

ambiente rischio comunicazione

Quadrimestrale di analisi e monitoraggio ambientale

numero 1
ottobre 2011

RISCHIO SISMICO

amra

■ analysis and monitoring of environmental risk



Sommario

**numero 1
ottobre 2011**

RISCHIO SISMICO

Editoriale <i>Ugo Leone</i>	2
Il progetto europeo REAKT <i>Paolo Gasparini</i>	4
Earthquake decision making / Processo decisionale in caso di terremoto <i>Gordon Woo</i>	7
La prevedibilità dei terremoti <i>Warner Marzocchi</i>	11
Early warning: l'unica via per ridurre il rischio sismico delle grandi aree urbane? <i>Iunio Iervolino, Gaetano Manfredi</i>	14
La resilienza <i>Ugo Leone</i>	22
La comunicazione del rischio <i>Pietro Greco</i>	25
Notiziario AMRA	28
Gli autori	32

Editoriale

Ugo Leone

Come ha osservato acutamente il geografo inglese Peter Hagget, “uno storico alla ricerca di un termine che sia in grado di riassumere gli anni Settanta, con molta probabilità, sceglierà, nell’elenco, il termine ‘inquinamento’ che, nonostante la frequenza con cui ricorre, rimane però difficile da definire”. Si potrebbe aggiungere che quello storico alla ricerca di un termine per definire gli anni Ottanta sceglierebbe verosimilmente il termine “*rischio*”. Non a caso il sociologo Ulrich Beck ha definito la nostra la “società del rischio globale”.

Entrambe le definizioni delineano bene le caratteristiche negativamente impattanti nel nostro quotidiano *ambiente* di vita e sul nostro quotidiano modo di vivere e compromettono considerevolmente la buona qualità della nostra vita. Qualità che può migliorare solo creando le concrete premesse e le conseguenti realizzazioni che consentano di convivere serenamente con gran parte delle situazioni di rischio naturale (ma non anche con l’inquinamento prodotto dall’uomo).

Ciò può avvenire soprattutto in presenza di una popolazione consapevole, cioè informata. Cioè di una popolazione destinataria di una corretta informazione, frutto di una precisa e convincente *comunicazione* sulle caratteristiche del rischio e sui comportamenti da tenere al suo manifestarsi. Ambiente, rischio, comunicazione so-

no tre parole chiave che, non a caso, costituiscono anche il titolo che abbiamo scelto di dare a questa rivista di AMRA che debutta con il primo numero dedicato al rischio sismico. Ad un rischio, cioè, imprevedibile per eccellenza, ma che presenta la maggiore possibilità di prevenzione dei danni e, quindi, di convivenza col manifestarsi del fenomeno.

Paolo Gasparini illustra le caratteristiche del Progetto REAKT nell’ambito della cui presentazione a Napoli sarà anche presentato questo numero della rivista.

* * *

Un bambino di sette anni ha scritto in un tema: “Dio ha creato la terra, gli alberi, i fiori, i frutti, i vecchi, i bambini, il cielo, le nuvole, il mondo, le malattie, le mosche, le zanzare, lo squalo, le eruzioni, i terremoti. Quando ha creato le montagne, ci ha lasciato dei vuoti sotto. Perciò le montagne si muovono e succedono i terremoti. Tutti possono sbagliare. Adesso non può rimediare”. In questa semplice interpretazione dei terremoti c’è un’osservazione – “adesso non può rimediare” – estremamente significativa di un modo – proprio degli adulti – di subire i fenomeni naturali e il danno cui molto spesso gli stessi sono collegati, che ha caratterizzato sino a pochi decenni fa l’atteggiamento dell’opinione pubblica.

Ciò fino a quando la stessa opinione pubblica non ha scoperto – anche per merito dei mezzi di informazione – che molto spesso i danni e le vittime lamentate “si potevano evitare”. Da allora il passaggio dalla filosofia dell’imprevedibile calamità naturale a quella della catastrofe “annunciata” e che “si poteva evitare” è stato rapido. Rapido, spesso realistico, talaltra semplicistico: raramente scientificamente corretto.

Si propone, dunque, un altro problema: è importante l’informazione, ma è anche importante, preventivamente la formazione degli informatori. In questo senso anche la comunità scientifica ha le sue responsabilità.

Lo scienziato, istituzionalmente, fa ricerca. Quando i risultati della sua ricerca devono arrivare al grosso pubblico non può prescindere dalla intermediazione dei mezzi di comunicazione di massa. È a questo punto che lo scienziato ha il compito di informare gli informatori: non solo nel senso di

fornire notizie chiare e puntuali sui fenomeni, ma anche nel senso di combattere le interpretazioni strumentalmente scorrette e la diffusione di notizie “false e tendenziose” generate, magari dal solo scopo di fare effetto e vendere di più.

Uno dei più noti e bravi comunicatori scientifici italiani, Piero Angela, ha detto in una intervista a “la Repubblica” che “a parte alcune eccezioni, gli scienziati non parlano, non si fanno vivi, non protestano, non escono abbastanza allo scoperto... Credo che una parte del vuoto che si è creato intorno alla scienza sia in parte dovuto al silenzio di chi dovrebbe parlare”.

Nostro obiettivo non presuntuoso, ma realisticamente perseguibile, è anche quello di contribuire ad una informazione scientificamente corretta e con semplicità comunicata.

Il progetto europeo REAKT

Paolo Gasparini

Il Progetto REAKT (Acronimo di *Methodologies and Tools for Real Time Earthquake Risk Reduction*) è stato definito nell'ambito della Commissione Europea come uno dei più ambiziosi progetti di ricerca sulla Riduzione del Rischio Naturali in Europa finanziato nell'ambito del Programma Quadro FP7.

Le idee alla base del Progetto sono il risultato di un percorso iniziato una quindicina di anni fa, quando nell'ambito del FP6 e, successivamente, del FP 7 sono stati finanziati progetti su diverse componenti della catena del rischio sismico. Tra i più recenti vanno ricordati il progetto SHAKE per produrre metodi probabilistici ed unificati sulla determinazione della pericolosità sismica nei diversi paesi europei, il progetto SYNER-g per la valutazione della vulnerabilità sismica di strutture e infrastrutture includendo la dimensione temporale, il progetto SAFER sullo sviluppo di metodologie di earlywarning, i progetti NERIES e NERA sullo sviluppo e il coordinamento delle reti sismiche europee.

Questo interesse è legato alla consapevolezza che i terremoti sono tra gli eventi naturali cui il territorio europeo è più esposto. Negli ultimi 35 anni (1976-2010) il 20% dei terremoti catastrofici avvenuti nel nostro pianeta si sono verificati in Europa, producendo circa 62.000 morti, che rappresentano il 7% delle vittime per eventi sismici

nell'intero pianeta., e danni per circa 111.000 milioni di Euro. Parte della popolazione europea, soprattutto nella fascia circum-mediterranea, è esposta a livelli di pericolosità sismica simili a quelli delle popolazioni del Giappone e della zona pacifica degli Stati Uniti. Tuttavia la vulnerabilità individuale è da 10 a 100 volte maggiore di quelle del Giappone e degli Stati Uniti. Nonostante la popolazione delle città europee non tenda ad aumentare sostanzialmente (almeno in confronto con gli aumenti riscontrati sugli altri continenti) tuttavia il rischio sismico nelle aree urbane tende ad aumentare nel tempo a causa della crescente industrializzazione e del networking di infrastrutture, linee di servizio ed economie, che rendono le città europee sempre più vulnerabili.

Le azioni preventive, quali l'adeguamento delle strutture esistenti e l'adozione di codici di costruzioni anti sismici, sono la base e l'elemento essenziale di una strategia per mitigare i danni prodotti dai terremoti. Ma nelle città europee una gran parte delle popolazioni vive in centri storici o comunque in aree non costruite con criteri anti sismici adeguati. Per applicare azioni preventive in modo pervasivo è necessario un impegno economico non sempre affrontabile da governi e comunità locali. Un modo per ridurre la vulnerabilità della popolazione urbana è l'utilizzazione di



I partner del progetto REAKT.

metodologie di riduzione dei rischi in tempo reale. Esse sono l'early warning sismico e l'uso di procedure operative basate su previsioni a medio-breve termine caratterizzati, che purtroppo sono caratterizzati da livelli molto bassi di probabilità assoluta. Procedure di quest'ultimo tipo non sono state sviluppate finora in nessun paese, mentre quelle di early warning sono applicate intensivamente solo in Giappone, dove esiste un'apposita legislazione per regolarne l'uso. Il metodo tra l'altro ha funzionato bene nel ridurre i danni del recente terremoto di Magnitudo eccezionalmente alta che ha colpito la costa orientale dell'isola di Hon-shu. Il problema principale nell'utilizza-

zione di questi metodi come base decisionale è che essi forniscono dati probabilistici, e quindi le decisioni prese hanno una significativa probabilità di rivelarsi "a posteriori" sbagliate. Per una popolazione formata culturalmente ad una visione deterministica della vita risulta difficilmente accettabile il concetto reale di "decision under uncertainties" (decisione nelle incertezze).

Nel progetto REAKT per la prima volta tutte le componenti di un sistema di riduzione in tempo reale del rischio sismico vengono trattate insieme con un approccio sistematico e probabilistico. La parte scientifica del progetto è articolata in sei Workpackages, che

formano una successione logica. Essa inizia dalla caratterizzazione di fenomeni transienti, (deformazioni del suolo, pressione di poro, emissioni gassose, micro-sismi), cioè fenomeni variabili nel tempo che possono iniziare da mesi a giorni prima di una scossa distruttiva che essi stessi possono aver contribuito a innescare. Ciò verrà fatto utilizzando metodologie innovative di osservazione nell'area di Corinto, nel Mar di Marmara, lungo la faglia Nord-Anatolica e in Irpinia. Queste informazioni saranno inglobate nei modelli di previsione probabilistica dei terremoti, secondo la logica descritta nell'articolo di Warner Marzocchi. Un obiettivo del progetto è di portare queste metodologie ad un livello pre-operativo. Il passo successivo riguarda le metodologie di early warning. Nel progetto si miglioreranno le prestazioni dei metodi di early warning sviluppate nel precedente progetto SAFER, sia diminuendo l'incertezza nella previsione dell'accelerazione del suolo sotto l'obiettivo prescelto sia migliorando la performance dei sistemi automatici per la protezione di edifici (vedi l'articolo di Iervolino e Manfredi). Verrà poi affrontato il problema della vulnerabilità sia delle strutture che delle reti di servizio sviluppando metodologie che permettano una valutazione della variabilità nel tempo di questa componente. Infine verranno affrontati i problemi della informazione della popolazione e della decisione delle strategie da adottare quando l'informazione su cui basarsi è caratterizzata da grandi livelli di incertezza e tempi molto brevi. L'approccio che verrà utilizzato è quello descritto nell'articolo di Gordon Woo: fornire ai gestori delle emergenze la possibilità di prendere delle deci-

sioni sulla base di scenari quantitativi delle conseguenze di ciascuna di esse e utilizzare al massimo le potenzialità offerte dai social-networks per diffondere un'informazione che renda i cittadini capaci di decidere essi stessi le precauzioni di prendere e il proprio comportamento.

Infine il progetto determinerà la fattibilità di applicazione dei metodi early warning per la difesa di diversi tipi di infrastrutture e di servizi. Le applicazioni previste includono una centrale nucleare in Svizzera, alcuni ponti di grande traffico ad Istanbul e a Corinto, la linea di fornitura del gas alla città di Istanbul, ospedali, un grande complesso industriale in Portogallo, la principale centrale elettrica e la linea di trasporto dell'energia elettrica in Islanda, e l'installazione di un sistema di early warning regionale nei Caraibi. Per quanto riguarda l'Italia gli studi applicativi riguarderanno la fattibilità e l'opportunità della trasformazione della accelerometrica nazionale (RAN) del Dipartimento di Protezione Civile in una rete di early warning nazionale, l'applicazione a difesa del tratto Nola-Baiano (il più vicino alla faglia dell'Irpinia) della Ferrovia Circumvesuviana, e l'implementazione del metodo in due scuole, una a Sant'Angelo dei Lombardi, una delle zone più devastate dal terremoto dell'Irpinia del 1980, e l'altra nell'area vesuviana.

I dettagli del progetto e il percorso dei lavori nei prossimi tre anni verranno decisi nel kick-off meeting del progetto che si terrà a Napoli dal 20 al 22 settembre e al quale parteciperanno tutti i partner e gli utilizzatori delle possibili applicazioni.

Earthquake decision-making / Processo decisionale in caso di terremoto

Gordon Woo

The global death toll from earthquakes is tragic evidence of the continued scope for improvement in earthquake decision-making. Post-event seismological and engineering investigations routinely uncover misjudgements and regretted decisions. Uncertainty pervades all aspects of earthquake decision-making, but formal methods of decision analysis are rarely employed. Partly, this is due to the lack of decision theory in the basic education and training of geoscientists. The instinctive scientific response to uncertainty is to gather more and more information until the unfolding situation is clarified. This is sound laboratory practice, but is not optimal for crisis management. Scientists would prefer to wait than be wrong, but they should be prepared to offer timely advice to civil authorities in circumstances of notable uncertainty.

The decision response to earthquake risk varies according to time scale. For the medium to long term risk, strategies on land use planning and the stringency of seismic codes are the key decisions to be made. The avoidance of construction within the proximity of active faults is a deterministic judgement, subject to uncertainty over the location of poorly mapped or unknown faults. The International Building Code (IBC) stipulates seismic design against a rare earthquake with a 2% probability of exceedance within a building lifetime of 50

Il bilancio globale delle vittime dei terremoti è una tragica prova della continua necessità di migliorare il sistema decisionale sugli interventi in caso di terremoti. Le indagini sismologiche e ingegneristiche, effettuate dopo che un evento è avvenuto, rivelano sistematicamente giudizi e decisioni sbagliate e spiacevoli.

Tutti gli aspetti del processo decisionale in caso di terremoti sono pervasi dall'incertezza; tuttavia raramente si utilizzano metodi formali nell'analisi delle decisioni da prendere. Ciò è in parte dovuto al fatto che la teoria delle decisioni non fa parte del bagaglio culturale di geologi e geofisici. La risposta scientifica istintiva nell'affrontare le incertezze legate ad un evento consiste nel raccogliere quante più informazioni possibili sull'evento in evoluzione finché la situazione non sia chiarita. Questa pratica è valida in laboratorio, ma non è l'ideale per la gestione di una crisi. Gli scienziati preferirebbero aspettare piuttosto che sbagliare, tuttavia dovrebbero essere preparati ad offrire una tempestiva consulenza alle autorità civili in circostanze caratterizzate da una significativa incertezza. Le decisioni sugli interventi per diminuire il rischio sismico variano a seconda della scala dei tempi in gioco. Per il rischio a medio e lungo termine, le decisioni chiave sono le strategie di pianificazione di uso del territorio e il grado di severità dei codici sismici.

years. Whereas modern construction built to seismic code should not collapse in any but the most extreme strong ground shaking, this is not the case for historical legacy construction, e.g. unreinforced masonry, or non-ductile reinforced concrete buildings.

Given the widespread prevalence of such vulnerable buildings within most cities, it is uneconomical to retrofit them, as well as financially and perhaps culturally undesirable to replace them. Ideally, some warning system might allow those working or dwelling in these buildings enough time to avoid danger. Unfortunately, scientific grounds for anticipating an imminent earthquake may never be sufficient to warrant the evacuation of a major population centre. But even though mandatory warnings may not be seismologically justifiable, earthquake advisories can be provided, allowing individuals to exercise their own personal discretion. A bachelor may well be less risk averse than a mother with young children. Uncertain hazard advisories are issued for windstorms, floods, pandemics and terrorism, so why not earthquakes?

Rather than mandating evasive action, civil authorities can 'nudge' citizens to be their own individual decision-makers, making informed choices according to their own specific circumstances. Tourists and other visitors with no obligation or compelling reason to be in the designated hazard zone may choose to stay away. Residents of the hazard zone who live in seismically designed buildings may stay put. But those in fragile homes or offices should consider their options, such as taking precautionary measures to reduce damage or improve disaster resilience, or temporarily stay elsewhere. In the event of a major earthquake, any reduction in the occupancy of collapsed buildings would vindicate the issuance of an earthquake hazard advisory.

Evitare di costruire nella prossimità di faglie attive è un criterio deterministico, soggetto però alle incertezze legate alla posizione di faglie sconosciute o localizzate in modo approssimativo. Il Codice Internazionale per le costruzioni in Zona Sismica (IBC) disciplina la progettazione antisismica per un terremoto raro la cui probabilità di superamento durante i 50 anni di vita utile di un edificio è del 2%. Mentre costruzioni moderne realizzate in base al codice sismico non dovrebbero crollare se non per scosse di estrema intensità, questo non è il caso del patrimonio storico ereditato; ad esempio, edifici in muratura non rinforzati o costruzioni non duttili in cemento armato.

Data la diffusa prevalenza di queste costruzioni vulnerabili nella maggior parte delle città, è anti-economico adeguarli e d'altra parte non è conveniente, finanziariamente e forse anche culturalmente, sostituirli. Idealmente, alcuni sistemi di allarme potrebbero permettere a chi abita o lavora in tali strutture di avere abbastanza tempo per evitare pericoli. Sfortunatamente le basi scientifiche che permettono di anticipare un imminente terremoto non sono adeguate a garantire l'evacuazione di un grande centro abitato. Sebbene non sia giustificato da un punto di vista sismologico emettere degli avvisi di allerta che obblighino i cittadini a compiere determinate azioni, tuttavia si possono fornire dei consigli di comportamento, permettendo alle persone di accettarli o non a propria discrezione. Uno scapolo può essere più propenso ad accettare dei rischi di quanto possa esserlo una madre con bambini piccoli. Avvisi incerti di possibili situazioni di pericolo sono divulgati per tempeste, alluvioni, epidemie e terrorismo, perché non farlo per i terremoti?

Invece di obbligare ad azioni evasive, le autorità civili possono incoraggiare

The phenomenal emergence of online social networking in the 21st century promotes and facilitates individual decision-making. Civil authorities no longer control access to hazard information, or its distribution. Instead, individuals can decide according to a global web of information, discussion and debate. It is well known from disaster studies conducted by social psychologists that people consult with others before acting upon emergency advice. Through Facebook, Twitter etc., individuals at risk can more readily coordinate risk mitigation plans with friends, families and neighbours, so as to reduce their collective risk exposure in the hazard zone.

Once a major earthquake has actually been detected, real-time seismic alerts can be despatched to vulnerable organizations, utilities and communities. Unlike electronic real-time alerts sent out for other natural hazards, the time window for effective action is measured in seconds. Accordingly, any action has to be automated. The quandary is the uncertainty over the value of any automated action. The level of ground shaking and damage may prove to be less than anticipated, rendering any action a needless false alarm. For some automated actions, such as opening of fire station doors, the cost of any false alarm would be minimal. However, for shutting down a critical industrial installation or stopping a train, the costs of a false alarm may be significant. To counter-balance this, the potential casualty-saving benefits from avoiding a toxic release or derailment may be very substantial.

As with earthquake advisories, the stakeholders themselves should have a participatory role in weighing the respective costs and benefits for real-time decision-making. Any decision is set within the overall context of safety assessments undertaken by stakeholders, which cover a diverse range of potential

i cittadini a prendere decisioni da sé, effettuando delle scelte basate su informazioni e conformi alle circostanze specifiche. I turisti e gli altri visitatori, non obbligati a rimanere in una specifica zona di pericolo, possono scegliere di allontanarsi. I residenti della zona di pericolo che vivono in edifici progettati con criteri antisismici possono restarvi. Coloro i quali si trovano in case o uffici pericolosi dovrebbero considerare le diverse opzioni, per esempio prendere misure precauzionali per ridurre i danni o migliorare la resilienza di un disastro, o trasferirsi provvisoriamente altrove. In caso di un grave terremoto, qualsiasi riduzione nell'occupazione degli edifici crollati deriverebbe dall'emissione di un avvertimento di pericolo sismico.

La straordinaria affermazione dei social network nel XXI secolo promuove e facilita le decisioni individuali. Le autorità civili non controllano più l'accesso alle informazioni relative al pericolo, o la loro distribuzione. Invece gli individui possono scegliere, grazie alla rete globale di informazioni, discussioni e dibattiti. È ben noto, da studi sui disastri condotti da psicologi e sociologi, che le persone si consultano con gli altri prima di agire in situazioni di emergenza. Grazie a Facebook, Twitter, ecc., gli individui in pericolo possono più prontamente coordinare piani di attenuazione del rischio con famiglie e vicini, in modo da ridurre l'esposizione collettiva al rischio nella propria zona di pericolo.

Una volta che un grave terremoto è stato rilevato, gli allarmi sismici possono essere inviati in tempo reale alle organizzazioni vulnerabili, alle aziende di pubblica utilità e alle comunità. Diversamente dagli allarmi in tempo reale elettronici inviati per altri pericoli naturali, la finestra temporale per l'azione effettiva è misurata in secondi. La difficoltà sta nell'incertezza cir-

hazards, both natural and man-made. In particular, the marginal cost in saving a life is a crucial factor for consideration. Is it worth protecting railway bridges so that vandals are unable to drop concrete on passing trains? How often should railway tracks be inspected for cracks? There is no absolute safety of industrial installations, or public transportation, nor complete freedom from earthquake risk. Difficult decisions need to be made to trade off safety against economic efficiency in a socially defensible and accountable manner.

ca il valore di ogni azione automatica. Il livello della scossa e il danno possono essere inferiori di quanto previsto, rendendo ogni azione un falso allarme. Per alcune azioni automatiche, come ad esempio l'apertura delle porte della caserma dei pompieri, il costo di ogni falso allarme è minimo. Tuttavia per spegnere il sistema di un impianto industriale o fermare un treno, i costi dovuti ai falsi allarmi possono essere significativi. Tuttavia i potenziali benefici in termini di vite umane risparmiate, evitando una diffusione tossica o un deragliamento, possono essere notevoli.

Come nel caso degli avvisi alla popolazione, gli stakeholders dovrebbero avere un ruolo partecipativo nella valutazione dei costi e dei benefici relativi al processo decisionale in tempo reale. Qualsiasi decisione si inserisce nel quadro generale delle valutazioni di sicurezza fatte dagli stakeholders, che coprono una vasta gamma di potenziali rischi, sia naturali che artificiali. In particolare, il costo marginale per salvare una vita è un fattore fondamentale per la valutazione. Vale la pena proteggere i ponti ferroviari in modo che i vandali non siano in grado di far cadere mattoni sul passaggio dei treni? Quanto spesso i binari dei treni dovrebbero essere ispezionati per le crepe? Non c'è nessuna assoluta sicurezza degli impianti industriali, o dei trasporti pubblici, né completa libertà dal rischio terremoti. Le decisioni difficili devono essere assunte in modo da bilanciare la sicurezza con l'efficienza economica in modo socialmente difendibile e responsabile.

La previsione dei terremoti

Warner Marzocchi

Allo stato attuale delle conoscenze, i sismologi non sono in grado di prevedere deterministicamente (cioè con un alto grado di precisione) dove e quando avverrà il prossimo terremoto distruttivo. Nel passato, la previsione dei terremoti si è basata sulla ricerca dei fenomeni precursori – cioè di osservazioni che precedono un terremoto distruttivo con un’elevata correlazione – con esiti pressoché nulli. Di norma, i precursori (tra gli altri, accelerazione dell’energia sismica, quiescenza sismica, pattern di sismicità e deformazioni, anomalie di alcuni gas come il radon, di emissioni elettromagnetiche, termiche, gravimetriche, ecc.) sono stati identificati sempre “dopo” un terremoto, e raramente si è tenuto in debito conto che le analisi retrospettive sono spesso ingannevoli. L’effetto più noto è il cosiddetto *fishing expedition*, cioè, più è alto il numero di osservazioni che possiamo fare prima del terremoto, più è probabile osservare anomalie che sono dovute al puro caso. In sintesi, anomalie completamente *casuali* rispetto all’occorrenza dell’evento sismico vengono a volte interpretate come precursori perché erroneamente si stabilisce un rapporto *causale* tra precursore e terremoto che in realtà non esiste. Analisi statistiche rigorose hanno mostrato che nessuno dei precursori proposti è in grado di prevedere deterministicamente i terremoti.

Il problema della previsione dei terremoti ha aspetti teorici interessanti. Ci si può chiedere ad esempio se, almeno in teoria, i terremoti possano essere previsti. Molti ricercatori credono di no. Tale convinzione si basa sul fatto che secondo alcuni modelli di rottura delle rocce, tutti i terremoti, grandi e piccoli, nascono uguali. In altre parole, un terremoto quando parte non sa quando si fermerà e quindi quanto sarà grande; di conseguenza, sarà impossibile da prevedere in anticipo, anche tramite eventuali precursori. Altri non sono d’accordo e sostengono che sia possibile dire con anticipo quanto sarà grande un terremoto che avviene in una determinata zona della crosta terrestre. La discussione scientifica procede, senza per ora avere una conclusione accettata dalla maggior parte della comunità scientifica. Nonostante questo aspetto, di certo, non sorprenderebbe se, anche migliorando molto le nostre conoscenze sismologiche, la previsione deterministica rimanesse una chimera. L’essere umano è spesso guidato dalle proprie speranze piuttosto che dalla ragione; nessuno si sorprende che il gioco dei dadi o del lotto siano intrinsecamente imprevedibili, poiché ciò è l’essenza del gioco e quindi del divertimento. L’occorrenza di un terremoto non è un gioco, né tantomeno divertente, ma i processi che lo generano sono molto più complessi di quelli del gioco dei dadi o del lotto, e

quindi, forse, anch'essi intrinsecamente imprevedibili.

Indipendentemente dal fatto che l'imprevedibilità attuale dei terremoti sia dovuta alla nostra ignoranza o ad una imprevedibilità intrinseca del processo che genera i grandi eventi, i sismologi hanno sviluppato modelli per prevedere probabilisticamente i terremoti. In sintesi questi modelli stimano la probabilità di occorrenza di un terremoto di una certa magnitudo, in un determinato intervallo di tempo e di spazio. Questi modelli si possono categorizzare in due classi distinte, a seconda che le previsioni probabilistiche si riferiscano ad un intervallo di tempo lungo (per esempio anni, decenni, o secoli) o breve (fino a pochi giorni). Questa distinzione ha importanti risvolti pratici, poiché una previsione probabilistica di lungo termine permette di identificare le aree dove avverranno i grandi terremoti del futuro in modo da definire opportuni criteri di costruzione antisismica. La previsione probabilistica su tempi brevi, invece, può essere la base per altri tipi di mitigazione del rischio sismico, come la gestione delle operazioni di soccorso durante la sequenza delle scosse di assestamento dopo un grande terremoto ed, eventualmente, per pianificare operazioni di preparazione ad un possibile evento sismico imminente.

Lo studio delle previsioni probabilistiche a lungo termine è un'attività scientifica ben sviluppata. La maggior parte delle nazioni con una elevata sismicità hanno sviluppato mappe di pericolosità che forniscono stime attese di scuotibilità del terreno su intervalli temporali di alcuni decenni. Queste informazioni hanno un chiaro utilizzo pratico in quanto sono le basi per la definizione di regole ingegneristiche costruttive adeguate per la nazione.

La ricerca sulle stime probabilistiche di breve termine e sul loro utilizzo pratico è ancora in una fase preliminare. Ricerche effettuate dopo il terremoto di L'Aquila hanno mostrato come alcuni modelli di previsione probabilistica, originariamente sviluppati per le scosse di assestamento dopo un grande terremoto, possono essere utilizzate anche per prevedere l'evoluzione di uno sciame sismico. Tali modelli possono essere categorizzati tutti in un'unica famiglia denominata ETES (*Epidemic-Type Earthquakes Sequence*). Il modello si basa sul fatto che ogni terremoto può generare altri terremoti seguendo regole predeterminate; tale capacità è funzione della magnitudo e decade nello spazio e nel tempo con leggi di potenza. Una delle prerogative importanti di tale modello è che può essere usato in tempo-reale per cui si possono effettivamente fare previsioni probabilistiche giornaliere aggiornate, tenendo conto di come sta evolvendo la sismicità. Il concetto è molto simile alle odierne previsioni del tempo che vengono aggiornate in modo continuo a seconda delle nuove misure che si hanno a disposizione. In quest'ottica uno sciame sismico non può essere considerato un 'precursore' come definito in precedenza, poiché il rapporto causale tra sciame sismico e grande terremoto è molto debole. Tali modelli, infatti, mostrano come la probabilità giornaliera di un evento distruttivo può aumentare anche di centinaia di volte durante uno sciame sismico, ma tale probabilità rimane ben al di sotto di 1%, molto spesso inferiore allo 0.1%. Inoltre tali modelli prevedono che la maggior parte dei grandi terremoti avvengano senza essere anticipati da sciami percepiti dalle persone.

In attesa di nuovi modelli che possano fornire stime più informative, i re-

sponsabili del *decision-making* (il Dipartimento della Protezione Civile in Italia) si devono porre la domanda di come, ed eventualmente se, utilizzare questo tipo di informazioni fornite dai sismologi per adottare misure di riduzione del rischio sismico nel breve termine. Tale compito è tutt'altro che banale, poiché si tratta di prendere decisioni spesso critiche sulla base di stime probabilistiche che per definizione non forniscono certezze. Ciò implica l'impossibilità di pianificare azioni di mitigazione del rischio che a posteriori risultino essere sempre le migliori possibili. Un modo per ovviare al dilemma è quello di stabilire in anticipo dei protocolli di *decision-making* che siano basati su concetti quantitativi e ragionevoli. In questa direzione, esistono alcuni lavori molto recenti basati sull'analisi dei costi-benefici che permettono di creare un legame quantitativo tra stime probabilistiche e *decision-making*. In sintesi, il metodo consiste nel valutare quantitativamente i costi e i benefici di ogni azione possibile tenendo conto della probabilità di un terremoto distruttivo. L'azione migliore è quella in cui i benefici superano i costi. Ciò non porterà a scegliere sempre l'azione che a posteriori risulterà migliore (ciò è impossibile per definizione), ma la strategia risulterà la migliore sul lungo termine. Inoltre, essendo quantitativa, razionale e trasparente, tale metodo permetterà in ogni

momento di spiegare l'intera catena decisionale.

Esiste un problema ulteriore: poiché le stime fornite dai modelli probabilistici sono quasi sempre minori dell'1%, ciò comporta che ogni azione di riduzione del rischio risulterebbe in un falso allarme. Questa caratteristica non è peculiare della sismologia, ma è condivisa anche in altri ambiti di ricerca, tra le altre dalla medicina e dall'antiterrorismo. Un'attitudine che sta recentemente avendo successo nel gestire probabilità basse è quello di sostituire azioni di mitigazione imposte con l'utilizzo dei cosiddetti *nudges* (traduzione letterale, leggera spinta). In sintesi, per evitare possibili critiche e perdita di credibilità come conseguenza di ripetuti falsi allarmi, una possibile strategia è quella di fornire un'informazione scientifica completa corredata da *nudges* più o meno espliciti, cioè incoraggiamenti a perseguire azioni virtuose per la riduzione del rischio, lasciando di fatto il *decision-making* ad ogni singolo individuo. La codifica dei possibili *nudges* per la riduzione del rischio da evento naturali è solo all'inizio, e una sua effettiva applicazione può avvenire solo con un intenso programma educativo e migliorando i sistemi di comunicazione dei ricercatori e *decision-makers* verso la società.

Early warning: l'unica via per ridurre il rischio sismico delle grandi aree urbane?

Iunio Iervolino, Gaetano Manfredi

Perché il rischio sismico mondiale sta costantemente aumentando

Com'è noto, la propensione di un sito a essere colpito da terremoti forti è indicata come pericolosità sismica; come tale la pericolosità è un fattore naturale e non modificabile. La propensione delle strutture o di qualunque altro sistema umano a subire danni dai terremoti si misura con la vulnerabilità. Ridurre la vulnerabilità di un qualunque sistema (edificio, rete di trasporto, etc.) che si trova in un sito di data pericolosità riduce i danni attesi in caso di sisma. Infine, le conseguenze di tali danni dipendono dalle attività e dai beni che sono ospitati dalle strutture e dalla popolazione. Essa è detta esposizione ed è misurata con le vite umane che si possono perdere nei terremoti o dal valore economico dei danni e delle loro conseguenze. Com'è facilmente intuibile, il rischio sismico è una combinazione dei tre fattori per cui in nazioni moderatamente sismiche, come l'Italia, il rischio è alto perché le strutture sono vulnerabili. In Giappone e California la pericolosità è molto più alta ma anche le strutture sono più recenti e, in generale, meno vulnerabili, ma il rischio è comunque alto perché, essendo economie avanzate, l'esposizione è molto rilevante.

Negli ultimi anni, si ha l'impressione che i terremoti siano particolarmente frequenti. In realtà, i terremoti occor-

rono mediamente con la stessa cadenza, mentre sono le conseguenze dei terremoti che stanno aumentando provocando effetti mediatici maggiori che in passato. Per capire questo fenomeno bisogna notare che la popolazione del nostro pianeta sta sempre più concentrandosi in aree urbane: nel 2007 la popolazione residente nelle città ha superato per la prima volta quella residente nelle aree rurali. Questa è probabilmente una tendenza globale e irreversibile che ha come conseguenza il rapido aumento del numero di mega-città (insediamenti con più di cinque milioni di abitanti) che nel 1950 erano una decina e diverse agenzie internazionali stimano in numero di circa cinquanta nel 2050; principalmente concentrate in Asia, Africa e America Latina. Molte di esse sono, in aree a elevata pericolosità sismica. La crescente urbanizzazione aumenta i rischi connessi ai fenomeni naturali come i terremoti, non solo per l'aumento della densità abitativa in aree sismicamente attive, ma anche, come anche in Europa, per l'alta concentrazione di articolate reti di servizio essenziali (elettricità, gas, acqua, reti di telecomunicazioni e informatiche) in zone geograficamente limitate.

Il continuo aumento delle superfici ricoperte dai tessuti urbani nelle aree a pericolosità sismica medio alta aumenta anche la probabilità che un evento sismico possa accadere nelle immediate

vicinanze di una città. In questo caso, anche terremoti di magnitudo moderata possono avere conseguenze molto rilevanti. Recente esempio italiano di questo problema è il terremoto di Magnitudo 6,3 che ha colpito L'Aquila il 6 aprile 2009. Esso è avvenuto a pochi chilometri di profondità, proprio sotto la città, producendo accelerazioni del suolo molto forti e quindi danni elevatissimi. Come mostrato in Figura 1, in Italia esistono molte città con più di centomila abitanti a distanza di chilometri o decine di km dalle principali strutture sismogenetiche (formate da insiemi di faglie) e che quindi sono potenzialmente soggette a questo tipo di evento. Ancora più importante è l'osservazione che il mondo contemporaneo è un sistema complesso e fortemente interconnesso per cui gli effetti di un evento catastrofico naturale in una città sono tali da influenzare parti del mondo molto più grandi dell'area fisicamente colpita e possono, al limite, estendersi a tutto il pianeta, a causa delle interdipendenze tra le attività produttive e commerciali. Ciò è avvenuto, ad esempio, per il terremoto di

Izmit (Turchia orientale) del 1999, dove le perdite economiche dirette sono state valutate intorno ai 6,5 miliardi di dollari, ma quelle globali hanno avuto, secondo le Nazioni Unite, un valore 3-4 volte più grande. Si stima che se un terremoto forte colpisse una sola megacittà in modo distruttivo l'economia mondiale ne risentirebbe in modo molto grave. Si pensi a cosa sarebbe successo se il recente (moderato, M 5.8) terremoto in Virginia dell'agosto 2011 avesse provocato danni seri tali da bloccare i centri del potere USA, o agli effetti di un terremoto di magnitudo medio-bassa a Londra, uno dei punti critici della finanza mondiale. Non essendo possibile ridurre il rischio sismico tentando di ridurre la pericolosità, perché essa è una caratteristica intrinseca del territorio, l'unica via possibile è di agire sull'esposizione e/o sulla vulnerabilità. Ridurre l'esposizione vuol dire, ad esempio, non localizzare le attività umane nelle zone più pericolose e ciò è possibile attraverso la pianificazione urbanistica di insediamenti futuri. Guardando alle vie di sviluppo dell'urbanizzazione,



Figura 1. Città italiane con popolazione superiore ai 100,000 abitanti e strutture genetiche catalogate dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (<http://diss.rm.ingv.it/diss/>).

non sembra che la bassa pericolosità sia un parametro guida e quindi attualmente la tendenza è piuttosto quella di aumentare l'esposizione, piuttosto che diminuirla. Per questo, in zone in via di urbanizzazione, per ridurre il rischio sismico sembrerebbe opportuno operare sulla vulnerabilità, per rendere le strutture e le infrastrutture più *resistenti* ai terremoti. Tuttavia, tali interventi sono molto costosi ed è difficilmente pensabile che le amministrazioni locali o i privati cittadini abbiano le risorse necessarie per metterli in pratica con la dovuta capillarità. Inoltre, va notato che anche quando le strutture sono ben progettate in modo antisismico, i terremoti possono comunque produrre gravi perdite economiche, soprattutto a causa dei danni a elementi non strutturali. Infatti, se l'edificio ha destinazione industriale o commerciale, il suo contenuto è sia molto costoso sia molto vulnerabile perché non è progettato per resistere alle oscillazioni che magari la struttura sopporta con pochi danni. Il caso limite è un museo in cui il contenuto è molto sensibile alle vibrazioni e può causare perdite enormi, anche se l'edificio è perfettamente antisismico. In Figura 2 sono schematicamente riportate le proporzioni delle perdite economiche dovute alla struttura (l'edificio vero e proprio), alle componenti non strutturali (impianti e accessori), e al contenuto (macchinari, computer, ar-

redi, riserve di magazzino). È evidente, quindi, come indispensabile sviluppare metodologie economicamente efficaci per la mitigazione del rischio sismico che tendano a ridurre (magari in tempo reale) l'esposizione.

L'early warning per ridurre le conseguenze dei terremoti

Il termine di early warning fu applicato durante gli anni della guerra fredda per indicare i sistemi di avvistamento di missili inter-continentali lanciati da basi sovietiche per colpire bersagli USA e viceversa. I sistemi di EW lanciavano un'allerta ai terminali di protezione dei bersagli appena il missile in arrivo era avvistato. L'early warning sismico (EWS) funziona allo stesso modo, ma prima di discuterne le caratteristiche e le possibilità offerte, è necessario richiamare alcuni fenomeni di base che avvengono durante un sisma.

I terremoti sono fratture della crosta terrestre dalle quali è rilasciata l'energia accumulata in forma di vibrazioni che provocano lo scuotimento al suolo (le ondesismiche). L'energia rilasciata, misurata dalla magnitudo, si propaga intorno al punto di frattura principalmente attraverso due tipi di onde: le onde primarie o longitudinali (P) che sono molto veloci e nella crosta terrestre si propagano con velocità dell'ordine di circa 5-7 km/s e quelle secondarie o trasversali (S), che viaggiano con velocità più bassa di circa il 60% (3-5



Figura 2. Proporzioni delle perdite in edifici a varia destinazione in California.

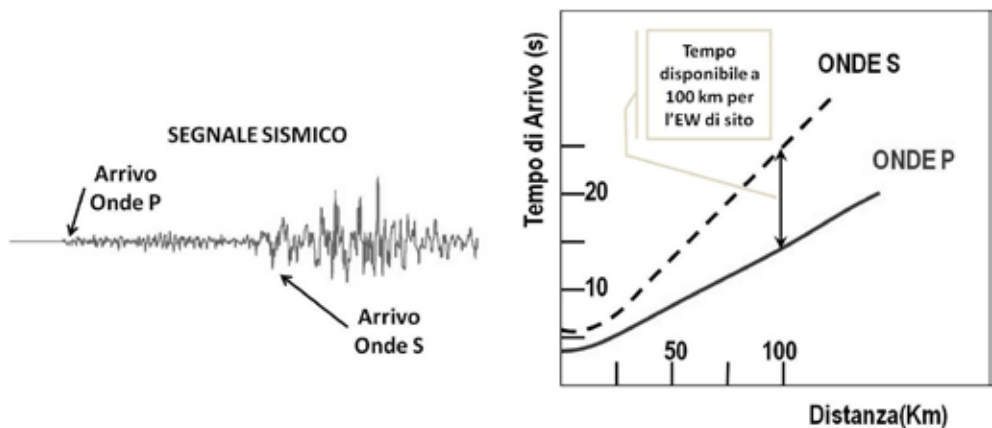
km/s). La differenza sostanziale tra onde P e S è che le prime (P) possono essere “lette” per avere informazioni importanti sulla sorgente sismica che ha prodotto il terremoto in atto (posizione, energia rilasciata, ecc.), mentre le seconde (S) sono più lente ma più distruttive portando con sé gran parte dell’energia rilasciata. Un sistema in grado di “capire” automaticamente l’intensità del terremoto può lanciare un allarme prima che arrivi la parte cattiva del sisma; è questo il principio su cui si basa l’EWS. Il tempo disponibile aumenta quanto più è distante il sito dalla sorgente del terremoto, poiché il ritardo delle onde S rispetto alle P aumenta (Figura 3).

Attraverso i sistemi di EWS è possibile, in linea di principio, fermare le operazioni chirurgiche negli ospedali, rallentare treni per evitare che incontrino tratti di rotaia danneggiati dal sisma col rischio di deragliamento, avvisare gli aerei in modo da posticiparne le fasi di decollo o atterraggio, interrompere la distribuzione di sostanze infiammabili (come il gas urbano) che possono innescare incendi a seguito di danni alle tubazioni, o ancora, avvisare operai in officine perché interrompano attività produttive pericolose e gli scolari perché si proteggano sotto ai banchi.

Tutte queste *azioni di sicurezza* sono relativamente semplici eppure molto efficaci e, sebbene non intervengano direttamente sulla vulnerabilità delle strutture, possono significativamente limitare le conseguenze di un evento sismico.

Oltre che sfruttare la differenza di velocità tra onde P ed S, in realtà, nell’EWS questo stesso principio può anche applicare in modo ancora più efficace. Infatti, se un sensore di onde sismiche è in prossimità della sorgente del terremoto, una volta riconosciuto un sisma pericoloso, può lanciare l’allarme a un sito lontano sfruttando le onde radio, che viaggiando alla velocità della luce, sono centomila volte più veloci delle onde sismiche garantendo quindi un tempo di allerta ancora maggiore. In questo caso il sistema di EWS deve essere formato da una rete di sensori disposta come una barriera tra le possibili sorgenti dei terremoti e la struttura da proteggere. Il problema di questi sistemi è che ogni struttura da proteggere richiede una rete sismica dedicata il che è molto antieconomico. Un’alternativa possibile è avere sensori nella zona dove ci si aspetta che il terremoto avvenga e non intorno alla struttura. Tale rete può essere

Figura 3. Onde P e S nel segnale di accelerazione al suolo prodotto da un terremoto (sinistra) e tempo disponibile in funzione della distanza per l’early warning di locale (destra).



associata a un sistema per trasmettere l'allarme a terminali ubicati in più strutture lontane; ciò consente di intraprendere azioni di sicurezza prima dell'arrivo del sisma in ciascun edificio (Figura 4). In tal caso si parla di *early warning regionale o ibrido*.

Il sistema di EWS ibrido sviluppato da AMRA in Campania

In Campania la rete di sensori per EWS di AMRA (denominata ISNet, *Irpinia Seismic Network*) è costituita da circa trenta stazioni posizionate nella zona dell'Appennino meridionale periodicamente sorgente di terremoti significativi come quello del 23 novembre 1980. Essa copre una vasta area ed è composta da sensori che misurano continuamente le vibrazioni del suolo in termini di velocità e accelerazione. Come accennato, posizionando i sensori in corrispondenza della zona dove "nascono" i terremoti è possibile, in principio, realizzare un sistema di EW ibrido proteggere molte strutture lontane contemporaneamente con i costi

di installazione e manutenzione di una sola infrastruttura.

Il sistema di EWS connesso alla rete ISNet è in grado di distinguere immediatamente un terremoto dalle normali vibrazioni del suolo (rumore ambientale) ed è in grado di stimare in pochissimi secondi dove è avvenuto e qual è la sua magnitudo. Il grande vantaggio di questo sistema è che ragiona in termini completamente probabilistici associando una distribuzione di probabilità alla localizzazione del terremoto e alla sua magnitudo. Con questo sistema, in ciascun punto della regione è possibile avere alcuni secondi o decine di secondi (a seconda del sito) tra l'istante in cui giunge l'allarme e l'arrivo effettivo del terremoto che si origina all'interno dell'area coperta dalla rete. Tale tempo sebbene sembri poco, ed è insufficiente per operazioni di evacuazione, può essere molto utile. Per avere un'idea delle potenzialità del sistema, in Figura 5 si riporta una mappa dei tempi di azione in Campania resi disponibili dal sistema di EW basato su

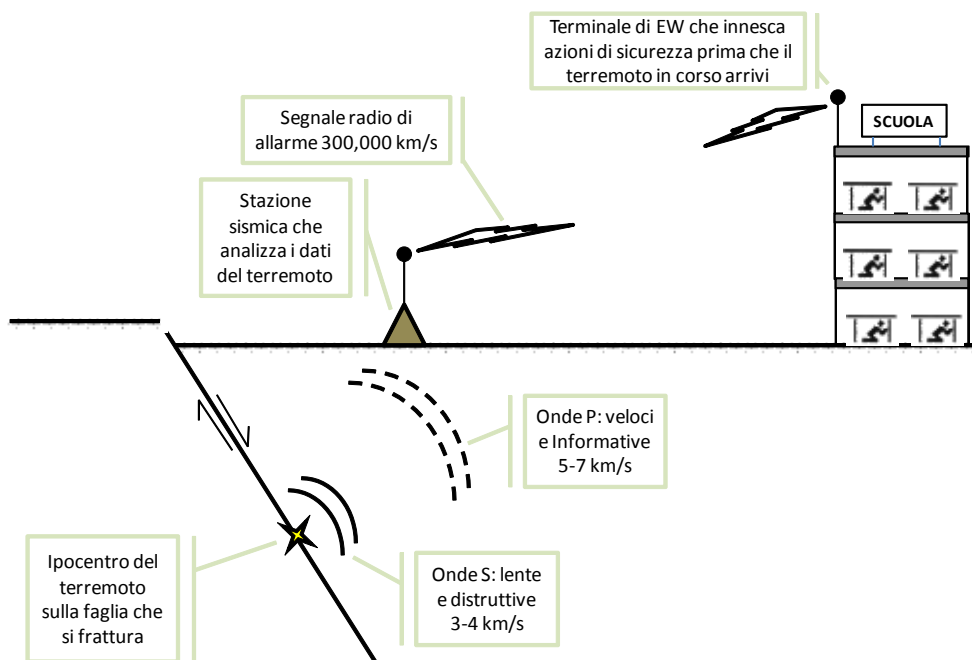
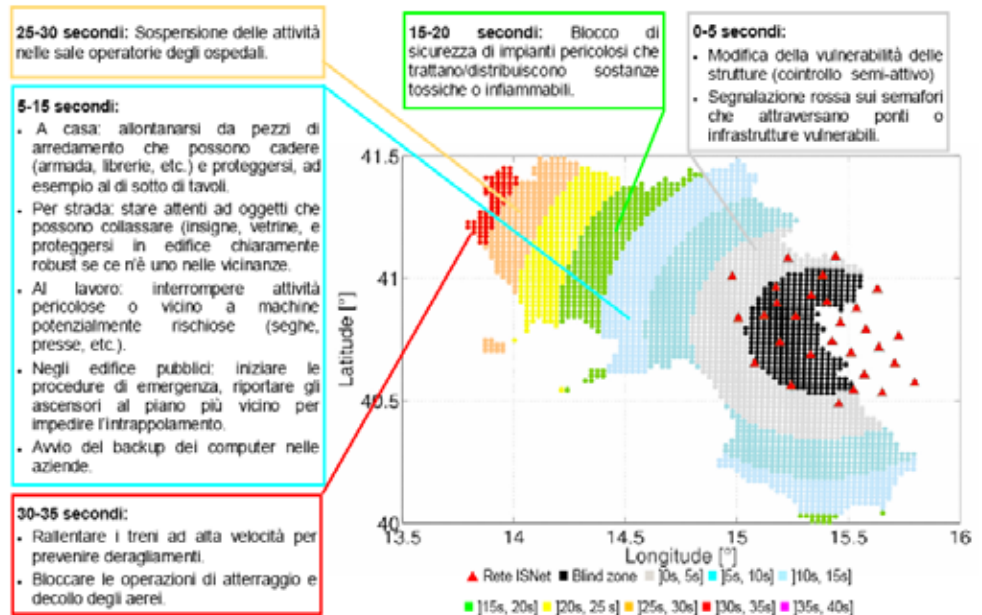


Figura 4. Sistema di early warning che sfrutta la velocità delle onde elettromagnetiche per lanciare l'allarme e aumentare il tempo disponibile.

Figura 5. Mappa dei tempi medi di allerta disponibili per un terremoto che occorra dentro la rete ISNet e corrispondenti al fatto che 18 stazioni su 30 della rete abbiano rilevato il terremoto, questo perché studi hanno dimostrato che aspettare altre informazioni sul terremoto di fatto non migliora la conoscenza del terremoto per cui si stabilisce se allarmare. Nei riquadri possibili azioni di sicurezza compatibili con i tempi resi disponibili dal sistema di EW.



ISNet e a cui sono state sovrapposte a possibili azioni di sicurezza compatibili con essi.

Per rendere davvero efficaci i sistemi di EWS e poco soggetti a problemi di falso allarme è però necessario stabilire le conseguenze del terremoto per ciascuna struttura da allertare sulla base delle sue effettive caratteristiche. Non è pensabile, infatti, bloccare attività industriali e commerciali importanti per tutti i tipi di terremoto poiché le ricadute sociali ed economiche sarebbero eccessive. In altre parole, è necessario avere a disposizione algoritmi che consentano di stabilire, in modo specifico per la struttura da proteggere, se è opportuno lanciare l'allarme sulla base del suo comportamento atteso durante il terremoto che sta per arrivare. Questo costituisce il vero e proprio problema di ricerca cui si sta lavorando nel settore dell'ingegneria sismica in collaborazione con la geofisica ed è la prerogativa del sistema di EWS sviluppato da AMRA e concretizzatosi nel terminale di EWS denominato ERGO.

ERGO (EarlyWarning Demo) è un terminale di EWS installato nell'edificio principale che ospita la Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Napoli Federico II. Esso si compone di quattro pannelli di cui il primo mostra, in tempo reale, i segnali continuamente registrati da alcune stazioni della rete ISNet (quando non c'è terremoto si tratta di semplice "rumore" ambientale). Quando un segnale è identificato come un terremoto avvenuto entro la rete, su un secondo pannello compare la localizzazione dell'epicentro e la magnitudo, con il relativo margine d'incertezza, valutati automaticamente. Nel terzo pannello si mostrano i tempi attesi di arrivo delle onde S previsti per il terremoto su scala regionale. Infine, il quarto pannello, il più importante (in basso a destra), mostra la valutazione degli effetti attesi al sito dove ERGO è installato. In particolare, le stime di localizzazione e magnitudo realizzate a partire dalla dichiarazione di un nuovo evento sismico sono usate per stimare la probabilità che la massima accelerazione del suolo superi al

Figura 6. Sistema ERGO e un terremoto effettivamente rilevato nel febbraio 2010, la piccola magnitudo e l'elevata distanza dal sito in cui si trova il terminale hanno fatto sì che il sistema non lancia alcun allarme.



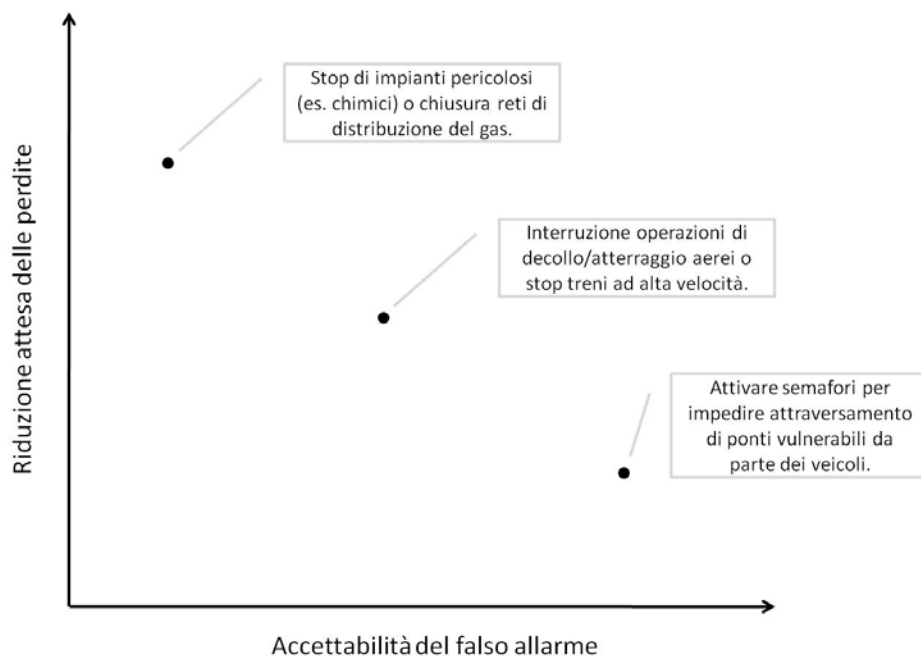
sito un valore critico per la struttura in esame, stabilito sulla base del valore di accelerazione del suolo che la struttura può “sopportare”. Se tale livello critico è superato, “scatta” l’allarme e ERGO fornisce anche il tempo ancora disponibile prima che il terremoto arrivi e la probabilità di falso allarme.

Questioni aperte e prospettive dell’early warning sismico

In conclusione si può certamente dire che l’early warning rappresenti una possibilità per la riduzione delle perdite da terremoti; forse l’unico praticabile per la riduzione del rischio sismico in aree fortemente urbanizzate. I punti di forza stanno soprattutto nella relativa economicità, rispetto al costoso rinforzo strutturale. Inoltre, l’EWS consente di ridurre l’esposizione e cioè le perdite conseguenti al sisma, cosa che non sempre consente il tradizionale rinforzo sismico atto a ridurre la vulnerabilità. Tuttavia, esistono alcuni problemi aperti che richiedono ancora ricerca e sperimentazione.

Infatti, la necessità di ridurre il tasso di falsi allarme è tanto più importante quanto più sono alti i costi che l’allarme comporta. A tal proposito si veda la Figura 7 in cui per alcune possibili azioni di sicurezza si riporta sia l’efficacia sia l’acceptabilità del falso allarme. Si riconosce che all’aumentare dell’efficacia è meno accettabile un falso allarme. Inoltre, bisogna ricordare che per diminuire il falso allarme basta ridurre la soglia oltre la quale si stabilisce l’allerta, ma ciò comporta sempre un corrispondente aumento della probabilità di mancato allarme. Tale ragionamento impone che i sistemi di EWS di prossima generazione, cioè successivi rispetto a quelli operativi in paesi come Giappone e Messico, debbano raggiungere maggiori livelli di affidabilità; ciò è possibile solo includendo negli algoritmi di allarme non solo valutazioni sul terremoto, ma anche sul probabile comportamento della particolare struttura da proteggere e delle perdite eventuali connesse.

Figura 7. Efficacia di alcune possibili azioni di sicurezza conseguenti l'allarme e corrispondente accettabilità del falso allarme.



In tale direzione vanno la ricerca di AMRA e i recenti programmi di ricerca finanziati a livello internazionale. Infatti, un grande progetto di ricerca sull'EWS è stato lanciato dalla Comunità Europea nel 2005: il progetto SAFER (SeismicArlywarning For EuRope; <http://www.saferproject.net/>) che ha visto la partecipazione di tutti gruppi Europei attivi su queste ricerche più gruppi giapponesi, americani e di Taiwan. Il progetto si è concluso nel 2009 e ha portato allo sviluppo di molte delle metodologie e procedure sopra descritte (tra cui ERGO) e soprattutto alla formazione di una

comunità europea competitiva in ambito internazionale. È attualmente in fase partenza un nuovo progetto, RE-AKT (Real Time EarthquakeRiskMitigation), nel quale sarà studiata la fattibilità dell'applicazione a una decina di casi europei, tra i quali una serie di industrie chimiche vicino Lisbona, una centrale nucleare in Svizzera, il ponte sul Bosforo in Turchia, un ospedale e il porto di Salonicco e, in Campania, il tratto della linea ferroviaria circumvesuviana più vicino alla zona sismogenetica irpina.

La resilienza

Ugo Leone

Che cosa succede ad un materiale che ha subito uno shock? Tende a resistervi e a ritornare nel suo stato originario. È quella che si chiama resilienza cioè la capacità di un materiale di resistere a urti improvvisi senza spezzarsi e di riprendere la sua forma originaria.

Naturalmente non tutti i materiali hanno questa possibilità e non tutti allo stesso modo.

Ma se il “materiale” è quello umano e, quindi, dal campo della fisica si entra in quello delle scienze sociali, che cosa succede agli esseri umani dopo uno shock traumatizzante? Dopo un disastro naturale, dopo un attentato terroristico con il loro carico di morti e danni materiali? Le reazioni sono diverse; la ricostituzione dello stato originario (la resilienza) avviene in modi e tempi diversi e consiste nella capacità umana di affrontare le avversità della vita, superarle e uscirne trasformati o addirittura rafforzati.

Innanzitutto diversa è la reazione se lo shock colpisce soggetti “preparati”. Soggetti, cioè, che, per averne già vissuto l’esperienza, ne hanno la percezione, “sanno di che si tratta”. Un terremoto in Giappone, California, Irpinia, Friuli, Belice ha effetti diversi, profondamente diversi sugli abituali residenti di queste aree geografiche e su quanti, residenti in zone non sismiche, vi si dovessero trovare per caso a subire l’evento. Altrettanto vale

per attentati terroristici e altri fenomeni calamitosi naturali e/o d’origine umana.

La percezione del rischio, basata su esperienze vissute, è una discriminante importante nel determinare tempi e modi della resilienza.

E, al contrario del materiale “fisico”, quello umano può non farcela da solo a riprendersi. Ha bisogno di un aiuto. Dopo un terremoto non si ricostruiscono solo le case: più impegnativo talora è ricostruire le menti, le coscienze turbate, talora sconvolte dall’evento.

Anche in questo caso un ruolo importante può essere svolto dalla informazione veicolata da una sapente comunicazione. L’equazione che può risultarne è: Informazione corretta = Interventi efficaci = Migliore capacità di resilienza; ma anche maggiore capacità di prevenzione = minore necessità di interventi riparatori = minore resilienza.

In conclusione è importante introdurre il concetto di resilienza come ulteriore elemento di gestione del rischio durante e dopo il suo verificarsi.

Il concetto è nato negli Stati Uniti e se ne è cominciato a riparlare con particolare attenzione dopo la sciagura delle torri gemelle. Ma il problema è sempre vivo e incombente perché si propone l’indomani di ogni disastro: specialmente dopo i disastri naturali: terremoti, e eruzioni vulcaniche, uragani, in modo particolare.

L'eccezionale numero di vittime in eventi come l'attentato alle torri gemelle; i terremoti in Belice, Friuli, Irpinia; l'uragano Katrina, gli tsunami nelle Filippine e in Giappone, questo numero, per quanto elevatissimo sottostima la realtà perché non tiene conto delle "vittime superstiti", dei sopravvissuti agli eventi disastrosi. Non tiene conto, cioè di quanti per anni avranno negli occhi e nella mente l'aereo che trapassa le torri, la scossa che scuote le abitazioni e quanto c'è dentro, il vento che solleva auto e case, il mare che travolge tutto quanto trova lungo la sua strada.

A giugno 2004 è nato a Roma il "progetto Orfeo" con lo scopo di tutelare i parenti delle vittime e i superstiti delle sciagure verificatesi in Italia.

L'organismo si propone di "non far perdere la memoria delle vittime, ad essere un punto di riferimento per i sopravvissuti e uno stimolo per le istituzioni con appelli, denunce preventive, controlli".

È un obiettivo importante, ma se il recupero della memoria è soprattutto importante per evitare che si ripetano certe sciagure, per i sopravvissuti vi sono anche altri problemi legati al modo in cui si esce dalla sciagura. È, appunto, quella che si chiama "capacità di resilienza" che consente di reagire di fronte alle situazioni di sofferenza. D'altra parte non va trascurato che la fine di una situazione dolorosa non coincide con la fine delle sofferenze e delle preoccupazioni, ma, talora segna proprio il momento del loro inizio. Si pensi al dopoguerra, al dopo terremoto, al dopo la distruzione delle torri gemelle, ai bambini orfani di Haiti.

Di più, ciascuno può imparare dalle persone che sono state colpite e che, con il loro esempio, possono indicare se e come è possibile risanare le ferite subite.

Come si vede, tutto l'approccio e l'approfondimento del discorso sulla resilienza è di ordine squisitamente socio-psicologico e riguarda il comportamento degli esseri umani come risposta ad una sofferenza scatenata da un evento doloroso.

Ma non è solo l'essere umano a trovarsi di fronte a questo problema in seguito ad un evento traumatizzante: lo è anche l'economia, la società nel suo complesso o una più piccola comunità, lo è la politica internazionale o locale. Possono esserlo anche, e lo sono specialmente a valle di un evento calamitoso, l'ambiente e il territorio.

Come misurare e analizzare la loro capacità di resilienza?

Secondo sociologi e psicologi un processo di resilienza è facilitato da due fattori che interagiscono tra loro: memoria e condivisione.

Al nostro fine è il caso di sottolineare il ruolo della memoria perché se è vero che un individuo che tende a rimuovere o a banalizzare la sofferenza vissuta difficilmente riesce a superarla, è tanto più vero che la perdita della memoria può avere affetti ancora più devastanti su ambiente e territorio accrescendone l'esposizione al verificarsi di un evento catastrofico.

L'esercizio della memoria, cioè, la migliore conoscenza possibile dei livelli di esposizione al rischio – tesaurizzando i dati offerti dall'avanzatissima ricerca scientifica e dalle non meno importanti cronache e storie dei luoghi – consente di realizzare la resilienza del territorio a valle di un evento calamitoso.

Se, come si diceva poco prima, "ciascuno può imparare dalle persone che sono state colpite e che, con il loro esempio, possono indicare se e come è possibile risanare le ferite subite" è altrettanto vero che ogni territorio può "imparare" dal suo passato e dalle altrui esperienze il modo di "risanare le ferite subite": dopo un'alluvione, una

frana, un terremoto, un'eruzione vulcanica.

In una striscia del compianto, geniale, cartoonist Charles Schultz, mitico inventore di Linus e Charlie Brown, il cane Snoopy minaccia Linus il quale gli dice: "ricorda cane! Prima che ti venga in mente di assalirmi, ricorda queste cose... ricorda il Vesuvio! Ricorda l'inondazione di Johnstown! Ricorda il Titanic!... Vuoi che te le ripeta? Ricorda il Vesuvio! Ricorda..." ma Snoopy non tiene conto di questi ammonimenti ed aggredisce Linus il quale, sconfortato, ne deduce che "i cani ricordano solo questioni di cibo...".

Quali più importanti questioni ricordano gli esseri umani per dimenticare i segni del passato e gli ammonimenti, avvertimenti e premonizioni contemporanee?

Molti altri potrebbero essere gli esempi di questi ammonimenti a non dimenticare.

Ammonimenti generalmente caduti nel vuoto come dimostra almeno la lunga serie di disastri "prevedibili e annunciati" che caratterizzano, tra gli altri, la più recente storia italiana.



La comunicazione del rischio

Pietro Greco

Per affrontare correttamente il problema della comunicazione del rischio sismico è necessario riflettere su tre questioni che ci interessano sia come operatori della comunicazione sia come cittadini.

Cosa significa valutare il rischio sismico? Come deve essere comunicata al grande pubblico questa valutazione? C'è qualcosa da correggere nella comunicazione del rischio del nostro sistema di protezione civile?

Alla prima domanda – allo stato attuale delle conoscenze scientifiche – è relativamente semplice dare una risposta. La nostra capacità di valutare il rischio sismico è di natura essenzialmente statistica. Sappiamo, per esempio, che l'Italia è quasi tutta a rischio. Sappiamo anche quali sono le aree dove è più elevato il rischio che si verifichi un forte terremoto. Sappiamo quale sarà, più o meno, l'intensità massima del sisma: possiamo per esempio escludere, con sufficiente confidenza, che in una qualche zona d'Italia si verifichi un terremoto di magnitudo analoga a quella del sisma che l'11 marzo 2011 ha colpito il Giappone (magnitudo 9,1). Perché sappiamo che terremoti di questa potenza si verificano con relativa frequenza soprattutto nell'area del Pacifico, ma non sono mai stati registrati in Italia (la massima potenza sismica registrata nel nostro paese è stata quella del terremoto di Messina e Reggio Calabria, il 28 dicembre 1908, di ma-

gnitudo 7,24. Probabilmente in Val di Noto (Sicilia orientale), nel 1638, se n'è verificato uno di magnitudo 7,41. Nessun terremoto documentato ha mai superato, in Italia, magnitudo 7,5. Possiamo dunque affermare che è altamente probabile, praticamente certo, che in Italia non ci sarà nel prossimo futuro un terremoto di potenza analoga a quella del Giappone

Tuttavia possiamo affermare, con la stessa alta confidenza, che un terremoto di potenza compresa tra 7,0 e 7,5 in futuro colpirà l'Italia. I nostri geofisici possono dirci con relativa esattezza dove avverrà: hanno infatti approntato delle mappe, indicando appunto le aree più a rischio. In breve: sappiamo dove potrebbe verificarsi, ma non quando né con che forza. Abbiamo, appunto, una capacità di previsione statistica, ma non deterministica dei terremoti (si veda in questo stesso numero l'articolo di Warner Marzocchi). In Italia, come nel resto del mondo.

C'è però il problema dei segni premonitori, compresi quegli sciami sismici. Una lunga serie di scosse a intensità relativamente bassa preannuncia, a breve, un terremoto più forte? La risposta è complessa. Perché, dicono gli esperti, una correlazione tra sciami sismici a piccola intensità e scossa più forte esiste. Ma, ancora una volta, è una correlazione statistica, non deterministica. Dipende dalle aree. E, soprattutto, non è biunivoca. Ci possono

essere sciame sismici seguiti da forti terremoti; sciame sismici che non sono seguiti da scosse più forti; forti terremoti, infine, che non sono preceduti da sciame sismici.

La correlazione tra sciame e scosse più forti varia da zona a zona, da faglia a faglia. In alcune aree specifiche (come l'Irpinia, il Friuli o la Garfagnana), talvolta gli sciame annunciano, relativamente a breve, un sisma più forte. Ma anche in queste zone, in media, su cento sciame sismici solo 2 sono stati seguiti in passato da intensi terremoti. È presumibile, dunque, che anche in futuro in queste zone, su 100 sciame sismici, 98 si risolveranno senza conseguenze e due saranno seguiti a breve da un forte terremoto.

Il guaio è che non sappiamo quali sono quei due sciame e quando si presenteranno. A rigore, non sappiamo neppure se la statistica sarà perfettamente seguita. L'aspettativa indicata è solo uno scenario che ha un'alta probabilità di verificarsi.

Tutto ciò ci porta direttamente alla seconda domanda: come si deve comunicare, in concreto, questa complessa valutazione del rischio? Due le possibilità. Da un lato quella che in una zona a rischio si verifichi senza precursore alcuno un forte terremoto. Dall'altra la probabilità che in una zona a rischio uno sciame sismico annunci un forte terremoto. La migliore comunicazione *ex ante*, in entrambi i casi, riguarda la prevenzione: costruiamo edifici anti-sismici e assicuriamoci che le norme siano rispettate.

Altro da fare, nel primo scenario, non c'è.

Ma che fare nel secondo scenario, in una zona in cui lo sciame sismico può essere seguito da un forte terremoto? Far evacuare la zona a ogni sciame, sapendo che – come in Irpinia, in Friuli o in Garfagnana – nel 98% dei casi si tratterà di un falso allarme, ma sapen-

do anche che il rischio che il forte terremoto si verifichi è 200 volte superiore a quello dei “tempi normali”?

In nessun paese al mondo uno sciame sismico ha portato finora all'evacuazione automatica di una popolazione. In Italia è successo una sola volta e si è trattato di un “falso allarme”. Una possibilità tutt'altro che remota. Se imponessimo la regola dell'ordine di evacuazione della popolazione in un'area a rischio dopo uno sciame sismico, 98 volte su cento incorreremmo in un “falso allarme”. Si potrebbe dire il gioco non vale la candela. E tuttavia dobbiamo anche rilevare che, quando quello sciame si verifica, il rischio di una successiva forte scossa è 200 volte maggiore rispetto ai “tempi normali”.

Se l'evacuazione fosse automatica il costo di 98 (o anche di 88 o anche di 78) “falsi” ogni 100 “allarmi” sarebbe enorme. E non solo in termini economici. Ma anche e, forse, soprattutto di percezione pubblica del rischio. Ne abbiamo avuto una prova proprio lo scorso anno con la pandemia da H1N1: la minaccia, paventata dalla World Health Organization delle Nazioni Unite di Ginevra, ha determinato una mobilitazione generale (con tanto di campagne di vaccinazione), ma poi non si è concretizzata (non nelle forme più estreme, almeno). Ciò ha creato disincanto. E il disincanto ha avuto effetti sanitari concreti: non solo nella mancata vaccinazione contro il virus H1N1, ma anche nell'aumento dei rifiuti a vaccinarsi contro agenti di altre malattie. Come ci insegnava Esopo con le sue favole, se gridi “Al lupo! Al lupo!” e il lupo non si presenta – che il tuo allarme sia fondato o no – la gente non ti crede più.

Eccoci, dunque, alla terza domanda: che fare? Le cose da fare sono, probabilmente due. Una di merito, l'altra di metodo. La risposta, nel merito, è: credere fino in fondo nella “democrazia

del rischio”. Ovvero chiamare coloro che hanno una posta in gioco (i sociologi li chiamano stakeholders) a partecipare alla scelta. Dopo averli debitamente informati. Nel caso di uno sciame sismico, ciò significa comunicare la situazione alla popolazione – c’è uno sciame, c’è dunque una modesta probabilità che si verifichi un terremoto forte – e lasciare che siano loro, i cittadini informati e con una posta in gioco, a decidere il proprio comportamento: se restare a casa o dormire fuori; se andare via dalla città o restare. Viviamo nella società della conoscenza. Il che significa che la gente è sempre più informata. Certo, talvolta l’informazione è buona, più spesso è cattiva. In ogni caso i cittadini sono in possesso di una mole enorme di informazione. Che tende ad utilizzare. Viviamo, anche, nella società del rischio. Che, come sottolinea Ulrick Beck, non è una società in cui c’è più rischio, ma una società in cui c’è una percezione “enorme” del rischio. In questa società, la gente in possesso di un’informazione a sua volta “enorme” (corretta o, il più delle volte, scorretta), chiede di non essere esclusa dalla gestione del rischio. Ma di partecipare alle scelte: insieme alle autorità scientifiche, tecniche e politiche, Proprio per questo la comunicazione pubblica della scienza (e dell’incertezza associata alle previsioni scientifiche) è diventata elemento primario di

democrazia. Da questo punto di vista molti, soprattutto in Italia, sono i ritardi da colmare.

La «democrazia del rischio» comporta a sua volta dei rischi, soprattutto in un paese come l’Italia particolarmente esposto ai venti della demagogia. Occorre pertanto costruire una complessa “cultura dell’incertezza”. Occorre riflettere sul ruolo che devono avere nella gestione dei rischi ambientali gli scienziati, i tecnici, i politici, gli stakeholders. Occorre elaborare le norme e le procedure per la gestione del rischio: sapendo che i pareri e le responsabilità non sono uguali. Ma sapendo anche che non c’è un’alternativa – né giusta, né efficiente – alla partecipazione democratica alle scelte. Anche alle scelte che hanno una spiccata natura tecnica e scientifica.

Fin qui l’opzione di merito. Ma c’è anche un’opzione di metodo. Dopo il terremoto dell’Irpinia del 1980 l’Italia si è dotata di un sistema di Protezione Civile che (al netto delle degenerazioni, su cui è bene che, ancora una volta, si pronunci la magistratura) ha aiutato il paese a gestire molto meglio le emergenze ambientali. Purtroppo il nostro sistema di Protezione Civile non si è dotato di una struttura professionale di comunicazione del rischio e di studio della comunicazione del rischio. E questa è una grave lacuna.

Notiziario AMRA

a cura di Annamaria Criscuolo, Angela Di Ruocco, Adele Manzella, Laura Marino

CLUVA: CLimate change and Urban Vulnerability in Africa

Sito web: <http://www.cluva.eu/>

La forte siccità ed il rischio di carestia che sta interessando il Corno d’Africa negli ultimi mesi è solo l’ultima delle sempre più frequenti emergenze umanitarie che affliggono il continente africano.

Sebbene non sia ancora chiaro per la comunità scientifica in che misura le attuali condizioni possano essere attribuite ai cambiamenti climatici in atto, è evidente che l’Africa sia un continente particolarmente vulnerabile ad essi.

Ed è proprio lo studio della vulnerabilità da cambiamenti climatici in Africa l’ambizioso obiettivo del Progetto Europeo CLUVA (CLimate change and Urban Vulnerability in Africa).

Infatti, tra gli obiettivi del programma specifico di Cooperazione del Settimo Programma Quadro della Commissione Europea, che finanzia il progetto, vi è proprio la gestione sostenibile dell’ambiente e delle risorse nei centri urbani africani, mediante l’approfondimento delle conoscenze sulle interazioni tra biosfera, ecosistemi ed attività umane.

Il progetto, partito l’1 dicembre 2010, avrà una durata triennale, vedendo impegnati, oltre ad AMRA, capofila, i più importanti centri di ricerca europei del settore, tra cui l’Università di Copenaghen, l’Università di Manchester, il Politecnico di Monaco di Baviera, il Centro Euromediterraneo sui Cambiamenti Climatici, il Centro Helmholtz per la Ricerca Ambientale e l’Istituto Norvegese per la ricerca urbana e regionale. A questi si aggiungono anche numerosi enti di ricerca africani, come l’Università “Gaston Berger” di St. Louis (Senegal), l’Università di Ouagadougou (Burkina Faso), l’Università di Yaounde (Cameroun), l’ArdhiUniversity (Tanzania), l’Università di Addis Ababa (Etiopia) ed il Csir – Centro per la ricerca scientifica ed industriale (Sud Africa). Più nello specifico, CLUVA si concentra su 5 città campione africane: Addis Ababa (Etiopia), Dar es Salaam (Tanzania), Douala (Cameroon), St. Louis (Senegal) e Ouagadougou (Burkina Faso).

A partire dai nuovi scenari climatici dell’IPCC, per ciascuna città saranno condotte dettagliate analisi con cui si perverrà alla definizione degli hazard, dipendenti dai cambiamenti climatici. Inoltre, per ciascun caso studio, si valuteranno le vulnerabilità fisiche delle infrastrutture e degli edifici residenziali, nonché, con procedure innovative, le vulnerabilità sociali e degli ecosistemi. Particolare rilievo nelle attività del progetto sarà dato alla valutazione della vulnerabilità di strutture residenziali molto comuni realizzate con materiali particolarmente poveri (*adobe houses*). Tali strutture, infatti, nelle realtà africane oggetto dello studio,

rappresentano una forte criticità sociale perché, dotate di caratteristiche strutturali scadenti, subiscono notevoli danni in caso di alluvioni o piogge intense.

Le informazioni provenienti da tali analisi si integreranno in un framework multi-rischio che terrà conto, tra l'altro, delle interazioni reciproche tra i vari hazard, consentendo quindi di cogliere scenari particolarmente critici, indotti da effetti a cascata.

CLUVA metterà a punto strategie innovative di gestione del territorio e di adattamento ai cambiamenti climatici basate su una forte interdisciplinarietà e contribuirà allo sviluppo delle capacità e delle conoscenze delle istituzioni scientifiche, delle amministrazioni e della società civile, per contrastare i cambiamenti climatici ed i loro effetti negativi e perseguire così lo sviluppo sostenibile delle città africane.

MATRIX: Multi-Hazard and Multi-Risk Assessment MethodS for Europe

Sito web: <http://matrix.gpi.kit.edu/>

Lo tsunami abbattutosi sulle coste giapponesi l'11 marzo 2011 e i danni alla centrale di Fukushima insegnano che una pianificazione territoriale sostenibile in aree fortemente antropizzate non può trascurare le possibili interazioni tra le diverse sorgenti di rischio incombenti sul territorio.

Le analisi di rischio tradizionali, infatti, analizzano ciascun fattore di rischio sul territorio considerandolo indipendente dagli altri, trascurando in questo modo le possibili interazioni tra le molteplici sorgenti di impatto alle quali possono essere più o meno vulnerabili una pluralità di elementi.

Il progetto europeo MATRIX (New Multi-Hazard and Multi-Risk Assessment MethodS for Europe) finanziato dalla Commissione Europea si pone pertanto, come obiettivo, lo sviluppo di nuove metodologie per la valutazione del rischio che trattino diversi hazard in un framework comune.

Il progetto, guidato dall'Istituto tedesco GFZ (German Research Centre for Geosciences, Potsdam), vede impegnati alcuni dei più importanti centri di ricerca del settore tra cui AMRA, BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières – Francia), NGI (Norwegian Geotechnical Institute), IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis) ed ETH (Swiss Federal Institute of Technology Zurich). A questi istituti si aggiungono piccole e medie imprese e piattaforme europee per la riduzione dei disastri come ASPINALL Consulting Ltd e il DKKV (Comitato Tedesco per la Riduzione dei Disastri).

Grazie al variegato insieme di competenze dei diversi partner, MATRIX svilupperà nuove metodologie per le valutazioni multi-rischio tenendo conto di diversi hazard (terremoti, frane, eruzioni vulcaniche, alluvioni, incendi e tempeste) e delle interazioni tra essi (*effetti a cascata*).

Nell'ambito del progetto, inoltre, sarà messa a punto una piattaforma per il supporto alle decisioni basata su valutazioni multi rischio che sarà testata su tre casi studio: Colonia in Germania, Napoli in Italia e le Regioni francesi d'oltremare di Guadalupa e Martinica.

In particolare, la metodologia multi rischio, applicata a ciascun caso studio, terrà conto anche della variabilità nel tempo della vulnerabilità delle infrastrutture e delle comunità. Valutazioni di questo tipo sono infatti particolarmente impor-

tanti nel caso in cui si verificano diversi eventi estremi correlati. In questo caso, infatti, la vulnerabilità delle comunità e delle infrastrutture, già incrementata da un evento calamitoso, subisce un ulteriore incremento per i successivi eventi calamitosi correlati. È il caso, ad esempio, degli eventi sismici correlati in cui i cosiddetti “aftershock” seguono la scossa principale detta “mainshock”.

Attività di divulgazione dei risultati di MATRIX saranno svolte non solo tra le comunità scientifiche e tecnologiche, ma anche presso le autorità competenti nel campo della pianificazione del territorio e della gestione delle emergenze. In questo modo l'attività svolta nell'ambito del progetto contribuirà non solo ad un miglioramento dei processi di valutazione dei rischi, ma anche allo sviluppo di più efficaci misure per la loro mitigazione, di cui possano beneficiare le comunità locali.

“Servicios De Consultoría Para El Plan De Gestión De Riesgos Para Los Sistemas De Agua Potable Y Alcantarillado De La Ciudad De Cuenca”

<http://www.amracenter.com/doc/progetti/cuenca.htm>

ETAPA (Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca – Ecuador) ha ottenuto dall' American Development Bank (IDB) un prestito, per finanziare il progetto dei “Planes Maestros de Agua Potable y Saneamiento para Cuenca – II Fase” finalizzato all'approvvigionamento di acqua potabile non solo della città di Cuenca, ma anche delle aree peri urbane e rurali limitrofe e alla realizzazione di servizi fognari efficienti. Nell'ambito del progetto dei Planes Maestros sono stati previsti anche il progetto “Servicios de consultoría para el plan de gestión de riesgos para los sistemas de aguapotable y alcantarillado de la ciudad de Cuenca”, realizzato da AMRA, che ha avuto come obiettivo principale la realizzazione del piano di gestione dei rischi dei sistemi idrico e fognario compresi nella seconda fase dei Planes Maestros considerando le relazioni funzionali esistenti tra di essi.

Nell'ambito del servizio di consulenza sono stati identificati e valutati i diversi pericoli (attuali e potenziali) per l'insieme delle opere di Etapa che fanno parte del sistema idrico e fognario della città di Cuenca valutando anche la vulnerabilità ai rischi naturali, antropici e tecnologici della città delle infrastrutture fisiche, amministrative ed operative dei sistemi idrico e fognario.

In funzione della pericolosità e della vulnerabilità sono stati analizzati i rischi pervenendo alla definizione dei relativi scenari, alla loro gerarchizzazione e all'identificazione degli effetti a cascata. La definizione degli scenari di rischio ha infine condotto alla Redazione del Piano di Emergenza e all'identificazione delle azioni da realizzare prima, durante e dopo l'accadimento di un evento calamitoso e all'Elaborazione di un Piano di Mitigazione dei Rischi che tiene conto delle azioni (strutturali e non, di mitigazione e contingenti) necessarie per la riduzione dei rischi da disastri. Un altro risultato importante ottenuto è stata la realizzazione di un Software per la valutazione della pericolosità considerando gli effetti a cascata.

AMRA ha presentato i risultati finali conseguiti dal progetto il 31 maggio 2011 alla direzione generale di ETAPA e l'1 giugno al sindaco di Cuenca e al consiglio municipale nonché ai manager delle agenzie municipali della città.

VIGOR: Valutazione del potenziale Geotermico delle Regioni Convergenza
<http://www.amrcenter.com/doc/progetti/vigor.htm>

Lo sviluppo sostenibile delle società avanzate è legato alla capacità di individuare ed utilizzare altre fonti energetiche, in primis quelle rinnovabili ed ecocompatibili. Tra le fonti strategiche per l'Italia ha grande rilevanza la risorsa geotermica, largamente diffusa nel nostro paese a vari livelli energetici e quindi idonea per una vasta gamma di impieghi, dalla produzione di energia elettrica all'uso diretto del calore per applicazioni civili ed industriali.

Nell'ambito degli interventi innovativi di utilizzo della fonte geotermica previsti dal Programma Operativo Interregionale (POI) "Energie Rinnovabili e Risparmio Energetico 2007-2013" si inquadra VIGOR, progetto finalizzato all'individuazione e realizzazione di azioni per ampliare il potenziale sfruttabile di energia geotermica sul territorio delle regioni Campania, Calabria, Puglia e Sicilia. Il progetto è coerente con l'obiettivo generale di aumentare la quota di energia consumata proveniente da fonti rinnovabili e migliorare l'efficienza energetica, promuovendo le opportunità di sviluppo locale.

VIGOR raccoglie, sistematizza e divulga le informazioni scientifiche, tecniche, economiche ed ambientali, utili per consentire la valutazione del potenziale geotermico inerente tutti gli utilizzi della geotermia.

Il progetto fornisce indicazioni e raccomandazioni per l'uso esteso delle risorse geotermiche nelle regioni coinvolte, garantendo la piena sostenibilità ambientale. Nello specifico, saranno individuati, 4 casi tipo a livello internazionale di progetti dimostrativi di impianti geotermici con caratteristiche analoghe a quanto si pensa di poter sviluppare nelle regioni oggetto di studio.

Il progetto è attuato in 24 mesi dal CNR ed impiega 8 milioni di euro, il coordinamento scientifico delle attività è affidato all'Istituto di Geoscienze e Georisorse del CNR di Pisa.

Nei territori di riferimento sono coinvolti, inoltre, numerosi Istituti del CNR (IAMC, IMAA, IRSA, IRPI, IREA, IGAG, IDPA) e sono attivate collaborazioni con Università ed Enti di Ricerca. In particolare, in Campania, AMRA S.c. a r.l. collaborerà alle attività di progetto fornendo le competenze scientifiche e Know-how specifico maturato nel settore geotermico.

Gli autori

Ugo Leone

Già docente di Politica dell'Ambiente all'Università degli Studi di Napoli Federico II, è Presidente del Parco Nazionale del Vesuvio.

Paolo Gasparini

Geofisico, è Presidente di AMRA S.c. a r.l. e Coordinatore Scientifico del progetto REAKT.

Warner Marzocchi

Sismologo, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Gordon Woo

Esperto nello studio delle catastrofi, RMS London.

Iunio Iervolino

Ingegnere sismico, Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Università degli Studi di Napoli Federico II.

Gaetano Manfredi

Pro Rettore dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, Direttore del Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Università degli Studi di Napoli Federico II.

Pietro Greco

Giornalista scientifico e scrittore, è direttore della rivista *Scienza & società* e condirettore del web journal *Scienzainrete*.