

Michele Vinci

dai
**PROTEGGERSI
TERREMOTI**

Scheda sul sito >

PRIMA, DURANTE E DOPO L'EVENTO



Dario Flaccovio Editore

Michele Vinci

Proteggersi dai terremoti

Prima, durante e dopo l'evento



Dario Flaccovio Editore

*A tutte le vittime dei terremoti e
a tutti coloro che ne hanno dovuto
pagare le conseguenze*

M. Vinci

PROTEGGERSI DAI TERREMOTI

ISBN 9788857902210

© 2013 by Dario Flaccovio Editore s.r.l. - tel. 0916700686

www.darioflaccovio.it info@darioflaccovio.it

Prima edizione: luglio 2013

Vinci, Michele <1973->

Proteggersi dai terremoti : prima, durante e dopo l'evento / Michele Vinci. -

Palermo : D. Flaccovio, 2013.

ISBN 978-88-579-0221-0

1. Terremoti – Previsioni.

551.22 CDD-22

SBN PAL0259042

CIP - Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"

Stampa: Tipografia Priulla, Palermo, luglio 2013

Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

L'editore dichiara la propria disponibilità ad adempiere agli obblighi di legge nei confronti degli aventi diritto sulle opere riprodotte.

La fotocopiatura dei libri è un reato.

Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume/fascicolo di periodico dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633. Le riproduzioni effettuate per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere effettuate solo a seguito di specifica autorizzazione rilasciata dagli aventi diritto/dall'editore.

INDICE

Premessa	pag.	9
1. Cos'è un terremoto		
1.1. La tettonica delle placche e i terremoti	»	14
1.2. Le onde sismiche	»	23
1.2.1. Le onde profonde	»	24
1.2.2. Le onde superficiali	»	27
1.3. Propagazione delle onde ed effetti sugli edifici	»	28
1.4. Come si misurano i terremoti	»	32
1.5. Le placche tettoniche in Italia	»	33
1.6. Liquefazione del suolo	»	36
1.7. Gli tsunami	»	37
1.8. Le sequenze sismiche	»	38
1.9. Come si manifesta un terremoto	»	39
1.10. I terremoti più distruttivi in Italia	»	39
1.11. I terremoti attesi in Italia	»	43
2. La previsione dei terremoti		
2.1. Le zone a rischio sismico	»	46
2.2. Lo sciame sismico	»	49
2.3. Previsione attraverso il comportamento anomalo di animali	»	50
2.4. Previsione attraverso i gas radon	»	52
2.5. Previsioni attraverso la luminosità dell'atmosfera	»	54
2.6. Previsioni attraverso falde acquifere	»	54
2.7. Previsioni attraverso variazioni magnetiche	»	55
2.8. Previsioni attraverso nubi sismiche (Earthquake Clouds)	»	56
2.9. Previsioni attraverso le fasce di Van Allen	»	57
2.10. Previsioni attraverso la misurazione dello stato di stress delle rocce	»	57
2.11. Previsioni attraverso il pianto delle rocce	»	58
2.12. Early warning seismic (allerta sismica immediata)	»	59
2.13. Lacune sismiche	»	62
2.14. Conclusioni	»	67
3. La prevenzione contro i terremoti		
3.1. Edifici con struttura portante in cemento armato	»	73
3.1.1. Errori di progettazione	»	75
3.1.2. Errato impiego dei materiali	»	76
3.1.3. Particolari costruttivi	»	78
3.1.4. Invecchiamento della struttura	»	79
3.1.5. Tamponamenti e tramezzature	»	80
3.1.6. Pericoli proveniente dagli impianti	»	84
3.1.7. Esempio pratico di edificio in cemento armato realizzato con molti difetti	»	84

3.2. Edifici con struttura portante in muratura.....	»	87
3.3. La prevenzione contro i terremoti.....	»	95
3.3.1. Realizzazione di edifici di nuova costruzione sicuri	»	97
3.3.2. Messa in sicurezza degli edifici esistenti in cemento armato	»	101
3.3.3. Messa in sicurezza degli edifici esistenti con struttura portante in muratura	»	109
3.3.4. Messa in sicurezza delle strutture secondarie	»	114
3.3.5. Arredamento delle abitazioni.....	»	117
3.3.5.1. In cucina.....	»	118
3.3.5.2. In camera di soggiorno	»	119
3.3.5.3. In camera da letto	»	123
3.3.5.4. In bagno	»	124
3.3.5.5. In garage	»	125
3.3.6. Impianti elettrici e condotte del gas.....	»	125
3.3.7. Oggetti utili.....	»	126
3.3.8. Cellula di sicurezza (safety cell).....	»	127
3.3.9. Polizze assicurative.....	»	129
3.3.10. Alcuni accorgimenti speciali per i bambini	»	130
3.3.11. Esercitazioni di evacuazione.....	»	130
3.3.12. Prevenzione contro i terremoti in Giappone.....	»	130
4. Durante una scossa di terremoto (cosa fare, cosa non fare)		
4.1. Stati di panico	»	133
4.2. Comportamento da assumere in edifici con scarsa resistenza all'azione sismica ..	»	135
4.3. Comportamento da assumere in edifici con buona resistenza all'azione sismica ..	»	136
4.4. Drop, cover and hold on (abbassati, riparati e reggiti)	»	140
4.5. Il triangolo della vita.....	»	144
4.6. Se si è muniti di safety cell (cellula di sicurezza).....	»	147
4.7. Ripararsi nelle aperture dei muri maestri o nei pressi di elementi portanti	»	149
4.8. Cosa non fare durante un evento sismico se si è all'interno di un edificio	»	151
4.9. Comportamenti da assumere se si è all'aperto	»	153
4.10. Comportamenti da assumere se si è nei pressi di una spiaggia	»	156
4.11. Comportamenti da assumere se si è in automobile.....	»	156
4.12. Comportamenti da assumere per persone disabili o con difficoltà motorie	»	157
5. Dopo il terremoto	»	161
6. I sette passi per la sicurezza sismica	»	165
7. Piano di emergenza		
7.1. Caratteristiche dell'edificio	»	169
7.2. Punti di raccolta	»	170
7.3. Vie di fuga.....	»	172
7.4. Risorse del piano di emergenza	»	172
7.5. Segnale di evacuazione e segnale di allarme.....	»	172
7.6. Addetti all'emergenza.....	»	175

7.7. Compiti del responsabile	»	175
7.8. Compiti assegnati al nucleo operativo.....	»	176
7.9. Aprifila e Chiudifila.....	»	177
7.10. Assistenza alle persone disabili	»	177
7.11. Emergenza a causa di terremoto	»	177
7.12. Piano di emergenza.....	»	178
7.13. Esercitazioni	»	178
 8. Conclusioni		
8.1. Il successo di Stati esteri.....	»	180
8.2. Il fallimento dell'Italia.....	»	180
8.2.1. Primo grado di responsabilità (Istituzioni).....	»	181
8.2.2. Secondo grado di responsabilità (tecnici e costruttori).....	»	186
8.2.3. Terzo grado di responsabilità (popolazione).....	»	187
8.3. I vantaggi degli edifici isolati alla base	»	188
8.4. La messa in sicurezza del territorio	»	189
 APPENDICE. Sismicità in Italia.....		
»	»	191
Bigliografia.....	»	215
Sitografia.....	»	215

Premessa

Il terremoto è un evento naturale che si verifica a causa della rottura delle placche tettoniche in forte pressione tra di loro. Tuttavia, i terremoti, di per sé, sono innocui (ad eccezione dei casi in cui si verificano in mare, in quanto generano onde anomale, i cosiddetti *tsunami*), nel senso che l'effetto che riescono a causare è semplicemente quello di far vibrare il terreno sotto i nostri piedi. Raccontata in questo modo, il lettore può pensare che chi scrive è matto, poiché da sempre i terremoti sono associati a morte e distruzione. In realtà, tra essere innocui e morte e distruzione passa la mano dell'uomo, nel senso che è l'uomo che ha reso catastrofici i terremoti, con le opere che ha costruito. In altre parole, i terremoti sono catastrofici perché le opere che l'uomo ha costruito non sono in grado di resistere agli stessi terremoti. La colpa, quindi, non è dei terremoti che si verificano, in quanto esistono da sempre, ma dell'uomo che ha costruito senza tenerne conto. Quanto detto può essere giustificabile per il passato in quanto gli edifici venivano realizzati in base alle conoscenze tecniche dell'epoca. Non è assolutamente plausibile oggi che si costruisca in modo tale da essere ancora vulnerabili ai terremoti. Anche se le normative sono attente al problema sismico, non si riesce sempre a costruire in modo da rendere le abitazioni assolutamente sicure. Le normative consentono il danneggiamento degli edifici, ma non il crollo, pensando così di ridurre il più possibile il numero delle vittime. Nei casi fortunati in cui si riesce a salvare la vita, il terremoto, anche se non fa crollare le abitazioni, può severamente danneggiarle, così che non siano più abitabili, provocando in ogni caso danni economici enormi.

Ciò che lascia con l'amaro in bocca è che allo stato attuale ci sono le conoscenze tecniche per costruire edifici completamente sicuri, anche per terremoti severi (vedi paragrafo 3.3.1). Oggi è possibile, per esempio, costruire edifici isolati alla base: attraverso particolari dispositivi, si isola l'edificio dal terreno, facendolo oscillare di meno. L'utilizzo della tecnica di isolamento ha i suoi costi aggiuntivi, che sono poca cosa di fronte alla consapevolezza di poter vivere una vita più serena. La suddetta tecnica è molto diffusa in altri Paesi ad altissimo rischio sismico, come Giappone e Stati Uniti. Per esempio, in California si verificano eventi sismici come quello dell'Irpinia del 1980 circa ogni due anni, eppure danni e vittimi-

me sono pressoché nulli. Nel nostro Paese, il problema principale nell'utilizzare tecniche innovative per realizzare edifici spesso è dovuto a tecnici e costruttori che preferiscono progettare e realizzare le strutture con le tradizionali tecniche che conoscono meglio, senza studiarne di nuove.

Si può accettare che il patrimonio edilizio proveniente dal passato sia vulnerabile all'azione del terremoto, ma per gli edifici nuovi ciò non è ammissibile. Gli edifici devono essere costruiti in piena sicurezza, non solo per la salvaguardia della vita umana, ma anche in termini di danni economici. Il progetto di un edificio non deve essere visto come qualcosa di burocratico per poter realizzare l'opera, ma come uno strumento che garantisce la sicurezza di chi ci deve abitare.

Nella parte centrale del testo si fa riferimento al rinforzo strutturale. Non vengono espressi concetti complessi, ma semplici ed intuitivi (senza riportare le complesse formulazioni che governano i vari problemi). È opportuno che il lettore, anche se non è un tecnico e crede di non capire nulla di edifici (dal punto di vista strutturale), legga anche quelle poche pagine che riguardano la resistenza della strutture. È importante sapere, infatti, soprattutto per le zone ad alto rischio sismico, se l'edificio è progettato per resistere alle azioni sismiche oppure no. La sicurezza delle persone passa attraverso la sicurezza degli edifici. Le strategie da seguire prima, durante e dopo l'evento sismico sono fortemente legate alla loro resistenza.

Viene riportato inoltre, in maniera approfondita, il comportamento da assumere prima, durante e dopo che un evento si verifichi. Molti concetti possono sembrare banali per molti lettori, ma il fatto stesso che spesso incidenti per cause banali si verificano vuol dire che per molte altre persone non lo sono. Purtroppo, nel nostro Paese, non si è abituati ad arredare pensando ai rischi che un determinato oggetto può causare durante un evento. Spesso si è portati ad arredare solo pensando all'aspetto estetico. Come si vedrà nel testo, durante gli eventi, molte persone vengono ferite (anche in maniera grave) da elementi di arredo.

Il testo, oltre ad essere indirizzato a persone che operano nel campo dell'edilizia, è molto utile anche per coloro che ne vogliono sapere di più su causa ed effetti dei terremoti. I terremoti, quando si verificano, colpiscono tutta la popolazione. Le sorti di chi subisce un terremoto non devono essere affidate esclusivamente alla "fortuna", ma ci si può preparare, per essere meno vulnerabili. Sappiamo, infatti, che il territorio italiano è fortemente sismico, alcune zone di più, altre di meno (ricordiamo che, secondo la normativa, l'Emilia Romagna teatro del recente evento sismico è una regione dichiarata poco sismica – zona sismica di 3^a categoria), per cui è plausibile aspettarsi che qualche evento si verifichi.

La popolazione di un paese a rischio sismico come l'Italia si trova davanti a due possibilità: può non pensare alla probabilità che si verifichi l'evento e affidarsi alla fortuna, oppure può essere cosciente di vivere in un territorio a rischio e quindi prepararsi di conseguenza.

Le regole di comportamento riportate nel testo sono molto efficaci nei casi in cui gli edifici in cui ci si trova quando si è sorpresi dalla scossa sono sufficientemente resistenti da non subire crolli globali (può essere accettato al limite il crollo di piccole parti di strutture, che presentano di per sé una situazione di pericolo). In realtà molte costruzioni del patrimonio edilizio nazionale non sono conformi alle attuali normative antisismiche, rendendo così la popolazione molto vulnerabile (gli ultimi eventi sismici ne sono una testimonianza) e molte altre non solo non rispettano le prescrizioni di normativa, ma hanno resistenza pressoché nulla nei confronti del terremoto. Delle strutture vulnerabili, gran parte sono proprietà dello Stato, nelle quali vengono spesso svolte attività soggette ad affollamento. Come emerge ad esempio da indagini recenti fatte sulle scuole, esse per la grande maggioranza non sono conformi alle normative (secondo un comunicato della Protezione Civile, solo il 10% delle scuole ricadenti in zone ad alto rischio sismico sono conformi alle norme). Questo implica che le strutture non sono in condizioni di reggere un eventuale terremoto previsto per la zona in cui è ubicato il manufatto.

Lo scopo del testo non è quello di diffondere la paura tra la popolazione, ma quello di informare. Informare le persone che gli eventi sismici sono avvenimenti naturali, che sono sempre esistiti ed esisteranno sempre, a causa della naturale conformazione della superficie terrestre. Sensibilizzarle nei confronti della prevenzione, per esempio facendo riflettere nei casi in cui si è in procinto di acquistare o arredare un'abitazione (generalmente, soprattutto per mancanza di informazione, si tende ad acquistare casa senza informarsi sulla capacità di resistenza nei confronti del terremoto). Sensibilizzarle nelle giuste decisioni da prendere se si è sorpresi da una scossa, riducendo di fatto la possibilità di compiere errate improvvisazioni.

Concludiamo questa parte introduttiva, augurandoci che quanto riportato nel testo rimanga per il lettore solo cultura personale, e che le informazioni messe in pratica rimangano delle semplici esercitazioni.

Un ringraziamento particolare spetta al collega ed amico Biagio Pisano per i numerosi consigli, suggerimenti ed approfondimenti forniti nel corso della stesura dell'intera opera e a tutti i colleghi della STACEC per il continuo supporto e incoraggiamento.

L'autore

1. Cos'è un terremoto

Prima di introdurre il concetto di terremoto, facciamo un veloce sunto di come è strutturato il pianeta Terra. La struttura della Terra può essere definita dal punto di vista della composizione chimica e dal punto di vista delle proprietà meccaniche. Dal punto di vista chimico la Terra può essere divisa nei seguenti strati: crosta, mantello superiore, mantello inferiore, nucleo esterno e nucleo interno. Le profondità dei suddetti strati sono indicativamente riportate nella tabella 1.1 (vedi figura 1.1).

Tabella 1.1. Composizione chimica della struttura terrestre

Strato	Chilometri di profondità
Crosta	0÷35
Mantello superiore	35÷660
Mantello inferiore	660÷2890
Nucleo esterno	2890÷5150
Nucleo interno	5150÷6360

Dal punto di vista delle proprietà meccaniche, la Terra può essere divisa nei seguenti strati: litosfera, astenosfera, mesosfera, nucleo esterno e nucleo interno. Le profondità dei suddetti strati sono riportate nella tabella 1.2 (figura 1.1).

Tabella 1.2. Composizione meccanica della struttura terrestre

Strato	Chilometri di profondità
Litosfera	0÷(60-100)
Astenosfera	(60-100)÷(200-300)
Mesosfera	(200-300)÷2890
Nucleo esterno	2890÷5150
Nucleo interno	5150÷6360

La litosfera comprende tutta la crosta e parte del mantello superiore. In altre parole, la crosta terrestre e la parte superiore del mantello costituiscono un'unica

struttura rigida. Come si riporta nel paragrafo 1.1, la litosfera è costituita da più parti, dette *placche*, le quali sono le responsabili dei terremoti.

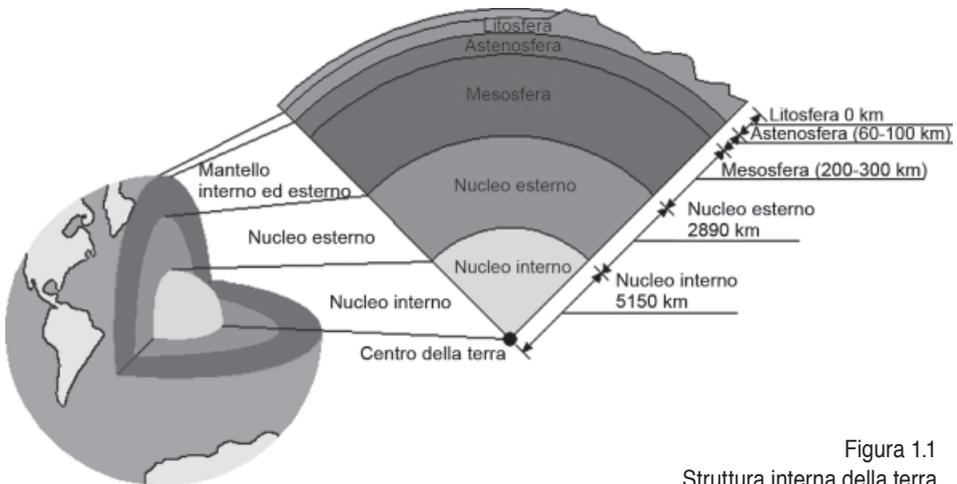


Figura 1.1
Struttura interna della terra

1.1. La tettonica delle placche e i terremoti

La crosta terrestre (o litosfera), che si estende dalla superficie fino ad una profondità di circa 100 km, è composta dalla crosta oceanica e dalla crosta continentale. Le suddette croste sono divise in una ventina di frammenti di diverse dimensioni dette *placche* o *zolle*.

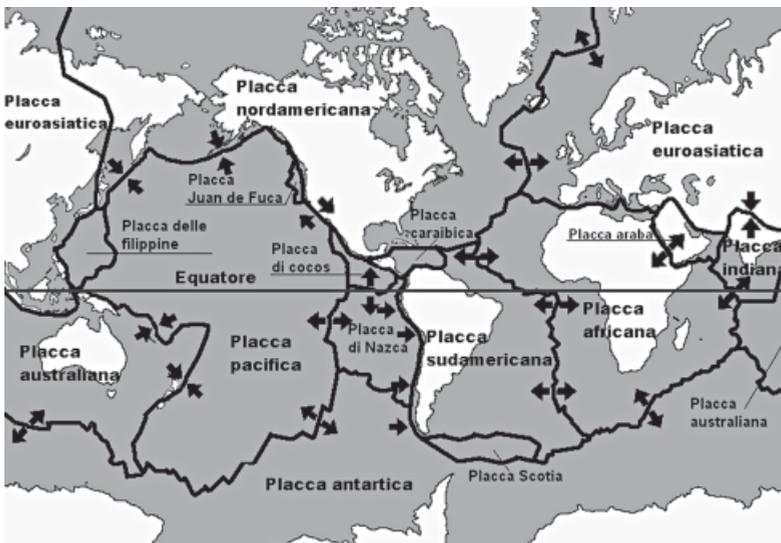


Figura 1.2. Principali placche terrestri

Queste sono affiancate in modo da coprire tutta la superficie terrestre (figura 1.2) e sono in continuo movimento l'una rispetto all'altra. Il movimento delle varie placche è indicato in figura attraverso le freccette. Come si vede, alcune placche tendono ad avvicinarsi, altre ad allontanarsi ed altre ancora scorrono parallelamente.

Circa 200 milioni di anni fa, la Terra era formata da un unico supercontinente, detto *Pangea*, circondato da un unico grande oceano, detto *Pantalassa* (figura 1.3). Successivamente, questo supercontinente si è fratturato, dando origine agli attuali continenti che si sono allontanati via via nel corso dei secoli fino ad occupare la posizione attuale. Tale teoria, formulata dallo studioso Alfred Wegener nel 1915, si avvale di una serie di prove, tra tutte l'analogia del profilo delle coste (per esempio la costa americana e quella africana hanno profilo simile che lascia immaginare un distacco). Con questa teoria si spiegano molti fenomeni che si verificano sulla crosta terrestre, come per esempio montagne, vulcani, fosse oceaniche, ecc. (per ulteriori chiarimenti si rimanda a testi specifici).



Figura 1.3
La terra 200 milioni di anni fa

Il continuo movimento dei continenti è una prova che le parti che compongono la superficie terrestre continuano a essere in moto con la conseguente conclusione che alcune parti tendono ad avvicinarsi, altre ad allontanarsi ed altre ancora a scorrere tra di loro. Tali movimenti danno origine ai tre tipi di faglie sotto riportate.

Naturalmente, in funzione della densità dei materiali di cui sono costituite, le placche hanno comportamento diverso: le granitiche, più leggere, tendono a restare in alto; le basaltiche, più pesanti, a sprofondare. I margini di separazione tra una placca e l'altra sono le zone in cui avviene il movimento reciproco. Tali movimenti possono avvicinare o allontanare le placche.

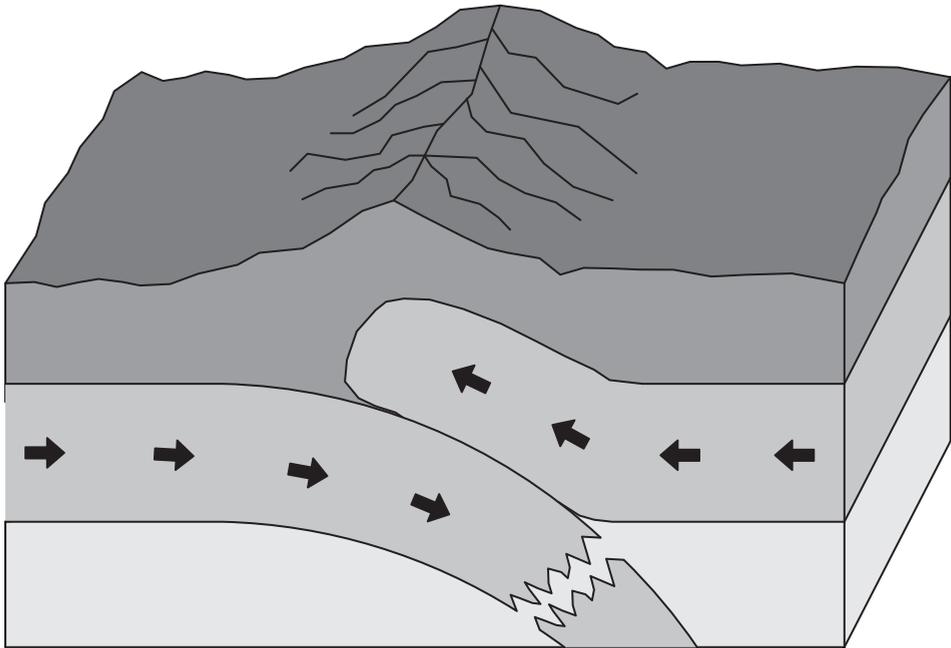


Figura 1.4. Placche convergenti

Nel caso in cui i margini si avvicinano, si hanno due placche che si scontrano. Quando questo accade una delle due placche inizierà a scivolare al di sotto dell'altra penetrando nell'astenosfera dove inizia a fondersi per poi scomparire all'interno del mantello; si ipotizza che ciò si può verificare fino ad una profondità di 700 km in quanto non sono mai stati registrati terremoti con profondità maggiori (figura 1.4).

Un terremoto ha inizio quando lo sforzo accumulato in tempi lunghissimi all'interno della crosta terrestre, causato dal moto delle placche che costituiscono lo strato più superficiale della Terra, supera la soglia di resistenza a rottura delle rocce, che formano le placche stesse. La rottura avviene lungo un piano, detto *piano di faglia*, e l'energia immagazzinata nella crosta viene istantaneamente rilasciata, generando il moto ondoso caratteristico dei terremoti (vedi paragrafo 1.2). Dato che le placche che costituiscono la crosta terrestre sono in continuo movimento, due placche contigue esercitano reciprocamente pressioni che aumentano fino a quanto non si raggiunge la pressione di rottura delle rocce.

Per capire meglio il processo di frattura delle placche, si può immaginare di prendere due blocchi in pietra, collocarli in aderenza ed esercitare una pressione N via via crescente (figura 1.5).

La relazione che lega la forza esterna applicata e la tensione raggiunta dal materiale è la seguente:

$$\sigma = \frac{N}{A}$$

dove N è la forza applicata sui blocchi, σ è la tensione raggiunta dal materiale ed A l'area di contatto tra i due blocchi.

I blocchi si fratturano quando parti di essi raggiungono la tensione limite di rottura ($\sigma = f_d$). Come si vede dalla formula, maggiore è l'area di contatto tra i blocchi, minore è la tensione σ . In questi casi, la tensione di rottura si raggiunge per valori di compressione più alti (valori di N elevati).

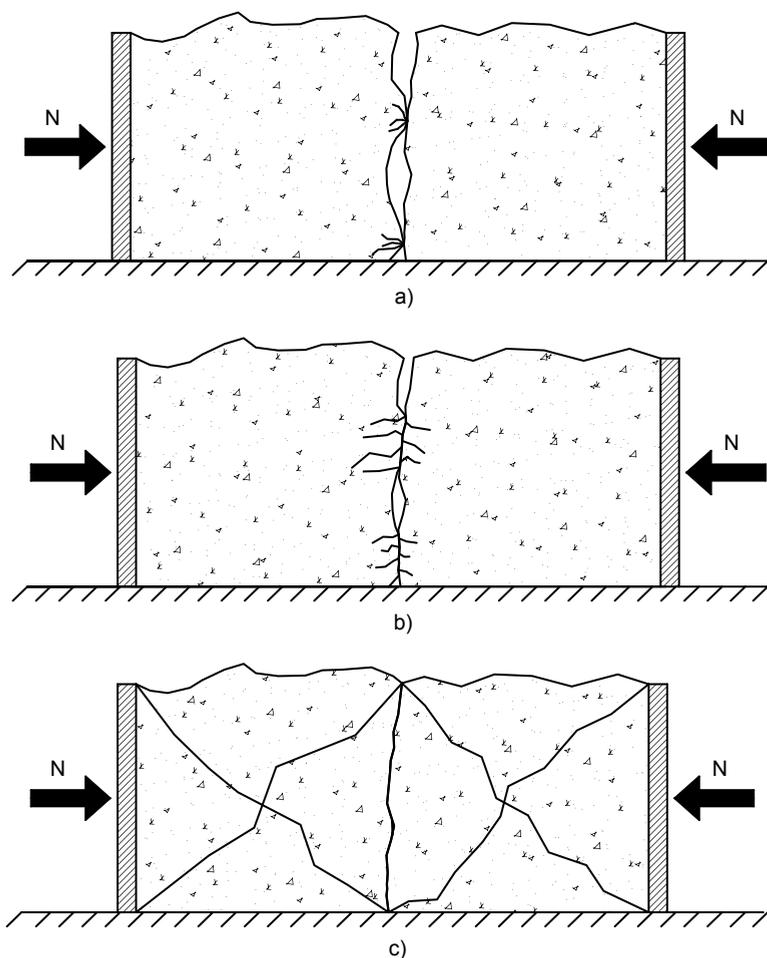


Figura 1.5. Rocce compresse

In figura 1.5a, la superficie di contatto tra i due blocchi è molto limitata, per cui per raggiungere una tensione σ alta (quindi quella f_d per cui avviene la rottura del materiale) è sufficiente un valore basso della forza di compressione N_1 . La tensione massima si raggiunge nei punti di contatto, per cui tali punti sono i primi a lesionarsi. Per effetto delle lesioni e visto il basso valore della forza N_1 , viene liberata una modesta quantità di energia. Possiamo dire che ciò avviene quando si verificano terremoti di modesta entità. A seguito delle fratture, la superficie di contatto tra i due blocchi aumenta (figura 1.5b). In questo caso l'area di contatto A tra i blocchi diventa maggiore. Tenendo sempre presente la precedente formula, visto che l'area di contatto A tra i due blocchi è aumentata, per raggiungere la frattura delle rocce occorre una forza N maggiore. Continuando con il processo di compressione, si raggiunge un valore della forza N ($N_2 > N_1$) per la quale avviene una nuova frattura delle rocce ($\sigma = f_d$). In questo caso, l'energia liberata è maggiore del caso precedente (maggiore è la forza N e maggiore è il volume di rocce interessato alla frattura). Questo potrebbe essere il caso di un terremoto di media entità che, tramite la frattura di una limitata parte di placche tettoniche, libera un quantitativo modesto di energia (se pur maggiore del caso precedente).

A questo punto della compressione, il contatto tra i due blocchi diventa totale (l'area di contatto tra i due blocchi è molto maggiore rispetto ai casi precedenti). Continuando con il processo di compressione, è intuibile in questo caso che la forza necessaria per una nuova frattura debba essere enormemente maggiore rispetto ai casi precedenti ($N_3 \gg N_2$). Il processo di frattura non interessa soltanto piccole parti di roccia in corrispondenza dei punti di contatto, ma interessa l'intero volume dei blocchi (nel caso delle placche tettoniche interessa porzioni di esse molto vaste). Quando si raggiunge la forza N_3 (forza per la quale si ha $\sigma = f_d$) ed avviene la frattura delle rocce, l'energia liberata dal processo di frattura è enorme. Questo potrebbe essere il caso di terremoti catastrofici (le fratture delle placche interessano vaste aree). Nel caso delle placche tettoniche, succede più o meno la stessa cosa, quando si raggiunge la pressione che provoca la frattura dei materiali, le rocce iniziano a fratturarsi, scaricando un'enorme quantità di energia sotto forma di onde sismiche che attraversano il terreno e ne provocano le oscillazioni. Basti immaginare cosa succede ad una molla quando, sottoposta a forze di compressione ed improvvisamente scaricata, inizia ad oscillare fino a che si esaurisce l'energia accumulata dalla compressione (per dirla semplice, il comportamento del terreno a seguito della rottura delle placche tettoniche è analogo a quello di una molla che improvvisamente viene scaricata).

Concetto analogo vale per le placche tettoniche: il loro continuo movimento relativo le fa avvicinare e le comprime aumentando lo stato tensionale di esse, fino a quando si raggiunge la tensione che ne provoca la frattura, in seguito alla quale il terreno inizia ad oscillare (come nel caso della molla), dando vita alle onde sismiche che tutti conosciamo.

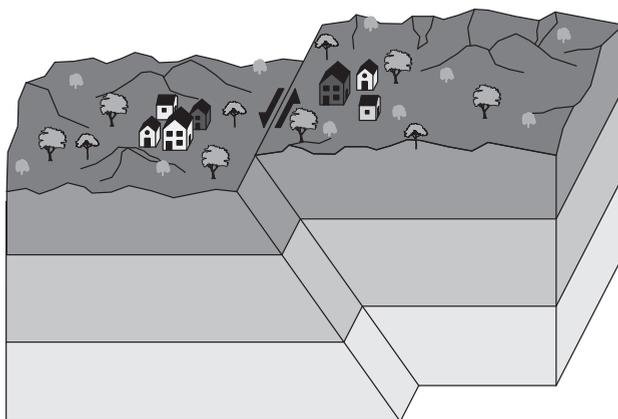


Figura 1.6a. Faglia trasformante o trascorrente

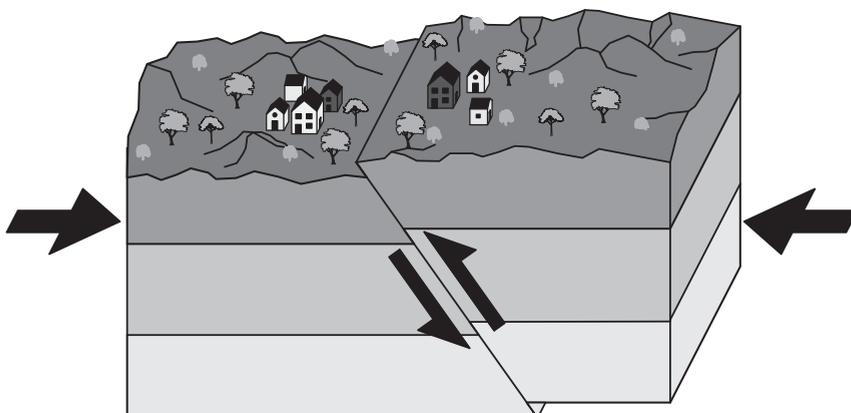


Figura 1.6b. Faglia convergente o inversa

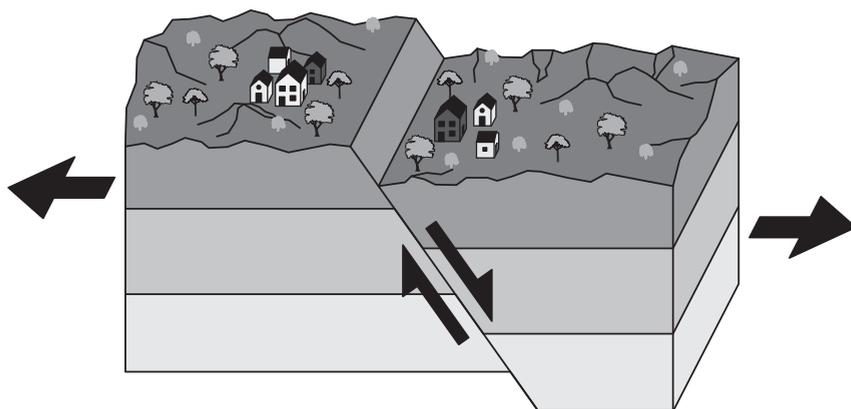


Figura 1.6c. Faglia divergente, diretta o normale

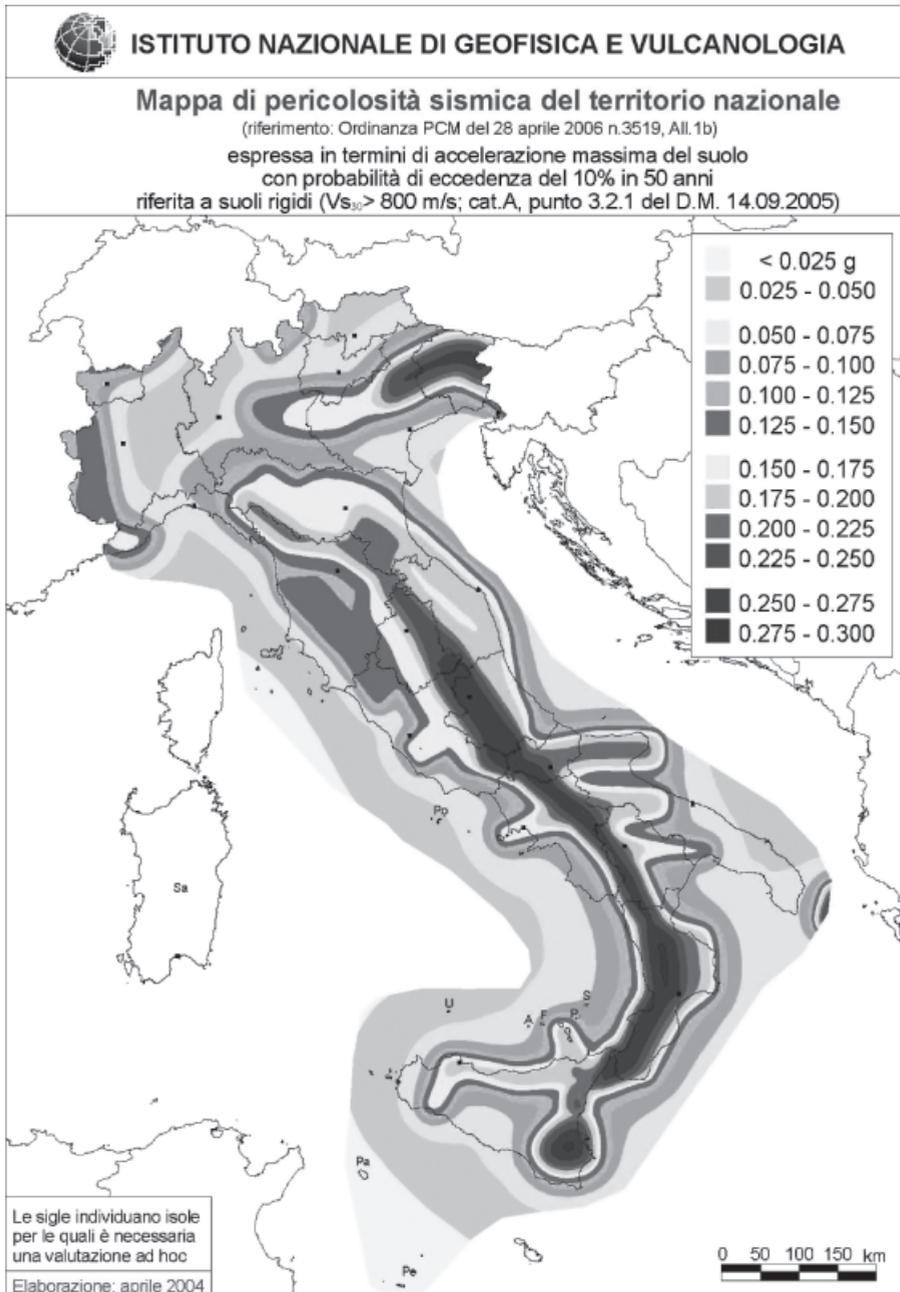


Figura 2.1. Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale - vedi anche a colori a pag. 193 -
 (fonte: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia)

Per esempio, nel Sud Italia, tra la Sicilia e la Calabria, statisticamente si verifica un evento sismico distruttivo ogni 100 anni circa, per cui, tenendo conto che l'ultimo è avvenuto nel 1908 (stretto di Messina), gli studiosi prevedono che in questo periodo se ne può verificare un altro. In definitiva, passato il tempo di ritorno dall'ultimo evento avvenuto, se ne attende uno nuovo. Quanto detto non è solo un concetto puramente statistico, ma è legato al movimento delle placche tettoniche che tendono ad avvicinarsi (vedi capitolo 1). In funzione della velocità con cui le placche tendono ad avvicinarsi e della resistenza del materiale di cui sono composte, si genera via via una pressione crescente nelle superfici di contatto che ne provoca la rottura (vedi paragrafo 1.1). Se la velocità di movimento delle placche e la resistenza dei materiali si mantengono pressoché costanti, è plausibile che tra un terremoto e il successivo passi lo stesso lasso di tempo.

Quanto detto in precedenza implica che tutto il territorio italiano è vulnerabile, nei confronti del terremoto, allo stesso modo. Per esempio, prendiamo in considerazione due edifici, uno progettato per zone fortemente sismiche, l'altro progettato per zone debolmente sismiche. Se il terremoto si verifica in entrambi i luoghi per come atteso, e se gli edifici sono progettati seguendo le norme, dovrebbero resistere entrambi. Se il terremoto si verifica per entrambi i luoghi un po' più forte di quanto atteso (in maniera proporzionale), probabilmente entrambi gli edifici riportano lievi danni. Se il terremoto si verifica per entrambi i luoghi molto più forte di quanto atteso, entrambi gli edifici probabilmente subiscono dei crolli. Il risultato finale è che entrambi gli edifici crollano, anche se il sisma verificatosi nella zona più sismica è molto più forte di quello verificatosi nella zona meno sismica.

Con questo concetto si intende dire che tutte le zone d'Italia hanno lo stesso grado di rischio sismico, legato al fatto che le costruzioni vengono progettate per resistere al sisma atteso. In definitiva, chi vive in zone "poco sismiche" non è più al sicuro rispetto a chi vive in zone "fortemente sismiche". Il recente evento sismico che ha colpito l'Emilia Romagna ne è un esempio. Se l'Abruzzo e l'Emilia Romagna fossero stati colpiti da terremoti con le medesime caratteristiche, probabilmente i danni riportati in Emilia sarebbero stati molto maggiori di quelli riportati in Abruzzo (ovviamente, il paragone regge per edifici recenti progettati in presenza di normative sismiche, anche se edifici antichi in luoghi ad alto rischio sismico si presentano più robusti di quelli in siti a basso rischio sismico). Per esempio, a San Felice sul Panaro in provincia di Modena, gli edifici si progettano con un'accelerazione sismica di base pari a 147 cm/s^2 , mentre a L'Aquila si progettano con accelerazione sismica di base pari a 256 cm/s^2 . Teoricamente, gli edifici realizzati a L'Aquila, visto che devono essere progettati per un sisma di intensità maggiore, presentano una resistenza maggiore rispetto a quelli progettati in Emilia Romagna.

2.2. Lo sciame sismico

Si definisce *sciame sismico* un fenomeno naturale caratterizzato da una serie di scosse di terremoto di lieve e media intensità che si verificano consecutivamente in un tempo (circa qualche mese) relativamente breve e localizzate in una determinata zona.

Generalmente, la grande maggioranza degli sciami sismici evolve senza generare scosse di intensità importanti, dissipandosi più o meno lentamente nel tempo. Una percentuale piccola di sciami sismici può evolvere verso scosse importanti. In questi casi si registrano scosse di intensità sempre crescenti in frequenza ed intensità, dette *premonitrici*. Le scosse di terremoto distruttive sono quasi sempre precedute da scosse di intensità minore. Nei casi in cui inizia un'attività sismica in una determinata zona, poiché tutte le scosse hanno intensità diverse, può capitare che alcune di esse abbiano intensità tale da creare danni a persone e cose. Naturalmente, come detto sopra, non è una regola che durante uno sciame sismico si verifichi una scossa distruttiva. In molti casi si registrano sciami con scosse di bassa intensità e continue, le quali sono da preferirsi, in quanto le faglie che si sovrappongono scaricano l'energia gradualmente, evitando così scosse di intensità maggiore. In altri casi, si inizia con scosse di bassa intensità, dopo di che si verificano scosse di intensità maggiore (scosse di tipo distruttivo), ed infine si prosegue con scosse di intensità generalmente minore di quelle distruttive (scosse di assestamento).

Per esempio, la scossa di terremoto del 6 aprile che ha colpito l'Abruzzo è stata preceduta da uno sciame sismico iniziato circa 6 mesi prima (14 dicembre 2008 con magnitudo 1.8 della scala Richter). In particolare, il 30 marzo si è manifestata una scossa abbastanza forte (magnitudo 4.2 della scala Richter) e, successivamente, il 6 aprile verso le 10 di sera (prima della scossa distruttiva delle ore 3:32), un'altra scossa di intensità pressoché simile a quella del 30 marzo. Le due scosse premonitrici, se prese in considerazione, avrebbero potuto salvare centinaia di vite umane (fermo restando che poco si poteva fare per salvare le cose). Sarebbe stato utile, infatti, mettere in allarme la popolazione, dicendo che si potevano verificare altre scosse anche di intensità maggiore, in modo che chiunque si sarebbe potuto organizzare in funzione di un probabile pericolo. Per esempio, molti studenti sarebbero rientrati nelle loro sedi (il crollo della Casa dello studente ha causato diversi morti), alcune persone avrebbero potuto decidere di dormire in macchina, altre avrebbero potuto collocare i letti in punti più sicuri della propria casa, ecc.

Anche il Pollino (zona al confine tra Basilicata e Calabria) è interessato da qualche mese (al momento in cui si scrive, maggio 2013) da uno sciame sismico. Procedendo nei mesi, si sono verificate scosse con intensità sempre crescenti (la

più intensa è stata registrata la notte tra il 25 e il 26 ottobre 2012, con magnitudo pari a 5.0 della scala Richter). In queste circostanze (con sciame sismico ancora in corso) si hanno due possibilità: la prima (e speriamo che si verifichi) è che con il passare dei mesi si registrino scosse con intensità sempre decrescenti fino a che si esaurisce lo sciame sismico, per cui le placche tettoniche nei loro movimenti hanno liberato gradualmente l'energia; la seconda è quella che con il passare dei mesi si registrino scosse con intensità maggiori, con effetti distruttivi.

Naturalmente, in questi casi di sciame che durano parecchi mesi, non è assolutamente pensabile che si evacui tutta la zona interessata e non è neanche giusto diffondere il panico tra la popolazione. È plausibile invece che la popolazione venga avvertita che qualcosa può succedere. Sarebbe inoltre opportuno preparare la popolazione attraverso esercitazioni di evacuazione degli edifici (vedi capitolo 4), in modo da essere pronti nel caso in cui si verifichi la peggiore delle precedenti possibilità.

In definitiva, durante il periodo di uno sciame sismico è sempre opportuno stare in allerta e prendere le dovute precauzioni (vedi capitolo 3). La popolazione deve essere consapevole che ci sono dei rischi concreti che un evento di intensità maggiore si verifichi.

2.3. Previsione attraverso il comportamento anomalo di animali

Uno dei sistemi più antichi ed efficaci utilizzati per prevedere i terremoti è senza dubbio quello che analizza il comportamento degli animali prima che l'evento sismico avvenga. Si sono registrati nel tempo numerosi casi di comportamenti anomali da parte di animali prima di eventi sismici. Le osservazioni si riferiscono ad animali di diverse specie, tra cui mammiferi, rettili, insetti, pesci, ecc.

Una prima osservazione si ebbe nell'antica Grecia nel 373 a.C., quando, secondo un antico documento (Diodoro Siculo), animali come ratti e serpenti abbandonarono in massa la città di Elice alcuni giorni prima di un evento sismico devastante. Pochi minuti prima che si verificasse il terremoto del Friuli nel 1976, una signora superstite al terremoto notò un comportamento anomalo del proprio canarino chiuso nella gabbia, che iniziò a sbattere con violenza contro la gabbia ripetute volte fino a morirvi.

Narrazioni raccontano comportamenti strani anche per quanto riguarda rettili, anfibi e pesci. Un caso è quello che si verificò a San Diego nel 2009, poco prima di un evento catastrofico: la gente osservò sulla spiaggia la presenza di numerosi calamari Humboldt che di solito vivono a profondità comprese tra i 200 e 500 metri. È facile collegare la fuga dei calamari all'evento sismico che di lì a poco colpì l'area con epicentro nel mare.

Un altro caso eclatante è quello che si verificò in Cina nell'inverno del 1975,

quando un gran numero di serpenti abbandonò la propria tana pochi giorni prima di un evento sismico catastrofico. I serpenti, così facendo, andarono incontro alla morte per freddo.

Anche in prossimità de L'Aquila, in corrispondenza del terremoto del 2009, furono registrati comportamenti strani da parte di animali. Alcuni biologi che stavano studiando una colonia di rospi si accorsero che questi, pochi giorni prima del terremoto, abbandonarono inspiegabilmente le pozze d'acqua che avevano da settimane colonizzato. Secondo gli scienziati, tale comportamento può essere addebitabile al fatto che i cambiamenti che avvengono nella crosta terrestre possono variare la composizione chimica di uno stagno e renderlo inabitabile per alcune specie animali.

Si narra anche di numerosi comportamenti anomali di cani e gatti che hanno preceduto terremoti. L'irrequietezza, i richiami vocali, l'agitazione e l'eccitazione sembrano essere le osservazioni più ricorrenti. Molte persone denunciano la scomparsa del proprio animale domestico nei minuti o nei giorni che precedono l'evento sismico.

Allo stato attuale non si riscontra un legame scientifico tra il comportamento degli animali e l'evento catastrofico. Tuttavia esistono esempi in cui le autorità hanno previsto l'evento basandosi su comportamenti inconsueti di animali. Per esempio, nel 1975 le autorità cinesi decisero di evacuare la città di Haicheng, abitata da milioni di persone. Alcuni giorni successivi si verificò un evento sismico con magnitudo 7.3, il quale, grazie alla precedente evacuazione, provocò un numero molto basso di vittime.

Se la città non fosse stata evacuata si stima che morti e feriti avrebbero superato le 150.000 unità.

Una spiegazione scientifica dello strano comportamento degli animali prima di un evento sismico può essere legato al fatto che gli spostamenti delle masse rocciose provocano una lieve modifica del campo elettromagnetico, percepibile da molte specie. Sappiamo che molti animali, quali foche ed uccelli, si orientano sfruttando il campo magnetico terrestre, può essere che le variazioni, se pur lievi, del campo elettromagnetico scombussolino il loro orientamento. Quanto detto non riscontra allo stato attuale alcun fondamento scientifico, ma solo supposizioni.

Nella tabella 2.1, elaborata da Roberto Santacroce dell'Università di Pisa, vengono descritti alcuni comportamenti anomali mostrati da animali prima dell'evento sismico.

Riteniamo che il comportamento anomalo degli animali non dia certezza che un evento sismico si verifichi, per cui prendere precauzioni drastiche è eccessivo. Tuttavia è sempre consigliabile dare l'allarme che un possibile evento si possa verificare.

Tabella 2.1. Comportamento degli animali prima di un evento sismico (fonte: Barberi, Santacroce, Carapezza, 2004)

Area del terremoto	Tempo prima del terremoto						
	1-2 min	10-20 min	1-4 ore	6-12 ore	1 giorno	Pochi giorni	Poche settimane
Area epicentrale	Polli Cavalli Rane Uccelli Bovini	Cani Bovini Topi Uccelli	Cani Gatti Polli Cavalli Topi Bovini	Cani Gatti Polli	Topi Bovini	Topi Pesci	Pesci
20-50 km	Polli Uccelli	Cani Uccelli	Pesci	Cani Rane Pesci	Topi Polli Bovini Pesci	Pesci	Pesci
70-100 km	Cavalli Polli Pesci	Rane Tartarughe	Cervi Polli Pesci		Gatti Bovini Pesci	Cani Cavalli Pesci	Pesci Topi Serpenti
150-200 km	Cavalli Uccelli	Uccelli Pesci	Topi Pesci	Pesci	Uccelli Topi Polli	Polli Pesci	Topi
> 250 km	Cani Cavalli		Bovini		Pesci	Pesci	Pesci

2.4. Previsione attraverso i gas radon

Il radon è un gas radioattivo prodotto dal decadimento dell'uranio 238. La quantità dell'uranio 238 nella crosta terrestre è significativa in termini di massa totale e di contributo radiologico alla nostra atmosfera. Di conseguenza, il radon è presente in modo molto sostanziale nella Terra. L'uso del radon come precursore dei terremoti si basa sull'ipotesi che l'emissione di questo gas cambi radicalmente nei luoghi in cui si sta per verificare un evento sismico (prima che si verifichi una scossa percepibile). Notevoli variazioni si sono osservate in molte zone pochi giorni o mesi prima che si verificasse un evento sismico catastrofico.

L'uso del radon quale precursore dei terremoti risale agli anni '60, quando in Russia si registrò un incremento della concentrazione di tale gas poco prima di un evento sismico catastrofico (Tashkent, 1966). Il radon venne emesso dalla superficie terrestre in quantitativi sempre maggiori dal 1961 fino a raggiungere i valori massimi di emissioni nei giorni che precedettero l'evento sismico.

Una giustificazione scientifica potrebbe essere quella che la variazione di radon è dovuta al rilascio dei gas intrappolati nelle rocce della crosta terrestre a seguito di microfratture dovute allo stress esercitato dalle placche terrestri prima della rottura che provoca la scossa che genera il terremoto. Nei punti di contatto tra due placche si ha uno stato sollecitazionale dovuto al mutuo avvicinamento. Nel

processo di avvicinamento delle placche (vedi capitolo 1), le tensioni tra le superficie di contatto aumentano, provocando una variazione dello stato tensionale delle rocce. Recenti studi hanno dimostrato che prima e dopo un evento sismico si possono verificare variazioni dell'emissione di radon rispetto ai valori base, le quali possono essere positive o negative (l'emissione di radon può aumentare e diminuire) a secondo della porosità delle rocce stesse. Se le placche sono rocce poco porose (per esempio graniti o basalti), la percentuale di vuoti è bassissima per cui, nel processo di avvicinamento delle placche, il volume di vuoti varia molto poco, quindi l'emissione di radon con l'esterno si mantiene pressoché costante fino a quando non si verificano le microfratture, in seguito alle quali la concentrazione di radon aumenta perché rilasciato dalle stesse. Viceversa, se le placche sono costituite da rocce molto porose (per esempio tufo), durante la fase di avvicinamento, si riduce il volume dei vuoti (dovuto alla compressione) e quindi si registra una minore concentrazione dei suddetti gas in quanto si riducono le vie per l'emissione. L'emissione di radon aumenta quando iniziano a formarsi nuove fratture (le quali implicano nuove vie per le emissioni dei gas). Sperimentazioni a riguardo sono state portate avanti da studiosi dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) e dell'Università Roma Tre (Paola Tuccimei, Silvio Molla, Sergio Vinciguerra, Mauro Castelluccio, Michele Soligo). Dalla ricerca si evince che le rocce della crosta terrestre, sottoposte a particolare stato di stress (come per esempio quello che precede i terremoti), possono variare l'emissione di gas radon.

Emissioni anomale di radon sono state registrate nella zona di San Giuliano di Puglia nel 2002 prima dell'evento sismico, nel 2003 prima del sisma sui monti Frantani, nel 2004 ad Ascoli Piceno. A L'Aquila si sono registrati picchi tra il 2 ed il 3 aprile (ricordiamo che la scossa distruttiva si è verificata nella notte del 6 aprile). In quest'ultimo caso, il tecnico Gianpaolo Giuliani (Laboratori Nazionali del Gran Sasso), incaricato di controllare i rilevatori di radon per non alterare i risultati degli esperimenti fatti con i neutrini, osservò delle correlazioni tra i sismografi e le oscillazioni di radon.

In ogni caso, la previsione dei terremoti è cosa molto difficile. Non è possibile annunciare un probabile terremoto tenendo conto della sola variazione di concentrazione di radon. Annunciare un terremoto implica anche dire con una certa precisione quando e dove si potrà verificare.

Da oltre quarant'anni, il radon correlato ad eventi sismici è oggetto di studio da parte di molti Stati (Giappone, Cina, Russia, Stati Uniti d'America, Stati europei, ecc.), ma non si è ancora riusciti a trovare una stretta correlazione tra l'aumento di tale gas e l'arrivo di un terremoto. Molte volte si sono registrati aumenti di gas senza essere seguiti da eventi sismici, per cui secondo le conoscenze attuali non c'è una stretta correlazione tra i due eventi (variazione di radon-terremoto).

Facendo riferimento alle conoscenze attuali, gli allarmi sarebbero molto di più di quelli strettamente necessari, rischiando, alla lunga, di rendere poco credibili eventuali evacuazioni. Tuttavia quello del radon potrebbe essere un metodo premonitore per il futuro.

2.5. Previsioni attraverso la luminosità dell'atmosfera

Un fenomeno che si può verificare prima di un evento sismico è quello della luminescenza dell'aria. Spesso il fenomeno si è verificato durante l'evento sismico, ed in molti casi è stato un segno precursore. Una probabile spiegazione scientifica può essere legata al comportamento delle rocce. Pare che prima della frattura le rocce siano capaci di emettere cariche elettriche, che giunte sulla superficie terrestre sono in grado di ionizzare l'aria producendo la luminosità (fenomeno simile a quello dei fulmini provocati dai temporali). Fenomeni di questo tipo si sono manifestati prima del terremoto del Friuli nel 1976. Anche nel più recente terremoto de L'Aquila, la sera prima dell'evento, il cielo appariva rosso con sfumature rosa e violetto, più luminoso in corrispondenza delle montagne. Inoltre, il cielo di quella sera e delle precedenti è stato frequentemente illuminato da bagliori, fulmini e fiammate.

Purtroppo, neanche in questo caso c'è una correlazione netta tra luminosità dell'atmosfera ed evento sismico. Non è ragionevole creare un allarme sulla base di tali fenomeni luminosi, in quanto molto frequenti, anche in assenza di evento sismico.

2.6. Previsioni attraverso falde acquifere

La presenza dell'acqua nelle falde acquifere presenti nel sottosuolo può dare indicazioni su eventuali futuri eventi sismici. I segnali che l'acqua delle falde ci possono dare sono:

- la variazione del livello dei pozzi
- l'aumento o la diminuzione delle portate delle sorgenti
- la variazione della temperatura e dei componenti chimici.

Il fenomeno descritto si è manifestato anche nel recente evento sismico dell'Emilia Romagna, dove molti abitanti del posto hanno notato un incremento del livello dell'acqua dei pozzi, anche di alcuni metri. In alcuni casi, l'acqua ha raggiunto la superficie ed allagato i campi. Il fenomeno può essere legato ai continui movimenti delle placche e a scosse di intensità minore (non percepite dalla popolazione) che si possono verificare precedentemente a quella di intensità maggiore. I movimenti delle placche, con buone probabilità, possono variare la pressione delle acque delle falde e quindi modificare il livello delle acque stesse nei pozzi.

I suddetti movimenti possono ridurre le dimensioni delle falde acquifere e, quindi, aumentare la pressione dell'acqua. Come si vede in figura 2.2, in seguito a scosse anche di intensità minori, i livelli dei pozzi possono variare in quanto possono subire modifiche le pressioni all'interno delle falde acquifere (il livello dei pozzi è legato alla pressione delle falde acquifere, per ulteriori chiarimenti consultare testi di idraulica). Il comportamento anomalo delle falde acquifere può essere un segno premonitore dei terremoti allo stesso modo di come lo può essere uno sciame sismico. In effetti, nell'esempio sopra riportato, la pressione delle falde acquifere è variata per effetto di scosse di intensità minore che si sono verificate in precedenza, quindi dovuto allo sciame sismico.

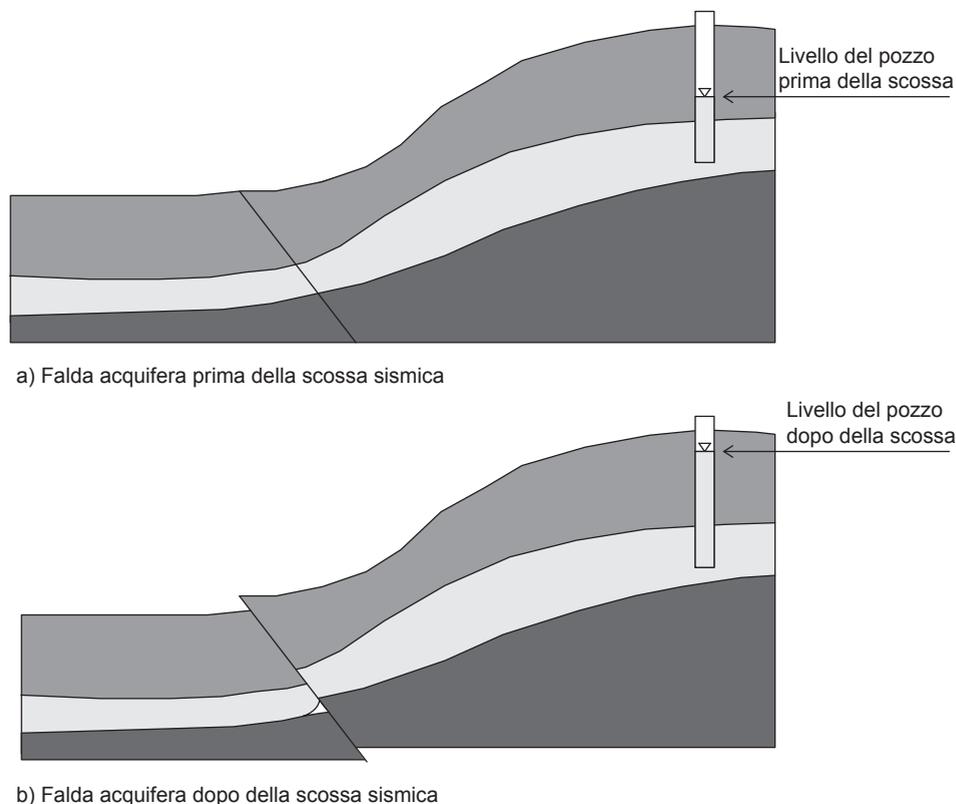


Figura 2.2. Falda acquifera: a) prima della scossa sismica; b) dopo la scossa sismica

2.7. Previsioni attraverso variazioni magnetiche

Al crescere della pressione, la magnetizzazione delle rocce diminuisce nella direzione della pressione esercitata. Una roccia sottoposta a pressione cambia la

3. La prevenzione contro i terremoti

In molte parti del mondo, l'uomo sa di dover convivere con i terremoti. In effetti, a causa delle numerose placche di cui è costituita la crosta terrestre (vedi capitolo 1), il rischio che ognuno di noi debba fare i conti con eventi sismici è molto elevato. Ancora più nello specifico, il territorio italiano è tutto dichiarato sismico, alcune zone con rischi maggiori rispetto ad altre. Come visto nel capitolo 2, la cartina in figura 2.1 evidenzia le zone a rischio maggiore e quelle a rischio minore. Quanto riportato nella suddetta cartina non è una certezza assoluta, in quanto l'Emilia Romagna, di recente colpita da un terremoto distruttivo, non risulta essere tra le regioni più a rischio del nostro territorio.

Nonostante la consapevolezza che il territorio è ad elevato rischio sismico, non riusciamo a limitare i danni da esso provocati. Purtroppo, dopo innumerevoli eventi distruttivi, ancora oggi ogni nuovo evento che si verifica di una certa entità genera sempre distruzione e vittime.

Come più volte detto, la scossa sismica di per sé non costituisce una minaccia per l'incolumità delle persone; non è reale il pericolo di voragini che si aprono e ingoiano persone o cose. Ciò che provoca vittime durante un terremoto è principalmente il crollo degli edifici o di parte di essi. Inoltre costituiscono un grave pericolo le conseguenze indirette del terremoto, in particolare incendi ed esplosioni dovuti, per esempio, a perdite di gas. Infatti, se durante un terremoto ci troviamo in aperta campagna, le possibilità di restarne vittime sono praticamente nulle. Se invece ci si trova nei centri abitati, le possibilità di restare colpiti aumentano notevolmente. Questo dimostra che i rischi legati al terremoto sono dovuti a quanto costruito dall'uomo. Oggi esistono tecnologie per costruire edifici in tutta sicurezza (per esempio, edifici isolati alla base), ma ancora sono poco utilizzate, sia per i maggiori costi di costruzione sia perché si è avversi ai cambiamenti.

I danni maggiori causati dai terremoti sono dovuti al crollo di edifici. Come si vedrà nel seguito del capitolo, gli edifici sono la prima causa di morte di un terremoto. In primo luogo, possono subire crolli totali o parziali. In secondo luogo, possono colpire persone sottostanti attraverso la caduta di cornicioni o altri pensili. Inoltre, stando all'interno di un'abitazione, anche i mobili possono essere causa di ferimento o morte.

La prima forma di prevenzione contro i terremoti è quella di rendere le abitazioni più sicure. Le normative sismiche hanno fatto passi da gigante negli ultimi anni, soprattutto in seguito agli ultimi eventi sismici. Le normative tecniche più significative per rendere gli edifici più sicuri nei confronti degli eventi sismici sono entrate in vigore in seguito al terremoto di San Giuliano di Puglia (Ordinanza 3274) e in seguito al terremoto dell'Abruzzo (D.M. 14/01/2008). Gli edifici costruiti nel pieno rispetto delle ultime normative sono sufficientemente sicuri per resistere alle azioni sismiche massime attese: si accetta che subiscano danni, ma non che subiscano crolli. Secondo tale criterio si riduce al minimo il rischio delle perdite di vite umane, ma il rischio di perdere l'abitazione, in quanto seriamente danneggiata, è alto. Considerazioni diverse devono essere fatte per gli edifici esistenti. Questi ultimi sono stati realizzati nel passato in epoche diverse (basti semplicemente pensare che ancora esistono manufatti dell'epoca greca o romana), e spesso in assenza di normative sismiche. Chi ci garantisce che le abitazioni in cui viviamo sono sicure? Chi ci assicura che durante un evento sismico sia più sicuro restare dentro casa o cercare di uscire fuori il più velocemente possibile? Naturalmente rispondere a queste domande non è cosa semplice e banale. Tuttavia ci sono delle tecniche, più o meno sicure, che ci consentono di trarre delle indicazioni sullo stato di salute delle nostre abitazioni. Per fronteggiare un eventuale terremoto, è indispensabile informarsi sulle condizioni strutturali della nostra abitazione. Risposte con un certo grado di precisione si possono avere se ci si rivolge al tecnico (ingegnere o architetto) di fiducia, chiedendo appunto di analizzare la costruzione e dirci lo stato di salute delle parti resistenti. Il tecnico, grazie ad indagini visive o attraverso indagini più accurate, è in grado di dare le indicazioni richieste.

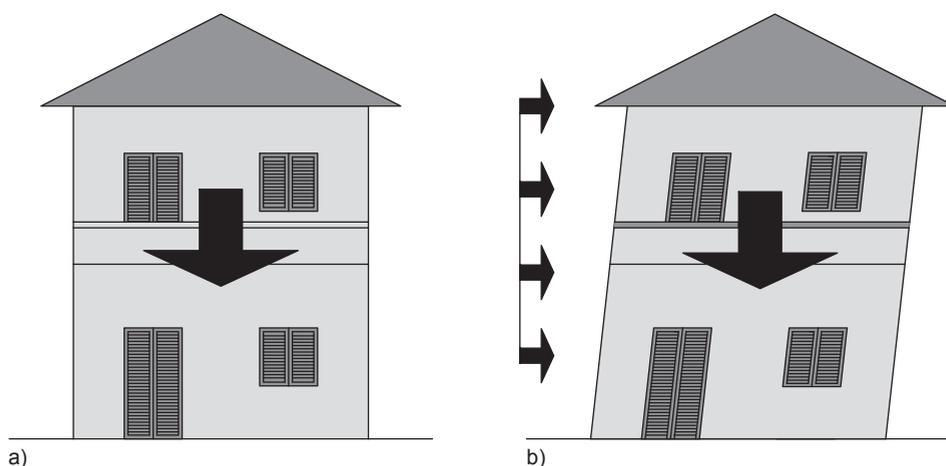


Figura 3.1. a) Struttura soggetta ai soli carichi verticali;
b) struttura soggetta ai carichi verticali ed all'azione sismica

Nei paragrafi seguenti si fanno alcune considerazioni sugli edifici. I concetti riportati sono notevolmente banali per chi opera nel settore, ma sono utili per qualsiasi cittadino, non operante nel settore dell'edilizia, che vuole saperne di più sulle costruzioni. L'obiettivo è quello di rendere chi legge il testo più sensibile alle problematiche strutturali e quindi consapevole dei dovuti provvedimenti da prendere nei casi in cui pensa che la propria abitazione possa mettere in pericolo la propria vita e quella dei propri familiari.

Per grandi linee, il patrimonio edilizio del territorio nazionale è costituito da due tipologie di edifici, quelli progettati per resistere all'azione dei carichi verticali (si intendono carichi verticali tutti i pesi che gravano sulla struttura – figura 3.1a) e quelli progettati per resistere sia all'azione dei carichi verticali che all'azione sismica. L'azione sismica agisce sulla struttura sotto forma di carichi orizzontali generati dalle forze inerziali dovute alle masse di cui è composta (figura 3.1b). Per la seconda tipologia di edifici, la progettazione avviene tenendo conto dell'azione sismica, per cui sotto l'effetto del terremoto l'edificio deve presentare una certa resistenza. In altre parole, può subire danni ma non deve crollare. Gli edifici progettati senza tenere in conto l'azione sismica hanno scarse risorse di resistenza a tali eventi, per cui anche eventi di modeste entità possono creare notevoli danni a cose e quindi alle persone. È un po' quello che è successo in Emilia Romagna. Molte persone hanno perso la vita quando si trovavano sul proprio posto di lavoro in grandi capannoni. In effetti, vista la scarsa probabilità che avvenisse un sisma di tipo distruttivo, quasi la totalità dei capannoni industriali è stata realizzata con la tecnica di appoggiare semplicemente le travi sui pilastri (figura 3.2).

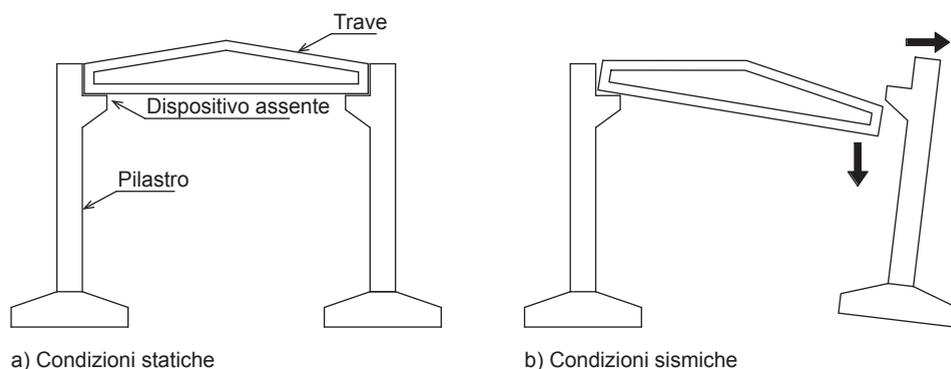


Figura 3.2. Capannoni sprovvisti di dispositivi sismici

Il collegamento tra le travi e i pilastri del capannone riportato in figura non presenta alcun dispositivo per contrastare l'azione sismica, per cui, sotto l'effetto

del sisma, i due pilastri su cui poggia la trave hanno subito spostamenti diversi, e quindi si è verificata la cosiddetta perdita di *appoggio* da parte della trave. Se i capannoni fossero stati provvisti di dispositivi sismici, probabilmente, ne sarebbero crollati molti di meno, con una conseguente minore perdita di vite e perdita degli stessi. Tra l'altro, i costi per realizzare tali dispositivi sono pressoché trascurabili se paragonati al costo complessivo dell'opera, per cui la domanda sorge spontanea: perché non prevedere sempre dispositivi di tipo sismico anche in zone a bassa sismicità, visto il costo irrisorio necessario alla realizzazione degli stessi? Con semplicissimi dispositivi collocati tra travi e pilastri (figura 3.3a), insieme a qualche altro accorgimento, lo spostamento relativo tra i due pilastri sarebbe stato pressoché nullo e il comportamento della struttura sarebbe stato simile a quello riportato in figura (il dispositivo antisismico è disegnato in maniera indicativa). I manufatti avrebbero subito sicuramente danni, ma i crolli sarebbero stati più improbabili. Per molti dei suddetti immobili, ripristinare tutte le loro funzionalità avrebbe richiesto costi molto minori rispetto a quelli conseguenti a una totale ricostruzione.

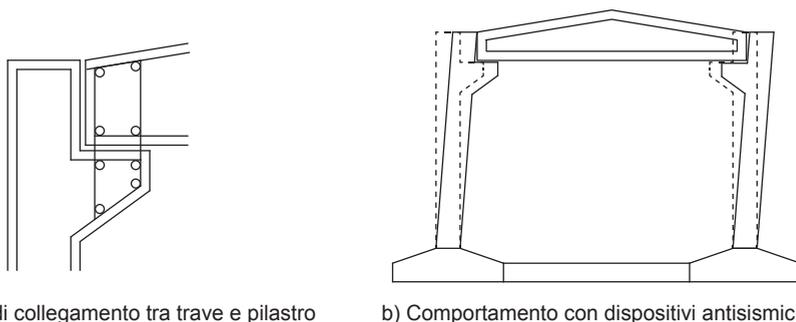


Figura 3.3. Comportamento dei capannoni con dispositivi antisismici

Come si accennava sopra, il territorio nazionale è tutto dichiarato sismico, alcune zone sono più a rischio (zone sismiche di prima categoria), altre di meno (zone sismiche di quarta categoria). Secondo una cartografia meno recente (precedente all'Ordinanza 3274 del 2003), molte zone d'Italia erano dichiarate *non sismiche* (per esempio una vasta parte della pianura padana, la Puglia, ecc.). In molte altre zone, l'intensità sismica di progetto era poco cautelativa. Come conseguenza di quanto detto, molti edifici del nostro patrimonio edilizio, anche se operando nel pieno rispetto delle regole, sono stati progettati per un'azione sismica molto minore di quella che in realtà si può verificare (l'Emilia Romagna ne è un esempio). Ogni zona del territorio nazionale ha una certa probabilità che si verifichi un terremoto, secondo quanto riportato nella cartina di figura 2.1. Gli edifici, per essere

in sicurezza, devono essere progettati per l'azione sismica massima prevista nella suddetta cartina. Naturalmente, più è alta l'azione sismica attesa, più gli edifici si presentano robusti e resistenti. Edifici progettati in due zone diverse presentano caratteristiche di resistenza diversi, fondamentalmente dovute alla diversa azione sismica attesa. Se in una determinata zona si verifica un evento di intensità maggiore di quello previsto, gli edifici possono essere non sufficientemente resistenti e quindi non in grado di affrontare l'evento. Definiamo *azione sismica di progetto* quella prevista dalla cartina riportata in figura 2.1, secondo cui gli edifici devono essere progettati per essere in sicurezza.

Nelle zone non sismiche, gli edifici sono progettati per resistere prevalentemente ai carichi verticali, mentre nelle zone sismiche gli edifici, oltre ad essere soggetti ai carichi verticali dovuti a tutti i pesi che vi gravano, sono soggetti alle forze orizzontali esercitate dal terremoto.

Gli edifici, per grosse linee, possono essere ulteriormente suddivisi in altre due grandi categorie: edifici con struttura portante in cemento armato ed edifici con struttura portante in muratura (esistono altri tipi di edifici in percentuale minore come quelli realizzati con struttura portante il legno, acciaio, ecc.).

Nei successivi paragrafi, si riportano quelli che possono essere i difetti di fabbrica più ricorrenti per le suddette tipologie di costruzioni e, in linea di principio, le tecniche di consolidamento che si possono adottare per incrementare la resistenza delle stesse strutture. In alcuni casi, migliorare le strutture nei confronti della resistenza sismica può richiedere sforzi economici ingenti, in altri casi "modesti".

3.1. Edifici con struttura portante in cemento armato

Gli edifici in cemento armato, come le altre tipologie di edifici, devono essere progettati per resistere all'azione sismica, in funzione del grado di sismicità atteso del sito, in modo da non subire crolli durante un evento sismico. Dire con certezza se un edificio può resistere ad una determinata azione sismica (per esempio quella di progetto) non è cosa facile ed immediata. Innanzi tutto, in un edificio in cemento armato, le incognite che entrano in gioco sono molteplici, per esempio tra le più rilevanti citiamo: errori di progettazione, qualità dei materiali di cui sono composti gli elementi, giusta esecuzione dei particolari costruttivi, giuste dimensioni degli elementi, carichi sulla struttura ecc. Tutte le incognite citate hanno notevole importanza sulla resistenza di una struttura sotto gli effetti sismici; nel seguito del paragrafo spiegheremo per grosse linee come una struttura contrasta tali effetti. Le dimensioni degli elementi strutturali e il giusto quantitativo di armature (ferri all'interno degli elementi) si ricavano dalle suddette incognite. Affinché non avvengano crolli, le forze applicate su una struttura devono essere in equilibrio con le forze interne della struttura stessa (per forze interne si intende

la resistenza degli elementi strutturali). Funziona un po' come l'esempio riportato in figura 3.4. Sia data una corda, con un'estremità legata al muro mentre sull'altra si applica una forza F , che potrebbe essere la forza di trazione esercitata da un uomo. Fino a quando la forza F è inferiore alla resistenza del sistema, il sistema stesso si mantiene in equilibrio.

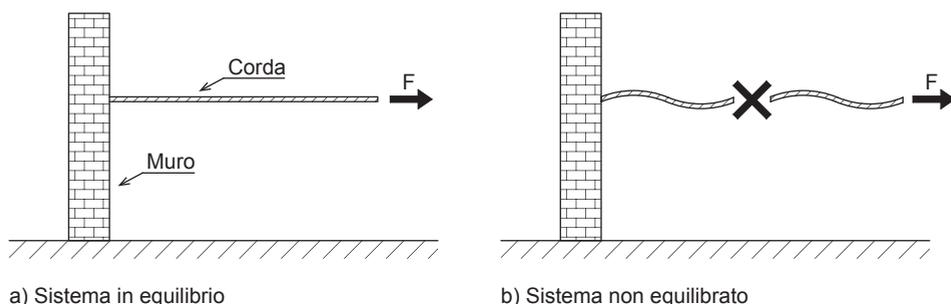


Figura 3.4. a) Sistema in equilibrio; b) sistema non equilibrato

La resistenza del sistema riportato in figura è legata alla resistenza delle singole parti, ossia alla resistenza della corda, alla resistenza del dispositivo di collegamento tra corda e muro e alla resistenza del muro. Se la forza F supera un determinato valore (limite di resistenza del sistema), il sistema stesso collassa, o perché si rompe la corda o perché si rompe il dispositivo di collegamento tra muro e corda o perché ribalta il muro. In maniera analoga si comportano le strutture. Le forze esterne (pesi, azione sismica, ecc.) devono essere equilibrate dalla resistenza degli elementi (figura 3.5). Per esempio, fino a quando pilastri e travi sono in grado di contrastare le forze esterne, la struttura è in equilibrio e non si verificano crolli (figura 3.5a).

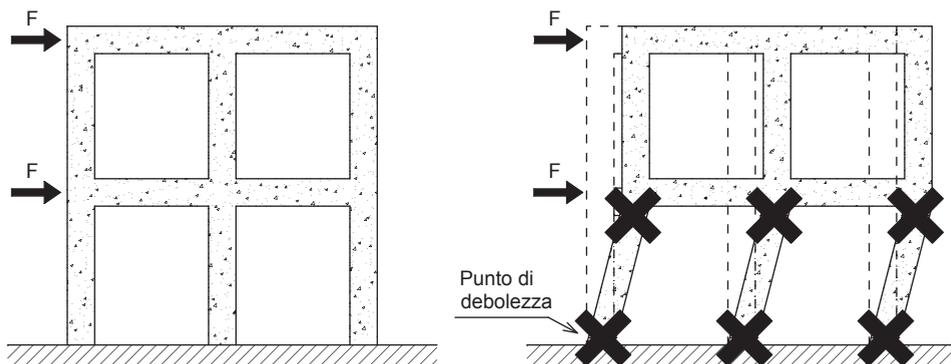


Figura 3.5. a) Struttura in equilibrio; b) struttura non equilibrata

dicati dalle frecce, in modo tale che non si crei confusione e panico complicando di conseguenza le operazioni di soccorso. La safety cell è ancora più efficace nei casi in cui si dispone del sistema di previsione *Early warning seismic* (vedi paragrafo 2.12), in quanto, in quest'ultimo caso, dato l'allarme, si ha qualche secondo in più per mettersi in salvo (prima dell'arrivo dell'onda sismica).

La tendenza attuale è quella di effettuare esercitazioni, facendo sì che alunni e docenti, durante l'evento sismico, cerchino riparo sotto i banchi. La tecnica è valida per riparare da piccoli oggetti che cadono, da frammenti di vetro, ecc. Nei casi in cui è il solaio a cedere, i banchi non sarebbero in grado di sostenere tale peso. In queste circostanze, si è più al sicuro nella safety cell (se presenti nelle aule e facilmente raggiungibili) in quanto in grado di resistere a carichi molto maggiori di quelli che riescono a reggere i banchi.

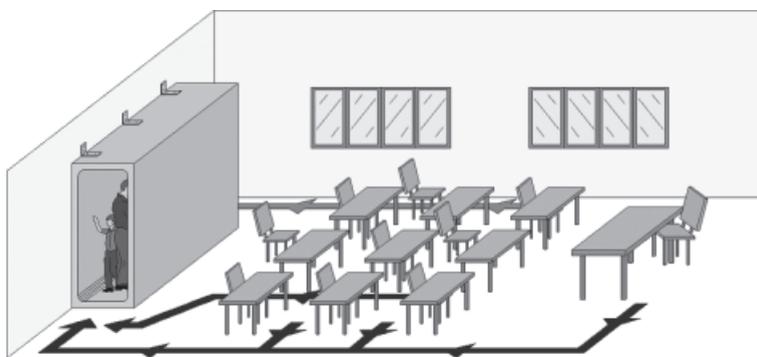


Figura 3.50. Safety cell installata nelle scuole

3.3.9. Polizze assicurative

Come più volte detto, il terremoto oltre a provocare vittime causa anche ingenti danni materiali. Purtroppo, anche là dove non ci sono morti e feriti, ci possono essere danni alle cose. Molti edifici, in seguito ad un evento sismico, anche se non subiscono crolli, in quanto la struttura portante regge bene, possono subire ugualmente danni molto costosi da riparare. Per esempio, si possono creare crepe nei muri, rotture nelle condutture del gas, nell'impianto idrico e fognario, ecc. È possibile limitare i danni attraverso una copertura assicurativa contro le calamità naturali. Per chi abita in zona sismica, è sempre opportuno informarsi sui costi ed eventualmente valutare se opportuno munirsi di copertura assicurativa. Basti semplicemente pensare che una spesa di qualche centinaio di euro annuali (costo del premio assicurativo) può consentire di recuperarne decine di migliaia nei casi in cui si verificano le calamità.

3.3.10. Alcuni accorgimenti speciali per i bambini

Se i terremoti sono devastanti dal punto di vista psicologico per gli adulti, ancora di più lo sono per i bambini. È importante preparare i bambini ai terremoti, spiegando di cosa si tratta, perché si verificano, ecc. Coinvolgerli in un piano di emergenza, abituandoli all'esercitazione (per esempio, attraverso la tecnica *drop, cover and hold on*, riportata nel paragrafo 4.4).

Dopo del terremoto, i bambini sono soggetti a un notevole stress, per la paura, per aver interrotto la loro normale routine e per le continue scosse di assestamento che fanno ricordare loro l'esperienza del terremoto. Per alleviare lo stress accumulato, è molto importante il sostegno dei genitori. Questi ultimi devono essere preparati a sostenere, soprattutto dal punto di vista psicologico, i propri figli, ed evitare di apparire sempre angosciati. È difficile farlo, ma serve per velocizzare il recupero dei bambini.

3.3.11. Esercitazioni di evacuazione

Molto importanti, soprattutto per territori a forte rischio di terremoti, sono le esercitazioni da tenere per essere pronti nel caso in cui si verificano. In Italia, nonostante la totalità del territorio sia dichiarata a rischio sismico, sono praticamente assenti forme di esercitazione per trasmettere alla popolazione il giusto comportamento da assumere.

Esercitazioni di evacuazione in caso di terremoto dovrebbero essere organizzate periodicamente nelle famiglie, nelle scuole, nei posti di lavoro, ecc. Nelle famiglie i genitori, insieme ai figli, devono applicare le regole (vedi capitolo 4) da seguire per restare illesi all'evento. Tali esercitazioni devono essere fatte stando attenti a non spaventare o traumatizzare i bambini. Nel posto di lavoro occorre svolgere esercitazioni di evacuazione tra colleghi. Nelle scuole, occorre periodicamente svolgere esercitazioni di evacuazione per preparare gli alunni al giusto comportamento durante l'evento. Spetta ai docenti organizzare le esercitazioni e trasmettere agli alunni il comportamento da seguire. Naturalmente, le esercitazioni non danno la garanzia assoluta di restare illesi, ma se fatte periodicamente ne aumentano notevolmente la possibilità. Inoltre, una cosa è l'esercitazione, altro è l'evento sismico vero e proprio. In realtà, le circostanze in cui ci si può trovare possono essere enormemente diverse da quelle delle esercitazioni.

3.3.12. Prevenzione contro i terremoti in Giappone

Come si sa, il Giappone è una delle nazioni più ad alto rischio sismico dell'intero pianeta. Come il Giappone, anche l'Italia è considerata una nazione ad alto

rischio sismico. La differenza nei due stati è che il Giappone, per quanto riguarda la prevenzione nei confronti dei terremoti, è molto più all'avanguardia rispetto all'Italia. Il Giappone è preparato per affrontare eventi sismici catastrofici, l'Italia non lo è neanche per eventi di media o bassa intensità. Si vuole ricordare che l'ultimo evento sismico catastrofico in Giappone del 12 marzo del 2011, di magnitudo 8.9 della scala Richter, ha creato danni in termini di vite umane e cose per via dello tsunami. Per effetto della scossa le vittime sono state veramente poche se rapportate alla potenza del terremoto. Probabilmente, eventi sismici di uguale intensità di quello dell'Aquila e dell'Emilia, in Giappone avrebbero creato solo qualche piccolo disagio. Ci si chiede, come mai due nazioni fortemente sismiche sono così lontane nei confronti della prevenzione? Perché i giapponesi sono pronti ad affrontare gli eventi e noi no? Naturalmente, la risposta sta nella scarsa importanza data dalle istituzioni al problema. In Italia si preferisce non parlarne per non provocare panico nella popolazione (il terremoto in Abruzzo ne è un esempio eclatante).

Ad oggi, il Giappone è il paese con la migliore organizzazione per la difesa dai terremoti al mondo. Il piano di prevenzione si basa fundamentalmente sui seguenti punti, che tutti conoscono, partendo dai bambini di piccola età.

INFORMATIVA DI PREVENZIONE SU LARGA SCALA (VOLANTINI, MANUALI, DOCUMENTAZIONE)

Scuole, palazzi, centri turistici per stranieri, di fatto tutti gli enti governativi giapponesi hanno la prevenzione dei terremoti come fondamento della vita sociale. Il manuale *Bilingual earthquake survival manual for Tokyo* eccelle per la sua semplicità ed è stato copiato da numerosi altri stati come Canada, Stati Uniti, paesi scandinavi, ecc.

STRUTTURE PREORGANIZZATE PER SITUAZIONI DI EMERGENZA E PIANIFICAZIONE DETTAGLIATISSIMA DELLE EVACUAZIONI POST SISMA

In Giappone i percorsi cittadini delle prefetture sono tutti segnalati e pianificati con segnaletica fissa per convogliare il traffico delle persone in panico e dei soccorsi del dopo terremoto.

I cittadini sono organizzati per area abitativa e, in caso di evento catastrofico, sanno senza aspettare i soccorsi dove si devono raggruppare (piazza, parco o scuola) e attendere istruzioni. Nelle grandi città, i segnali con la carpa (o pesce gatto) indicano quali possono essere le grandi arterie che potranno essere automaticamente chiuse al traffico per far fronte alle emergenze.



Figura 3.51. Segnaletica per indicare la chiusura dell'arteria in caso di sisma (fonte: muza-chan.net)

STRUTTURE GLOBALI ANTISISMICHE (STRUTTURE, TUBATURE, CAVI ELETTRICI, ECC.)

In Giappone gli edifici sono tutti costruiti secondo le più innovative tecniche antisismiche. Molti edifici, soprattutto in tempi recenti, vengono realizzati su isolatori sismici (vedi paragrafo 3.3.1). Oltre alle strutture, anche le tubature del gas e gli impianti in generale sono realizzati tenendo conto del sisma. In Giappone, raramente si contano vittime per problematiche legate alla resistenza degli edifici.

KIT DI SOPRAVVIVENZA IN UFFICI E CASE

Molte abitazioni, negozi, uffici ecc. sono dotati del kit antisisma. In casi di emergenza, trovandosi bloccati nelle abitazioni, permette di sopravvivere alcuni giorni aspettando i soccorsi. Nei kit ci sono oggetti utili per chiamare i primi soccorsi e per spostarsi da situazioni pericolose (torce, radio, telefonino, fischietto), per affrontare le prime cure mediche (garze e cerotti) e per la sopravvivenza (acqua, barrette energetiche).

ESERCITAZIONI CICLICHE ANTISISMA

Le scuole, gli uffici, ecc. seguono ciclicamente percorsi e addestramenti antisismici che aumentano notevolmente la possibilità di sopravvivenza sotto l'azione sismica. Durante un terremoto, tenendo conto dello stato di panico e della rapidità con cui avviene (pochi secondi), non si ha la possibilità di ragionare su quale è la cosa migliore da fare. Ovviamente, se si è preparati, non occorre ragionare su cosa fare, ma agire secondo quanto fatto nelle esercitazioni.

4. Durante una scossa di terremoto (cosa fare, cosa non fare)

Spesso gli eventi sismici si verificano in maniera improvvisa, senza dare alcun preallarme e cogliendo impreparata la popolazione. Un evento sismico dura pochi secondi, nell'arco dei quali non si ha molto tempo a disposizione per decidere quali sono le mosse giuste per mettere in salvo la propria persona ed i propri familiari. Le possibilità di ridurre i rischi aumentano notevolmente se si è preparati all'evento. In questi casi, sapendo già cosa fare, anche se presi dal panico e trovandosi per la prima volta davanti a una situazione di estremo pericolo, si riesce a raggiungere più facilmente i posti delle abitazioni ritenuti sicuri. L'obiettivo di questo capitolo è quello di dare delle indicazioni su cosa bisogna fare e cosa non bisogna fare durante un evento sismico, in modo da essere più preparati possibile e ridurre di conseguenza la possibilità di rimanere vittime del terremoto. Nel prosieguo del capitolo saranno ripresi molti tra i concetti riportati nel precedente, per cui se ne consiglia una lettura.

È opinione comune pensare che durante un evento sismico occorre uscire dall'abitazione nel minor tempo possibile. In realtà, tale procedura non è sempre da preferirsi, anzi, nella quasi totalità dei casi, è da escludere. Dipende molto dalle condizioni degli edifici, per esempio, se è costruito seguendo le normative sismiche, è consigliabile cercare all'interno un posto sicuro (in questo caso i pericoli maggiori possono venire dagli oggetti di arredo), mentre, se l'edificio non è stato costruito nel rispetto delle normative sismiche, forse la cosa migliore da fare è quella di cercare di uscire dalle abitazioni nel minor tempo possibile. Questo è il motivo più importante per cui è fondamentale conoscere lo stato delle strutture della propria abitazione, cioè la capacità di resistenza della stessa nei confronti del terremoto.

4.1. Stati di panico

Per chi vive in zona sismica, come tutti i cittadini italiani, uno degli incubi con cui bisogna convivere è che si possa verificare qualche evento sismico. Tenendo presente il dramma che comporta un terremoto, in termini di perdite di vite umane e di cose come abitazioni, automobili, ecc., è normale che il comportamento adot-

tato non sia quello ottimale, e molto plausibilmente, si può essere colti da stati di panico. Il panico è un ottimo alleato del terremoto, nel senso che ci ostacola nel prendere le giuste decisioni per metterci in salvo. È una reazione del nostro organismo molto pericolosa e si manifesta (sintomi più comuni) attraverso senso di timore, sopraffazione, agitazione, emozioni convulse, sudorazione, nausea, vertigini, giramenti di testa, accelerazione del battito cardiaco e difficoltà nella respirazione. Le suddette alterazioni portano le persone a reagire in modo non controllato e irrazionale. Nel caso di terremoto, il panico può manifestarsi nelle seguenti forme:

- autodifesa con tentativo di fuga;
- atti come spinte, corse, grida, disperazione, ansia, invocazioni di aiuto, ecc.;
- peggioramento delle funzioni come controllo dei movimenti e facoltà di ragionamento.

Quanto detto inficia la capacità di eseguire le corrette procedure in caso di calamità, soprattutto nei luoghi affollati, dove il comportamento errato di alcune persone può essere di ostacolo per gli altri, e vanificare completamente ogni tentativo di evacuazione. Inoltre, gli stati di panico sono generalmente molto contagiosi, nel senso che, se alcune persone tendono ad apparire preoccupate ed ansiose, tale preoccupazione si diffonde nelle altre. Immaginiamo cosa succederebbe su un aeroplano se le hostess in seguito ad una turbolenza apparissero agitate o preoccupate: naturalmente tutti i passeggeri inizierebbero a manifestare lo stesso comportamento ansioso. In circostanze simili, si tende spesso ad osservare il comportamento del personale, se le loro espressioni sembrano tranquille la sensazione di pericolo viene meno percepita e viceversa.

Il modo più efficace per non essere sopraffatti da stati di panico (o quantomeno ridurne notevolmente gli effetti) è quello di svolgere periodicamente esercitazioni. Sapere già cosa occorre fare in caso di evento è di fondamentale importanza e permette, nelle persone più emotive, di ridurne gli effetti, facendo sì che si proceda all'evacuazione in maniera ottimale. Le esercitazioni vengono eseguite soprattutto in luoghi soggetti ad affollamento, come scuole, uffici pubblici, luoghi di lavoro in generale, ecc., attraverso il piano di evacuazione (vedi capitolo 7), in quanto consentono di:

- essere preparati a situazioni di pericolo;
- stimolare la fiducia in se stessi;
- indurre un sufficiente grado di autocontrollo per mettere in atto comportamenti razionali e corretti;
- controllare la propria emotività e saper reagire all'eccitazione collettiva.

L'addestramento all'evacuazione deve svolgersi per legge (vedi capitolo 7) in maniera periodica, tale da garantire una adeguata sicurezza e una buona riuscita del

processo di evacuazione. Tanto più le esercitazioni sono frequenti, tanto più le persone sono preparate all'evento. Devono inoltre essere condotte tenendo conto di situazioni inconsuete come per esempio la presenza di persone portatrici di handicap (con difficoltà ad agire autonomamente) e persone occasionali (non preparate).

4.2. Comportamento da assumere in edifici con scarsa resistenza all'azione sismica

Come accennato sopra, conoscere le condizioni dell'edificio in cui si vive è fondamentale per assumere il giusto comportamento durante l'evento sismico. Se l'edificio è progettato secondo le prescrizioni antisismiche, in teoria può subire danni ma non deve crollare. In questi casi non occorre cercare di uscire dall'edificio, ma si tratta solo di individuare all'interno dello stesso un posto dove ripararsi dalla caduta di eventuali elementi di arredo. È importante conoscere l'indicatore di rischio α_u dell'edificio (vedi paragrafo 3.3.2). Come si è avuto modo di vedere, se α_u è maggiore di 1, l'edificio è in sicurezza per cui è opportuno non cercare vie di fuga all'esterno. Se α_u è minore di 1, l'edificio non è in sicurezza. Tanto più il valore di α_u è vicino allo zero, tanto più l'edificio è a rischio crollo. In ogni caso se α_u è maggiore di 0.5, l'edificio ha sempre delle risorse (se pur limitate) nei confronti del terremoto, anche se non soddisfa a pieno le prescrizioni di normativa, per cui non è certo che si verifichino crolli. Se α_u è minore di 0.5, le risorse sismiche dell'edificio sono modeste, tendenti allo zero per valori di α_u tendenti a zero. In quest'ultimo caso, il rischio di crollo è molto elevato, per cui, probabilmente, restare all'interno dell'edificio non è una buona scelta per mettersi al riparo. È forse opportuno cercare la via di fuga dall'edificio più immediata, naturalmente andando incontro ad una serie di ulteriori pericoli. Molti edifici con scarse risorse sismiche (soprattutto se realizzati con struttura portante in muratura in epoche passate e privi di qualsiasi dispositivo che ne migliori la resistenza sismica) rischiano di diventare un cumulo di macerie, per cui è difficile individuare all'interno dello stesso posti che possono essere un po' più sicuri. Se si vive in un edificio carente, e non si ha la possibilità di incrementarne la resistenza attraverso opere di consolidamento, occorre organizzare la vita all'interno dello stesso in modo da agevolare la fuga. Tanto più l'edificio è di modeste dimensioni, tanto più è facile la fuga verso l'esterno. La fuga diventa più complicata nei casi in cui si vive in edifici di grandi dimensioni (palazzine a più piani).

È importante inoltre individuare anche il grado di sismicità della zona in cui si vive. Naturalmente è molto più rischioso vivere in un edificio carente se situato in una zona dichiarata ad alto rischio sismico rispetto ad una dichiarata scarsamente sismica (per conoscere la sismicità del comune in cui si vive è possibile consultare l'Appendice).

4.3. Comportamento da assumere in edifici con buona resistenza all'azione sismica

Nei casi in cui l'edificio ha sufficienti risorse sismiche (indicatore di rischio α_u maggiore di 1 o, anche se inferiore, vicino all'unità) occorre individuare all'interno delle abitazioni dei posti sicuri, in modo da non restare feriti da elementi strutturali secondari o da elementi di arredo.

Quando si resta sorpresi da una scossa sismica bisogna avere bene in testa i movimenti da fare per mettersi al riparo. Se al momento della scossa non si hanno idee sul da farsi, ci si riesce a mettere in salvo solo affidandosi esclusivamente alla fortuna.

Molti posti delle abitazioni possono essere fonti di pericoli. Come si è riportato nel capitolo 3, i pericoli possono venire dai muri o dai mobili che ribaltano, da lampadari che si staccano dal soffitto, da oggetti che cadono, ecc. È importante che si faccia un'attenta analisi degli edifici in cui si passa la maggior parte del tempo della propria vita (abitazioni, posto di lavoro, ecc.) in modo da non essere impreparati, individuando i luoghi che possono essere sicuri per cercare riparo ed i luoghi che possono essere pericolosi per allontanarsi nel minor tempo possibile (è sempre opportuno ridurre al minimo tutte le possibili fonti di rischio – vedi capitolo 3).

Prendiamo in considerazione la camera di soggiorno riportata in figura 4.1, opportunamente arredata come nella maggior parte delle nostre case. Se si fa mente locale, la camera è piena di pericoli dovuti ai muri perimetrali e all'arredamento. Ipotizziamo di dividere idealmente il pavimento in più parti (numerata da 1 a 7) come riportato in figura 4.2. Se durante un evento sismico si sosta nello spazio delimitato dal numero 1, i pericoli possono venire dal ribaltamento del muro A o dalla rottura del vetro della porta. Se si sosta nello spazio delimitato dal numero 2, i pericoli possono venire dal ribaltamento del mobile (parete attrezzata) o dalla caduta degli oggetti pesanti appoggiati su di esso. Se si sosta nello spazio delimitato dal numero 3, i pericoli possono venire dalla presenza della vetrinetta, sia per il ribaltamento che per la rottura dei vetri. Se si sosta nello spazio delimitato dal numero 4, i pericoli possono venire dal distacco del pesante lampadario. Se si sosta nello spazio delimitato dal numero 5, i pericoli possono venire dal ribaltamento del muro C o dalla rottura dei vetri della finestra. Non si esprimono pareri sullo spazio delimitato dal numero 6 in quanto dalla figura non è visibile la quarta parete che delimita il vano. Il posto più sicuro della stanza è il 7, in quanto non è soggetto al ribaltamento di mobili o muri (generalmente la parte dei muri agli angoli non ribalta). L'unico pericolo può venire dalla caduta dell'altoparlante presente sul mobile (nel caso in cui le oscillazioni sono parallele allo stesso mobile). Se nel suddetto vano non sono stati osservati accorgimenti per la sicurezza nei confronti del sisma, è opportuno cercare riparo in altri posti dell'abitazione più sicuri. Se invece si sono seguiti gli accorgimenti riportati nel capitolo 3, il vano

può essere molto più sicuro. Per esempio, se si osserva quanto riportato nel paragrafo 3.3.4, i muri di tamponamento non ribaltano per cui diventa più sicura la zona 5. Se i mobili vengono opportunamente ancorati alle pareti come riportato nel paragrafo 3.3.5, diventa più sicura la zona 3. La zona 2 è ancora pericolosa in quanto gli oggetti sul mobile tendono a ribaltare e colpire persone ma può diventare meno pericolosa se gli oggetti sono collocati in maniera diversa, per esempio gli oggetti pesanti e duri nelle zone basse del mobile (altoparlanti, vasi, libri, ecc.), mentre gli oggetti leggeri e morbidi nelle parti alte (riviste, peluche, ecc.). Se il lampadario viene opportunamente ancorato al soffitto per come riportato nel paragrafo 3.3.5, anche la zona 4 diventa più sicura.



Figura 4.1. Stanza di soggiorno comunemente arredata

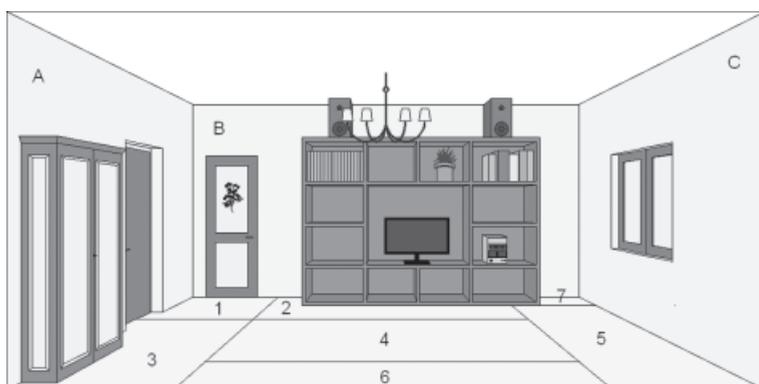


Figura 4.2. Suddivisione della stanza in zone

In definitiva con i suddetti accorgimenti, il vano diventa molto più sicuro sotto l'azione sismica. Il pericolo più probabile è dovuto alla rottura dei vetri della

finestra, della porta e del mobile. Naturalmente, i dispositivi, quali gli ancoraggi dei mobili al muro, del lampadario al soffitto e dei muri al telaio della struttura, devono reggere all'evento sismico.

Considerazioni analoghe possono essere fatte per la camera da letto riportata in figura 4.3. In questo caso i pericoli possono venire dal ribaltamento dei muri perimetrali, dal ribaltamento del guardaroba, dal distacco del lampadario e dalla caduta del quadro posto sopra il letto. Dividiamo idealmente il pavimento in più parti (figura 4.4). Nella zona 1 i rischi possono venire dal ribaltamento del muro B e dalla rottura del vetro della finestra. Nella zona 2 possono venire dal ribaltamento del mobile.

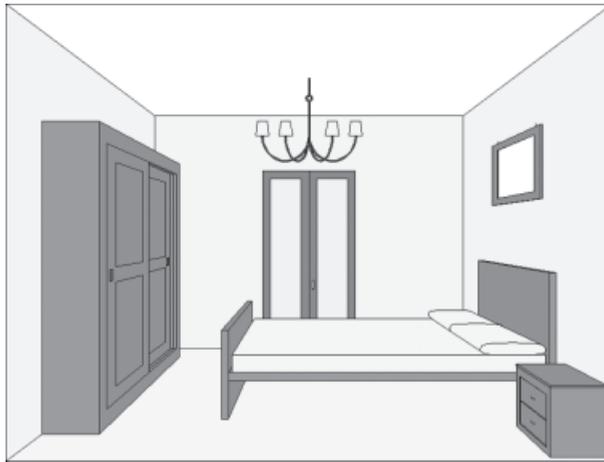


Figura 4.3. Stanza da letto comunemente arredata

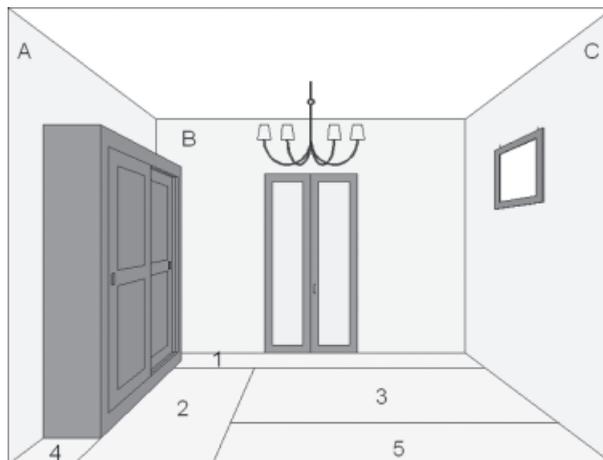


Figura 4.4. Suddivisione della stanza in zone

Per quanto riguarda la zona 3, spazio occupato dal letto, occorre fare alcune considerazioni. Se si è sopra il letto, il pericolo può venire dal ribaltamento del muro e del guardaroba, dalla caduta del quadro e dal distacco del lampadario. La stessa zona 3 diventa un posto sicuro se durante l'evento sismico si cerca riparo immediato sotto il letto (naturalmente il letto deve essere sufficientemente robusto). Come vedremo più avanti, i posti sotto letti, tavoli, ecc., sono considerati tra i più sicuri delle abitazioni (*drop, cover and hold on*).

La zona 4 può essere una zona della stanza abbastanza sicura in quanto non è soggetta al ribaltamento dei muri (muri d'angolo) e il rischio di essere colpiti da oggetti di arredo è pressoché improbabile (per l'enorme peso del mobile è improbabile che trasli nella direzione parallela alla propria dimensione maggiore). I suddetti pericoli possono essere abbattuti se, per tutti gli elementi della camera, si adottano gli accorgimenti riportati nel capitolo 3.

Se si è sorpresi dal sisma mentre si è in camera da letto, in molti casi, la cosa più giusta da fare è quella di rimanere a letto cercando di coprire la testa con le mani o il cuscino. In ogni caso, se si vuole uscire dalla stanza stessa, non occorre mai percorrere lo spazio tra letto e guardaroba (figura 4.5), in quanto si rischia di essere colpiti dal ribaltamento del mobile. In questi casi è opportuno attraversare la stanza passando velocemente sopra il letto (figura 4.6).



Figura 4.5. Percorso pericoloso

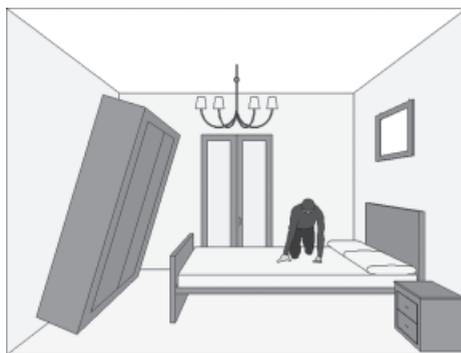


Figura 4.6. Percorso più sicuro

Gli esempi sopra riportati hanno lo scopo di far riflettere su che cosa potrebbe essere pericoloso in caso di terremoto. Spesso viviamo le abitazioni, riempiendole di oggetti utili e secondo il nostro gusto estetico, senza però pensare che gli stessi oggetti possono creare problemi in caso di terremoto, per cui è opportuno riflettere su come posizionarli per renderli innocui. Inoltre, è sempre opportuno visionare con attenzione tutti i punti delle abitazioni e individuare (seguendo anche le regole riportate nei prossimi paragrafi) quali sono quelli più pericolosi, dai quali

7. Piano di emergenza

In questa parte del testo si riportano le regole da seguire in caso di emergenza negli enti pubblici o sul posto di lavoro. Viene riportato, per grosse linee, come deve essere organizzata una evacuazione (piano di evacuazione), ai sensi del D.M. 10/03/1998 (*Criteria generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell'emergenza dei luoghi di lavoro*).

I possibili elementi scatenanti l'emergenza in un edificio che richiedono l'evacuazione vengono di seguito riassunti:

- incendio
- presenza di ordigno
- terremoto
- inondazioni (alluvioni)
- crollo di edifici o parti di essi
- incidenti in laboratori
- attentati terroristici.

Naturalmente, in questo contesto, si cerca di riportare in maniera più approfondita l'evacuazione degli edifici a causa di eventi sismici. La conoscenza dell'ambiente è il presupposto fondamentale per costruire un piano di evacuazione. L'integrazione della segnaletica e delle planimetrie di orientamento assieme al comportamento deciso e senza allarmismi delle persone sono elementi essenziali alla buona riuscita dell'evacuazione.

7.1. Caratteristiche dell'edificio

Descrivere in maniera sommaria le caratteristiche dell'edificio, riportando in particolare l'ubicazione, la destinazione d'uso, il numero di piani fuori terra e sotterranei. Riportare per ogni piano le planimetrie, nelle quali devono essere evidenziati gli uffici, le aule, i servizi igienici, le autorimesse, le sale riunione, i locali tecnologici, gli ascensori, le scale, ecc.

Riportare tutti i luoghi soggetti ad affollamento, indicando il numero di persone normalmente presenti all'interno dell'edificio in relazione alle diverse fasce ora-

rie. Devono essere brevemente riportati i collegamenti verticali (scale, ascensori) dell'edificio. Per le scale, bisogna specificare la localizzazione, i piani dell'edificio collegati, la larghezza e il verso da seguire in caso di emergenza. Deve essere specificato se sono presenti scale di emergenza indipendenti e autoportanti. Per gli ascensori, bisogna specificare la localizzazione, i piani dell'edificio collegati e il tipo. Nelle planimetrie devono essere tempestivamente riportate tutte le modifiche effettuate sull'edificio. Gli elaborati, visto che tutti devono prenderne visione, devono essere redatti in maniera molto semplice, cioè tutti i simboli devono essere facilmente riconoscibili e comprensibili. Per ogni simbolo deve essere riportato in leggenda il significato.

Nell'edificio deve essere collocata e visibile da tutti i settori la segnaletica (di norma verde) che indichi le vie di fuga (figura 7.1), le uscite di emergenza, il punto di raccolta, le cassette mediche, la strumentazione antincendio, ecc.

Deve essere indicato il tipo di segnale sonoro per l'evacuazione dell'edificio e il luogo da dove è possibile azionarlo o se il segnale si attiva automaticamente (per esempio, rilevatori di fumo nei casi di incendio). Deve essere inoltre indicato se la segnalazione di evacuazione è integrata ad altri messaggi preregistrati o provenienti da microfono. È da indicare se è previsto un segnale di cessato allarme e il tipo di suono del segnale stesso.



Figura 7.1. Segnaletica per vie di fuga

7.2. Punti di raccolta

Per ogni edificio da evacuare occorre individuare i punti di raccolta da raggiungere. In caso di evacuazione, l'obiettivo è quello di portare tutte le persone nei suddetti luoghi, i quali devono avere le seguenti caratteristiche:

- devono essere sufficientemente vicini all'edificio per poter essere agevolmente raggiunti, ma nello stesso tempo sufficientemente lontani in modo da poter essere considerati luoghi sicuri (l'edificio evacuato non deve essere fonte di pericolo);
- devono essere facilmente raggiungibili da ogni via di fuga e per essere rag-

- giunti è opportuno che non si attraversino infrastrutture pericolose, come per esempio strade trafficate;
- devono essere facilmente raggiungibili dai mezzi di soccorso senza intralciare l'intervento dei soccorritori nell'edificio.

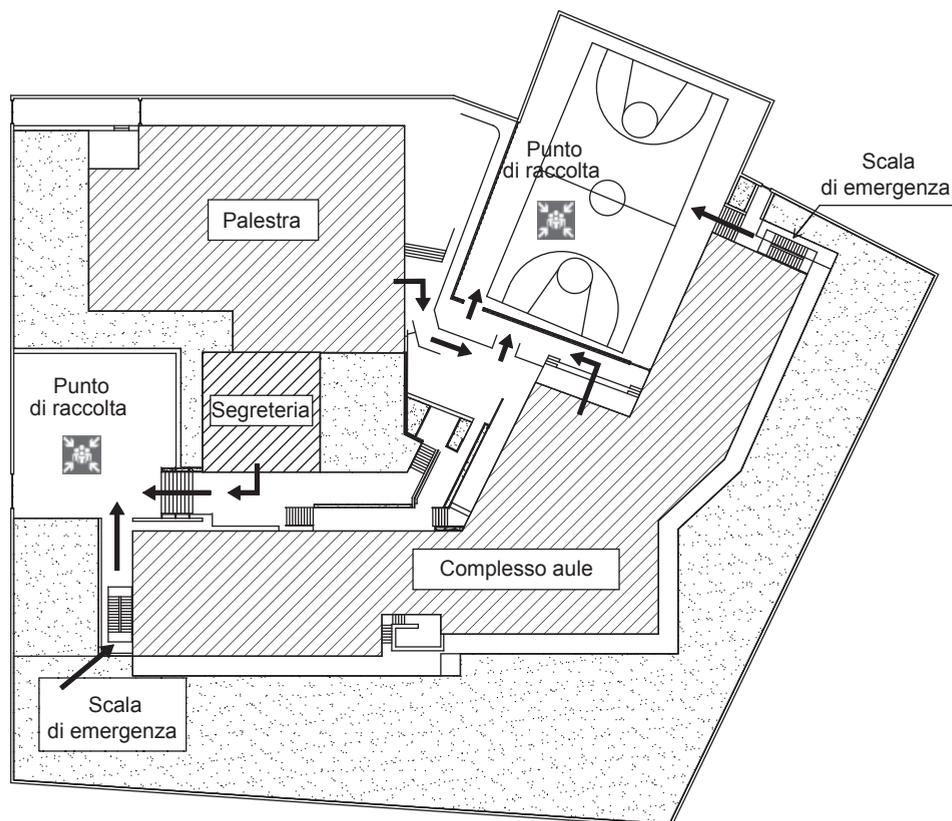


Figura 7.2. Punti di raccolta di un piano di evacuazione

La struttura scolastica riportata in figura 7.2 è costituita da un complesso aule, da una palestra e da una struttura che ospita la segreteria. Il complesso aule, costituito da due piani fuori terra, ha tre uscite d'emergenza verso l'esterno al piano terra (vedi frecce in figura) e due (attraverso scale di emergenza) al piano superiore. La segreteria e la palestra ne hanno solo una. All'interno della proprietà sono stati individuati due punti di raccolta (contrassegnati dal simbolo riportato in figura 7.1). Guadagnato l'esterno, i punti di raccolta sono facilmente raggiungibili da qualsiasi uscita. Naturalmente, attraverso il piano di emergenza si stabilisce, partendo da qualsiasi punto della struttura, quale è il punto di raccolta più vicino. A titolo