

## ALLA RICERCA DEL TERREMOTO DEL 25 DICEMBRE DEL 1222...

Qualche anno fa in Emilia si è verificato un terremoto di una certa intensità che ha arrecato molti danni in diversi comuni e ha generato un numero considerevole di vittime. La magnitudo è stata di 5,9 della scala Richter, l'ipocentro profondo 6,3 km e l'epicentro intorno a Finale Emilia. Si sono susseguite delle repliche e delle scosse di assestamento per quasi quattro mesi, che in alcuni casi hanno superato il valore 5 di magnitudo, e nel frattempo gli ipocentri si sono spostati secondo una direttrice



Chiesa di San Martino di Tours a Buonacompra, la mattina dopo il sisma del 20 maggio 2012.

*Fonte: [www.corriere.it](http://www.corriere.it) (18 maggio 2014)*

particolare nel sottofondo della pianura. Terremoti così intensi e di magnitudo anche superiore sono avvenuti in diverse aree dell'Italia centro-meridionale, della Sicilia e del Friuli, dove i danni e le distruzioni sono state peraltro rilevanti. L'Italia è il Paese a maggiore rischio sismico d'Europa perché da un lato la zolla africana spinge verso Nord e dall'altra gli Appennini sono in continuo e rapido sollevamento; le aree a maggiore pericolosità sono quelle del Friuli e quelle attraversate dalla catena degli Appennini, a partire dalla Sicilia sino all'Umbria.

Il sisma dell'Emilia ha creato molte perplessità tra gli esperti e l'opinione pubblica perché, nonostante fosse di media magnitudo, ha provocato distruzioni imprevedibili e 27 vittime. La causa che lo ha generato è stato il sottofondo della Pianura Padana che, sotto la coltre dei sedimenti alluvionali cioè ghiaie, sabbie ed argille, presenta blocchi di rocce interessate da faglie attive, le quali, con i loro movimenti, hanno dato origine al terremoto recente e hanno influenzato quelli passati. Questo infatti non è l'unico terremoto di questa zona e, se si consultano gli annali storici del Nord Italia, si viene a conoscenza di altri episodi tellurici, sia di piccola che di grande intensità, avvenuti nella Pianura Padana. Ad esempio quello del 16 novembre del 1570 di Ferrara è ben conosciuto perché fu segnalato in diversi manoscritti con molta precisione, il che ha permesso ai sismologi di calcolare l'epicentro all'interno dell'abitato comunale, la magnitudo intorno a 5,5 e le caratteristiche dello sciame sismico protrattosi per quasi due anni. La città fu distrutta al 50% e la popolazione e gli Estensi, i Signori di Ferrara, abbandonarono le abitazioni per un lungo periodo, adattandosi a vivere in abitazioni di fortuna e baracche, sistemate nelle campagne adiacenti la città. Di episodi simili ce ne sono altri

ancora, ma considerando gli ultimi del secolo scorso occorre ricordare quelli che hanno interessato la provincia di Modena, come nel 1986 (M 4,6), nel 1987 (M 4,7) e nel 1996 (M 5,4). Chi volesse avere maggiori informazioni può consultare il Portale d'Abruzzo, un sito internet che annovera gli eventi sismici degli ultimi tremila anni in ordine cronologico, con i rispettivi valori della magnitudo, la localizzazione dell'epicentro ed anche la profondità dell'ipocentro.

## **EFFETTI DEL TERREMOTO**

Un terremoto arreca sempre molti danni, legati principalmente alla profondità dell'ipocentro, alla magnitudo, alla struttura delle rocce del sottofondo e al livello della falda. Anche la disposizione degli strati superficiali può accentuare maggiormente l'intensità del sisma, perché possono intervenire due fenomeni caratteristici dei terreni alluvionali, quali l'amplificazione sismica e la liquefazione delle sabbie.



Nel caso del terremoto di Kobe (Giappone, 1995) molte abitazioni non crollarono su se stesse, ma si adagiarono lateralmente quasi intatte perché il terreno di fondazione si comportò come un liquido.

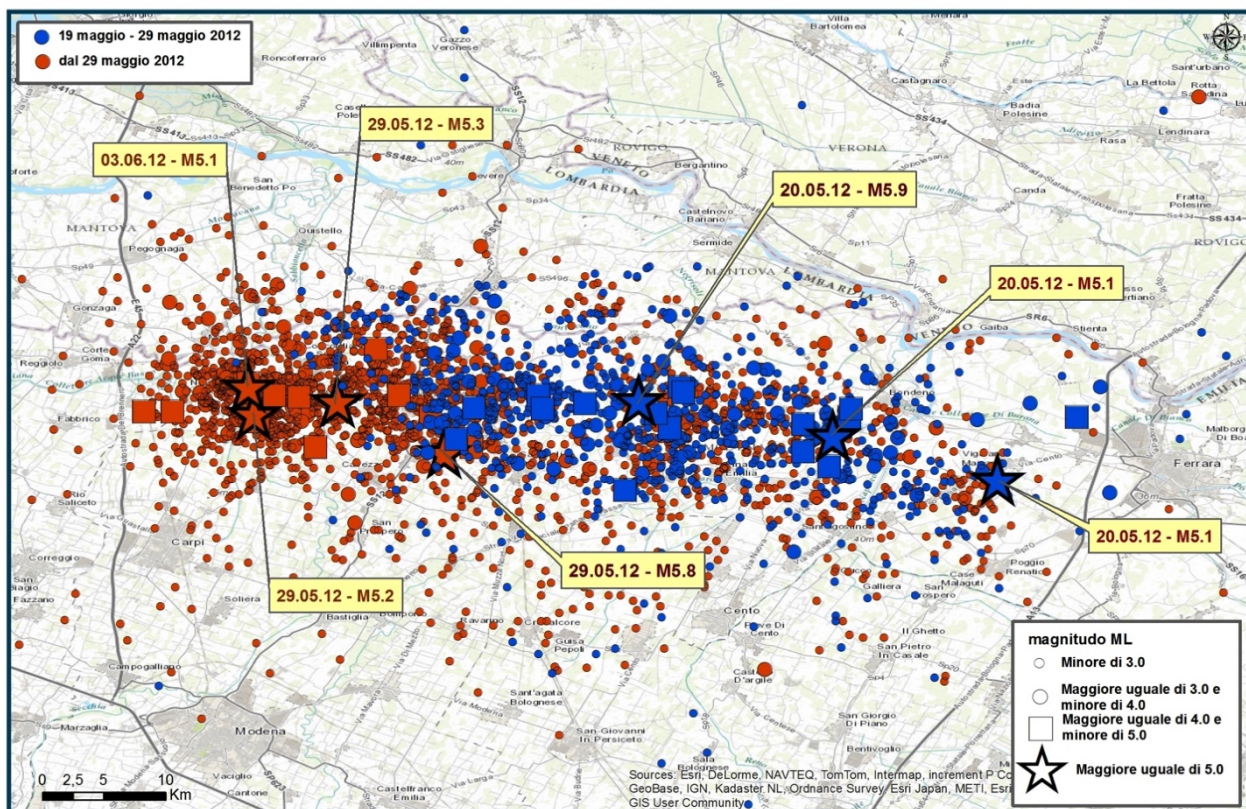
*Fonte: <http://www.civilengineeringssoldani.it>*

Il primo di questi si crea quando le onde sismiche, passando da rocce compatte profonde a terreni sciolti superficiali, subiscono risonanze anomale che amplificano l'oscillazione, sino a creare un aumento degli impulsi distruttivi in superficie. Il fenomeno della liquefazione delle sabbie invece si verifica nei terreni sabbiosi o limosi saturi di acqua quando vengono sottoposti a scosse telluriche; in questo caso il terreno può perdere la consistenza solida e comportarsi di conseguenza come un liquido, su cui le abitazioni tutte compatte e senza danni eccessivi si adagiano lateralmente come una nave che affonda.

Altri cause che possono influenzare un terremoto sono legate alle caratteristiche geomorfologiche dell'area. Tra le più significative occorre segnalare le frane pregresse apparentemente consolidate che possono muoversi a seguito di scosse telluriche, anche quando gli epicentri sono molto distanti, e i sedimenti alluvionali recenti poco addensati che ricoprono vecchi alvei ed anse fluviali. In questo caso i terreni superficiali, utilizzati per le costruzioni, hanno valori ed indici geotecnici scadenti che possono inficiare quanto di buono viene progettato dai tecnici. Tutti questi effetti segnalati si sono combinati sia durante il terremoto dell'Emilia che in quello avvenuto nel 2009 a L'Aquila.

## SEQUENZA Pianura Padana Emiliana

INGV terremoti



Localizzazione dello sciame sismico durante il terremoto dell'Emilia.

Fonte: [www.ingvterremoti.wordpress.com](http://www.ingvterremoti.wordpress.com)

## TERREMOTI NEL TERRITORIO BRESCIANO

Il territorio bresciano è particolare: certe aree geografiche non sono mai state interessate dai terremoti, mentre in altre zone ne sono stati segnalati diversi e qualcuno di essi ha avuto anche manifestazioni distruttive. La parte orientale della provincia di Brescia è quella con maggiore sismicità. Gli epicentri sono localizzati nella Val Sabbia, Salò e zone limitrofe, secondo una linea che parte da Brescia fino all'Alto Garda arrivando al Monte Baldo. Un altro settore è quello di Orzivecchi ed Orzinuovi, in

corrispondenza di un allineamento geologico, conosciuto da tempo e situato in profondità, al di sotto delle alluvioni della pianura bresciana.

A livello storico nella provincia e nel territorio comunale di Brescia sono documentati diversi eventi tellurici dei quali, con una certa approssimazione, è stato possibile calcolare la magnitudo. Sono segnalati i seguenti sismi: anno 1065 (magnitudo  $M=5,2$ ), anno 1117 ( $M=6,5$ ), anno 1222 ( $M=5,9/6,8$ ), anno 1471 ( $M=4,2$ ), anno 1521 ( $M=4,4$ ), anno 1540 ( $M=4,4$ ), seconda metà del Seicento ( $M=5,7$ ). Il catastrofico terremoto del 25 dicembre del 1222, che ha avuto come epicentro proprio il Monte Netto, è ricordato nella Chronica del frate Salimbene De Adam.

*“L'anno del Signore 1222 (...) nel giorno della natività del nostro Signore Gesù Cristo ci fu un fortissimo terremoto nella città di Reggio, (...) e questo terremoto fu per tutta la Lombardia e la Toscana. Fu chiamato terremoto di Brescia, perché qui ebbe più forza, tanto che i Bresciani usciti dalla città abitavano al di fuori nelle tende, in modo che gli edifici non crollassero sopra di loro. Molte case, torri, castelli dei Bresciani crollarono a causa di quel terremoto. I Bresciani si erano così abituati a quel terremoto che, quando la cima di qualche torre o casa cadeva, guardavano e ridevano clamorosamente.”*

[Salimbene de Adam, sec. XIII. Cronaca (1171-1287)]

L'episodio del 1222 è segnalato come uno dei più forti a Brescia e questo ha dato il via ad una serie di ricerche intorno a Capriano del Colle, che è risultato il punto focale del sisma. Sono stati analizzati profili sismici ottenuti per ricerche petrolifere degli anni '50 e sono stati condotti lavori geologici sul colle e sul tipo di litologie presenti: ciò ha portato alcuni geologi a ipotizzare che quest'area può essere interessata da terremoti anche di grande intensità, compresa tra 6 e 6,5 Richter. Difatti questi studiosi hanno osservato in superficie pieghe, faglie ed anche fenomeni di liquefazione dei terreni, legati a fenomeni tellurici passati che confermerebbero il valore di magnitudo (6,1 Richter) raggiunto dal terremoto del Natale del 1222.

In genere per definire le intensità di un terremoto si usa la scala Mercalli o la scala Richter. A livello storico la scala Mercalli è stata usata per prima e si basa sugli effetti prodotti dal terremoto sul territorio, sulle costruzioni e sull'uomo. È compresa tra 12 valori, dove per 1 e per 2 si intendono terremoti esclusivamente strumentali mentre nella classe 12 sono inseriti terremoti catastrofici per le abitazioni e per tutto l'ambiente naturale. La scala Richter si basa principalmente sul calcolo dell'energia liberata dalle onde sismiche e non ha un valore massimo. I terremoti di maggiore intensità a livello mondiale hanno superato il valore 9, come quello del Cile del 1960 che raggiunse una magnitudo 9,5, quello del maremoto dell'Oceano Indiano del 2004 con 9,3 di magnitudo e l'ultimo in

ordine di tempo quello verificatosi in Giappone nel 2011 di magnitudo 9,1 con onde di tsunami che entrarono per quasi 3 km all'interno delle isole giapponesi. In Italia i più distruttivi sono quello di Messina-Reggio Calabria del 1908 di magnitudo pari a 7,1 che diede origine ad onde di tsunami e quello della Marsica-Avezzano del 1915 di magnitudo 7.0 che sconvolse l'Italia centrale.

GRADO	SCOSSA	DESCRIZIONE
I	impercettibile	Avvertita solo dagli strumenti sismici.
II	debole	Avvertita solo da qualche persona in particolari condizioni.
III	leggera	Avvertita da poche persone: vibrazioni simili a quelle del passaggio di un'automobile.
IV	modesta	Avvertita da molte persone: oscillazione di oggetti sospesi.
V	abbastanza forte	Avvertita da molte persone, anche addormentate: caduta di oggetti.
VI	forte	Possibile qualche lesione agli edifici.
VII	molto forte	Caduta di comignoli e lesioni agli edifici.
VIII	distruttiva	Parziale rovina di alcuni edifici, vittime isolate.
IX	rovinosa	Totale rovina di alcuni edifici, vittime sparse e crepacci nel suolo.
X	disastrosa	Rovina e crollo di molti edifici, numerose vittime e crepacci nel terreno.
XI	molto disastrosa	Distruzione di agglomerati urbani, moltissime vittime, crepacci, frane e maremoto.
XII	catastrofica	Totale danneggiamento, pochi superstiti, maremoto e sconvolgimento del suolo.

Suddivisione della scala Mercalli che all'inizio prevedeva solo dieci valori, poi con l'utilizzo del cemento armato per le costruzioni fu implementata fino al grado XII.

## GEOLOGIA E MORFOLOGIA DEL COLLE

Il territorio di Capriano del Colle è dal punto di vista geologico alquanto semplice: esso è una parte della Pianura Padana che si è formata per il riempimento di un bacino marino compreso tra le Alpi e gli Appennini. Tutto il materiale alluvionale perciò proviene dalle Prealpi ed Alpi bresciane perché antichi corsi d'acqua l'hanno trascinato sino a valle. Durante questo periodo di sedimentazione alcuni settori della pianura sono stati sottoposti a sollevamenti che hanno creato dei modesti rilievi, come il Monte Netto, l'asperità di Pievedizio (che però è stata sepolta dalle alluvioni della pianura bresciana), il colle di Castenedolo e quello di Ciliverghe.

Il Monte Netto ha un'area complessiva di una decina di km<sup>2</sup> ed una configurazione relativamente tozza e sub-rettangolare allungata secondo un orientamento Nord/Ovest-Sud/Est, modellata dagli agenti atmosferici che ne hanno determinato l'aspetto relativamente compatto e disomogeneo. La parte superficiale infatti si presenta variamente erosa con formazione di piccole vallecole che spesso mettono a nudo gli strati sottostanti. Il colle raggiunge un'altezza massima di 133 metri sul livello del mare e si innalza di una trentina di metri rispetto alla pianura circostante.

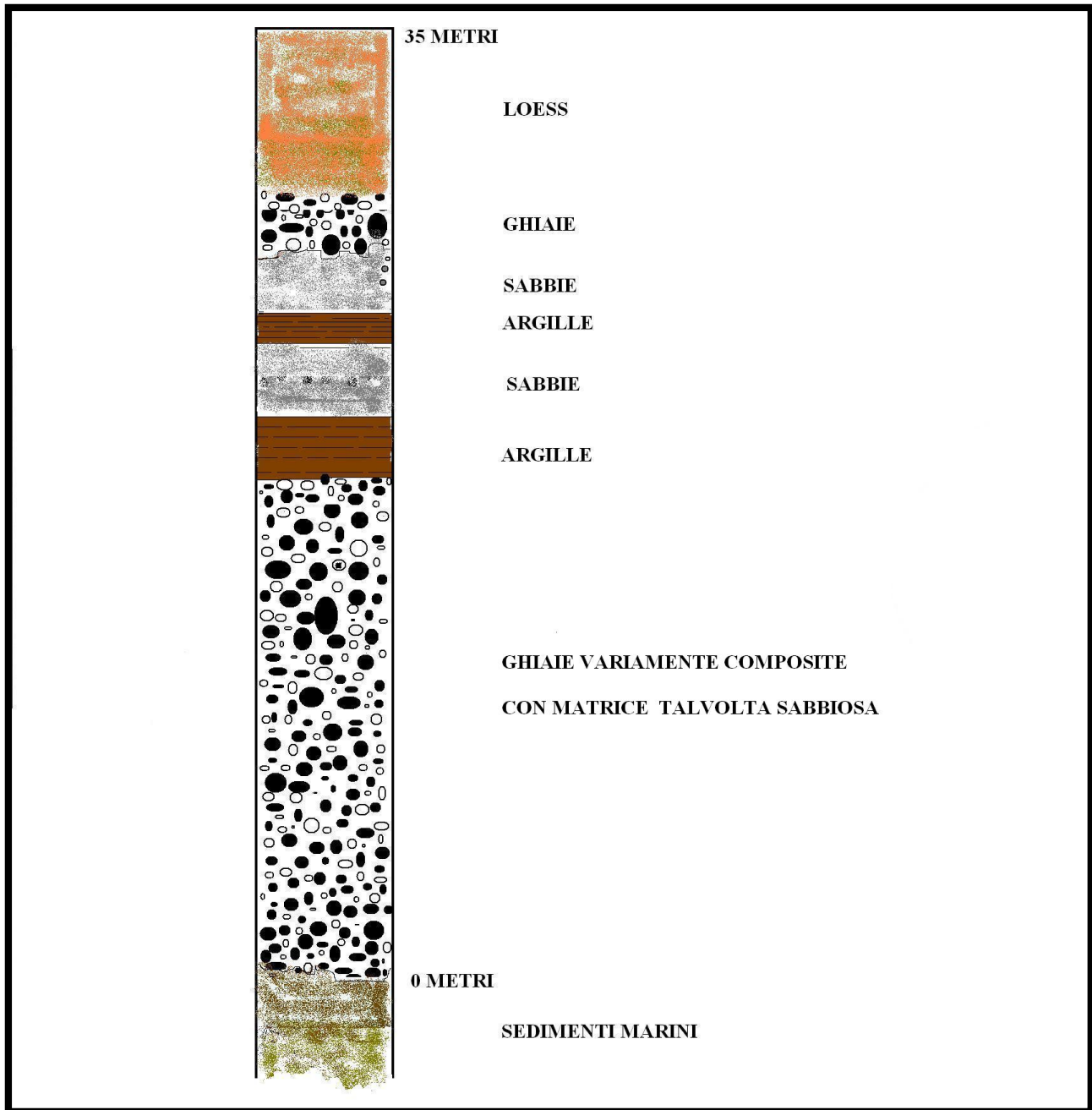


Configurazione globale del Monte Netto rispetto alla Pianura Padana.

*Fonte: (modificata da) Google Maps*

Il colle di Capriano e gli altri rilievi segnalati sono caratterizzati da depositi alluvionali più antichi rispetto a quelli affioranti nella pianura limitrofa e poggiano su antiche argille ricche di molluschi fossili di ambiente costiero. Ciò fa presupporre che i terreni del colle si siano formati dapprima sui sedimenti marini, poi è avvenuto il sollevamento e successivamente il Fiume Mella ed altri corsi d'acqua minori di quel periodo hanno trasportato e depositato le alluvioni attorno al colle, come tuttora sta facendo il Mella sul lato occidentale del colle di Capriano.

## STRATIGRAFIA DEL COLLE DI CAPRIANO



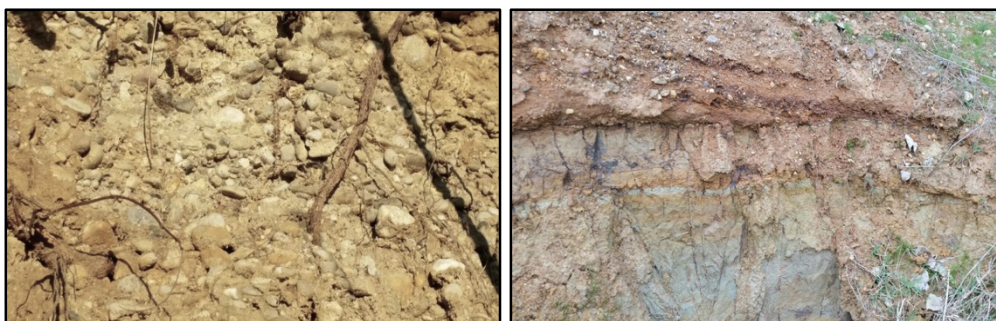
L'analisi dei terreni sul Monte Netto ha permesso di elaborare questa stratigrafia, dove è possibile vedere l'alternanza tipica dei sedimenti. Nel tratto superficiale è presente un livello di origine glaciale denominato loess, molto simile a quello dei colli di Ciliverghe e di Castenedolo.

## I SEDIMENTI DEL FIUME



Ghiaie e sabbie: depositi della pianura che attualmente il fiume Mella trasporta e accumula lungo le sue sponde.

## I SEDIMENTI DEL MONTE NETTO



Le ghiaie costituiscono l'ossatura basale del colle.

Nel colle si possono trovare diversi livelli alternati di argille, sabbie e ghiaie che evidenziano una sedimentazione complessa e variata nel tempo.



La sommità è caratterizzata da argille e loess che coprono completamente il colle; nelle zone dove la vegetazione è scarsa l'erosione continua la sua azione.



In questa fotografia sono visibili dei livelli più scuri, dove sono stati ritrovati reperti archeologici di selci preistorici del Paleolitico Medio Inferiore, segno che il Monte Netto era già frequentato dalle prime popolazioni della Pianura Padana.



## SISMICITÀ DEL COLLE

In Italia a partire dall'inizio degli anni '70 del secolo scorso è stato sviluppato un iter tecnico-operativo per rispondere preventivamente e adeguatamente agli effetti di un terremoto ed allo stesso tempo per gestire al meglio una "convivenza forzata" con gli eventi sismici. Le prime norme in materia risalgono al 1971 e successivamente furono implementate nel 1974. Nel 1982 poi il territorio italiano fu suddiviso in aree caratterizzate da diverso rischio sismico, tenendo presente fonti storiche e fatti avvenuti nelle diverse regioni. La classificazione attuale, a partire dal 2003, prevede 4 zone e viene costantemente aggiornata sulla base di studi teorici, sulle nuove conoscenze del territorio e sul manifestarsi di nuovi terremoti. Nel 2008 infine furono formulate le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008), che forniscono ai professionisti - ingegneri, architetti, geometri e geologi - le indicazioni da seguire a partire dalla fase progettuale fino alla realizzazione del progetto. In definitiva la classificazione sismica in Italia è articolata secondo il seguente schema:

ZONA 1	708 comuni	Sta ad indicare una sismicità alta in cui il territorio è sottoposto a eventi sismici di grande intensità e molto distruttivi.
ZONA 2	2345 comuni	A questa fascia corrisponde una sismicità media, con intensità dei fenomeni sismici che può provocare danni molto seri.
ZONA 3	1560 comuni	Qui i fenomeni sismici sono di bassa intensità, anche se qualche terremoto può avere intensità considerevole.
ZONA 4	3488 comuni	Sono quei territori comunali dove la sismicità è limitata e deriva perlopiù da onde sismiche generate in aree limitrofe.

I comuni della provincia di Brescia dal 2015 appartengono esclusivamente a due fasce: nella fascia 2 rientrano 52 comuni, quasi tutti localizzati nella zona compresa tra il lago di Garda e Brescia, tutti gli altri sono inseriti nella zona 3.

L'appartenenza alle diverse fasce, oltre a considerare gli effetti disastrosi che possono verificarsi, tiene presente anche l'accelerazione che subiscono gli oggetti e le abitazioni quando si scatena un terremoto. In particolare nella fascia 1 l'accelerazione è maggiore di 0,25g, ciò vuol dire che un'abitazione viene spinta con un'accelerazione pari a 0,25 per il valore della gravità terrestre. Nella fascia 4 invece il valore è sempre inferiore di 0,05 per il valore della gravità terrestre.

Il comune di Capriano del Colle, secondo l'Ordinanza PCM n°3274 del 20 marzo 2003, ricade in zona sismica 3, dove in genere i terremoti sono rari, ma le onde sismiche provenienti da altre aree possono attraversare il territorio senza tuttavia arrecare danni significativi. Nella documentazione storica, a partire dal II secolo a.C., sono segnalati diversi terremoti con epicentro circoscritto in un'area circolare di raggio 30 Km a partire dal centro abitato di Capriano: 15 episodi tellurici dal 217 a.C. sino al 2002 d.C. ed un'altra quindicina dal 2009 al 2015. Tra quelli che hanno avuto un epicentro più vicino a Capriano occorre ricordare quello del 25 dicembre 1222 di magnitudo 6,1, il terremoto di magnitudo 4,8 del 9 agosto 1839, avvenuto al confine dei comuni di Castelmella e Fornaci ed altri due nell'area industriale di Flero, in data 23/11/2013 (M3,2) e 22/07/2014 (M2,4).

Chi volesse consultare altri eventi avvenuti in Italia può visionare i seguenti siti internet: <http://www.portaleabruzzo.com>, <http://cnt.rm.ingv.it> e <http://emidius.mi.ingv.it/ASMI/>.

## **INTERVENTI PER LA REALIZZAZIONE DI OPERE. COSA FARE?**

Da queste brevi note si comprende quanto complesse siano la geologia e la storia sismica di un territorio e quanto particolare sia quella di Capriano. Eventi tellurici di grande intensità hanno causato in certe zone d'Italia l'abbandono dei vecchi paesi distrutti e la conseguente ricostruzione di agglomerati urbani in aree limitrofe. A questo punto sorge una spontanea domanda «cosa fare» per poter convivere con i terremoti dal momento che non si possono prevedere e che non si può pensare di abbandonare il proprio territorio? Una soluzione è proprio quella di riuscire a convivere nel miglior modo possibile: gli studi di geofisica e sismologia e le relative normative in campo ingegneristico hanno principalmente questo scopo.

Le direttive generali prevedono innanzitutto di avere un'ottima conoscenza del territorio e dell'ambiente naturale e di applicare criteri idonei per una progettazione adeguata nella realizzazione di opere anti-sismiche. Le amministrazioni comunali devono dunque munirsi di studi completi riguardanti la geologia, che consentano di caratterizzare tutti i diversi settori, suscettibili peraltro di risposte molto diverse in caso di sisma. Questo tipo di studi territoriali, che rientrano nella cosiddetta microzonazione sismica, mette in risalto le differenti litologie, le strutture geologiche, le faglie sepolte, la conformazione delle aree sopraelevate, la presenza della falda e la variazione del livello piezometrico e le difformità strutturali tra un punto e l'altro, che spesso sono la causa di differenti risposte durante le scosse di un terremoto. Difatti, come è stato notato nei terremoti de L'Aquila e dell'Emilia, capannoni vicini costruiti nello stesso periodo e con le stesse modalità, hanno avuto

contraccolpi diversi, nel senso che alcuni di essi hanno resistito al terremoto ed altri invece sono crollati provocando anche vittime. Inoltre è stato osservato che aree relativamente distanti dall'epicentro hanno subito conseguenze più distruttive rispetto ad aree adiacenti all'epicentro. Perciò da questo tipo di analisi territoriale scaturiscono cinque principi generali che consentono di rispondere con maggiore sicurezza e tranquillità agli eventi di un terremoto:

1. stabilire la scelta di un'area per nuovi insediamenti;
2. definire il tipo di interventi ammissibili nelle diverse aree;
3. programmare le indagini geotecniche di modo tale che restituiscano una conoscenza puntiforme del sito;
4. stabilire le modalità di intervento nelle aree già urbanizzate;
5. definire la priorità degli interventi.

Una considerazione importante è che tutti i progetti relativi alle costruzioni siano corredati da indagini geologiche e geotecniche. Molto utili a questo proposito sono le prove sismiche, un metodo basato sulla registrazione di onde create artificialmente mediante un martello su una piastra infissa sul terreno: dei fonografi opportunamente situati lungo un tracciato permettono di ricostruire la struttura del sottofondo e di stabilire la velocità di propagazione di particolari onde all'interno dei sedimenti. Altre prove significative sono l'esecuzione di sondaggi spinti fino a 10-20 metri che consentono di ricostruire la stratigrafia del terreno sottostante e le cosiddette prove penetrometriche che permettono di conoscere la consistenza e la compattezza del sottofondo su cui saranno impostate le fondazioni. In questo modo si potranno definire con maggiore precisione gli indici e i parametri geotecnici che gli ingegneri dovranno tenere in considerazione durante la progettazione.

## **CONCLUSIONI**

Questo breve excursus sul territorio di Capriano del Colle ha l'intento di far conoscere anche al lettore meno esperto gli elementi più semplici ma significativi per quanto riguarda la struttura e l'evoluzione del Monte Netto.

Sono emersi temi legati alla storia geologica del luogo e alla sua formazione che hanno determinato la conformazione attuale del Monte Netto e delle aree limitrofe. Il territorio di Capriano presenta meno problemi per quanto riguarda la sismicità rispetto ad altri comuni bresciani, come quelli

dell'Alto Garda, zona in cui i terremoti sono frequenti e spesso hanno arrecato danni notevoli. Un terremoto in particolare, quello del 25 dicembre 1222, ha avuto l'epicentro proprio nel Monte Netto e dagli studi condotti dai geologi e geofisici è emerso che l'area del colle potrebbe essere soggetta a terremoti poco frequenti ma sicuramente di grado elevato. Per questo è necessario fare molta attenzione e richiamarsi a quanto richiesto dalle norme nazionali nella progettazione e nell'esecuzione di un lavoro edilizio, in modo tale da avere una risposta positiva durante il manifestarsi di un evento tellurico. Tutto ciò permetterà di realizzare delle costruzioni efficienti dal punto di vista sismico, augurandosi che un terremoto non si verifichi mai nel territorio comunale di Capriano del Colle.

AUTORI: *Fascioli Francesca Paola* (Ingegnere, Capriano del Colle)  
*Schiavone Fulvio* (Geologo, Flero)

## ***BIBLIOGRAFIA***

- BERLUSCONI A. et al., *Evidenze paleosismiche nell'area epicentrale del terremoto del 25.12.1222: risultati preliminari*. Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida – 26 Congresso Nazionale – 13-15 novembre 2007, Roma
- LIVIO F. et al., *Active fault-related folding in the epicentral area of the December 25, 1222 (Io = IX MCS) Brescia earthquake (Northern Italy): Seismotectonic implications*. Tectonophysics, 2009
- VILLA F., *Studio geologico del territorio comunale di Capriano*, Milano, 1994
- ZILIANI L. et al., *Relazione geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio - Comune di Capriano del Colle*, Brescia, 2010

## ***CARTOGRAFIA***

- Carta geologica d'Italia 1:100000: Foglio 47
- CTR Regione Lombardia: Foglio D6b3, Foglio D6a2

## ***SITOGRAFIA***

- <http://www.portaleabruzzo.com>
- <http://www.protezionecivile.gov.it>

