

Introduzione al volume

a cura di Enzo Boschi, Daniela Pantosti, Dario Slejko, Massimiliano Stucchi e Gianluca Valensise

Oltre ad aver rappresentato la principale catastrofe naturale verificatasi in Italia nel dopoguerra, il terremoto dell'Irpinia del 1980 ha segnato svolte importanti sotto il profilo scientifico, sociale e normativo. I ricercatori e i tecnici che si sono riuniti a Sorrento a dieci anni esatti da quel 23 novembre 1980 hanno proposto una sintesi esauriente delle caratteristiche sismologiche del terremoto, degli insegnamenti che sono stati tratti dallo studio del suo impatto con l'ambiente naturale ed antropico della vasta regione colpita, e dei più aggiornati criteri per la valutazione del rischio sismico. Questa pubblicazione completa il quadro già fornito dal volume delle Prestampe che fu distribuito ai partecipanti al convegno *Irpinia Dieci Anni Dopo*, riproponendo in forma definitiva i risultati ottenuti e le principali conclusioni raggiunte.

Rispecchiando l'originaria struttura del convegno, il volume è diviso in tre sezioni. La prima affronta gli aspetti strettamente sismologici del terremoto, e include studi sulla geometria della sorgente osservata a varie distanze e con diversi strumenti e studi sulla dinamica di dettaglio del processo di rottura. La seconda sezione analizza gli effetti del terremoto sull'ambiente, sulle opere pubbliche e sul patrimonio edilizio pubblico e privato della regione colpita, e discute l'evoluzione dei criteri di valutazione del rischio sismico alla luce della lezione offerta dal terremoto del 1980. Infine, l'ultima parte dell'opera raccoglie studi che furono presentati durante il Convegno in una speciale *Sessione Poster*. Alcuni di essi riguardano osservazioni di dettaglio sull'area epicentrale del terremoto, mentre i rimanenti trattano tematiche già affrontate nelle prime due sezioni ma riguardanti aree diverse da quella irpina.

Questa breve introduzione vuole servire come chiave di lettura del corpo principale del volume, costituito dai capitoli I e II. Vi verranno progressivamente messi in risalto i risultati di maggior interesse, gli aspetti più innovativi e le principali controversie che ancora sussistono tra i diversi studi. Si è infine ritenuto opportuno offrire in appendice al volume un indice analitico di tutta la bibliografia prodotta sul terremoto del 1980.

Capitolo I Studi della sorgente sismica

Il terremoto dell'Irpinia è stato un evento del tutto particolare, non tanto in relazione alle caratteristiche di altri forti terremoti italiani, dei quali almeno dal punto di vista strumentale non si sa molto, ma nel confronto con altri forti terremoti avvenuti nel resto del mondo durante gli ultimi venti anni. Già dai primi mesi successivi al 23 novembre 1980 queste particolarità si sono manifestate sotto forma di stime contrastanti, e in alcuni casi di segno del tutto opposto, sulle reali dimensioni del terremoto. Le primissime elaborazioni di sismogrammi registrati a distanza tele-sismica, tra cui quella di *Boschi e coautori* (1981), dimostravano che il terremoto aveva avuto una magnitudo sicuramente inferiore a 7 (si veda a questo proposito il contributo di *Giardini*), tale da farlo in modo apparentemente paradossale classificare come «moderato» (nell'accezione di questo termine comunemente accettata dalla comunità scientifica internazionale), eppure la lunghezza dell'area interessata dalle repliche era di quasi 60 km, almeno il doppio di quanto non si fosse visto in Friuli nel 1976. I valori dell'accelerazione di picco osservati anche in piena area

epicentrale apparivano comparabili o inferiori a quelli osservati nel 1976, e largamente inferiori a quelli caratteristici di forti terremoti californiani, eppure la distruzione era stata totale, e altissimo il tributo in vite umane. L'ampiezza del treno delle onde di volume registrate a distanza teleseismica era relativamente contenuta, come dimostra la sorprendente stima di 6.0 per la M_B (NEIS), ma la sua lunghezza faceva invece pensare ad una durata della rottura di alcune decine di secondi, quale si osserva per terremoti di ben altre dimensioni delle zone di subduzione o delle grandi fasce trascorrenti. Dal canto loro, l'E.N.E.L., l'Ente Acquedotto Pugliese e altre società di servizi avevano rilevato effetti modesti e in diversi casi addirittura nulli su diverse opere d'ingegneria civile, essenzialmente invasi artificiali e opere in galleria, che si trovavano in area epicentrale. Questo stato di cose rendeva sostanzialmente contraddittorio qualunque tentativo di valutare globalmente gli effetti del terremoto. Infatti, gli indicatori sismologici tradizionali indicavano che il terremoto doveva essere classificato tra i *moderati*; gli indicatori di *severità* ribaltavano questa valutazione, come confermato anche agli occhi del profano dal livello e dall'estensione del danneggiamento; eppure, opere costruite seguendo regole di buona ingegneria piuttosto che secondo specifici criteri antisismici, avevano superato brillantemente la prova di un terremoto certamente non più benigno dei tanti forti terremoti storici dell'Appennino.

Dieci anni sono stati appena sufficienti per sviscerare le contraddizioni che emergevano dalle primissime osservazioni sul terremoto del 1980. L'avvicinamento verso l'attuale stato delle conoscenze è stato lento e progressivo, anche se con improvvise accelerazioni legate alla pubblicazione di *dataset* fondamentali o di importanti contributi di sintesi. Tra i contributi che avrebbero costituito il punto di partenza di molte delle ricerche successive vanno ricordati quelli del *Gruppo di Lavoro Sismometria del Terremoto del 23.11.1980* (1981), *Berardi e coautori* (1981), *Arca e Marchioni* (1983), e *Westaway e Jackson* (1984). Una breve descrizione di questi lavori è certamente opportuna in quanto giova alla comprensione di risultati ottenuti diversi anni dopo e discussi a Sorrento.

Il primo di tali contributi è stato oggetto di

numerose elaborazioni sia di tipo convenzionale, finalizzate alla localizzazione delle repliche del terremoto e alla delimitazione della struttura attivata, sia innovative, come quelle che utilizzano i metodi della tomografia sismica per studiare la struttura crostale locale (si veda in proposito la sintesi di *Amato e Selvaggi*). Merito fondamentale di questo *dataset* è stato quello di porre vincoli abbastanza rigidi alla effettiva localizzazione ed estensione della struttura sismogenetica responsabile del terremoto del 1980, talora in contrasto con la distribuzione dei suoi effetti sia sul territorio che sulle costruzioni.

Il secondo contributo, in cui venivano rese pubbliche le registrazioni accelerometriche della rete E.N.E.A.-E.N.E.L., è stato anch'esso oggetto di indagini accurate ma solo a partire dal 1986, quando con la pubblicazione di una ricerca di *Crosson e coautori* (1986) si è aperto un ampio dibattito sulla complessità del processo di rottura del terremoto del 1980. Tale dibattito si è sviluppato negli anni successivi attraverso ricerche portate avanti da vari gruppi, sia in Italia che all'estero, ognuno dei quali proponeva di esplorare a fondo tale complessità affiancando alle osservazioni accelerometriche osservazioni di altra natura. Infatti, le particolarità del *dataset* accelerometrico (mancanza di un riferimento orario assoluto, caratteristiche di risposta degli strumenti, numero di registrazioni disponibili) rendevano le diverse soluzioni proposte per l'andamento del processo di rottura decisamente non-singolari e fortemente dipendenti dalle assunzioni di partenza. Questo volume ospita ben quattro di queste sintesi (si vedano i contributi di *Bernard e coautori*, *Cocco e Pacor*, *Siro e Chiaruttini*, *Vaccari e coautori*) che, con diverse sfaccettature e risultati per la verità anch'essi abbastanza diversi, discutono questa fondamentale e precedentemente inesplorata caratteristica del terremoto del 1980. A questi si potrebbe aggiungere il contributo di *Westaway*, che, dopo essere stato coautore del primo modello di sintesi della sorgente del terremoto del 1980 (*Westaway e Jackson*, 1987), ne rimette in discussione la localizzazione ipocentrale e il tempo origine, parametri apparentemente banali ma in realtà basilari in quanto ad essi sono agganciate tutte le *time histories* registrate dai siti accelerometrici.

Il terzo contributo, relativo alla determinazio-

ne esatta delle variazioni di quota prodotte dal terremoto, avrebbe incoraggiato lo sviluppo delle tecniche di calcolo che consentono di determinare la geometria di una faglia sulla base del campo di deformazione superficiale associato al moto lungo di essa. Su questa linea si sarebbero mossi diversi autori (si veda in proposito il contributo di *Pingue e coautori*) i quali, attraverso un progressivo affinamento delle tecniche di calcolo utilizzate, hanno proposto soluzioni sempre più dettagliate della geometria complessiva della sorgente e della distribuzione del rilascio di momento durante la scossa principale.

Il quarto contributo, che descriveva l'osservazione di evidenze di fagliazione superficiale in area epicentrale, è forse quello che avrebbe rappresentato l'elemento di maggior novità nel complesso degli studi sul terremoto. Si trattava infatti del riconoscimento della natura sicuramente tettonica di elementi che per oltre tre anni erano stati interpretati come fenomeni puramente gravitativi. Questo contributo ha dato l'avvio a ricerche che hanno consentito di ricostruire nel dettaglio la localizzazione e la geometria della struttura sismogenetica attivatasi nel 1980 (si veda in proposito il contributo di *Pantosti e Valensise*).

Alla fine degli anni '80, trascorsi ormai diversi anni dal terremoto e dalla pubblicazione di questi *dataset* fondamentali, hanno fatto la loro comparsa alcuni lavori che, sintetizzando le conoscenze ormai acquisite, tentavano una riconciliazione tra osservazioni diverse ed indipendenti in un unico modello della sorgente del terremoto. Valendosi della disponibilità di osservazioni di tipo abbastanza inconsueto (come l'esistenza di un ampio *dataset* geodetico e di dati di deformazione permanente lungo l'espressione superficiale della faglia), questi lavori proponevano un punto di vista abbastanza nuovo per la ricerca sismologica italiana. Naturalmente, anche se tali lavori condividevano la multidisciplinarietà dell'approccio usato, la scelta dei dati da integrare e il peso relativo da assegnare ad ognuno di essi restava ancora una variabile affidata al senso critico e all'esperienza degli autori delle diverse elaborazioni. Ad esempio, il modello di *Westaway e Jackson* (1987) ricostruiva la geometria della faglia e l'andamento della funzione-sorgente puntando essenzialmente sull'analisi di osservazioni sismometriche e accelerometriche con

vincoli di natura geologica e geodetica in posizione subordinata; *Bernard e Zollo* (1989) riproponevano in termini più rigorosi l'analisi dei dati accelerometrici, accettando alcuni dei risultati di *Westaway e Jackson* (1987) e proponendo una lettura qualitativa delle osservazioni geodetiche come vincolo di alcuni aspetti chiave del modello; infine, *Pantosti e Valensise* (1990) focalizzavano la loro attenzione sulle osservazioni di deformazione, sia documentata per via geologica che per via geodetica, accettando come vincolo esterno molte delle conclusioni dei precedenti lavori relativamente a variabili non risolvibili con tali osservazioni.

Complessivamente tali modelli sintetici, i cui diversi aspetti, meriti e limitazioni sono discussi in dettaglio in vari dei contributi che formano questo volume, prevedono uno smembramento della struttura sismogenetica in diverse sottosorgenti, solo alcune delle quali associabili a faglie effettivamente riconosciute sul terreno ma ognuna delle quali rappresentabile come possibile sorgente di un terremoto indipendente. Pur tenendo conto della variabilità delle soluzioni presentate, il quadro che ne esce contribuisce senz'altro a svelare alcune delle contraddizioni cui si accennava in apertura, identificando ad esempio nella estensione della struttura sismogenetica e nella durata dello scuotimento più che nei valori massimi della sollecitazione la causa prima della *severità* e di altre particolarità di questo terremoto.

Capitolo II **Effetti del terremoto** **sull'ambiente naturale e antropico,** **problemi di ingegneria strutturale** **e criteri di valutazione del rischio sismico**

La seconda parte del volume raccoglie buona parte dei contributi presentati al convegno nell'ambito delle sessioni «Effetti del terremoto sull'ambiente naturale e antropico e problemi di ingegneria strutturale» e «Criteri di valutazione del rischio sismico». Essa offre inoltre una panoramica completa su tutti i contributi pubblicati nel volume delle prestampate distribuite durante il convegno. Molti di tali lavori sono brevemente commentati nel contributo di *Slejko*.

Come si può intuire, i temi trattati in queste sessioni sono molto vasti ed abbracciano numerosi aspetti, le relazioni tra i quali sono in molti casi deboli. Le tematiche in questione non hanno rappresentato un oggetto unitario di studio da parte della Comunità Scientifica come nel caso dei problemi della sorgente sismica descritti nella prima parte. Piuttosto, per molti aspetti il terremoto del 23 novembre 1980 ha rappresentato un momento di avvio o di consolidamento di studi, metodologie ed esperienze, che hanno determinato linee di sviluppo per il decennio successivo. Questo fatto spiega anche il carattere principalmente italiano dei contributi presentati.

La maggiore parte delle tematiche analizzano l'impatto degli eventi sismici, ed in particolare di quello del 1980, sul territorio antropizzato. Si può affermare che l'evento del 1980 ha trovato la comunità scientifica attenta e pronta a predisporre accurati strumenti di lettura di questo impatto, per quanto riguarda sia gli aspetti tematici, sia la loro lettura incrociata. È solo a partire dalla esperienza del 1980 che in Italia si è cominciato ad affrontare in maniera sistematica il problema del rischio sismico e si è afferrato il concetto che, pur in assenza di una definizione univoca, il rischio è determinato dal prodotto di tre componenti, in buona misura indipendenti tra loro: scuotimento, vulnerabilità, valore (vedi contributo di *Slejko*).

Al di là di un primo, urgente e preliminare momento di valutazione del rischio su tutto il territorio nazionale, rappresentato dalla proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale (*Petrini*, 1980), l'adozione del sunnominato concetto di rischio sismico ha determinato, ad esempio, la necessità di trovare un equilibrio fra i livelli di approfondimento necessari per la valutazione di ciascuna delle componenti. Molti dei contributi presentati durante il convegno descrivono lo *state-of-the-art* dello studio di queste componenti, così come si è determinato anche in relazione alle necessità di interagire con le altre componenti al fine di valutare il rischio sismico.

Il tema della pericolosità sismica può essere affrontato a due differenti scale: quella regionale e quella locale.

Per quanto riguarda il calcolo della pericolosità sismica regionale, un interessante esperimento è stato svolto nell'ambito del progetto TERESA sponsorizzato dalla European Seismological

Commission (si veda il contributo di *Mayer-Rosa e coautori*). Nell'ambito di questo progetto, operatori diversi hanno applicato tecniche differenti a partire dalle stesse informazioni di base per calcolare la pericolosità di una zona dell'Appennino Meridionale non lontano dall'Irpinia. Ne è derivato un importante dibattito scientifico per motivare le notevoli differenze nei risultati ottenuti: è opinione diffusa che solo un'applicazione non sempre corretta delle metodologie di calcolo (per esempio nel definire le relazioni di attenuazione) possa giustificare le diversità. Alcuni limiti conosciuti insiti nelle metodologie di calcolo più diffuse possono essere superati svincolandosi dalle ipotesi di lavoro usualmente accettate, per esempio considerando separatamente la distribuzione dei tempi di intercorrenza al sito dei terremoti e quella della loro intensità relativa (si veda in proposito il contributo di *Grandori*).

La quantificazione degli effetti locali a seguito di sollecitazione sismica è di estrema importanza nella valutazione della pericolosità sismica locale e dispone attualmente di ampia letteratura sia relativa a studi teorici che ad osservazioni sperimentali (vedi contributo di *Siro e Del Grosso*). Di ulteriore interesse risulta la possibilità di quantificare la risposta locale tramite metodi semplificati invece che tramite la completa modellazione quantitativa: un primo momento di attenzione a questo problema si ebbe proprio a seguito del terremoto dell'Irpinia (*Siro*, 1983). Evidenze connesse con il terremoto del 1980 sono servite anche per affrontare il problema delle relazioni fra danno, in particolare espresso in termini di intensità macrosismica, ed accelerazione (vedi contributo di *Gürpinar*).

Lo stesso evento del 1980 segnò un rilancio della raccolta di dati macrosismici, sia storici che attuali. Il livello raggiunto in Italia dagli studi di sismologia storica è molto elevato e ciò grazie a massicce operazioni avviate prima dall'E.N.E.L. e poi nell'ambito del «Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti» del C.N.R. in collaborazione fra storici e sismologi (si veda il contributo di *Stucchi*). Il contributo che una sistematica revisione dei dati storici fornisce è di primaria importanza nel calcolo della pericolosità sismica e può portare a variazioni radicali nell'immagine della sismicità locale (vedi per esempio il caso della città di Venezia).

L'analisi della vulnerabilità sismica degli edifici è uno dei settori nei quali il terremoto dell'Irpinia ha determinato un momento di forte accelerazione, in relazione al fatto che la comunità scientifica si dispose ad esaminare con attenzione ed in dettaglio l'enorme quantità di dati sul comportamento degli edifici sottoposti a scuotimenti le cui caratteristiche erano conosciute un po' meglio che in casi precedenti. Un *excursus* dello sviluppo di idee e metodologie italiane viene presentato nel contributo di *Corsanego e Garvarini*. Il lavoro di *D'Agostino e Viggiani* affronta il problema dell'impatto del terremoto sul patrimonio monumentale, che contiene un interessante miscela di problemi di vulnerabilità e di valore. La problematica era già stata evidenziata dal terremoto del Friuli nel 1976 e trovò un momento di generalizzazione dell'interesse col terremoto del 1980. Senza dimenticare che il terremoto non rappresenta che uno dei fattori di possibile degrado del patrimonio monumentale, il lavoro di *D'Agostino e Viggiani* analizza le idee, le proposte ed i problemi aperti nel settore, con particolare riferimento agli ultimi 10 anni.

Nell'ambito della valutazione e riduzione dell'esposizione al terremoto, considerando l'esposizione uno dei possibili indicatori di valore, *Thier e Midoro* affrontano il problema della preparazione al terremoto offrendo un confronto fra le linee di tendenza in California ed in Italia.

Il settore del rischio non dispone di un modello né di un paradigma. Alcuni casi, analizzati in modo comparativo da *Corsanego*, mostrano che gli approcci devono essere calibrati attentamente sulla realtà cui si riferiscono. Infine, è stato messo in evidenza come il problema della riduzione del rischio passi necessariamente attraverso una fase di valutazione del rischio stesso ad un dato tempo, al fine di poter valutare l'efficacia delle iniziative di riduzione, contribuendo a distinguere

compiti e procedure del momento scientifico da quelli del momento politico.

REFERENCES

- ARCA, S. and A. MARCHIONI (1983): I movimenti verticali del suolo nelle zone della Campania e Basilicata interessate dal sisma del novembre 1980, *Boll. Geod. Sci. Affini*, **42-2**, 125-135.
- BERARDI, R., A. BERENZI and F. CAPOZZA (1981): Campania-Lucania earthquake on 23 November 1980: accelerometric recordings of the main quake and relating processes, in *Proceedings of the Progetto Finalizzato Geodinamica Meeting on «Sismicità dell'Italia: stato delle conoscenze scientifiche e qualità della normativa sismica»*, Udine, May 1981, pp. 1-103.
- BERNARD, P. and A. ZOLLO (1989): The Irpinia (Italy) 1980 earthquake: detailed analysis of a complex normal fault, *J. Geophys. Res.*, **94**, 1631-1648.
- BOSCHI, E., F. MULARGIA, E. MANTOVANI, M. BONAFEDE, A.M. DZIEWONSKI and J.H. WOODHOUSE (1981): The Irpinia earthquake of November 23, 1980, *EOS Transactions A.G.U.*, **62**, 330 (abstract).
- CROSSON, R.S., M. MARTINI, R. SCARPA and S.C. KEY (1986): The Southern Italy earthquake of 23 November 1980: an unusual pattern of faulting, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **76**, 395-407.
- Gruppo di Lavoro Sismometria del Terremoto del 23.11.1980 (1981): Il terremoto campano del 23.11.1980: elaborazione dei dati sismometrici, *Rend. Soc. Geol. It.*, **4**, 427-450.
- PANTOSTI, D. and G. VALENSISE (1990): Faulting mechanism and complexity of the 23 November, 1980, Campania-Lucania earthquake inferred from surface observations, *J. Geophys. Res.*, **95**, 15.319-15.341.
- PETRINI, V. (Editor) (1980): Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale, *C.N.R., P.F. Geodinamica publ. n. 361, ESA, Roma*.
- SIRO L. (Editor) (1983): *Indagini di microzonazione sismica*, *C.N.R. P.F. Geodinamica publ. n. 492* (Graficoop, Bologna).
- WESTAWAY, R. and J. JACKSON (1984): Surface faulting in the southern Italian Campania-Basilicata earthquake of 23 November 1980, *Nature*, **312**, 436-438.
- WESTAWAY, R. and J. JACKSON (1987): The earthquake of 1980 November 23 in Campania-Basilicata (Southern Italy), *Geophys. J. R. Astron. Soc.*, **90**, 375-443.