.c.
Vs (0.0-30)		
Categoria		
Freq. rison sito		5 Hz

Confronto curva registrata / curva teorica



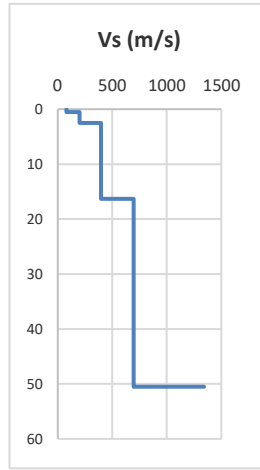
# AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA: ANALISI SISMICA 2° LIVELLO

Sito: 5 CASATENOVO Via San Giacomo

Data:

Feb-22

Da [m]	A [m]	Vs [m/s]
0.0	0.5	81
0.5	2.5	200
2.5	16.3	397
16.3	30.0	697
30.0	50.5	697
50.5		1341

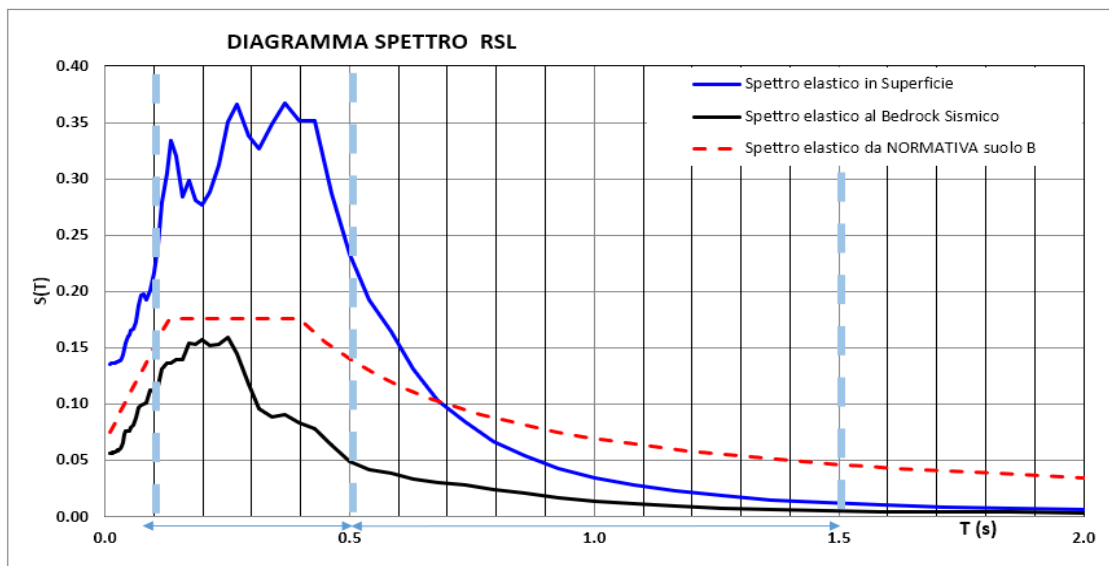


Vs 30
425

Categoria B

T (s)	Freq. (Hz)
0.34	2.92

soglia comunale per categoria di terreno	
1.4	soglia 0,1-0,5
1.7	soglia 0,5-1,5



Fa calcolato (0.1-0.5)	2.9
Fs soglia comunale (0.1-0.5)	1.4
<b>Spettro da normativa NON adeguato</b>	

Fa calcolato (0.5-1.5)	3.0
Fs soglia comunale (0.5-1.5)	1.7
<b>Spettro da normativa NON adeguato</b>	

Committente = COMUNE di CASATENOVO

Luogo: Cascina Levada  
CASATENOVO (Lc)

Data: 09-02-2022

n° 6



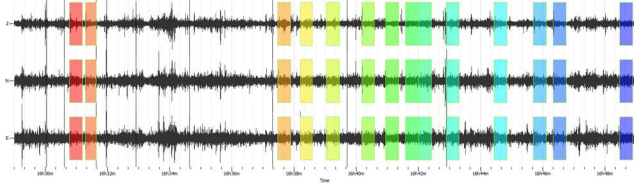
**INDAGINE HVSR**

Frequenza di campionamento = 500 Hz  
Sensori = geofoni 4.5 Hz  
Acquisitore = geofono triassiale EADC 24 bit

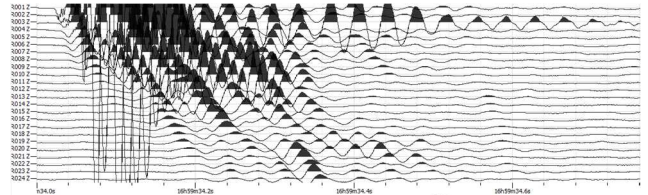
**INDAGINE MASW**

Frequenza di campionamento = 2000 Hz  
Sensori = 24 geofoni da 4.5 Hz equidistanza: 2 m  
Acquisitore = MAE S485  
Battuta: -10 m, -4 m

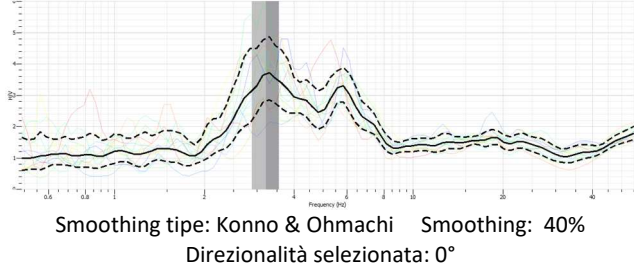
Reg 20 min Finestre temporali  
nelle direzioni Z, N, E (20-30 sec)



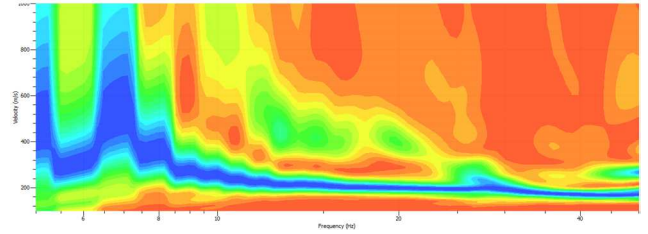
Sismogramma



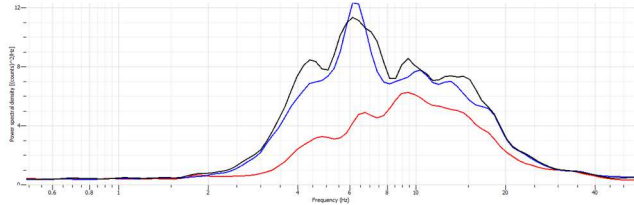
frequenze / (H/V)



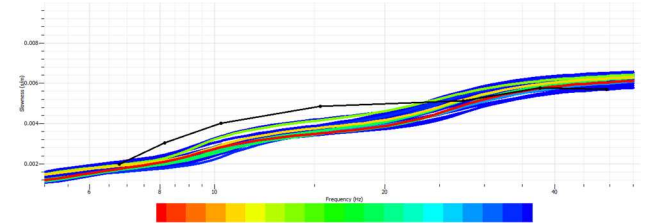
Spettro di velocità  
Frequenza/ Velocità onde Rayleigh



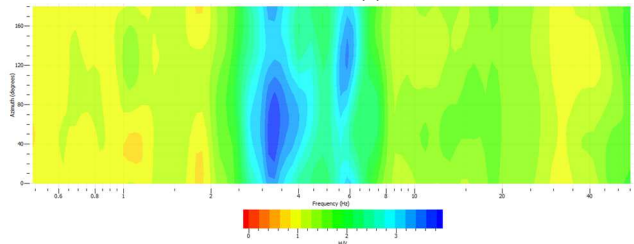
Spettri medi delle singole componenti  
(Z \_\_ , N \_\_ , E \_\_ )



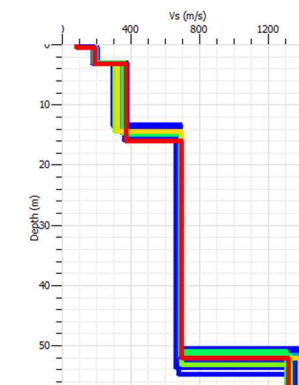
Curva dispersione da picking (nero)  
e curva di dispersione da inversione (rosso)



Direzionalità del rapporto H/V

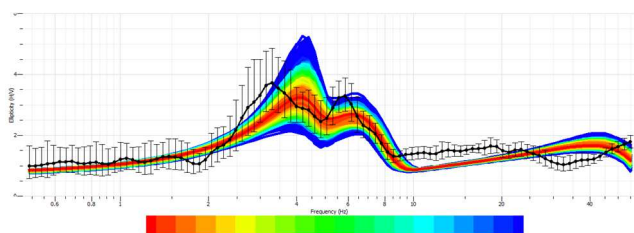


Modello Vs  
da inversione congiunta MASW-HVSR



da (m)	a (m)	Vs (m/s)
0.0	0.5	82
0.5	3.1	190
3.1	16.0	371
16.0	52.0	697
52.0		1317
Quota Rif.		0,0 da p.c.
Vs (0.0-30)		402
Categoria		B
Quota Rif.		da p.c.
Vs (0.0-30)		
Categoria		
Freq. rison sito		3.5 Hz

Confronto curva registrata / curva teorica





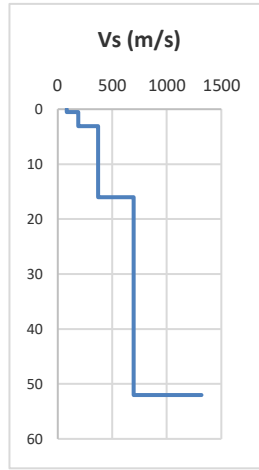
# AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA: ANALISI SISMICA 2° LIVELLO

Sito: 6 CASATENOVO Cascina Levada

Data:

Feb-22

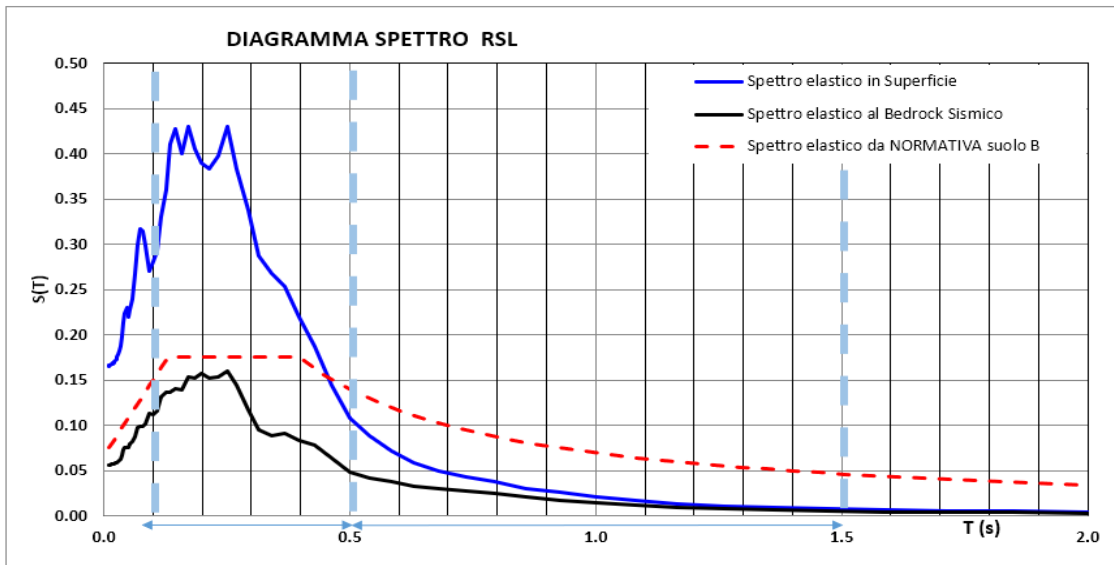
Da [m]	A [m]	Vs [m/s]
0.0	0.5	82
0.5	3.1	190
3.1	16.0	371
16.0	30.0	697
30.0	52.0	697
52.0		1317



Vs 30	Categoria B
402	

T (s)	Freq. (Hz)
0.36	2.81

soglia comunale per categoria di terreno	
1.4	soglia 0,1-0,5
1.7	soglia 0,5-1,5



Fa calcolato (0.1-0.5)	2.7
Fs soglia comunale (0.1-0.5)	1.4
Spettro da normativa NON adeguato	

Fa calcolato (0.5-1.5)	1.6
Fs soglia comunale (0.5-1.5)	1.7
Spettro da normativa adeguato	

Committente = COMUNE di CASATENOVO

Luogo: Piazza Repubblica – Campo Sportivo  
CASATENOVO (Lc)

Data: 24-03-2022

n° 7



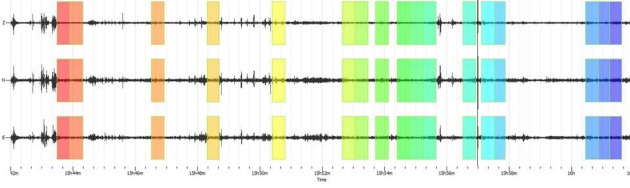
**INDAGINE HVSR**

Frequenza di campionamento = 500 Hz  
Sensori = geofoni 4.5 Hz  
Acquisitore = geofono triassiale EADC 24 bit

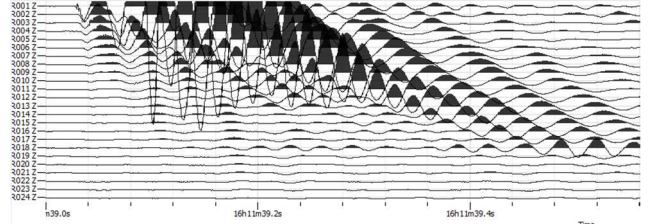
**INDAGINE MASW**

Frequenza di campionamento = 2000 Hz  
Sensori = 24 geofoni da 4.5 Hz equidistanza: 2 m  
Acquisitore = MAE S485  
Battuta: -10 m, -4 m

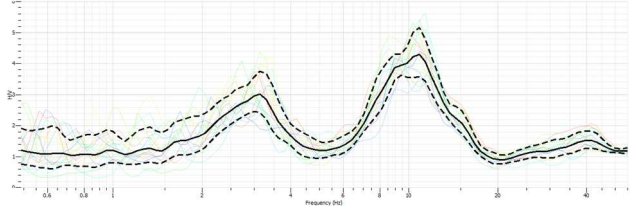
Reg 20 min Finestre temporali  
nelle direzioni Z, N, E (20-30 sec)



Sismogramma

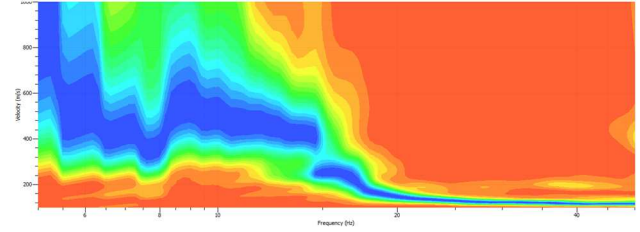


frequenze / (H/V)

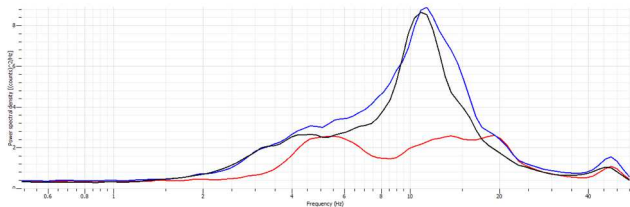


Smoothing tipo: Konno & Ohmachi Smoothing: 40%  
Direzionalità selezionata: 0°

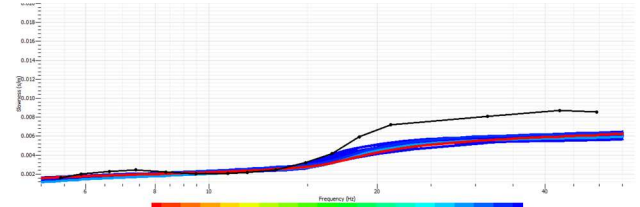
Spettro di velocità  
Frequenza/ Velocità onde Rayleigh



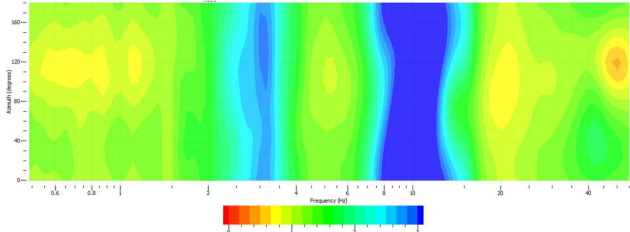
Spettri medi delle singole componenti  
(Z, N, E)



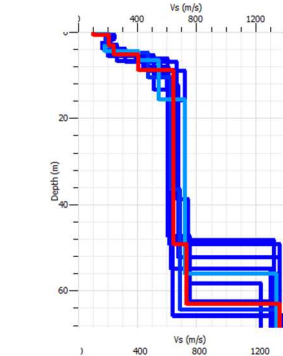
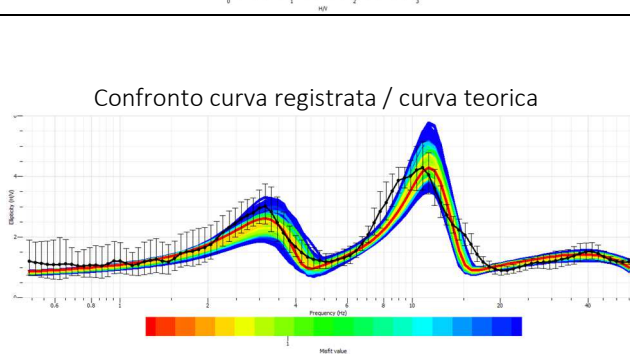
Curva dispersione da picking (nero)  
e curva di dispersione da inversione (rosso)



Direzionalità del rapporto H/V



Modello Vs  
da inversione congiunta MASW-HVSR



da (m)	a (m)	Vs (m/s)
0.0	0.5	98
0.5	3.0	202
3.0	5.1	239
5.1	8.7	406
8.7	49.1	641
49.1	63.0	729
63.0		1365
Quota Rif.		0,0 da p.c.
<b>Vs (0.0-30)</b>		<b>439</b>
<b>Categoria</b>		<b>B</b>
Quota Rif.		da p.c.
<b>Vs (0.0-30)</b>		
<b>Categoria</b>		
<b>Freq. rison sito</b>	<b>3.0 Hz</b>	

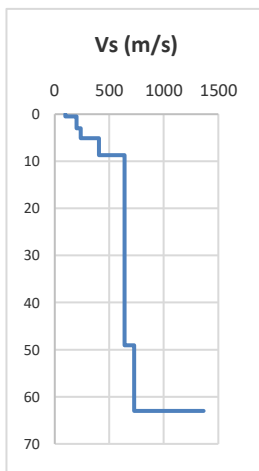
# AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA: ANALISI SISMICA 2° LIVELLO

Sito: 7 CASATENOVO Via Repubblica

Data:

Mar-22

Da [m]	A [m]	Vs [m/s]
0.0	0.5	98
0.5	3.0	202
3.0	5.1	239
5.1	8.7	406
8.7	49.1	641
30.0	49.1	641
49.1		729

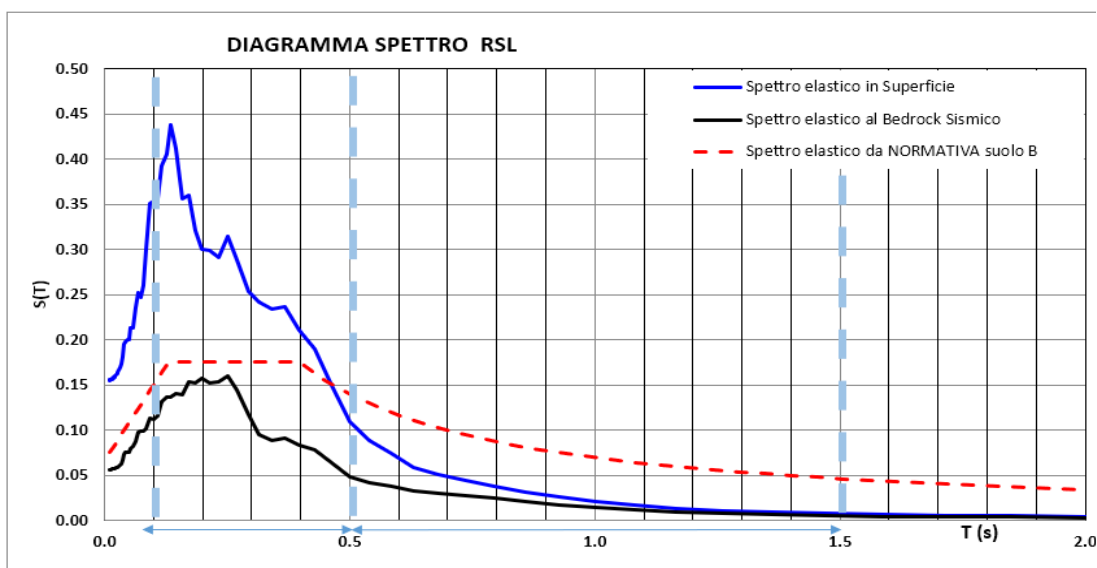


Vs 30
439

Categoria B

T (s)	Freq. (Hz)
0.41	2.43

soglia comunale per categoria di terreno	
1.4	soglia 0,1-0,5
1.7	soglia 0,5-1,5



Fa calcolato (0.1-0.5)	2.4
Fs soglia comunale (0.1-0.5)	1.4
<b>Spettro da normativa NON adeguato</b>	

Fa calcolato (0.5-1.5)	1.6
Fs soglia comunale (0.5-1.5)	1.7
<b>Spettro da normativa adeguato</b>	

Committente = COMUNE di CASATENOVO

Luogo: Via alla Cappelletta – Campo Sportivo  
CASATENOVO (Lc)

Data: 24-03-2022

n° 8



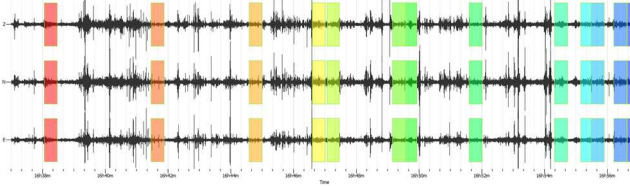
**INDAGINE HVSR**

Frequenza di campionamento = 500 Hz  
Sensori = geofoni 4.5 Hz  
Acquisitore = geofono triassiale EADC 24 bit

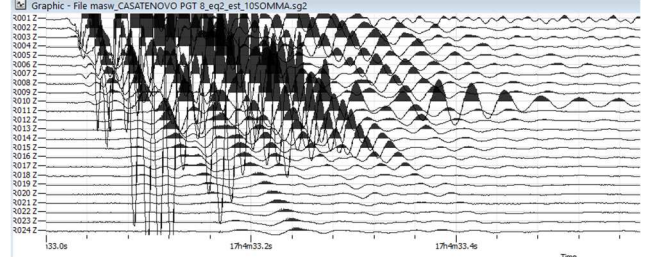
**INDAGINE MASW**

Frequenza di campionamento = 2000 Hz  
Sensori = 24 geofoni da 4.5 Hz equidistanza: 2 m  
Acquisitore = MAE S485  
Battuta: -10 m, -4 m

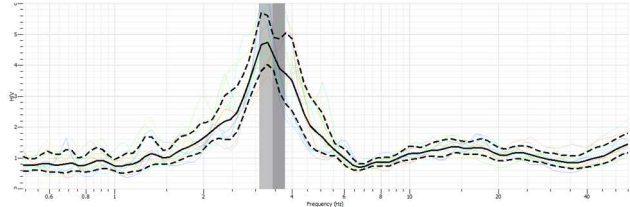
Reg 20 min Finestre temporali  
nelle direzioni Z, N, E (20-30 sec)



Sismogramma

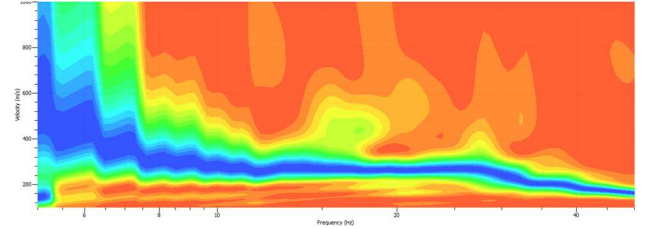


frequenze / (H/V)

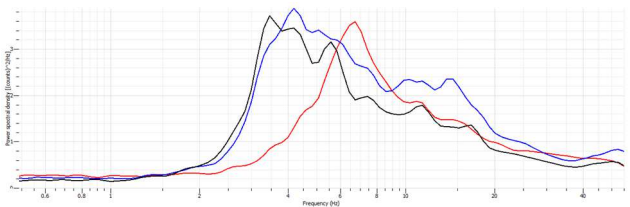


Smoothing tipe: Konno & Ohmachi Smoothing: 40%  
Direzionalità selezionata: 0°

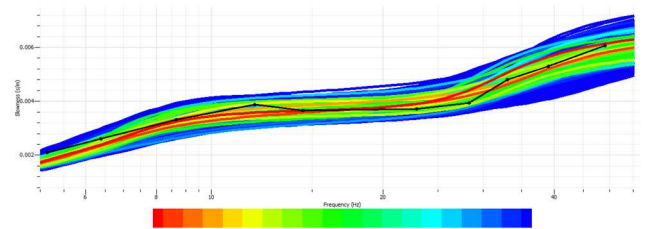
Spettro di velocità  
Frequenza/ Velocità onde Rayleigh



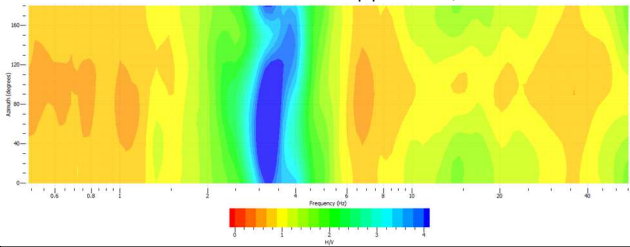
Spettri medi delle singole componenti  
(Z \_\_, N \_\_, E \_\_)



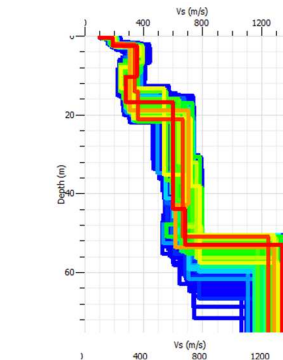
Curva dispersione da picking (nero)  
e curva di dispersione da inversione (rosso)



Direzionalità del rapporto H/V

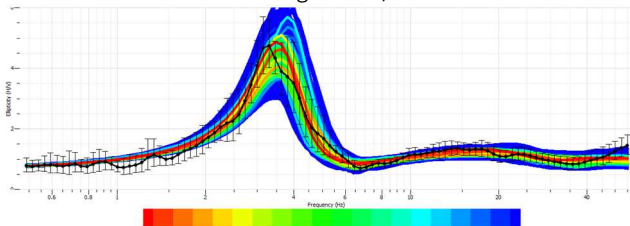


Modello Vs  
da inversione congiunta MASW-HVSR



da (m)	a (m)	Vs (m/s)
0.0	0.4	100
0.4	2.5	187
2.5	10.4	353
10.4	16.7	275
16.7	43.8	598
43.8	53.1	680
53.1		1338
Quota Rif.		0,0 da p.c.
<b>Vs (0.0-30)</b>		<b>362</b>
<b>Categoria</b>		<b>B</b>
Quota Rif.		da p.c.
<b>Vs (0.0-30)</b>		
<b>Categoria</b>		
<b>Freq. rison sito</b>		<b>3.5 Hz</b>

Confronto curva registrata / curva teorica



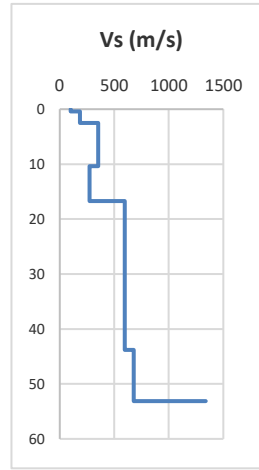
# AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA: ANALISI SISMICA 2° LIVELLO

Sito: 8 CASATENOVO Via alla Cappelletta

Data:

Mar-22

Da [m]	A [m]	Vs [m/s]
0.0	0.4	100
0.4	2.5	187
2.5	10.4	353
10.4	16.7	275
16.7	43.8	598
30.0	43.8	598
43.8		680



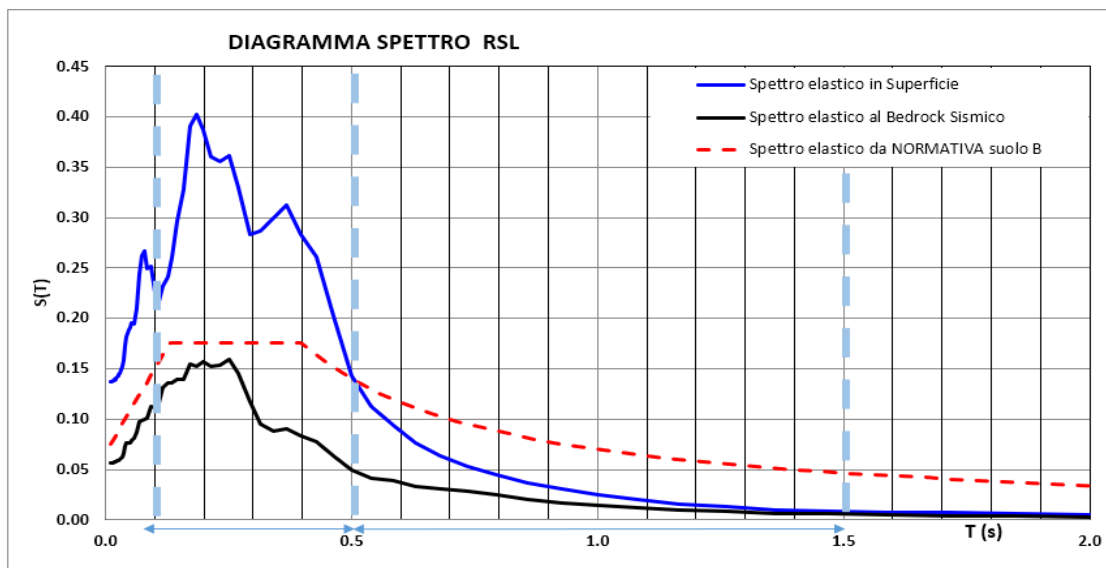
Vs 30
362

Categoria B

T (s)	Freq. (Hz)
0.41	2.44

soglia comunale per categoria di terreno	
1.4	soglia 0,1-0,5
1.7	soglia 0,5-1,5

soglia 0,1-0,5  
soglia 0,5-1,5



Fa calcolato (0.1-0.5)	2.6
Fs soglia comunale (0.1-0.5)	1.4
<b>Spettro da normativa NON adeguato</b>	

Fa calcolato (0.5-1.5)	1.9
Fs soglia comunale (0.5-1.5)	1.7
<b>Spettro da normativa NON adeguato</b>	

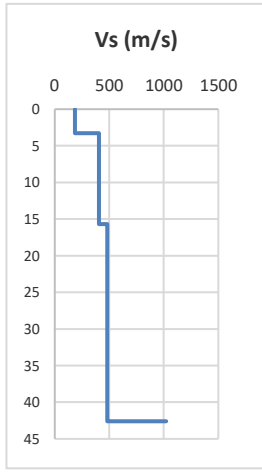
# AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA: ANALISI SISMICA 2° LIVELLO

Sito: 101 CASATENOVO Via San Biagio

Data:

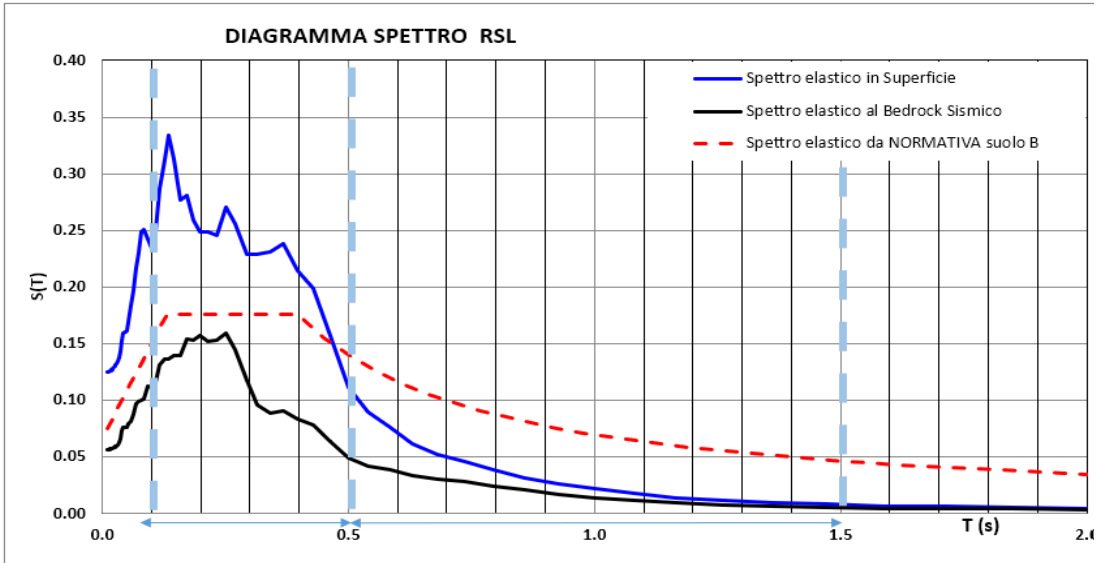
Jan-22

Da [m]	A [m]	Vs [m/s]
0.0	3.3	186
3.3	15.7	407
15.7	30.0	482
30.0	42.6	482
42.6		1021



Vs 30	
385	
Categoria B	
T (s)	Freq. (Hz)
0.39	2.57
soglia comunale per categoria di terreno	
1.4	
1.7	

soglia 0,1-0,5  
soglia 0,5-1,5



Fa calcolato (0.1-0.5)	2.1
Fs soglia comunale (0.1-0.5)	1.4
Spettro da nomativa NON adeguato	

Fa calcolato (0.5-1.5)	1.7
Fs soglia comunale (0.5-1.5)	1.7
Spettro da nomativa adeguato	

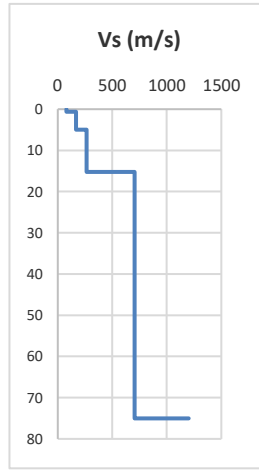
# AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA: ANALISI SISMICA 2° LIVELLO

Sito: 102 CASATENOVO Via Boschetto

Data:

Nov-19

Da [m]	A [m]	Vs [m/s]
0.0	0.6	81
0.6	5.0	169
5.0	15.2	267
15.2	30.0	705
30.0	75.0	705
75.0		1200

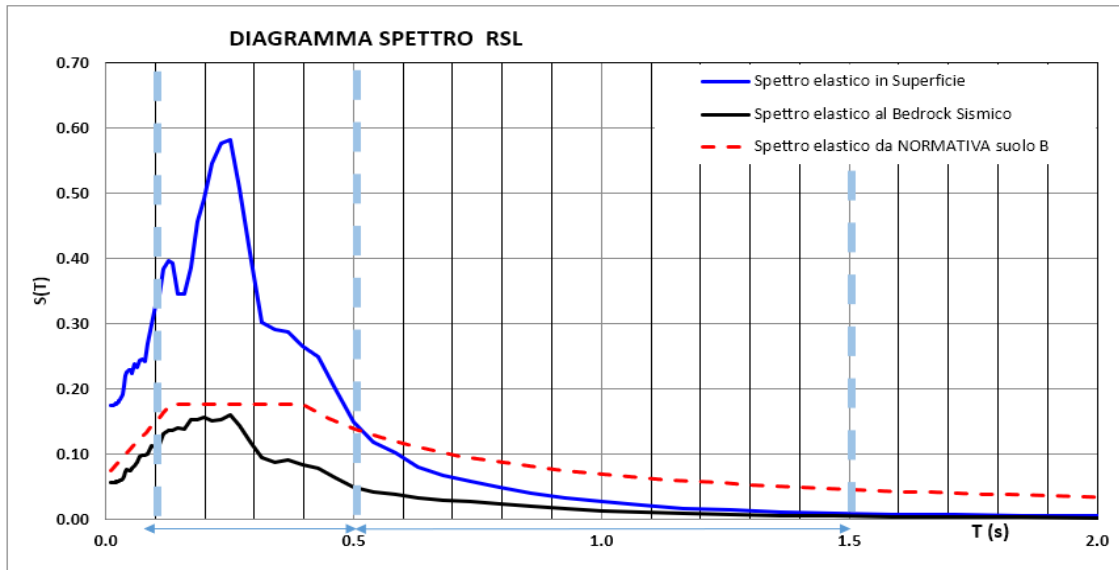


Vs 30
324

Categoria C

T (s)	Freq. (Hz)
0.49	2.03

soglia comunale per categoria di terreno	
1.9	soglia 0,1-0,5
2.4	soglia 0,5-1,5



Fa calcolato (0.1-0.5)	3.2
Fs soglia comunale (0.1-0.5)	1.9
<b>Spettro da normativa NON adeguato</b>	

Fa calcolato (0.5-1.5)	2.1
Fs soglia comunale (0.5-1.5)	2.4
<b>Spettro da normativa adeguato</b>	

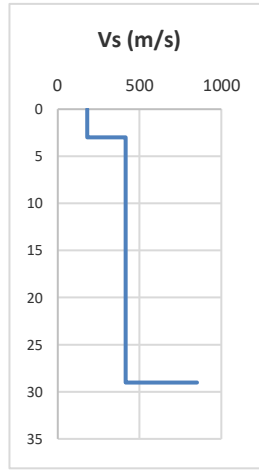
# AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA: ANALISI SISMICA 2° LIVELLO

Sito: 103 CASATENOVO Via Don Gnocchi

Data:

//

Da [m]	A [m]	Vs [m/s]
0.0	3.0	180
3.0	29.0	415
29.0		850



Vs 30
366

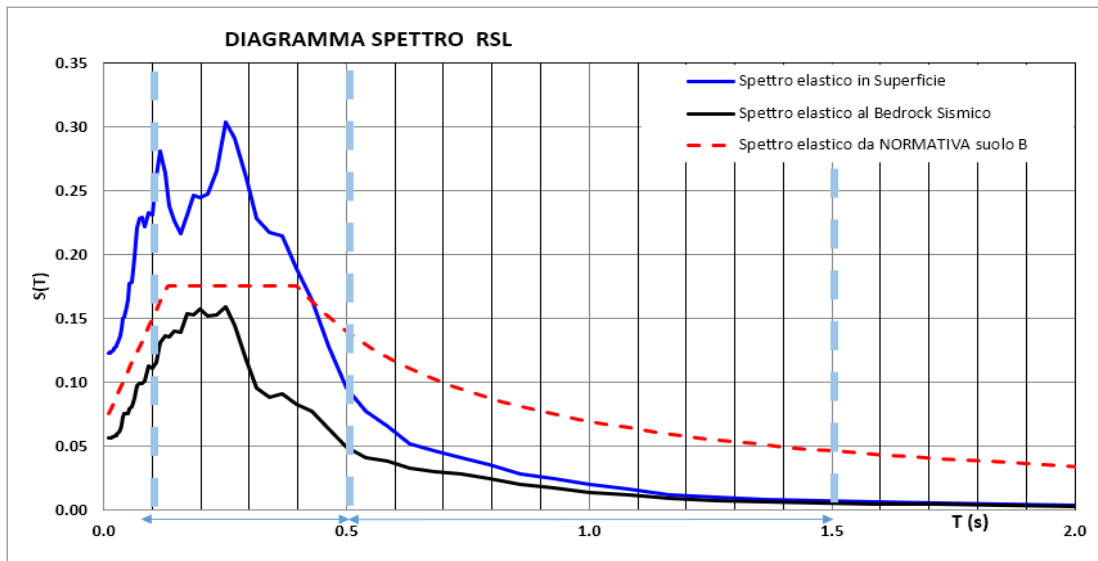
Categoria B

T (s)	Freq. (Hz)
0.30	3.37

soglia comunale per categoria di terreno	
	1.9
	2.4

soglia 0,1-0,5

soglia 0,5-1,5



Fa calcolato (0.1-0.5)	2.0
Fs soglia comunale (0.1-0.5)	1.4
<b>Spettro da nomativa NON adeguato</b>	

Fa calcolato (0.5-1.5)	1.5
Fs soglia comunale (0.5-1.5)	1.7
<b>Spettro da nomativa adeguato</b>	