

ATTI DEI CONVEGNI LINCEI

122

Convegno

**TERREMOTI IN ITALIA**

**PREVISIONE E PREVENZIONE DEI DANNI**

CON IL PATROCINIO DELLA PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI  
DIPARTIMENTO PER LA PROTEZIONE CIVILE

(Roma, 1-2 dicembre 1994)



(ESTRATTO)

R O M A  
ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

1995

ELIANA ESPOSITO<sup>(a)</sup>, STEFANO M. PETRAZZUOLI<sup>(b)</sup>, SABINA PORFIDO<sup>(a)</sup>

ANALISI DEGLI EFFETTI DIFFERENZIATI NEI CENTRI STORICI:  
L'ESEMPIO DI NAPOLI

SCENARI DEI TERREMOTI DAL XV AL XIX SECOLO

I dati riguardanti il danneggiamento della città di Napoli provengono da ricostruzioni macrosismiche di dettaglio relative ai maggiori eventi sismici avvenuti lungo la fascia appenninica compresa tra il Molise e la Basilicata.

A partire dal XV secolo fino al 1980, Napoli ha sofferto un danneggiamento valutabile tra il VII e l'VIII grado della scala MCS e, a questo proposito, sono state elaborate quattro mappe del livello e della distribuzione dei danni relative ai terremoti storici del 1456, 1688, 1694 e 1805.

Il terremoto del dicembre 1456, che oltre ad essere considerato l'evento più disastroso verificatosi in Italia in epoca storica, è l'unico grande evento con cinque aree epicentrali distribuite lungo l'asse della catena, dall'Abruzzo all'Irpinia. La vasta estensione del territorio colpito fa pensare ad una zona sorgente molto complessa, con diversi segmenti di faglie sismogenetiche con attivazione penecontemporanea (Meletti *et al.*, 1988). Partendo da questo presupposto, i danni sofferti dalla Piana Campana, potrebbero essere attribuiti alla zona sismogenetica più prossima, riconosciuta in una delle aree epicentrali, I=X MCS, corrispondente alla zona beneventana. A Napoli il terremoto provocò un danneggiamento diffuso alla gran parte degli edifici esistenti; il 10% del patrimonio edilizio fu interessato da danni gravi, comprendenti persino il crollo parziale dell'edificio (Esposito *et al.*, 1992). Sulla collina di S. Martino, posta al di fuori del perimetro urbano, crollò quasi totalmente Castel S. Elmo, ricostruito cinquant'anni più tardi dagli spagnoli (fig. 1). La severità degli effetti fu pari all'VIII grado MCS (Figliuolo, 1988; Esposito *et al.*, 1992).

A seguito del terremoto del 5 giugno 1688, I=XI MCS, zona epicentrale localizzata tra Cerreto Sannita e Civitella Licinio (BN), poco più a Nord-Ovest della zona sismogenetica del terremoto del 1456 precedentemente considerata, nella città di Napoli si registrò all'incirca la medesima tipologia e distribuzione

<sup>(a)</sup> Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti - C.N.R. - 80100 NAPOLI (Italia).

<sup>(b)</sup> Osservatorio Vesuviano - 80056 ERCOLANO - NA (Italia).



Fig. 1. - Terremoto del dicembre 1456: scenario dei danni.

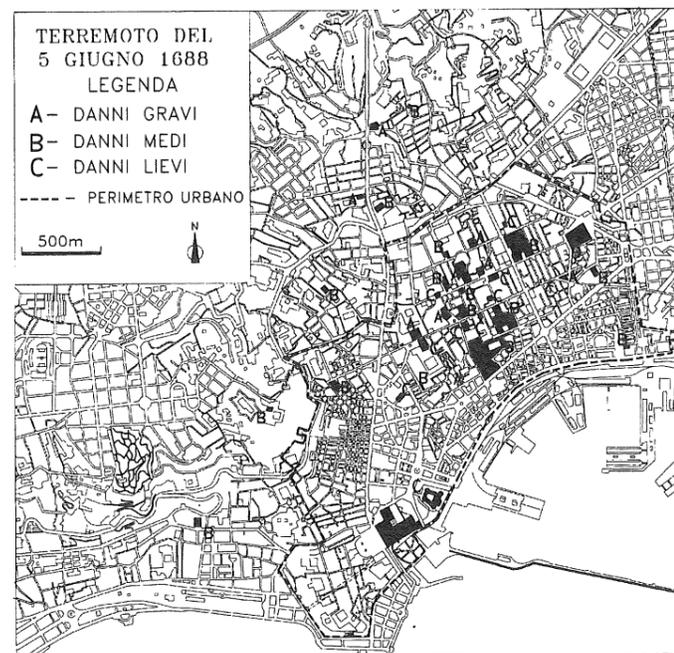


Fig. 2. - Terremoto del 5 giugno 1688: scenario dei danni.



Fig. 3. - Terremoto del 8 settembre 1694: scenario dei danni.

del danneggiamento provocato dal terremoto del 1456. L'8% degli edifici furono soggetti ad un danno molto grave ripartito tra crollo parziale e lesioni profonde, la restante parte del patrimonio edilizio soffrì un danneggiamento diffuso di entità non rilevante. La severità degli effetti fu pari al VII-VIII grado MCS (Serva, 1985a; Esposito *et al.*, 1992).

Il terremoto dell'8 settembre 1694 ebbe, a differenza dei due precedenti eventi sismici, una diversa zona epicentrale localizzata tra l'Irpinia e la Basilicata, con intensità epicentrale pari al X-XI grado MCS. Anche in questo caso la distribuzione del danno nel perimetro urbano risulta simile a quella degli eventi già descritti, mentre l'entità del danno è sicuramente inferiore. Il 7% degli edifici riportò danni gravi del tipo lesioni profonde, il 93% degli edifici soffrì un danneggiamento diffuso di entità non rilevante. La severità degli effetti fu pari al VII grado MCS (Serva, 1985b; Esposito *et al.*, 1992). Interessante è il confronto con la mappa di danneggiamento del terremoto del 1688 in quanto si può notare, in alcuni casi, il ripetersi del danno sullo stesso edificio (fig. 3).

L'ultimo, in ordine temporale, dei grandi terremoti storici esaminati in questo lavoro, è l'evento del 26 luglio 1805, I=X MCS, la cui area epicentrale localizzata nel Molise, tra Isernia e Campobasso, risulta essere la zona sismogenetica più distante dalla città di Napoli. In rapporto all'espansione del perimetro urbano, l'1% degli edifici soffrì danni gravissimi, mentre il 18% riportò

danni gravi, la restante parte del patrimonio edilizio soffrì un danno diffuso piuttosto lieve. La valutazione degli effetti in termini di intensità è del VII grado MCS (Esposito *et al.*, 1987). A differenza delle precedenti distribuzioni dei danni si nota una concentrazione degli effetti in corrispondenza delle vaste aree dei «Quartieri Spagnoli» e del quartiere di S. Ferdinando, parte occidentale della città, dove le descrizioni relative alla tipologia del danno si riferiscono principalmente a fenditure profonde nelle mura e perdita di stabilità degli edifici (Esposito *et al.*, 1987; Esposito *et al.*, 1992).



Fig. 4. - Terremoto del 26 luglio 1805: scenario dei danni.

Il quadro complessivo del danneggiamento mostra che, a parità del valore di intensità epicentrale, la città di Napoli soffre in misura maggiore per gli eventi sismici provenienti dalle zone sismogenetiche localizzate a N-NE, corrispondenti all'area beneventana.

#### IL TERREMOTO DEL 23 NOVEMBRE 1980

Il terremoto del 23 novembre 1980, I=IX-X MCS, ebbe come zona epicentrale l'area a confine tra l'Irpinia e la provincia di Potenza; dato il valore della magnitudo, M=6.9, è considerato il più violento evento sismico dell'Italia meridionale nell'ultimo cinquantennio.

Il campo macrosismico mostra un allungamento delle isosiste in direzione NW-SE, parallelo all'asse della catena appenninica; nell'area del VII grado MCS, in particolare nella Piana Campana, si registra una generale amplificazione degli effetti (Postpischl *et al.*, 1982).

Risulta di particolare interesse il confronto del terremoto del 1980 con quello del 1694 in quanto entrambi gli eventi, avendo interessato praticamente lo stesso territorio, hanno origine dalla medesima zona sismogenetica.

A Napoli il terremoto produsse estesi e rilevanti danni, VII grado MCS (Postpischl *et al.*, 1985), e furono effettuate verifiche di agibilità in circa 18.000 edifici, l'80-85% dell'intero patrimonio edilizio (Facoltà di Ingegneria di Napoli, 1981).

Rippa e Vinale (1983) hanno analizzato i dati del danno, definendo un quadro dettagliato dell'entità e della distribuzione degli effetti in rapporto al tessuto urbano e all'ambiente fisico. I risultati mostrano che i quartieri più danneggiati sono stati quelli del centro antico e quelli posti a N-E della città dove l'edizia è per lo più in muratura con pochi edifici in cemento armato, mentre si registra una diminuzione del danno nei quartieri di più recente costruzione, prevalentemente cemento armato, posti nella zona occidentale e nord-occidentale; una forte diminuzione del danno si osserva nella periferia più orientale.

Una rappresentazione sintetica della distribuzione del danneggiamento nella città è illustrato nella fig. 5.



Fig. 5. - Terremoto del 23 novembre 1980: scenario dei danni.

SCHEMA LITOLOGICO

La città di Napoli sorge, prevalentemente, su terreni di natura vulcanica dei Campi Flegrei e del Vesuvio, e su depositi alluvionali costituiti dal rimaneggiamento degli stessi prodotti vulcanici.

Sulla base delle caratteristiche litologiche e geofisiche l'intero territorio della città è stato suddiviso in 11 aree (Comune di Napoli - Microzonazione Sismica-1994). Nella zona del centro della città le aree individuate sono le seguenti:

*Area 3A:* Posillipo, Vomero, Arenella, Chiaiano e Capodimonte. Tali aree presentano una stratigrafia relativamente costante con una successione costituita da livelli di ceneri, pomici e paleosuoli (11) (spessore circa 12 m), Tufo Giallo Napoletano (15C) con sensibili spessori (50-100 m) in facies prevalentemente gialla litoide.

*Area 4A:* Riviera di Chiaia, S. Lucia, Marina. In tali aree si osserva la sovrapposizione di sabbie e limi di ambiente di deposizione marino (3-4 m) (spessore molto variabile) al Tufo Giallo Napoletano (spessore 35-50 m).

*Area 4B:* Vigliena, Granili. Situazione stratigrafica simile a quella descritta per l'area 4A. Se ne differenzia per l'intercalazione nelle sabbie marine superficiali (spessore dell'ordine di 20-25 m) di tufo vesuviano in facies da sciolta a semicoerente (15B) (spessore variabile tra 0 e 10 m), e soprattutto per la presenza della formazione del Tufo Giallo Napoletano solo in facies grigia, semicoerente con uno spessore dell'ordine di 25-30 metri.

*Aree 5A - 5B:* Parte del Centro Storico, piazza Garibaldi. In tali aree si osserva una stratigrafia relativamente regolare, con Tufo Giallo Napoletano presente a profondità variabili tra 15 e 40 metri, al di sotto di riporti e depositi rimaneggiati (1-2 m). La profondità di rinvenimento è funzione dell'entità dei riporti e dell'attività estrattiva che hanno caratterizzato l'area. Il tufo, caratterizzato da numerose cavità, è presente in facies litoide, gialla, e molto subordinatamente in facies semilitoide, grigia. Quest'ultima diventa di spessore più sensibile (circa 10 m) nell'area 5B.

RISPOSTA SISMICA LOCALE

Considerando la distribuzione del massimo danneggiamento, verificatosi sia a seguito dei terremoti storici che a seguito del terremoto del 1980 (figg. 1-5), emerge che i danni si concentrano, per la maggior parte, nella zona 5A (Centro Storico Antico) (fig. 6). Dal punto di vista litologico in tale area si osserva una stratigrafia essenzialmente caratterizzata da Tufo Giallo Napoletano a profondità variabile tra 15 e 40 metri, ricoperto da materiali di riporto e depositi rimaneggiati. Il tetto del Tufo Giallo Napoletano subisce variazioni legate sia

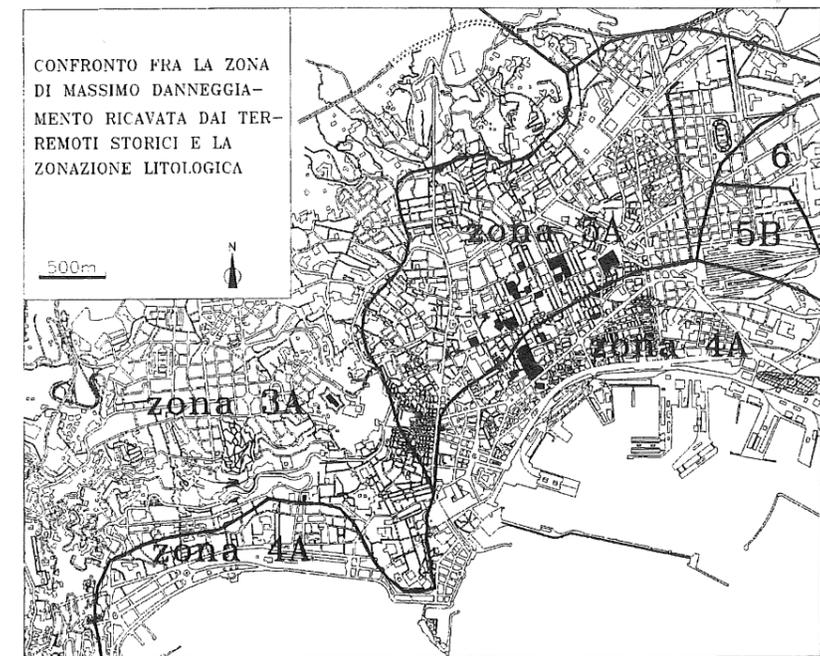


Fig. 6. - Correlazione fra litologia e i danni più gravi registrati nei vari terremoti storici (1456-1688-1694-1805).

all'attività estrattiva, notevole nell'area, che alla potenza del materiale di riporto.

Per il calcolo della risposta sismica locale della zona 5A, è stato utilizzato il programma Shake (Schnabel *et al.*, 1972) che definisce la risposta associata alla propagazione verticale delle onde S in funzione della profondità. La fig. 7 mostra chiaramente che si tratta di un'area con un forte contrasto di proprietà meccaniche tra i depositi sciolti superficiali (materiali di riporto e/o rimaneggiati) e lo strato di base (facies litoide del Tufo Giallo Napoletano). Quando lo spessore dei depositi sciolti supera i 10-15 metri, si ha un notevole incremento del potenziale distruttivo delle onde sismiche, pertanto l'elevato grado di danneggiamento osservato nel Centro Storico Antico, non è da attribuire soltanto alla vulnerabilità degli edifici, ma è un fenomeno, nella sua dimensione complessiva, legato anche alle caratteristiche del sottosuolo.

A seguito del terremoto del 1980, si è inoltre osservato che in corrispondenza di irregolarità topografiche, il patrimonio edilizio della città, sia pure in cemento armato, ha registrato danni più consistenti. Tale situazione è stata osservata prevalentemente in corrispondenza di due dei più popolosi quartieri di Napoli, Arenella e Vomero, situati nel settore occidentale della città (Rippa e Vinale, 1983).



derando l'angolo tra i due versanti, circa 90°, una polarizzazione delle onde in direzione E-W potrebbe aver indotto maggiori effetti nell'area A, e quasi nulli nell'area B, che ha invece una orientazione N-S.

#### CONCLUSIONI

Il recente terremoto del 23 novembre 1980 ha arrecato alla città di Napoli danni rilevanti valutabili col VII grado della scala MCS. La disomogenea distribuzione del danneggiamento ha evidenziato la necessità di approfondire gli studi sull'hazard del sito.

La storia sismica di Napoli mostra che il Centro Storico ha sofferto ripetutamente e all'incirca nelle stesse aree, un livello di danno valutabile tra il VII e l'VIII grado MCS.

Confrontando i dati relativi alla distribuzione del massimo danneggiamento registrato durante i differenti terremoti, e i risultati ottenuti dall'applicazione del modello monodimensionale, emerge una stretta correlazione tra le aree di massimo danneggiamento e le zone di incremento del potenziale sismico (zona 5A).

Per quanto riguarda invece, gli effetti legati alle irregolarità topografiche il confronto tra dati sperimentali e modelli teorici si presenta più problematico, in quanto intervengono fattori legati alla polarizzazione delle onde sismiche.

Appare evidente, comunque, l'importanza di una dettagliata analisi degli effetti indotti dagli eventi sismici sui centri storici, in quanto possono essere tratte informazioni utili per valutare i fenomeni di propagazione su scala locale ed elementi per migliorare l'attendibilità dei modelli teorici di propagazione.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] COMUNE DI NAPOLI, 1994. *Microzonazione sismica*.
- [2] ESPOSITO E., LUONGO G., MARTURANO A., PORFIDO S., 1987. *Il terremoto di S. Anna del 26 Luglio 1805*. Mem. Soc. Geol. It., 37.
- [3] ESPOSITO E., PORFIDO S., LUONGO G., PETRAZZUOLI S.M., 1992. *Damage scenarios induced by the major seismic events from XV to XIX century in Naples city with particular reference to the seismic response*. Proc. 10th World Conf. on Earthquake Engineering, Madrid.
- [4] FIGLIUOLO B., 1988-89. *Il terremoto del 1456. Edizioni Studi Storici Meridionali, Nocera I. (SA)*, voll. 2.
- [5] LYSMER J., UDAKA T., CHANG-FENG TSAI, SEED H., 1975. *FLUSH: a computer program for approximate 3-D analysis of soil-structure interaction problem*. Rep. E.E.R.C. 75-30. Earthq. Eng. Research Center, Univ. California, Berkeley.
- [6] MELETTI C., PATACCA E., SCANDONE P., FIGLIUOLO B., 1988. *Il terremoto del 1456 e la sua interpretazione nel quadro sismotettonico dell'Appennino meridionale*. In: *Il terremoto del 1456*, ed. a cura di B. Figliuolo, Edizioni Studi Storici Meridionali, Nocera I., vol. I.

- [7] POSTPISCHL D., BRANNO A., ESPOSITO E., FERRARI G., MARTURANO A., PORFIDO S., RINALDIS V., STUCCHI M., 1982. *Southern Italy November 23, 1980 Earthquake, Macroseismic survey*. 7 ECEEE, Athens.
- [8] POSTPISCHL D., BRANNO A., ESPOSITO E., FERRARI G., MARTURANO A., PORFIDO S., RINALDIS V., STUCCHI M., 1985. *The Irpinia earthquake of November 23, 1980*. In: *Atlas of isoseismal maps of Italian earthquakes*, D. Postpischl (ed.), Quaderni della Ricerca Scientifica, CNR 114, 2A, Bologna.
- [9] RIPPA F., VINALE F., 1983. *Effetti del terremoto del 23 Novembre 1980 sul patrimonio edilizio di Napoli*. A.G.I. XV Conv. Naz. di Geotecnica, Spoleto.
- [10] SCHNABEL B., LYSMER J., SEED H., 1972. *SHAKE: a computer program for earthquake response analysis of horizontally layered sites*. Rep. E.E.R.C. 72-12 Earthq. Eng. Research Center, Univ. California, Berkeley.
- [11] SERVA L., 1985a. *The earthquake of June 5, 1688*. In *Atlas of isoseismal maps of Italian earthquakes*, D. Postpischl (ed.), Quaderni della Ricerca Scientifica, CNR 114, 2A, Bologna.
- [12] SERVA L., 1985b. *The earthquake of September 8, 1694*. In *Atlas of isoseismal maps of Italian earthquakes*, D. Postpischl (ed.), Quaderni della Ricerca Scientifica, CNR 114, 2A, Bologna.