

In memoria di Giuseppe Grandori

Professore Emerito di Scienza delle Costruzioni – Politecnico di Milano
Padre dell'Ingegneria Sismica in Italia

Vengono di seguito riportati due Suoi scritti:

- la Parte I della relazione “*Difendersi dai terremoti: la lezione dell'Irpinia*”, trasmessa dal Consiglio Nazionale delle Ricerche - Progetto Finalizzato Geodinamica (C.N.R. – P.F.G.) e presentata il 10 dicembre 1980 al Presidente della Repubblica On. Sandro Pertini e ad altre massime autorità dello Stato;
- l'ultimo intervento “*Difendersi dai terremoti*”, pubblicato nel luglio 2011, al compimento dei 90 anni, congiuntamente all'intervento (“*Decidere in condizioni di incertezza. Il caso del rischio sismico*”) della Prof.ssa Elisa Guagenti, Sua moglie.

Questi due brevi scritti, per quanto distanziati dall'arco temporale di due grandi terremoti (Irpinia-Basilicata: 23 novembre 1980 e Abruzzo: 6 aprile 2009), sono di per sé sufficienti a evidenziare la profondità e il rigore scientifico, oltre che la coerenza e attualità, del pensiero e dell'insegnamento del Prof. Giuseppe Grandori.

L'importanza e la cogenza dei concetti espressi in tali scritti, con esplicita sottolineatura dell'esigenza strategica di ragionare in termini di valutazioni di rischio sismico (quale stretto intreccio, nelle diverse aree sismiche, tra entità-caratteristiche al suolo del moto sismico "atteso" e qualità degli insediamenti umani presenti), è ulteriormente sintetizzata da queste Sue parole desunte da un documento del P.F.G.-C.N.R. del gennaio 1981, quale "*insegnamento ... dalla storia sismica della Penisola*":

1. *tutte le zone di alta sismicità del nostro paese sono già oggi da considerare in condizioni di emergenza;*
2. *i tempi disponibili per mettere in atto provvedimenti di difesa in tali zone sono dello stesso ordine di grandezza di quelli necessari per la ricostruzione delle zone colpite dall'ultimo terremoto.*

Il problema deve dunque essere affrontato in termini generali.

.....
*Nella prospettiva di un intervento generalizzato, poiché non è pensabile di provvedere in tempi brevi all'adeguamento antisismico delle costruzioni esistenti in tutte le zone di alta sismicità, si tratta in ogni caso di una corsa contro il tempo, con **interventi guidati da accurati studi per la scelta delle priorità**. Gli interventi si riveleranno certamente, prima o poi, utili; potrebbero risultare preziosi anche in tempi non molto lontani.*

Sarà comunque indispensabile una eccezionale mobilitazione sia delle forze politiche sia della comunità tecnico-scientifica....".

Tutta la Sua azione ha teso costantemente a sottolineare l'esigenza fondamentale e imprescindibile che:

- *il Paese, a tutti i livelli, dalla classe politica, alle forze sociali, agli organi di informazione, ai singoli cittadini prenda definitivamente coscienza che i terremoti sono una componente costante della vita nazionale;*
- *occorre far crescere la consapevolezza che è possibile, purché lo si voglia, difendersi dai terremoti, pur nella contestuale precisazione che non sono possibili interventi miracolistici, in quanto non si ribaltano in pochi anni secoli di arretratezza e di abbandono;*
- *si proceda con urgenza alla ristrutturazione dei Servizi di Stato e degli Enti di ricerca, investendovi risorse in modo da non disperdere, ma anzi sviluppare, potenziare ed arricchire il faticoso ma positivo processo di crescita scientifica avviato dal Progetto Geodinamica”...*

Giuseppe Grandori

Professore emerito di Scienza delle Costruzioni Politecnico di Milano.

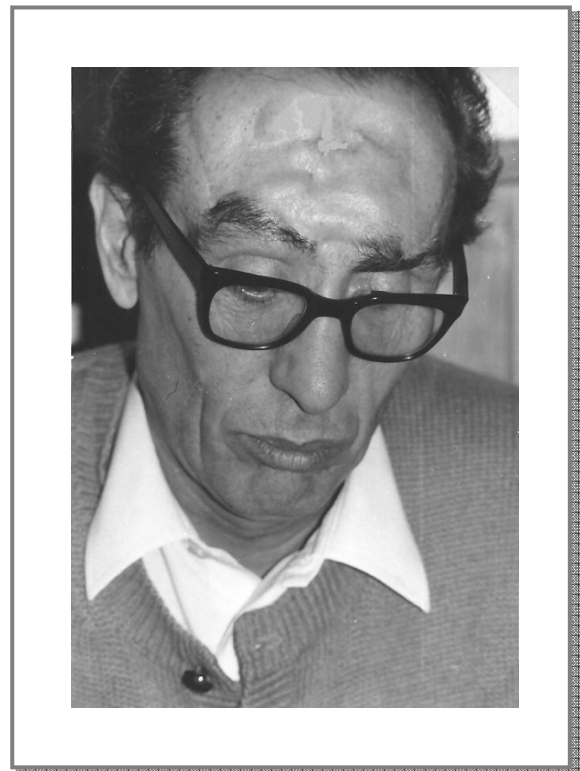
Ha insegnato Costruzione di ponti, Scienza delle costruzioni, Ingegneria sismica.

E' stato Presidente, e poi membro onorario, dell'IAEE (associazione mondiale di ingegneria sismica) e dell'EAAE (associazione europea di Ingegneria sismica).

Numerosi sono i riconoscimenti ricevuti da università e da istituzioni italiane e straniere come padre dell'ingegneria sismica in Italia.

Importante il suo contributo, anche a livello operativo e legislativo, in occasione dei terremoti del Friuli e dell'Irpinia.

La sua produzione scientifica, raccolta in un centinaio di pubblicazioni, offre contributi innovativi negli argomenti di elasto-plasticità, di dinamica, di ingegneria sismica. Di particolare interesse in ambito sismico sono state le Sue ricerche sul processo decisionale del rischio accettabile.



Difendersi dai terremoti: la lezione dell'Irpinia

PARTE I - LA DIFESA DAI TERREMOTI

1. - Premesse

Da "I terremoti d'Italia" di Mario Baratta, Torino 1901: "Nel giorno 8 settembre 1694 un disastroso terremoto, verso le 17,45 ital., colpiva la provincia di Salerno, di Avellino e di Potenza estendendosi anche nelle limitrofe.

.....

Calitri - interamente diroccato, abbattuto il castello: 700 morti, secondo altri 1.200.

Caposele - cadute 150 case ed alcune chiese, le altre rese inabitabili: 40 morti, 60 feriti.

Conza - metà degli edifici diroccati: rovinata la chiesa maggiore e quelle di San Menna e di San Gaetano, il palazzo vescovile: 40 morti (secondo altri 300).

Lioni - dirute quasi tutte le case: 10 morti e 100 feriti.

.....

Pesco Pagano - quasi tutto distrutto: 230 morti e 300 feriti.

.....

S. Mango - caduto un gran numero di case: 20 morti.

S. Angelo dei L. - ruinate quasi tutte le case: 700 morti e 200 feriti.

S. Andrea di Conza - affatto desolata: 100 morti (secondo altri 50) e 50 feriti.

.....

Teora - quasi rovinata: 400 morti (secondo altri 300)".

L'estensione della zona colpita e l'intensità del terremoto dell'8 settembre 1694 sono del tutto paragonabili a quelle del recente evento del 23 novembre 1980. Un terremoto con intensità (all'epicentro) paragonabile a quella di quest'ultimo evento si verifica sul territorio nazionale in media una volta ogni 25 anni. L'Irpinia è nota da tempo come zona ad alto rischio sismico. Tuttavia altre zone presentano un rischio paragonabile o anche superiore, come ad esempio alcune aree comprese nell'arco calabro-siculo.

La sismicità del territorio italiano, che da quanto detto può apparire molto elevata, è in realtà modesta rispetto a quella di altri Paesi. Ad esempio in California (la superficie è circa uguale a quella dell'Italia) un evento che metta in gioco una quantità di energia distruttiva pari a quella liberatasi nel terremoto irpino del 23 novembre 1980 si verifica in media una volta ogni 2 anni.

Ma va detto che la sismicità di un territorio non è il solo elemento che determina il rischio in termini di vite umane perdute e di danni materiali. In Italia, in particolare, il rischio risulta pesantemente aggravato da alcune circostanze che possono così riassumersi:

- l'alta densità di popolazione fa sì che ogni evento interessi in generale un elevato numero di abitanti;
- il patrimonio edilizio italiano, specie nelle aree sismicamente più attive, è costituito in gran parte da costruzioni manifestamente malsicure in caso di terremoto;
- il processo di adeguamento delle costruzioni alle caratteristiche di sismicità delle varie zone era impostato fino a pochi anni or sono (e quindi ai fini pratici è stato effettivamente realizzato fino ad oggi) sulla base di una "logica" chiaramente antiscientifica: dal 1909, data di entrata in vigore delle prime norme di costruzione antisismiche italiane, un Comune viene dichiarato sismico solo quando in esso si verifica un evento distruttivo, indipendentemente dal fatto che esso sia stato colpito da terremoti in epoche precedenti o comunque dal fatto che le conoscenze sismotettoniche lo indichino come esposto ad alto rischio; un esempio tipico è

Catania, che è tuttora esclusa dall'elenco ufficiale dei Comuni appartenenti a zone sismiche, mentre è in realtà esposta ad alto rischio (nel 1693 fu quasi totalmente distrutta con 16.000 morti su 24.000 abitanti);

- la cronica incapacità di programmazione e di organizzazione delle istituzioni pubbliche, unita, bisogna dirlo, alla scarsa sensibilità della comunità scientifica ai problemi sociali, ha fatto sì che dal 1913 (anno in cui terminano le iniziative stimulate dal terremoto di Messina del 1908) al 1963 il problema della difesa dai terremoti sia stato in pratica ignorato, fatti salvi gli interventi nelle zone via via colpite;

- la mancanza di una adeguata struttura di protezione civile, quale la moderna tecnologia ed una efficiente e ben dotata organizzazione consentirebbero, aggrava le conseguenze degli eventi disastrosi.

Una razionale politica di difesa dai terremoti richiede, in primo luogo, che vengano definite le caratteristiche di sismicità delle varie zone e, in scala più dettagliata, l'influenza che la natura locale del suolo può avere nell'aggravare gli effetti dei moti sismici. Queste conoscenze di base sono indispensabili sia per fissare le norme costruttive sia per evitare una scorretta scelta della distribuzione degli insediamenti. In via di prima approssimazione gli elementi ora detti possono essere schematicamente rappresentati da una mappa delle zone sismiche (in pratica un elenco dei Comuni il cui territorio deve essere considerato sismicamente pericoloso, con diversi gradi di pericolosità) e da una serie di coefficienti che tengono conto di diversi fattori dipendenti dalla natura locale del terreno. Indagini più approfondite possono essere eseguite, ed esistono le tecnologie necessarie, per costruzioni di particolare importanza (dighe, centrali nucleari, impianti chimici pericolosi, eccetera).

Dopo di ciò si pongono, essenzialmente, due problemi. Il primo riguarda le norme per le nuove costruzioni ed è quello che ha ricevuto, in Italia come altrove, le maggiori attenzioni sia da parte della legge sia da parte dei ricercatori. Il secondo riguarda le costruzioni esistenti. Questo problema è praticamente ignorato dalla legge e non vi sono segnali da parte delle competenti autorità di una presa di coscienza della gravità del problema, nè di una volontà politica di affrontarlo in termini di ricerca applicata e di provvedimenti operativi. E ciò nonostante sia chiaro a tutti che le vecchie costruzioni sono la causa principale di vittime e danni e nonostante il fatto che da alcuni anni il mondo dei ricercatori si sforzi di attirare l'attenzione sulle possibilità di soluzione del problema.

2 - La mappa sismica: situazione attuale e processo di revisione in corso

Si è già detto che la situazione attuale della mappa sismica ufficiale è del tutto insoddisfacente dal punto di vista scientifico. Le lacune della mappa sismica attuale sono state, del resto, tragicamente sottolineate dagli eventi sismici dell'ultimo decennio. Negli anni 1974 e 1975, in occasione dell'ultima revisione della normativa sismica, il problema è stato affrontato dal Ministero dei lavori pubblici, ma nessuna decisione operativa è stata adottata.

E' opportuno mettere in evidenza le principali difficoltà che si incontrano in questo campo. Vi sono innanzitutto difficoltà di tipo strettamente scientifico: la raccolta, la revisione critica e l'elaborazione statistica dei dati storici, lo studio delle caratteristiche sismotettoniche delle varie regioni richiedono non solo una grande mole di lavoro ma anche la messa a punto di alcune apposite metodologie. Va detto inoltre che, quando si tratta di passare dai risultati di tali studi alla definizione quantitativa della pericolosità sismica dei singoli territori comunali, la scienza non offre attualmente un criterio univoco, bensì diversi criteri alternativi fra i quali non è facile individuare quello che meglio si adatta agli scopi che si perseguono.

Ma vi è un altro ordine di difficoltà, che deriva dal fatto che il mondo scientifico non può dettare in modo diretto le soluzioni operative: queste infatti hanno enormi implicazioni sociali in termini di vittime, di danni diretti e indiretti, di distribuzione del peso economico di una politica di prevenzione fra tutti i membri della comunità nazionale. Ai ricercatori spetta il compito di chiarire le conseguenze delle diverse decisioni possibili, ma la scelta finale spetta all'intera comunità attraverso meccanismi decisionali adeguati.

Il meccanismo decisionale previsto dalla legge vigente è del tutto insoddisfacente. Ed anche peggiore è la prassi che la tradizione ha instaurato e secondo la quale il mondo scientifico viene chiamato a formulare proposte operative senza che su queste venga poi impostato il necessario processo di revisione e di assunzione di responsabilità politica.

Il Progetto "Geodinamica" ha dedicato molte energie al superamento delle difficoltà scientifiche allo scopo di predisporre in tempi brevi gli elementi di base per le decisioni. Tali elementi consistono essenzialmente in due tipi di carte. Le "carte di scuotibilità" indicano la distribuzione del rischio sismico sul territorio nazionale così come può essere ricavata dalla elaborazione statistica dei dati storici disponibili. Le "carte sismotettoniche" mettono in evidenza le principali relazioni tra attività sismica e strutture tettoniche e consentono quindi di integrare i risultati della analisi statistica con osservazioni derivanti dalla conoscenza fisica del fenomeno.

Entro i primi mesi del 1979 gli operatori del Progetto hanno completato la costruzione delle carte di scuotibilità di tutto il territorio nazionale e la carta sismotettonica dell'Appennino meridionale, del Molise e della Garfagnana. Per la fine del Progetto (giugno 1981) è previsto il completamento delle carte sismotettoniche delle aree sismiche principali. Appena approntato, il materiale veniva ovviamente consegnato al Ministero dei lavori pubblici. Ma nel tentativo di utilizzare i risultati prodotti dal Progetto sono emerse le contraddizioni causate dalla natura politica del problema. Di fronte alla chiara precisazione dei diversi livelli di responsabilità, che gli operatori del Progetto si sono sentiti in dovere di fare, il meccanismo decisionale si è inceppato. E questo inceppamento è risultato particolarmente grave di fronte alla legge che imponeva al Ministero dei lavori pubblici di provvedere in tempi molto brevi alla riclassificazione sismica delle Regioni Lazio, Marche e Umbria.

Dopo un ultimo contatto con il Ministero dei lavori pubblici nell'aprile 1980, gli operatori del Progetto hanno maturato la convinzione che la burocrazia dello Stato ed il potere politico non erano in grado di acquisire in tempi ragionevoli la necessaria coscienza dei termini del problema. I casi possibili erano dunque due: o nessuna decisione sarebbe stata presa, oppure, se presa, la decisione sarebbe stata in buona parte inconsapevole.

Di fronte alla gravità della situazione, gli operatori del Progetto hanno deciso di assumersi la piena responsabilità di proporre un preciso criterio decisionale ed il conseguente elenco dei Comuni da includere fra quelli considerati sismici ai fini delle norme costruttive. Un apposito gruppo di lavoro ha consegnato nel giugno 1980 la proposta relativa alle tre Regioni sopra ricordate, mentre si è impegnato ad elaborare entro il giugno 1981 la proposta per tutto il territorio nazionale. E' attualmente in corso, e sarà pronto in tempi brevissimi, un nuovo stralcio con la proposta di riclassificazione delle zone colpite dal terremoto del 23 novembre 1980.

Del lavoro scientifico svolto, della politica di ricerca seguita, delle responsabilità assunte e sempre pubblicamente dichiarate nei convegni annuali, i ricercatori del Progetto "Geodinamica" sono pronti a rispondere all'opinione pubblica ed alle forze politiche; essi sollecitano, anzi, un pubblico dibattito su questi temi.

Fra le scelte di politica della ricerca operate dal Progetto, vale la pena di ricordare qui quella riguardante la "predizione" dei terremoti. Deve essere ben chiara la differenza fra la "predizione" e la "previsione probabilistica". Quest'ultima indica, per ogni zona, l'intensità e la frequenza dei terremoti attesi (in media) nella zona e serve a definire la pericolosità sismica di questa. La predizione, invece, si riferisce al singolo evento e tende ad indicarne in anticipo l'epicentro, l'intensità, l'istante (o meglio un intervallo di tempo in cui l'evento si verificherà, intervallo che deve essere abbastanza ristretto perchè la predizione sia utile ai fini pratici).

Le ricerche sulla predizione sono oggi appena agli inizi e richiederanno, prima di dare (se li daranno) risultati utilizzabili, molti anni di lavoro e l'impiego di mezzi importanti.

Il Progetto "Geodinamica" ha quindi ritenuto opportuno concentrare i propri sforzi sulle ricerche finalizzate alla politica di prevenzione, dedicando al problema della predizione solo un piccolo gruppo di studio che mantenesse viva la problematica con ricerche-pilota e seguisse da vicino i progressi compiuti nei Paesi che più si sono impegnati in tale campo.

3. - Le norme per le nuove costruzioni

Le norme per le costruzioni in zona sismica, come già ricordato, sono state emanate in Italia nel 1909 e successivamente più volte aggiornate. L'ultimo aggiornamento è del 1974-75 e contiene sostanziali innovazioni suggerite dal progresso delle conoscenze nel settore. Non è qui il caso di discutere in dettaglio il contenuto tecnico delle norme, ma è utile fare alcune osservazioni generali sulla loro efficacia e sui problemi sociali e politici che la legislazione antisismica pone.

Innanzitutto: quali garanzie offre una costruzione antisismica, intendendo per tale una costruzione progettata ed eseguita secondo le vigenti norme antisismiche?

Ciò che le norme tendono ad ottenere è che una costruzione sia in grado di sopportare, sia pure con qualche danno, un terremoto la cui intensità viene superata, in media, nel sito in esame, non più di una volta ogni mille anni. E' questa in sostanza una definizione del "terremoto di progetto".

Ciò che l'applicazione pratica delle norme ottiene è in molti casi un eccellente risultato, anche più brillante di quello cui la norma tende. Sono tuttavia non infrequenti dolorosi insuccessi. A questo proposito si deve osservare che una efficace applicazione della norma richiede, qui come in molti altri problemi costruttivi, una somma di accorgimenti che costituiscono la "buona regola dell'arte" e che sfuggono ad una sistematizzazione di tipo normativo. Si tratta di un patrimonio culturale che deriva dall'esperienza e che coinvolge in una tradizione complessa il muratore come il progettista, il carpentiere come il direttore dei lavori. Nel caso delle costruzioni antisismiche questa buona regola dell'arte è molto più difficile che per le costruzioni ordinarie; essa inoltre, specie per le moderne costruzioni in cemento armato che consentono arditezze formali un tempo sconosciute, è ancor oggi poco diffusa. La disseminazione delle conoscenze disponibili attraverso insegnamenti istituzionali nei corsi di laurea e, soprattutto, attraverso corsi di aggiornamento per professionisti è un problema che andrebbe affrontato in modo organico e con urgenza.

Quanto ai problemi sociali e politici che la legislazione antisismica pone, un semplice esempio estremamente schematizzato è sufficiente per chiarirne la complessità e la portata. Si considerino i due seguenti casi-limite. Nel primo caso si supponga che tutte le costruzioni presenti nelle zone sismiche del territorio nazionale siano eseguite con tecniche moderne ma senza tener conto delle azioni sismiche. E' da attendersi in tal caso un elevato numero di vittime. Inoltre l'ammontare dei danni materiali attesi si può stimare compreso fra i 1.000 e i 1.500 miliardi all'anno.

Nel secondo caso si supponga invece che tutte le costruzioni precedentemente considerate siano eseguite con il livello di resistenza previsto dalle norme attualmente vigenti per le nuove costruzioni ed adottando le concezioni strutturali ed i dettagli costruttivi che la buona regola dell'arte suggerisce. Il numero atteso di vittime risulta in questo caso drasticamente ridotto rispetto al caso precedente. Quanto al costo monetario, derivante dalla somma dei danni attesi (assai minori rispetto al caso precedente) e dell'extra-costi iniziale delle costruzioni rispetto al caso di assenza di normativa sismica (quest'ultimo tradotto in rata annua), si può stimare che esso sia ancora compreso fra i 1.000 e i 1.500 miliardi annui.

Si può dunque dire che il non difendersi dai terremoti, oppure il difendersi al livello di protezione previsto dalle norme attuali, sono due politiche che conducono, alla lunga, a costi monetari dello stesso ordine di grandezza. Ma la seconda politica riduce di molto il numero di vittime atteso.

E' qui importante ricordare che il maggior costo delle costruzioni nelle zone sismiche ricade oggi, in Italia, interamente sui cittadini che risiedono in tali zone. Solo sotto la spinta di avvenimenti drammatici come quello recente dell'Irpinia si mobilita la solidarietà nazionale ed il costo dei danni viene ripartito su tutta la comunità. Si verifica comunque una inaccettabile sperequazione: gli abitanti in zona sismica, se costruiscono senza norme, ottengono dalla comunità nazionale il risarcimento dei danni materiali ma si espongono ad un alto rischio personale; se costruiscono con le norme riducono notevolmente il rischio personale ma devono caricarsi dei costi di costruzione che la comunità non risarcisce. Una politica di interventi economici perequativi si presenta come doverosa.

4. - Il problema delle vecchie costruzioni

L'esame dei possibili interventi si complica quando si tiene conto del fatto che non ci troviamo di fronte ad un territorio vergine nel quale cominciare a costruire con una politica o con l'altra, ma invece ad un territorio nel quale si è costruito per secoli con tecniche che non offrono apprezzabile sicurezza nei riguardi dei terremoti. Vi è dunque in Italia, come del resto in molti altri Paesi, un debito arretrato di investimenti anti-sismici che si è accumulato nel tempo e che comporta fra l'altro una macroscopica sperequazione fra cittadini che vivono in case nuove o vecchie.

E' in generale possibile intervenire su una vecchia costruzione per ottenere che la sua sicurezza sia paragonabile a quella di una nuova costruzione eseguita secondo le norme oggi vigenti; ma il costo di tali interventi è ovviamente maggiore dell'extra-costi di una progettazione antisismica fatta all'origine.

Una stima di larga massima conduce a ritenere che intervenire oggi sul patrimonio edilizio esistente nelle zone sismiche italiane per ottenere una sicurezza omogenea con quella delle moderne costruzioni antisismiche comporterebbe un intervento dell'ordine dei 40.000 miliardi.

Si tratta di un investimento imponente che deve essere verificato con ricerche sulla consistenza effettiva del patrimonio edilizio e affinando le tecniche di intervento già oggi disponibili. Deve essere tuttavia detto chiaramente che il non affrontare questo problema significa adottare una decisione precisa: la situazione di regime sarà raggiunta aspettando che le vecchie costruzioni in zona sismica vengano distrutte dai futuri terremoti, quando non saranno demolite dall'uomo per altre ragioni. Questa decisione ha un costo sociale immenso. Adottarla di fatto, attraverso la politica dello struzzo, non è degno di una classe dirigente responsabile.

Difendersi dai terremoti

di Giuseppe Grandori

luglio 2011

Uno studioso del XV secolo, Giannozzo Manetti, segretario del re di Napoli Alfonso I d'Aragona e autore del pregevole trattato "De Terraemotu", così esordisce: *"I poeti, gli storici, i giureconsulti e i teologi, in generale, ritengono che il terremoto provenga in modo straordinario dal potente Iddio; contro le sentenze di tutti gli astrologi e filosofi che, indagate con somma diligenza e accuratezza le cose naturali, dicono e ritengono che essi (i terremoti) abbiano origine dalla natura stessa"*. E già al suo tempo il Manetti, dopo accurata analisi comparativa delle ragioni addotte dai maggiori esponenti delle due correnti di pensiero, si pronunciava chiaramente per l'origine naturale e quindi per la possibilità, almeno in linea di principio, di una difesa.

Inutile aggiungere che, oggi, non vi è discussione sul fatto che dai terremoti ci si possa difendere. Le conseguenze dei terremoti, in termini di vittime e di danni materiali, derivano infatti principalmente dal cedimento delle costruzioni eseguite dall'uomo. Si tratta dunque di progettare ed eseguire ogni costruzione in modo che sia pronta a resistere ai terremoti che, in base agli studi di Sismologia, ci si attende che possano interessare la costruzione in esame. A questo scopo tendono le "Norme per le costruzioni in zona sismica" che in Italia hanno vigore di legge e rappresentano la prima fondamentale linea di difesa dai terremoti.

Non intendo qui affrontare in dettaglio la struttura tecnica delle norme, ma solo discutere alcuni delicati problemi di carattere decisionale connessi con la loro formulazione. Prima di tutto: "resistere" è da intendersi senza il minimo danno, oppure con danni lievi, oppure con danni anche gravi ma non tali da compromettere la stabilità dell'insieme o di una sua parte significativa? Inoltre, non essendovi modo di definire una "massima intensità possibile" dei terremoti attesi in un sito, come scegliere il livello di intensità fino al quale la costruzione deve essere pronta a resistere? In sintesi, come scegliere l'intensità del terremoto di progetto?

D'ora in avanti chiamerò H questa intensità, che è l'indice più significativo della severità delle norme.

Ciò che le norme sismiche tendono ad ottenere è che le costruzioni resistano senza collassi ad un terremoto la cui intensità viene raggiunta o superata molto raramente nel sito in esame. Ad esempio, per gli ordinari edifici di abitazione, le norme fanno riferimento all'intensità che ha nel sito un "periodo di ritorno" di 500 anni.

Le scelte ora dette non sono il frutto di una analisi razionalizzata del problema decisionale. Esse derivano piuttosto da pionieristiche intuizioni suggerite dalla osservazione degli effetti dei terremoti passati. Ma si tratta, complessivamente, di una scelta appropriata oppure troppo (o troppo poco) severa?

I tentativi di razionalizzazione del problema si sono sempre scontrati con il fatto che qualunque criterio decisionale conduce inevitabilmente alla scelta di un valore accettabile del rischio per la vita delle persone. Scelta assai ardua, tanto che autorevoli studiosi di Psicologia sociale si chiedono se gli esseri umani siano abbastanza intelligenti per occuparsi utilmente della scelta del rischio sismico accettabile¹. Tuttavia, poiché delle decisioni vengono inevitabilmente prese, alcune persone di buona volontà, incuranti della limitatezza delle loro capacità intellettuali, hanno

tentato di stabilire criteri potenzialmente condivisibili (pur se non razionali) di scelta della severità delle norme sismiche.

Un primo tentativo si fonda sulla analisi del costo totale dei provvedimenti di prevenzione, costo valutato come somma dell'extra-costi di costruzione (rispetto al caso in cui si progetti senza preoccuparsi dei terremoti) e del costo attualizzato dei danni attesi per effetto dei futuri terremoti. Alcuni autori hanno sostenuto che il più opportuno livello di severità delle norme sismiche sia quello che rende minimo il costo totale di prevenzione. Fanno notare, questi autori, che il rischio per la vita delle persone non viene trascurato se fra i danni attesi si tiene conto anche del numero atteso di vittime, valutando il danno corrispondente alla perdita di una vita umana come differenza (in media) fra quanto un individuo produrrebbe e quanto consumerebbe nella sua vita residua in assenza di incidenti sismici.

Questo criterio del minimo costo monetario totale ha sollevato una serie di critiche, la più stringente delle quali può essere formulata sinteticamente così: scegliere per il terremoto di progetto l'intensità che rende minimo il costo monetario significa ritenere che non valga la pena di investire neppure un euro per salvare una vita umana. Infatti, se esiste una intensità che minimizza il costo totale (chiamiamola H_m) vuol dire che, per qualunque scelta di H minore di H_m , l'applicazione delle norme, oltre a ridurre il rischio per le vite umane, fa anche risparmiare denaro. Accade cioè che la diminuzione dei danni attesi prevale sull'extra-costi di costruzione. Solo se si supera l'intensità H_m , il costo totale assume andamento crescente al crescere di H e si può a buon diritto parlare di investimento per la protezione di vite umane. Il criterio di minimo costo totale, cioè, suggerisce un limite inferiore per l'intensità di progetto, ma non ci aiuta a rispondere alla domanda: di quanto è opportuno inoltrarsi al di sopra di tale limite?

L'analisi economica, tuttavia, consente di mettere in evidenza una grandezza utile per alcuni sviluppi di cui parlerò più avanti. Vediamo di cosa si tratta.

Per un dato sito e un dato tipo di costruzione, supponiamo di saper calcolare, in funzione di H , sia l'extra-costi di costruzione, sia il numero N di vittime atteso nel periodo di vita utile della costruzione, nonché il costo monetario attualizzato dei danni attesi nello stesso periodo. Potremo allora calcolare, in corrispondenza di ciascun ipotetico valore di H , l'investimento necessario affinché il numero di vittime atteso N diminuisca di una unità. È il "costo marginale di una vita salvata", grandezza che bene rappresenta l'importanza assegnata alla prevenzione del rischio per le persone.

Un diverso criterio di scelta della severità delle norme sismiche stabilisce semplicemente: l'intensità del terremoto di progetto sia tale che "la probabilità di restare uccisi in un qualunque edificio per effetto di un terremoto sia uguale o inferiore a quella di restare uccisi in un incidente automobilistico o sul lavoro. Il rischio sismico viene così correlato a rischi ai quali ciascuno di noi è esposto ogni giorno e che ha accettato in passato". Il criterio del confronto con altri rischi può essere variamente perfezionato (ad esempio distinguendo i rischi volontari da quelli involontari oppure adottando opportuni pesi per tener conto delle diverse distribuzioni nello spazio e nel tempo) ma non evita due critiche fondamentali.

In primo luogo, la scelta del rischio accettabile dovrebbe dipendere "anche" dal costo che la riduzione del rischio comporta. Inoltre, il criterio implica il giudizio che le decisioni prese in passato siano state buone decisioni, ciò che è per lo meno discutibile in molti casi.

In sostanza, né il criterio puramente economico (apparso in letteratura nel 1952²) né il criterio del confronto con altri rischi (proposto nel 1972³) offrono un paradigma condivisibile per la soluzione del nostro problema; a parte il vincolo, peraltro importante, di operare nel campo in cui il costo marginale di una vita salvata è positivo.

Ma il fatto che non si riesca a definire la più opportuna (e tanto meno la "giusta") severità delle norme sismiche non implica che non sia possibile introdurre giustificate variazioni "migliorative"

della severità tradizionalmente accettata. Ciò è infatti possibile (sempre in linea di principio) usando il criterio del confronto e assumendo come parametro significativo il costo marginale di una vita salvata. Vediamo come, appoggiandoci a un esempio.

Siano R_1 e R_2 due diverse condizioni di rischio che riguardano gli abitanti di una grande città; siano S_1 e S_2 i rispettivi costi totali dei provvedimenti di prevenzione con i livelli di severità delle norme vigenti; e sia $S = S_1 + S_2$ l'impegno globale a carico della comunità. Supponiamo che il costo marginale di una vita salvata (CMVS) sia, nel caso del rischio R_2 , maggiore di quello relativo a R_1 . Allora una riduzione dell'impegno S_2 accompagnata da un aumento di S_1 uguale in valore assoluto si risolve in un aumento di vite salvate a parità di S . La variazione migliorativa è dunque a costo zero. Ed è chiaro che, quantitativamente, il trasferimento di risorse più efficace è quello che conduce allo stesso CMVS nei due casi.

Il criterio di confronto basato sul CMVS può essere applicato anche, per così dire, all'interno della stessa normativa sismica per migliorare la distribuzione di risorse fra zone con diverse attività sismiche. Il criterio, che è apparso in letteratura negli anni '70^{4,5}, è stato effettivamente utilizzato nell'ambito della revisione della classificazione sismica dei Comuni italiani predisposta dal Progetto Geodinamica del CNR ed attuata nel corso degli anni '80.

L'Ingegneria sismica è disciplina relativamente giovane, che ha avuto il suo massimo sviluppo nella seconda metà del '900. Il poderoso sforzo di ricerca a livello mondiale ha consentito grandi progressi, sia nella descrizione probabilistica dei terremoti attesi sia nell'analisi della risposta delle costruzioni. Conoscenze che hanno dato corpo alle norme per le costruzioni in zona sismica. Come abbiamo visto, permangono alcune incertezze nelle scelte di fondo, ad esempio sulla scelta dell'intensità del terremoto di progetto.

A questo proposito va osservato che si tratta di incertezze comuni a tutti i problemi di prevenzione del rischio per la vita delle persone, trattati in letteratura sotto il titolo Societal Risk Assessment⁶. In questi casi la scelta non può che derivare da un processo in cui le conoscenze scientifiche si integrano con le esigenze e le propensioni della popolazione interessata, il cui contributo deve essere sollecitato e può rivelarsi decisivo.

Quanto all'efficacia delle norme sismiche nella configurazione oggi generalmente accettata, le numerose osservazioni post-terremoto disponibili mostrano che l'applicazione delle norme riduce drasticamente il numero atteso di vittime (almeno nel rapporto di 10 a 1) oltre ovviamente a limitare i danni materiali. Gli studi tesi al perfezionamento delle norme condurranno certamente ad un aumento della loro efficacia e a una più razionale distribuzione delle risorse.

Ma l'esistenza delle norme non esaurisce tutte le problematiche della difesa dai terremoti. Il problema più urgente è rappresentato dal fatto che sul Pianeta vi sono ampie zone sismiche in cui sussistono costruzioni non antisismiche, tipicamente nei centri storici di antiche città. Ciò che si verifica in numerosi siti italiani. Non mancano le tecnologie per intervenire sulle vecchie costruzioni ottenendo una resistenza paragonabile a quella delle moderne costruzioni antisismiche. È invece mancata (almeno in Italia) la messa in atto di un programma generalizzato di lungo respiro per l'adeguamento sistematico delle costruzioni non antisismiche esistenti.

Si tratta comunque di un processo che richiede tempi lunghi. E nel frattempo, si può far qualcosa per diminuire il pesante prezzo in termini di vite umane che le comunità pagano per gli inevitabili moti sismici?

Uno strumento di difesa, diverso ed indipendente dalle norme per le costruzioni, che ha destato grande interesse e grandi speranze verso la fine del secolo scorso è costituito dai cosiddetti "precursori sismici a breve termine", cioè quei fenomeni che talvolta sono seguiti, nella stessa zona e entro poche ore o pochi giorni, da un forte terremoto. Chiamiamo per brevità F il fenomeno potenzialmente precursore ed E il forte terremoto che talvolta lo segue. Caratteristiche fondamentali di un precursore sono la probabilità di falso allarme p (probabilità che dopo un F

non si verifichi E) e la probabilità di mancato allarme q (probabilità che un E non sia preceduto da F).

L'idea dell'esistenza dei precursori non è nuova (secondo alcuni risale almeno al 17° secolo⁷) ed è chiara l'importanza che avrebbe la conoscenza di un precursore affidabile; sia perché anche le costruzioni antisismiche comportano un rischio residuo, sia soprattutto perché le vecchie costruzioni non antisismiche sono all'origine di dolorose stragi.

Ma dopo gli entusiasmi degli anni '70 e '80, l'interesse degli studiosi per i precursori sismici è andato affievolendosi per alcuni motivi che è opportuno brevemente analizzare.

Molti fenomeni (magnetici, elettrici, geometrici, geochimici, ...) sono stati posti sotto osservazione come Candidati alla qualifica di precursori sismici. Ma la raccolta dei dati statistici necessari per una stima delle caratteristiche p e q di uno specifico candidato precursore richiede tempi di osservazione molto lunghi perché, in ciascuna zona, i terremoti forti sono abbastanza rari. E d'altro canto, per la maggior parte dei fenomeni presi in esame come possibili precursori le osservazioni sistematiche hanno avuto inizio in tempi relativamente recenti, così che i dati finora raccolti non sono sufficienti per utili elaborazioni statistiche. Con la notevole eccezione delle "scosse premonitrici", le quali costituiscono un precursore ben documentato dalle numerosissime osservazioni raccolte nei cataloghi sismici disponibili. Si riscontra in particolare che in molte zone sismiche le scosse di magnitudo (M) medio-bassa (ad esempio dell'ordine di $M=4$) sono talvolta seguite da un terremoto violento. Discuteremo fra poco del peso della parola "talvolta", ma affermiamo fin d'ora che le scosse premonitrici meritano il nome che portano e lo hanno onorato nei decenni e forse nei secoli passati salvando molte vite umane.

Ciò è provato da diversi esempi, fra i quali è famoso il caso del terremoto di Haicheng (Cina, 1975) e rientra anche un caso italiano che merita un commento.

Nel settembre 1920 un violento terremoto ($M=6.4$) colpì la zona della Garfagnana causando gravi danni con il crollo di più di 100 edifici. Narrano le cronache che "il numero delle vittime è stato relativamente basso principalmente perché il terremoto fu preceduto il giorno prima da una scossa avvertita da tutti, a seguito della quale molti pernottarono all'aperto"⁸.

Nel caso di Haicheng l'emergenza è stata dichiarata da una Stazione sismografica e poi gestita dagli apparati della Protezione civile. Nel caso della Garfagnana non si ha notizia di interventi di Enti pubblici o di esperti: si trattò di un allarme sismico "fai da te" basato su un provvidenziale precursore.

E veniamo al significato quantitativo della parola "talvolta" che entra nella definizione del precursore. Per la zona della Garfagnana è stato stimato che su 100 scosse premonitrici solo 2 (in media) sono seguite da un terremoto violento. Diciamo quindi che il precursore ha una probabilità di falso allarme $p=98\%$. Risultati analoghi sono stati trovati per il Friuli e l'Irpinia e anche per la California meridionale, così che sembra lecito ritenere che le scosse premonitrici costituiscano, sì, un precursore, ma che la probabilità di un terremoto violento nel giro di pochi giorni (diciamo nella settimana successiva) è dell'ordine del 2%. Si tratta cioè di un precursore debole.

L'utilizzazione di un precursore debole non è suscettibile di un inquadramento schematico.

La semplice regola "promulgare l'allarme dopo ogni scossa premonitrice" si scontra con grosse difficoltà a causa dell'eccessivo numero di falsi allarmi: Questi, infatti, oltre a comportare un "costo" sociale (sia in termini di costo vivo dei provvedimenti di prevenzione sia per il disturbo delle attività produttive) hanno negativa influenza sulla credibilità del sistema: troppo frequenti "al lupo, al lupo" senza l'arrivo del lupo vanificano in sostanza il sistema di allarme.

Sussistono tuttavia numerose ragioni per continuare a investire risorse nelle ricerche sui fenomeni precursori e sulle loro possibili utilizzazioni.

1. Come abbiamo poco sopra ricordato, con riferimento al precursore debole “scossa premonitrice” (SP), in diverse zone sismiche dai dati storici disponibili è stata tratta la stima che, nella settimana successiva ad una SP, il rischio di un terremoto violento sia dell’ordine del 2%. E’ un rischio piccolo in assoluto, ma è oltre 100 volte più grande del rischio-base di un simile evento in una settimana scelta a caso, indipendentemente da eventuali precursori. Il precursore segnala dunque un importante aumento temporaneo del rischio sismico: un segnale di fronte al quale la comunità scientifica e la Protezione civile devono chiedersi se e quali provvedimenti mettere in atto. E del resto il fatto è ben noto a grandi linee a chi dimora in zona sismica, per accumulo di conoscenze storiche incorporate nella cultura popolare. Ma c’è di più. Contrariamente a quanto accadeva fino a pochi decenni orsono, i cittadini non si accontentano più delle approssimative conoscenze popolari e chiedono alla comunità scientifica informazioni più specifiche e anche suggerimenti sui possibili provvedimenti di prevenzione.

Una informazione importante è il valore dell’aumento temporaneo del rischio sismico. Questo valore può essere stimato con ragionevole approssimazione se si dispone di un catalogo degli eventi della zona sufficientemente lungo. Altrimenti, accettando una più incerta approssimazione, è possibile affidarsi ai dati riguardanti zone sismogeneticamente simili.

I possibili provvedimenti di prevenzione vanno dalla diffusione di semplici regole comportamentali in caso di emergenza, alla selezione dei luoghi di raccolta, dalla organizzazione dell’evacuazione degli ospedali e del trasporto delle persone disabili al raduno di mezzi di soccorso provenienti da zone non esposte, all’evacuazione di edifici eventualmente già danneggiati, all’evacuazione di tutti gli edifici non antisismici (massimo allarme).

Che fare? Va da sé che prima di decidere se e quali provvedimenti adottare dovranno essere considerati tutti gli altri elementi a favore e contro ciascuna delle decisioni possibili. Ma una volta completata l’analisi, va bene affidare solo all’esperto (o gruppo di esperti) la responsabilità della decisione finale?

Autorevoli studiosi di psicologia sociale sostengono in generale che anche i cittadini non specialisti dovrebbero essere coinvolti nel processo decisionale. A loro dovrebbe essere fornita l’informazione scientifica disponibile discutendo i possibili provvedimenti di prevenzione.

Nel caso delle scosse premonitrici, in particolare, il contributo dei cittadini può essere determinante sotto molti aspetti. Nessuno meglio di loro, ad esempio, è in grado di valutare il costo sociale di un eventuale falso allarme.

Si dovrebbe in sostanza tendere ad un iter decisionale compreso da tutti e il più possibile condiviso.

E’ importante infine osservare che tutto l’iter decisionale (dalle premesse scientifiche agli sviluppi dell’analisi) è aperto alla critica metodologica; mentre non ha senso, a posteriori, e cioè a seconda che il terremoto poi si verifichi oppure no, dire che gli avvenimenti reali dimostrano che la decisione presa era quella “giusta” (o quella “sbagliata”). Infatti in una impostazione probabilistica, il risultato di un singolo esperimento non può validare alcunché.

La critica metodologica è utile per migliorare le modalità di formazione della decisione.

In conclusione: le scosse premonitrici hanno in passato salvato molte vite umane grazie ad una tramandata conoscenza popolare e ad una intuitiva analisi costi-benefici. La comunità scientifica è chiamata a suggerire sempre migliori metodi di interpretazione di questo provvidenziale precursore, così da salvare, statisticamente parlando, un sempre maggior numero di vite umane.

2. Se il problema è “che fare quando viene registrata una SP”, la probabilità di falso allarme p è la caratteristica del precursore che domina la scena. Ma la probabilità di mancato allarme q assume anch'essa un ruolo rilevante quando si analizza l'efficacia del precursore in un lungo periodo operativo e soprattutto quando si tenta di costruire un “sistema” precursore di buona efficacia utilizzando due precursori deboli. Questo secondo caso è di particolare interesse perché se due precursori segnalano contemporaneamente l'aumento del rischio sismico per i prossimi giorni, la probabilità che si tratti di un falso allarme può diminuire in modo sorprendente.

E valga l'esempio. Come abbiamo visto, la probabilità di falso allarme di una scossa premonitrice è circa $p = 0.98$. Per fortuna le cose vanno meglio per la probabilità di mancato allarme, che è circa $q = 0.5$. Supponiamo: a) di trovare un secondo precursore con uguali caratteristiche e b) che i due precursori soddisfino determinate condizioni di reciproca indipendenza. In tal caso la probabilità di falso allarme p'' del sistema risulta $p'' = 0.38$, cioè la probabilità di un forte terremoto in tempi brevi passa dal 2%, se si dispone di un solo precursore, al 62% se a lanciare l'allarme è la “coppia” di precursori deboli.

3. L'esempio di cui sopra indica solo uno dei possibili sviluppi delle ricerche sui precursori, alle quali è auspicabile che la comunità scientifica torni con rinnovato vigore. A questo proposito notava Vere-Jones, una delle massime autorità scientifiche del campo:

“..... è paradossale che lo scetticismo circa la fattibilità della previsione dei terremoti sembra aver raggiunto il suo massimo proprio quando per la prima volta la qualità e la quantità dei dati disponibili rendono particolarmente plausibile tale programma. Questo paradosso può rappresentare un cambio di paradigma, un tardivo riconoscimento che l'iniziale sogno di previsione deterministica, pur con qualche termine di errore aggiunto, deve essere sostituito con la più modesta ambizione di definire regioni con maggiore o minore rischio transitorio.

E anche: il monitoraggio continuo di un vasto spettro di potenziali precursori può essere essenziale prerequisito per il successo della previsione dei terremoti”⁹.

In effetti, la letteratura recente pare rispondere a questo invito. Basti il titolo “ Earthquake forecasting – Gone and back again ” di un lavoro apparso nel 2009¹⁰ a riassumere significativamente il risveglio di interesse sull'argomento.

In un discorso sugli strumenti di difesa dai terremoti non può mancare un cenno alla pianificazione degli interventi di riparazione e di ricostruzione a valle di un terremoto distruttivo. Mi sembra ancora di attualità la conclusione di un intervento da me presentato alla Conferenza internazionale di Matera, poco dopo i terremoti del Friuli e dell'Irpinia, con riferimento ai casi in cui un villaggio viene in gran parte distrutto dal terremoto; distruzione alla quale purtroppo consegue anche un numero elevato di vittime. Conclusione che qui integralmente riporto.

“In questi casi mi sembra che sia essenziale tener conto del fatto che il terremoto non produce soltanto il crollo delle costruzioni, ma anche profonde lacerazioni del tessuto sociale. Le relazioni fra gli individui della comunità, che formano il tessuto sociale, mutano improvvisamente, per la morte di molti, per il trasferimento di altri e per i danni alla struttura produttiva.

La ricostruzione del villaggio non può essere programmata da una commissione di esperti, per bravi che siano: il villaggio deve rinascere sulla base delle nuove relazioni che si instaurano a mano a mano che il tessuto sociale si rimargina. E' questa rimarginazione che occorre prioritariamente favorire investendo nella riparazione e, se necessario, nella espansione e riqualificazione della struttura produttiva. Creare posti di lavoro, provvedendo ad abitazioni dignitose ma chiaramente provvisorie, è il compito più urgente. Solo quando vedrà più chiaro nel proprio futuro la comunità potrà orientarsi per una ricostruzione definitiva dell'insediamento: in questa fase occorrerà che l'intera comunità nazionale sia disponibile per assistere finanziariamente e tecnicamente, ma senza imporre soluzioni prefabbricate.”

Riferimenti bibliografici

- 1-Kahneman D., Slovic P., Tversky A. (eds), 1982 “Judgment under uncertainty: Heuristic and biases”, Cambridge Univ. Press.
- 2-Torroja E., Paez A., 1952, ”Calcul de coefficient de sécurité”, VI Congress AIPC.
- 3-Wiggins J. H., 1972, « The balanced risk concept, new approach to earthquake building code », Civil Engineering ASCE.
- 4-Grandori G., Benedetti D., 1973, “On the choice of the acceptable seismic risk”, Earth. Eng. and Struct. Dyn.
- 5-Grandori G., Petrini V., 1977, “Comparative analysis of the seismic risk in sites of different seismicity”, Earth.Eng. And Struct. Dyn.
- 6-Schwing R.C., Albers W.A.jr (eds),1980, “Societal Risk Assessment: how safe is safe enough?”, Plenum Press, New York-London.
- 7-Rikitake T., 1976 “Earthquake prediction”, Elsevier, Amsterdam.
- 8-Boschi E. et al., 1985 “Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.c. al 1980”, Ist. Naz. di Geof.
- 9-Vere-Jones D., 1995 “Forecasting earthquakes and earthquakes risk” Int. Journal of forecasting.
- 10-Johnson B. F., 2009 “Earthquake Prediction – Gone and back again” EARTH.