

Come stanno progredendo gli studi per la previsione dei terremoti? In questo campo, la ricerca segue prevalentemente tre strade:

- studio delle cause profonde (la geologia dei luoghi, compressioni o distensioni della crosta, presenza di faglie, vulcani, eccetera);
- interpretazione fisico-matematica dei fenomeni;
- studio di segnali precursori.

Lo studio delle cause profonde dei terremoti ha portato molti geofisici a cercare di riprodurre in laboratorio le condizioni reali di un sisma.

Questi studi sulla compressione delle rocce hanno anche permesso di capire il significato delle scosse di avvertimento rispetto a quella principale. Osservando un pezzo di roccia durante una compressione si è visto che poco prima della rottura definitiva, che in natura coincide con la scossa principale, si generano delle microfrazture, che dovrebbero corrispondere alle scosse di avvertimento.

In particolare, sono stati elaborati due modelli di previsione, uno americano e uno russo, suddivisi in cinque stadi. Nel primo stadio, all'interno della crosta si accumula energia elastica. Nel secondo stadio si formano molteplici fratture e si nota un aumento di volume. All'interno delle fratture inizia a circolare acqua e si registra un aumento di radon, ceduto dalle rocce ai liquidi circolanti. Sempre nel secondo stadio si registra una diminuzione della velocità sismica. Nel terzo stadio, quello che precede immediatamente il sisma, il modello americano e quello russo si discostano. Gli americani ritengono che in questa fase vi sia un incremento di acqua nella zona di maggior tensione: ciò aumenta la pressione sulle rocce e provoca una nuova serie di fratture, fino al punto in cui le rocce cedono catastroficamente, alla ricerca di una nuova stabilità. Nel modello russo, invece, l'acqua non riveste alcun ruolo fondamentale e il terremoto finale è dato dall'instabilità della roccia deformata. Il IV stadio è quello proprio dell'evento sismico principale. Il V, infine, riguarda le scosse di assestamento.

Il grande limite delle prove condotte in laboratorio risiede nell'oggettiva difficoltà di riprodurre fedelmente le condizioni di alta temperatura e pressione elevata che caratterizzano la litosfera e l'astenosfera, per giunta in una scala spazio-temporale così ridotta rispetto a quella naturale.

La trattazione numerica dei fenomeni sismici mette in relazione la ricorrenza dei terremoti in una stessa zona e in zone diverse, creando modelli statistici; seguendo tale approccio si ricostruisce la storia sismica di una regione, evidenziando quelle aree dove potrebbero, con maggiore probabilità, verificarsi nuovamente terremoti a carattere distruttivo. Tale modello risulta molto incerto, poiché non riesce a inquadrare esattamente i tempi dell'evento sismico. In Italia, nel gennaio del 1985, fu dato un allarme sismico nella zona della Garfagnana. Sulla base dell'evoluzione di alcuni terremoti del passato e delle note condizioni geologiche locali, si temeva che alcune piccole scosse potessero essere seguite da una forte scossa distruttiva. Furono allertati e mobilitati centinaia di uomini e mezzi della Protezione Civile e, in alcune zone, la popolazione fu invitata ad allontanarsi dalle proprie abitazioni. Ma l'atteso terremoto non si verificò. Ne seguì uno strascico di polemiche sull'opportunità di lanciare un allarme, creando disagi e ansia nella popolazione, quando si dispone solo di una previsione probabilistica. Ci sono, in proposito, due atteggiamenti contrapposti. Chi ritiene che l'allarme vada dato comunque, cercando di gestire al meglio l'emergenza, da considerarsi come una necessaria esercitazione di protezione civile. Chi pensa invece che le conseguenze dell'allarme potrebbero essere talmente gravi (panico, fughe disordinate, possibili vittime) da provocare più danni dell'eventuale terremoto. In Italia il dibattito è ancora aperto: di fatto, dopo l'episodio della Garfagnana, non sono più stati lanciati allarmi sismici preventivi. Tuttavia, le esercitazioni di protezione civile si stanno incrementando in molte zone a rischio.

L'osservazione di migliaia di terremoti avvenuti sul nostro pianeta ha portato i geofisici a stilare un elenco di alcuni fenomeni che precedono un sisma. Questi segnali precursori sono stati divisi in due gruppi: a lenta e a rapida evoluzione. I *precursori a lenta evoluzione* sono quelli che comprendono gli innalzamenti o gli abbassamenti del suolo (misurati anche con sofisticati mezzi satellitari), le emissioni di gas radon (gas radioattivo prodotto dalla trasformazione di sostanze contenute nei minerali delle rocce) e le variazioni di colore e temperatura delle acque sotterranee. Questi indicatori presentano il problema di non precedere in maniera costante e regolare un terremoto e di avere una evoluzione talmente lenta da non permettere l'attivazione di misure di allarme affidabili. I precursori a rapida evoluzione sono quelli che solitamente si presentano poco prima di un terremoto, motivo per cui sono ritenuti più attendibili dai sismologi di tutto il mondo. Si tratta di *foreshocks* (dall'inglese: *fore*, anticipo, *shocks*, scosse), variazioni dei tempi di arrivo delle onde sismiche e modifiche dei campi geoelettrici e geomagnetici. Vediamoli in dettaglio.

- *Foreshocks*, ovvero *scosse premonitrici*. Le esperienze del passato e quelle attuali indicano che molto spesso le grandi scosse di terremoto a carattere distruttivo, come quella di San Francisco del 1906, sono state precedute da un numero consistente di sismi di magnitudo compresa tra i valori di 5 e 6.
- Durante le scosse premonitrici si sono registrate delle notevoli variazioni nel rapporto tra i *tempi di arrivo* delle onde prime (P) e delle onde seconde (S) e anche tra queste ultime, che sono onde di volume, e le onde superficiali. I valori ottenuti sono considerati però di scarsa affidabilità, poiché sono troppo soggetti a turbative di natura geologica e risentono in maniera eccessiva della vicinanza della fonte (cioè dell'ipocentro). Ciò significa che tali segnali premonitori sono misurabili solo pochi minuti prima della scossa, cosa che li rende inutilizzabili ai fini della protezione civile.
- I maggiori studiosi delle *variazioni geoelettriche* hanno scoperto che, collocando degli elettrodi sul terreno, a poche decine di metri gli uni dagli altri, possono essere misurati i valori elettrici caratteristici di una zona. Poche ore prima di una scossa di terremoto questi valori si modificano in maniera anomala, facendo registrare delle differenze di potenziale e di resistività del terreno. Poiché le variazioni sono dell'ordine di pochi millivolts (la millesima parte del volt), l'interpretazione dei valori richiede strumenti sempre più precisi e sofisticati, in grado di distinguere le modifiche dovute a un terremoto imminente da quelle generate da altre cause.

Nelle zone in cui si verificherà un terremoto, il *campo magnetico* subisce una variazione. Nel 1855 un ottico di Edo (l'attuale Tokio) osservò, poche ore prima del terremoto, una grossa calamita a ferro di cavallo perdere tutte le sue caratteristiche magnetiche, per poi riacquistarle alla fine del sisma. In Calabria, durante il terremoto del 16 novembre 1894, l'ago magnetico della bussola dell'ufficio telegrafico di San Giovanni in Fiore fece 32 giri consecutivi sotto gli occhi attoniti degli impiegati. L'associazione terremoto-variazione del campo magnetico è oggi universalmente accettata da tutti i sismologi, anche se per molti anni la sua validità è stata ignorata e sottovalutata. Dagli anni Cinquanta fino ai giorni nostri c'è stato un notevole incremento dei dati ricavati dagli studi sulle variazioni dei campi magnetici delle rocce prima di un sisma. Attualmente, i problemi da superare sono quelli legati alla difficile interpretazione delle cause che possono essere, a volte, estranee ai terremoti.

Al termine della nostra analisi, possiamo così riassumere schematicamente i principali segnali premonitori.

- Microterremoti dell'ordine di 1-3 magnitudo possono intensificarsi da pochi mesi fino a qualche anno prima di un grande evento sismico.
- Scosse premonitrici di magnitudo 5-6 lungo la linea di faglia.
- Piccole variazioni nella velocità delle onde nella zona sotto stress, dovute probabilmente a rotture poco prima del cedimento.
- Crepe e micromovimenti lungo la faglia che si possono misurare direttamente sul posto.

- Sollevamento del livello del suolo, a volte osservabile direttamente.
- Deformazioni superficiali, a volte osservabili direttamente.
- Elettromagnetismo a bassa frequenza.
- Aumento del livello delle acque dei pozzi. Quando la crosta è compressa l'acqua risale provocando tali innalzamenti.
- Emissioni di radon. La compressione della crosta provoca l'anomala esalazione del radon, un gas prodotto dalla decadenza radioattiva di minerali della crosta.

[Da: *Terremoto*, di F. Foresta Martin e P. Polizzi, Guide per la mente, Avverbi edizioni, Roma, 1998, pp. 79-86]