

**Raccomandazioni congiunte U.S.A. - Italia per il
Miglioramento della Sicurezza Sismica degli
Ospedali Italiani**

APPLIED TECHNOLOGY COUNCIL
555 Twin Dolphin Drive, Suite 550
Redwood City, California 94065

Preparato per il



Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali
Presidenza del Consiglio dei Ministri

COORDINAMENTO
Christopher Rojahn

CONSULENZA
Joseph Maffei
Paolo Bazzurro

COMITATO DI REDAZIONE

Italia

Adriano De Sortis
Maria Paola Di Martino
Giacomo Di Pasquale
Camillo Nuti
Tito Sanò

Stati Uniti

William T. Holmes
Henry J. Lagorio
Maryann T. Phipps*
Chris D. Poland
William E. Staehlin
Chris V. Tokas

* Rappresentante Direttivo ATC

Nota del Traduttore

Questa traduzione è stata preparata come supporto alla lettura del documento originale in inglese intitolato "ATC-51 U.S.-Italy collaborative recommendations for improving the seismic safety of hospitals in Italy". Pertanto essa non contiene la bibliografia, per la quale si rimanda al rapporto originale. Le Appendici contenute nel volume non sono state tradotte; per ognuna di esse si riporta in italiano una breve sintesi.

Ringraziamenti

Alla riuscita del lavoro hanno contribuito molte persone con la loro disponibilità e la loro preziosa esperienza. Grazie a loro è risultato molto efficace lo scambio di esperienze tra Italia e USA. Un sentito ringraziamento va, oltre che ai membri del Comitato di Redazione ed alle altre persone citate in Premessa, ai funzionari dell'OSHPD Cozad e Billy, all'Ing. Dal Pino della Degenkolb Engineers, agli Ingg. Peterson e Lawrence della Rinne & Peterson, al Sig. Koenig della WMK, agli Ingg. Davis e Robertson della Rutherford & Chekene, all'Ing. Saunders, al Dott. Macchitella, agli Ingg. Ambrogioni e Menestò e a tutto il personale della ASL di Foligno, agli Ingg. Manieri, Deganutti, De Simone e Bartoli della Regione Emilia Romagna, all'Ing. Pieri e a tutto il personale dell'Ospedale "Bufalini" di Cesena, all'Ing. Pagliaccia, al Geom. Baglioni, al Sig. Bachiocchi e a tutto il personale della ASL 2 di Perugia, al Prof. Ippolito, all'Ing. Casini, all'Arch. Martini e a tutto il personale dell'Ospedale "Spallanzani" di Roma.

Premessa

Alla fine del 1999 il Servizio Sismico Nazionale¹ (SSN) ha incaricato l'Applied Technology Council degli U.S.A. (ATC) di sviluppare una serie di raccomandazioni finalizzate alla riduzione degli effetti dei terremoti sugli ospedali italiani (progetto ATC-51). Il progetto è stato avviato come fase iniziale di una cooperazione più larga programmata dal SSN e dall'ATC e finalizzata al miglioramento della sicurezza sismica degli ospedali italiani, basandosi sui punti di vista, sull'esperienza e sulla conoscenza dell'ingegneria sismica e delle normative tecniche per gli ospedali di specialisti dei due Paesi. Le raccomandazioni contenute nel rapporto sono state sviluppate considerando lo stato attuale della pratica professionale negli Stati Uniti e le informazioni disponibili, fornite dal SSN, sul rischio sismico degli ospedali italiani. Queste ultime riguardano:

- informazioni allo stato dell'arte sulla pericolosità sismica;
- norme tecniche, procedure, raccomandazioni e prassi per il progetto, l'analisi e la riabilitazione di strutture ospedaliere;
- informazioni sul numero, le dimensioni, la localizzazione, la data di progettazione, i criteri di progetto, i sistemi strutturali e non strutturali e le specialità delle strutture ospedaliere esistenti;
- informazioni e dati concernenti il comportamento di ospedali in recenti eventi sismici;
- informazioni sulla pianificazione della risposta in condizioni di emergenza e dei sopralluoghi post-sisma.

¹Il Servizio Sismico Nazionale è uno dei quattro Servizi del Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali della Presidenza del Consiglio dei Ministri. Tra i suoi compiti istituzionali rientrano: (1) gli studi degli effetti dei terremoti sugli edifici; (2) gli studi teorico-sperimentali sui materiali, gli elementi costruttivi e le tecnologie da utilizzare in zone sismiche; (3) gli studi sugli interventi di riabilitazione sismica degli edifici esistenti; (4) il supporto alle amministrazioni centrali e locali per l'aggiornamento delle norme sismiche e della zonazione sismica; (5) lo sviluppo di criteri, strategie e priorità per la stima del rischio sismico e la sua riduzione; (6) le attività di informazione, educazione ed aggiornamento tecnico nel campo della sismologia e dell'ingegneria sismica.

Le attività del progetto si sono articolate in: (1) una visita in Italia da parte degli specialisti statunitensi per ispezionare impianti ospedalieri significativi; (2) una revisione delle informazioni fornite dal SSN da parte del Comitato di Redazione; (3) lo sviluppo delle raccomandazioni nel corso di una riunione tenutasi in San Francisco nel Maggio 2000; (4) una visita nella zona di San Francisco da parte dei membri italiani ad ospedali rappresentativi e a diversi edifici isolati sismicamente alla base.

Il presente rapporto fornisce un insieme di dieci raccomandazioni per il miglioramento della sicurezza sismica degli ospedali italiani, con riferimento sia al breve che al lungo periodo. Le attività consigliate spaziano dalla progettazione, analisi e adeguamento sismico degli ospedali alle procedure per la risposta in condizioni di emergenza e per la messa a punto di un inventario. Le raccomandazioni sono basate sugli orientamenti derivanti dall'esperienza professionale dei componenti il Comitato di Redazione e da un insieme di documenti riguardanti la sicurezza sismica degli ospedali, procedure e raccolte di dati sviluppati in Italia e negli Stati Uniti.

L'ATC ringrazia i partecipanti al progetto che hanno elaborato questo rapporto: Maria Paola Di Martino, Camillo Nuti, Giacomo Di Pasquale (coordinatore della delegazione SSN), Tito Sanò e Adriano De Sortis per l'Italia, William T. Holmes, Henry J. Lagorio, Maryann T. Phipps (rappresentante direttivo ATC), Chris D. Poland, William E. Staehlin e Chris V. Tokas per gli Stati Uniti; i consulenti tecnici Joseph Maffei, che ha collaborato come principale autore del rapporto, e Paolo Bazzurro, che ha collaborato nella stesura del rapporto e in servizi di traduzione; Paola Maria Falconi (ospite alla riunione del Comitato di Redazione); A. Gerald Brady, che ha edito il rapporto; Peter N. Mork e Michelle Schwartzbach, che hanno preparato la matrice per la stampa. Gli Enti di appartenenza dei partecipanti sono riportati in fondo al rapporto.

Christopher Rojahn
Direttore esecutivo ATC

Indice

| | |
|---|-----------|
| Premessa | 3 |
| Piano delle attività | 6 |
| 1. Introduzione | 7 |
| 1.1 Cenni storici ed obiettivi del lavoro | 7 |
| 1.2 Rischio sismico degli ospedali italiani | 7 |
| 1.2.1 Pericolosità sismica | 8 |
| 1.2.2 Classificazione sismica | 8 |
| 1.2.3 Requisiti attualmente vigenti per la progettazione sismica di ospedali in Italia . | 8 |
| 1.2.4 Schedatura degli ospedali esistenti | 9 |
| 1.2.5 Comportamento di ospedali italiani in terremoti recenti | 9 |
| 1.2.6 Risposta in emergenza ed ispezioni di agibilità | 10 |
| 1.3 Organizzazione del rapporto | 10 |
| 2. Raccomandazioni a breve termine | 15 |
| 2.1 Raccomandazione 1: Definizione di modalità coerenti di applicazione e controllo della qualità nella progettazione e nella realizzazione, incominciando dalla preparazione di specifiche linee guida | 15 |
| 2.1.1 Procedure attualmente in vigore in Italia per l'approvazione dei progetti | 15 |
| 2.1.2 L'esperienza della California | 15 |
| 2.1.3 Raccomandazioni per l'Italia | 16 |
| 2.2 Raccomandazione 2: Valutazione delle diverse possibili alternative per programmi di riduzione del rischio sismico | 17 |
| 2.2.1 Confronto tra programmi attivi e passivi di adeguamento | 17 |
| 2.2.2 Programmi passivi in California | 17 |
| 2.2.3 Programmi attivi in California | 18 |
| 2.2.4 Confronto costo/benefici | 19 |
| 2.2.5 Definizioni sul campo di applicazione delle Raccomandazioni e la funzionalità . | 19 |
| 2.3 Raccomandazione 3: Ancoraggi e controventamenti per le nuove installazioni di sistemi non strutturali | 20 |
| 2.3.1 La situazione attuale in Italia | 20 |
| 2.3.2 Criteri di progetto e linee guida per l'ancoraggio ed il controventamento | 20 |
| 2.3.3 Applicazione | 21 |
| 2.4 Raccomandazione 4: Limitazione dell'uso di muratura non armata | 21 |
| 2.4.1 La prassi in Italia e negli U.S.A. | 22 |
| 2.4.2 Applicazione | 22 |
| 2.5 Raccomandazione 5: Miglioramento della raccolta di dati di interesse per il rischio sismico | 23 |
| 2.5.1 L'esperienza della California ed i programmi in Italia | 23 |
| 2.5.2 Applicazione | 23 |
| 2.6 Raccomandazione 6: Pianificazione della risposta in emergenza e delle ispezioni post-sisma | 24 |
| 3. Raccomandazioni a lungo termine | 25 |
| 3.1 Raccomandazione 7: Programma attivo di adeguamento dei vincoli degli impianti . . . | 25 |
| 3.2 Raccomandazione 8: Aggiornamento delle norme sismiche per i nuovi edifici | 25 |
| 3.3 Raccomandazione 9: Collegamento delle norme sismiche ad obiettivi prestazionali . . . | 26 |
| 3.4 Raccomandazione 10: Ricognizione sistematica degli ospedali esistenti | 27 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| A | Sezione 107, Parte 7 della Legge della California sulla sicurezza ospedaliera | 28 |
| B | Sintesi della deliberazione 1953 del Senato della California | 28 |
| C | Casi esemplari selezionati dai Requisiti OSHPD per i sistemi impiantistici | 28 |
| D | Uffici degli Stati Uniti all'estero, Requisiti per la protezione sismica dei componenti non strutturali | 29 |
| E | Selezione del rapporto FEMA 310, Manuale per la rivalutazione sismica di edifici esistenti | 29 |

Elenco delle figure

| | | |
|---|--|----|
| 1 | Mappa dell'Italia con gli epicentri dei terremoti storici (Camassi e Stucchi, 1997) . . . | 11 |
| 2 | Mappa dell'Italia con le massime Intensità storiche MCS (GNDT-ING-SSN, 1996) . . | 11 |
| 3 | Periodi di ritorno dell'Intensità MCS per diverse località italiane (Gruppo di lavoro GNDT-SSN, 1996) | 12 |
| 4 | Confronto tra la proposta di riclassificazione (sinistra) e le attuali zone sismiche (destra) (SSN, 1999) | 12 |
| 5 | Percentuali di edifici residenziali in Italia per età e tipologia costruttiva (censimento ISTAT 1991) | 13 |
| 6 | Volumetria degli edifici ospedalieri nell'Italia meridionale per età e tipologia costruttiva (censimento GNDT-LSU 1998) | 13 |
| 7 | Percentuali di edifici ospedalieri in Campania, Calabria e Molise per numero di piani e tipologia costruttiva (censimento GNDT-LSU 1998) | 13 |
| 8 | Vista dell'ala crollata dell'Ospedale di S. Angelo dei Lombardi dopo il terremoto di Campania-Basilicata del 1980 | 14 |
| 9 | Edifici ospedalieri storici danneggiati dal terremoto di Umbria-Marche del 1997 | 14 |

Elenco delle tabelle

| | | |
|---|---|----|
| 1 | Sommario delle raccomandazioni | 6 |
| 2 | Classificazione sismica del territorio in Italia ed in U.S.A. | 8 |
| 3 | Categorie dei componenti non strutturali | 21 |

Piano delle attività

Il progetto ATC-51 è il frutto di una collaborazione di esperti italiani e statunitensi finalizzata alla emanazione di raccomandazioni per il miglioramento della sicurezza sismica degli ospedali italiani. Le raccomandazioni tengono conto della pericolosità sismica del territorio italiano, delle caratteristiche del patrimonio edilizio ospedaliero e del suo comportamento durante recenti eventi sismici, ed infine delle norme tecniche e degli standard applicabili alla progettazione ed alla riabilitazione degli stessi ospedali. Nel Cap. 1. è riportata una sintesi di queste informazioni di base.

Le raccomandazioni si basano sull'esperienza californiana nello sviluppo, implementazione ed applicazione di programmi di riduzione del rischio sismico per gli ospedali.

Le raccomandazioni elaborate nel corso del progetto sono riportate nei Capp. 2. e 3. e sono riassunte nella Tab. 1. Le prime sei raccomandazioni riguardano attività che si possono intraprendere nel breve periodo, cioè nei prossimi anni. Le altre quattro raccomandazioni sono pensate come obiettivi di lungo termine, in quanto possono richiedere dieci o anche venti anni per essere attuate.

Completano il rapporto cinque appendici contenenti informazioni supplementari sui regolamenti per la sicurezza sismica degli ospedali californiani e per gli uffici degli Stati Uniti all'estero.

| Raccomandazione | Applicabile a |
|---|----------------------------------|
| <i>Breve termine</i> | |
| 1. Definizione di modalità coerenti di applicazione e controllo della qualità nella progettazione e nella realizzazione, incominciando dalla preparazione di specifiche linee guida | Edifici nuovi ed esistenti |
| 2. Valutazione delle diverse possibili alternative per programmi di riduzione del rischio sismico | Edifici nuovi ed esistenti |
| 3. Ancoraggi e controventamenti per le nuove installazioni di sistemi non strutturali | Edifici nuovi e ristrutturazioni |
| 4. Limitazione dell'uso di muratura non armata | Edifici nuovi e ristrutturazioni |
| 5. Miglioramento della raccolta di dati di interesse per il rischio sismico | Edifici esistenti |
| 6. Pianificazione della risposta in emergenza e delle ispezioni post-sisma | Edifici nuovi ed esistenti |
| <i>Lungo termine</i> | |
| 7. Programma attivo di adeguamento dei vincoli degli impianti | Edifici esistenti |
| 8. Aggiornamento delle norme sismiche per i nuovi edifici | Edifici nuovi |
| 9. Collegamento delle norme sismiche ad obiettivi prestazionali | Edifici nuovi ed esistenti |
| 10. Ricognizione sistematica degli ospedali esistenti | Edifici esistenti |

Tabella 1: Sommario delle raccomandazioni

1. Introduzione

1.1 Cenni storici ed obiettivi del lavoro

Le analisi e le esperienze maturate riguardo le prestazioni di soccorso dopo terremoti significativi hanno evidenziato che alcune installazioni ospedaliere ricoprono un ruolo particolarmente importante nella pianificazione della riduzione del rischio sismico, non solo in quanto devono essere in grado di non crollare, ma anche perché devono continuare ad erogare le funzioni per cui sono state progettate. E' evidente che installazioni come gli ospedali di cura intensiva, le stazioni dei Vigili del Fuoco, le dighe, ed altre ancora, erogano servizi essenziali per la possibilità di successo degli interventi di soccorso post-sisma. E' chiaro che gli ospedali più importanti, che dovranno fronteggiare l'incremento di domanda di assistenza prodotta dal sisma, devono essere progettati per mantenersi funzionali nel rispondere alle esigenze dei feriti.

La necessità di valutare e migliorare il comportamento sismico degli ospedali in regioni ad alta sismicità lancia una sfida difficile e costosa, particolarmente in zone, come l'Italia, in cui molte strutture sono state costruite prima dell'emanazione ed applicazione di norme di progettazione ed esecuzione di edifici resistenti al sisma. Per inquadrare il problema e sviluppare soluzioni praticamente attuabili il SSN ha intrapreso questo studio alla fine del 1999, in modo da formulare un elenco di raccomandazioni iniziali per il miglioramento della sicurezza sismica degli ospedali in Italia. L'intento era quello di basarsi sulle convinzioni condivise di: (1) esperti statunitensi di ingegneria sismica e di norme ospedaliere che avessero sviluppato programmi per incrementare la sicurezza sismica degli ospedali nel loro Paese; (2) esperti italiani di ingegneria sismica e di norme ospedaliere che avessero affrontato le tematiche del rischio sismico ospedaliero e degli altri fattori che possono favorire la riduzione del rischio sismico nel loro Paese.

Le attività oggetto di raccomandazione coperte in questo rapporto riguardano sia la progettazione, la rivalutazione e l'adeguamento degli ospedali italiani, sia le procedure per la risposta in

emergenza ed altre attività che potrebbero migliorare la comprensione di fattori che hanno influenza sul rischio sismico degli ospedali. Vengono fornite raccomandazioni sia a breve termine, lasso di tempo che si può interpretare riferito ad alcuni anni, che a lungo termine, riferito ad uno o più decenni. Le raccomandazioni tengono conto dei molti fattori che contribuiscono al rischio sismico in Italia, così come descritto nel paragrafo successivo, e sono basate sui documenti, sulle procedure e sui dati relativi alla sicurezza sismica degli ospedali sviluppate dall'ATC, dal Ufficio dello Stato della California per la Programmazione e lo sviluppo della Sanità (OSHDP), dall'Agencia U.S.A. per la Gestione dell'Emergenza (FEMA), dal Servizio Sismico Nazionale italiano e dal Ministero della Sanità italiano. Si è perseguito, inoltre, l'obiettivo di sviluppare delle raccomandazioni compatibili con l'attuale legislazione tecnica italiana (cioè norme a carattere cogente).

1.2 Rischio sismico degli ospedali italiani

All'inizio della collaborazione il SSN ha fornito una articolata documentazione riguardante il rischio sismico degli ospedali italiani. La documentazione copre:

- informazioni allo stato dell'arte sulla pericolosità sismica;
- standard, procedure e norme tecniche per la progettazione, l'analisi e l'adeguamento sismico degli ospedali;
- documentazione sul numero, le dimensioni, la localizzazione, l'epoca di progetto, i criteri di progetto, i sistemi strutturali e non strutturali e l'utilizzazione degli impianti ospedalieri esistenti;
- dati sul comportamento sismico degli ospedali in recenti terremoti;
- documentazione sulla pianificazione della risposta in emergenza e sulle ispezioni di agibilità.

Di seguito si riportano sinteticamente alcune descrizioni su: (1) la sismicità storica in Italia; (2) la

zonazione sismica attuale ed una proposta di riclassificazione del territorio; (3) gli attuali requisiti sismici di progetto per gli ospedali di nuova realizzazione, inclusi i fattori per l'amplificazione sismica del moto; (4) una schedatura dell'edilizia sismica basata sul numero di edifici per età e tipologia costruttiva; (5) il comportamento di ospedali italiani in recenti eventi sismici.

1.2.1 Pericolosità sismica

I cataloghi sismici indicano che in Italia si sono verificati terremoti con magnitudo fino a 7.5 nel corso degli ultimi secoli. Negli ultimi mille anni, per esempio, sono riportati 2376 terremoti con magnitudo compresa tra 4 e 6 e 93 eventi con magnitudo superiore a 6 (Fig. 1). Sulla base del catalogo, le massime intensità Mercalli (MCS, Mercalli-Cancani-Sieberg) sono comprese tra VI e X (Fig. 2). Diversi ricercatori hanno svolto di recente studi di pericolosità ed alcuni testi sono disponibili in inglese (Galadini e Galli, 1999a, 1999b, 2000). La Figura 3 mostra i periodi di ritorno per varie Intensità Mercalli per alcune località italiane.

Negli ultimi 25 anni si sono verificati eventi che hanno prodotto seri danni in Friuli (1976, magnitudo 6.5), Campania-Basilicata (1980, magnitudo 7), Umbria (1979, magnitudo 5.9, 1984, magnitudo 5.5), Abruzzo (1984, magnitudo 5.5), Umbria-Marche (1997, magnitudo 5.8) e Sicilia (1990, magnitudo 5.3).

1.2.2 Classificazione sismica

In Italia, come negli U.S.A., sono state definite delle zone sismiche per assegnare i carichi sismici da utilizzare nella progettazione strutturale. In Tabella 2 è riportato un tentativo di equivalenza tra le zone sismiche italiane e quelle delle norme californiane (UBC, 1997). L'equivalenza è basata sui valori di picco dell'accelerazione al suolo per la verifica agli stati limite ultimi così come definiti dalle Linee guida per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture sismicamente isolate emanate dal Ministero dei Lavori Pubblici (Di Pasquale, 1999c).

Di recente è stata proposta una riclassificazione sismica del territorio, descritta in alcuni artico-

| Classificazione in Italia | Accel. di picco (Tr=475 anni) | Equivalenza UBC 1997 |
|---------------------------|-------------------------------|----------------------|
| Alta (Zona 1) | 0.35 g | Zona 3 - Zona 4 |
| Media (Zona 2) | 0.25 g | Zona 2B - Zona 3 |
| Bassa (Zona 3) | 0.15 g | Zona 2A |
| Nessuna | — | Zona 0 - Zona 1 |

Tabella 2: Classificazione sismica del territorio in Italia ed in U.S.A.

li del Gruppo di Lavoro istituito dal Dipartimento della Protezione Civile (1999) e di Albarello *et al.* (2000). La nuova zonazione è confrontata in Fig. 4 con quella attuale, che risale al 1984. In entrambe le mappe per Zona 1 si intende quella ad alta sismicità, per Zona 2 quella a media e per Zona 3 quella a bassa. Al di fuori di queste zone il territorio è considerato non sismico. Le nuove zone sismiche sono state definite sulla base dell'Intensità spettrale di Housner e su quella MCS piuttosto che sul picco di accelerazione. Comunque si può affermare che i valori dell'accelerazione di picco al suolo contenuti nelle citate Linee guida sono in buon accordo con le mappe di PGA sviluppate in Italia sulla base di studi di pericolosità.

La riclassificazione proposta colloca in zona sismica una considerevole parte del territorio finora considerato non sismico.

1.2.3 Requisiti attualmente vigenti per la progettazione sismica di ospedali in Italia

Per questo progetto è stata preparata una sintesi in inglese delle Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica (Di Pasquale, 1999a) e relative istruzioni (Di Pasquale, 1999b). La forza sismica di progetto alla base nelle zone ad alta sismicità è pari al 10% del peso per le costruzioni ordinarie. Questo valore deve essere moltiplicato per 1.4 per le strutture strategiche come gli ospedali. Tali valori sono applicabili alla progettazione alle tensioni ammissibili. Per gli stati limite ultimi le forze di progetto sono ulteriormente incrementate con un fattore 1.5. Il danno degli elementi non strutturali viene indirettamente limitato median-

te la limitazione degli spostamenti assoluti e di interpiano. I pannelli di tamponatura che superano determinate dimensioni devono essere irrigiditi. Nelle norme nazionali non vengono esplicitate forze di progetto per la verifica degli elementi non strutturali, mentre alcune normative locali contengono requisiti non strutturali.

Le norme tecniche attualmente vigenti in Italia differiscono sostanzialmente dall'Eurocodice 8, che dovrebbe essere recepito nei prossimi anni. Le Linee guida per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture sismicamente isolate emanate dal Ministero dei Lavori Pubblici (Di Pasquale, 1999c) ed una proposta per un nuovo regolamento sismico rispecchiano maggiormente alcuni criteri informativi dell'Eurocodice 8 e contengono anche requisiti specifici per i componenti non strutturali e per le forze di progetto su di essi agenti.

Ai fini dell'amplificazione sismica, il suolo rigido è assunto come condizione di riferimento. Nelle norme tecniche gli effetti di amplificazione sono presi in conto con un coefficiente compreso tra 1 e 1.3. Studi di microzonazione sismica condotti in Umbria e Marche dopo il terremoto del 1997 hanno condotto a coefficienti compresi tra 1 e 2. Questi ultimi valori sono in accordo con i fattori di amplificazione locale contenuti nelle norme californiane (UBC, 1997).

Nel documento NEHRP "Raccomandazioni per le norme sismiche per i nuovi edifici ed altre strutture" (BSSC, 1997) le prescrizioni sui particolari costruttivi sono legate alle categorie di progetto da A a F, che a loro volta dipendono dai valori delle accelerazioni spettrali. I valori di accelerazione spettrale dipendono anche da effetti di amplificazione locale del moto sismico e dalla categoria di utilizzo della struttura; così le prescrizioni costruttive possono dipendere non solo dalla generica localizzazione dell'edificio ma anche dalle condizioni di sito. Invece nell'UBC (come nella normativa sismica italiana attuale) tutte le strutture del medesimo tipo e nella medesima zona sismica sono soggette alle stesse prescrizioni costruttive. Nelle NEHRP gli edifici di una stessa città possono essere soggetti a differenti prescrizioni costruttive a seconda delle diverse condizioni di sito.

1.2.4 Schedatura degli ospedali esistenti

Il documento intitolato *Schedatura degli ospedali italiani* (Di Pasquale, De Sortis et al., 1999) riassume informazioni disponibili sugli edifici ospedalieri italiani. La maggior parte dei dati provengono dal Censimento del patrimonio sanitario nazionale del Ministero della Sanità aggiornato al 1990. In Italia ci sono tra 6000 e 7000 edifici ospedalieri, il 40% dei quali si trova in zone di bassa media o alta sismicità (in base all'attuale classificazione sismica) ed il 60% nel resto del Paese, non classificato. L'età delle strutture spazia in un intervallo molto vasto. Dal 15% al 20% degli edifici è stato costruito prima del 1909, con alcuni casi risalenti al 1400 o ancora prima. Altre informazioni recenti sono reperibili dal censimento del 1998 operato dall'Agenzia Nazionale per la Protezione Civile nell'Italia meridionale; circa il 10% degli edifici sono più vecchi di 90 anni.

La tipologia costruttiva dipende dall'età degli edifici, con una prevalenza della muratura e del calcestruzzo armato. La maggior parte degli ospedali costruiti prima della Prima Guerra Mondiale sono di muratura non armata con volte, archi e solai di legno. La maggior parte di essi è stata "adeguata" con materiali "moderni", come i solai latero-cementizi. Gli ospedali costruiti dopo il 1960 sono di solito a struttura intelaiata in calcestruzzo armato, per lo più senza pareti di taglio. La Fig. 5 mostra la tipologia costruttiva in funzione dell'epoca di costruzione per edifici residenziali su tutto il territorio nazionale. Le Figure da 6 a 7 riportano i grafici con la tipologia costruttiva di ospedali italiani in diverse regioni.

1.2.5 Comportamento di ospedali italiani in terremoti recenti

I lavori (Di Pasquale et al., 1998, ATC 29-1) e (De Sortis e al., 1999) riportano una panoramica dei danni sofferti dagli ospedali italiani in recenti terremoti. I sismi hanno evidenziato la vulnerabilità delle strutture più vecchie, delle pareti divisorie in laterizio forato e degli impianti non adeguatamente ancorati. Durante il terremoto del Friuli del 1976 e della Campania-Basilicata del 1980, per esempio, un notevole numero di ospedali furono gravemente danneggiati fino ad arrivare, in

alcuni casi, anche al collasso, come riportato per un ospedale in zona epicentrale progettato con le norme sismiche (Fig. 8). Nel caso del terremoto di Umbria-Marche del 1997 nell'Italia centrale, con intensità comprese tra VI e VII MCS, la maggior parte degli edifici ospedalieri recenti non ha sofferto danni strutturali, mentre edifici più antichi di scarsa qualità in muratura hanno subito danni strutturali, pur senza collassare (Fig. 9).

1.2.6 Risposta in emergenza ed ispezioni di agibilità

I piani di emergenza sono ora obbligatori in Italia per diversi tipi di rischio (Legge 626/1994, Linee guida sul sistema di emergenza ospedaliero, 1996). In conformità a queste disposizioni molti ospedali si stanno dotando di piani di emergenza per affrontare rischi naturali e indotti dall'attività umana. I piani di emergenza usualmente coprono emergenze per incendi, incidenti, nubi tossiche, contaminazione da radioattività, alluvioni. Il rischio sismico ha una natura molto particolare per gli ospedali, perchè si manifesta come rischio sia esterno che interno: infatti un sisma può provocare un incremento della richiesta di assistenza medica ed allo stesso tempo può diminuire la capacità dell'ospedale di erogare questa assistenza. Al momento le Linee Guida di natura generale emanate dal Dipartimento della Protezione Civile (1998) non coprono completamente la complessità della risposta sismica degli ospedali, tenendo conto sia degli edifici che delle apparecchiature, del personale e dei pazienti. Sarebbero utili delle Linee guida specifiche e degli esempi di applicazione. Esse dovrebbero essere compatibili con le risorse tecniche disponibili e coordinate con le organizzazioni per la gestione dell'emergenza già esistenti.

Una procedura generale per le ispezioni di agibilità post-sisma è stata proposta dal SSN e dal GNDT (SSN, 1998) ed è stata sottoposta alle Regioni per diventare uno standard a livello nazionale. La procedura è stata utilizzata in diversi recenti terremoti in Italia. Nel documento sono inserite alcune prescrizioni specifiche per gli ospedali, sebbene le procedure richiedano un ulteriore approfondimento. In particolare dovrebbero es-

sere affrontate la complessità di alcuni ospedali e le priorità sul da farsi nelle prime ore dopo un evento sismico.

1.3 Organizzazione del rapporto

Subito dopo questa introduzione ci sono i Capitoli 2 e 3 contenenti le attività raccomandate per il miglioramento della sicurezza sismica degli ospedali italiani nel breve periodo (sei raccomandazioni) e nel lungo periodo (quattro raccomandazioni). Il rapporto contiene anche cinque appendici con informazioni supplementari sulle norme per la sicurezza sismica per gli ospedali in California e per gli Uffici U.S.A. all'estero. L'Appendice A riproduce la legge sulla sicurezza sismica degli ospedali del 1983 (Sezione 107, Parte 7 della Legge della California sulla sicurezza ospedaliera, che porta il nome di Alfred E. Alquist). Nell'Appendice B si riporta una sintesi della deliberazione 1953 del Senato della California, che regola i requisiti per l'adeguamento sismico degli ospedali. L'Appendice C contiene una selezione delle prescrizioni dell'OSHPD per i sistemi impiantistici. L'Appendice D fornisce i requisiti per la protezione sismica dei componenti non strutturali, estratti da un rapporto della Rutherford & Chekene (1999). Infine l'Appendice E riporta una selezione del rapporto FEMA 310, un manuale per la rivalutazione sismica di edifici esistenti.

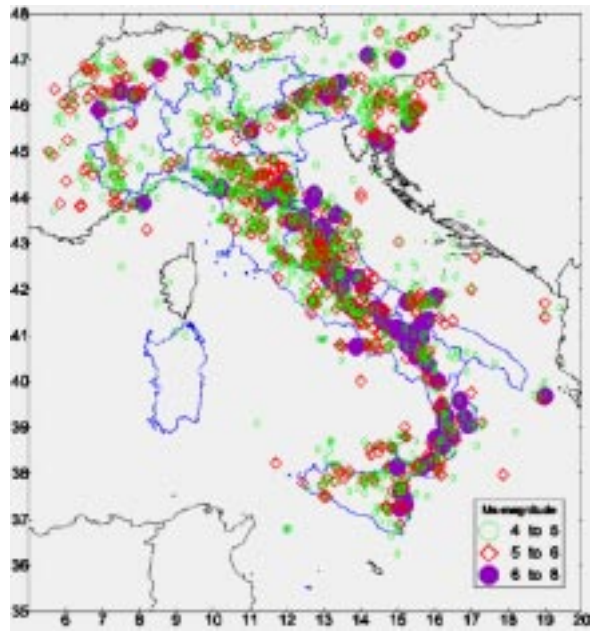


Figura 1: Mappa dell'Italia con gli epicentri dei terremoti storici (Camassi e Stucchi, 1997)



Figura 2: Mappa dell'Italia con le massime Intensità storiche MCS (GNDT-ING-SSN, 1996)

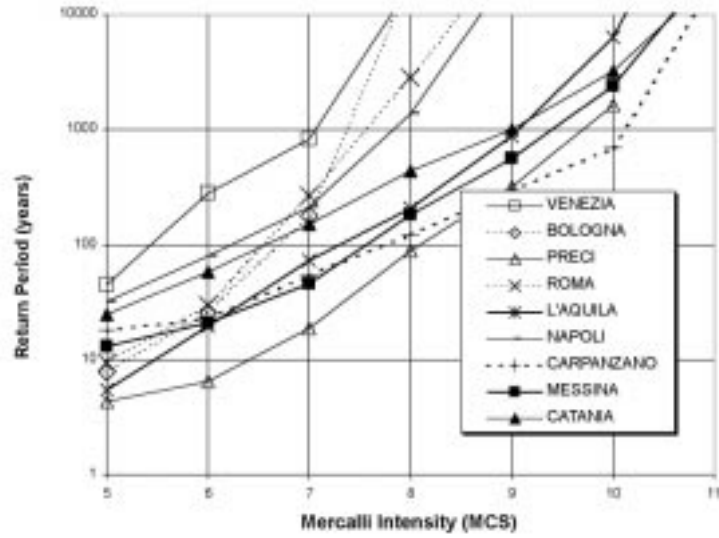


Figura 3: Periodi di ritorno dell'Intensità MCS per diverse località italiane (Gruppo di lavoro GNDT-SSN, 1996)

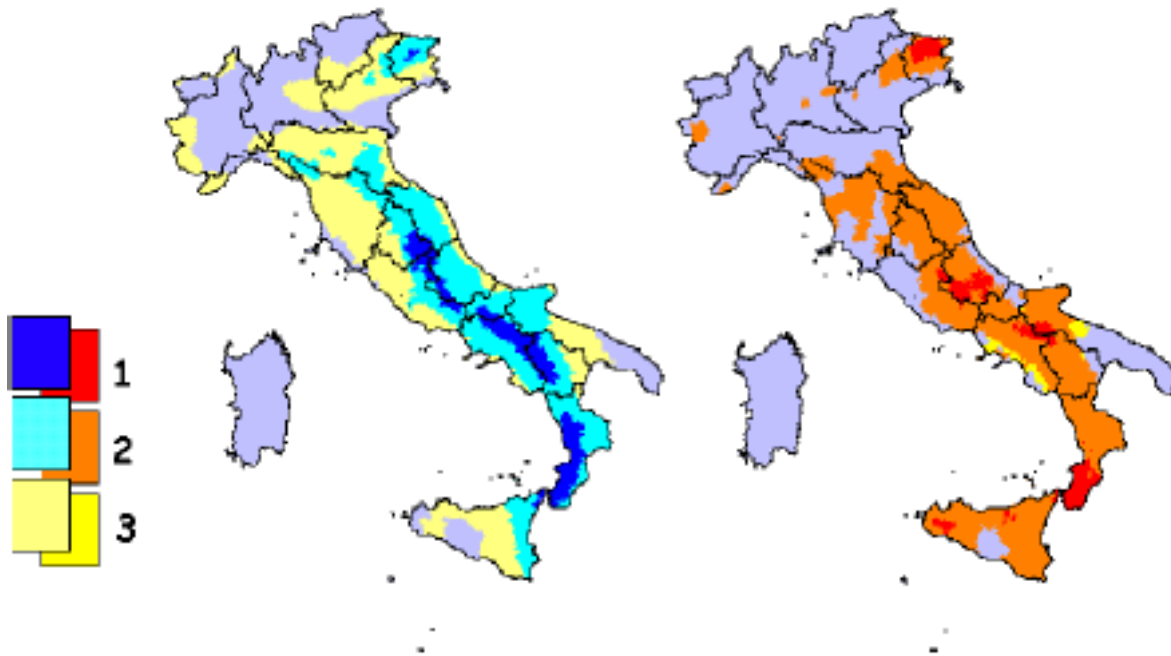


Figura 4: Confronto tra la proposta di riclassificazione (sinistra) e le attuali zone sismiche (destra) (SSN, 1999)

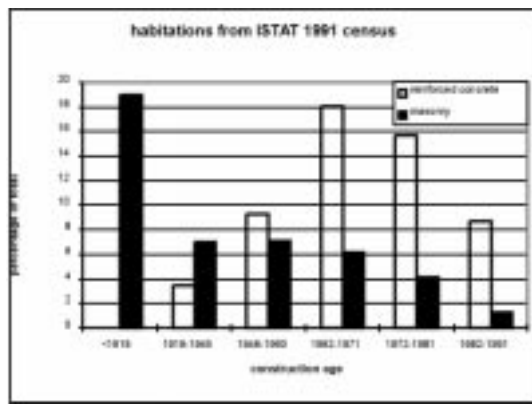


Figura 5: Percentuali di edifici residenziali in Italia per età e tipologia costruttiva (censimento ISTAT 1991)

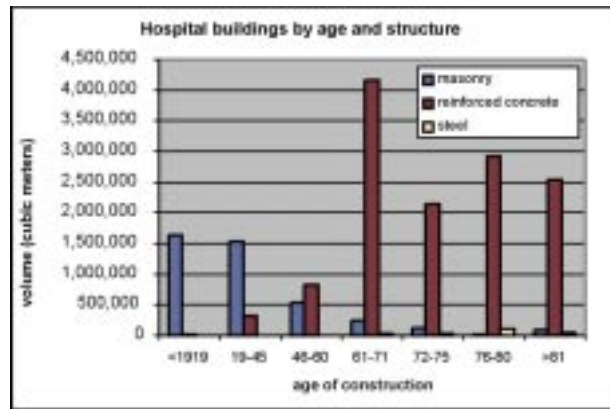


Figura 6: Volumetria degli edifici ospedalieri nell'Italia meridionale per età e tipologia costruttiva (censimento GNDT-LSU 1998)

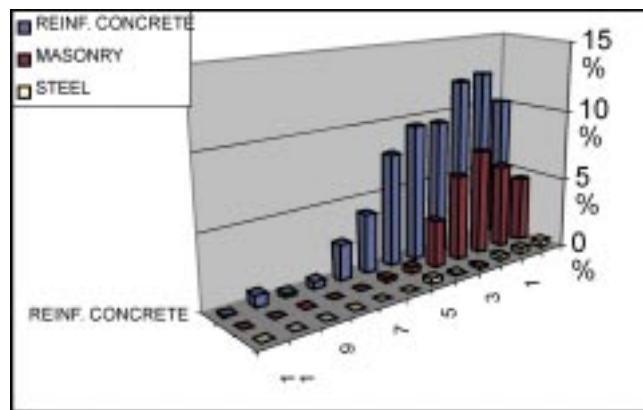


Figura 7: Percentuali di edifici ospedalieri in Campania, Calabria e Molise per numero di piani e tipologia costruttiva (censimento GNDT-LSU 1998)

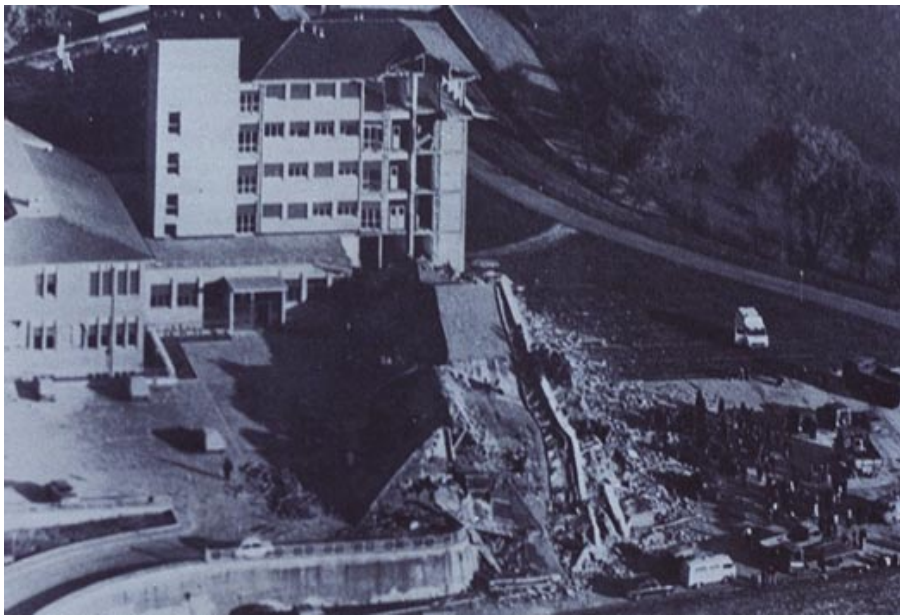


Figura 8: Vista dell'ala crollata dell'Ospedale di S. Angelo dei Lombardi dopo il terremoto di Campania-Basilicata del 1980



Figura 9: Edifici ospedalieri storici danneggiati dal terremoto di Umbria-Marche del 1997

2. Raccomandazioni a breve termine

2.1 Raccomandazione 1: Definizione di modalità coerenti di applicazione e controllo della qualità nella progettazione e nella realizzazione, incominciando dalla preparazione di specifiche linee guida

I partecipanti al progetto per parte U.S.A. raccomandano unanimemente come aspetto essenziale di qualunque programma di riduzione del rischio sismico una rigorosa ed approfondita revisione dei progetti e delle fasi costruttive. L'esperienza californiana evidenzia la validità di questo approccio. Le altre raccomandazioni contenute in questo rapporto perderebbero parte della loro validità in mancanza di una procedura affidabile di controllo delle fasi di progettazione e realizzazione. La procedura di verifica si dovrebbero applicare alle nuove costruzioni, alla rivalutazione sismica ed all'adeguamento di costruzioni esistenti, alle ristrutturazioni ed agli interventi di controventamento e ancoraggio dei componenti non strutturali.

2.1.1 Procedure attualmente in vigore in Italia per l'approvazione dei progetti

Dal punto di vista sismico l'approvazione dei progetti per gli ospedali segue le stesse regole adottate per gli edifici ordinari, vale a dire il soddisfacimento dei requisiti delle norme tecniche per la sicurezza strutturale (cioè sicurezza per la vita e limitazione del danno, quest'ultima solo a partire dal 1996). Le Regioni o altre Amministrazioni locali da esse delegate effettuano il controllo di una certa percentuale, di solito meno del 10%, degli edifici di proprietà privata. Il controllo include le fasi di progettazione ed esecuzione dei lavori. Per gli edifici pubblici in alcune Regioni il controllo è esteso a tutti gli edifici. I progetti per lavori che superano 50 miliardi di lire devono essere approvati dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Ogni progetto ha un collaudatore scelto dal committente e pagato dal costruttore. Il collaudatore controlla la rispondenza della costruzione

alle specifiche di progetto ed, in linea generale, alle norme tecniche. A volte viene sviluppato un controllo indipendente delle verifiche di progetto, mentre non è richiesto un controllo indipendente dell'intero progetto, eccetto che per i progetti per lavori di importo superiore ai 25 milioni di Euro (22 milioni di dollari USA). I Vigili del Fuoco hanno la competenza di controllare il progetto ed i lavori dal punto di vista della sicurezza antincendio. Gli Uffici che erogano i fondi per la costruzione (a livello regionale o statale) controllano il progetto dal punto di vista della funzionalità distributiva, avvalendosi di appositi nuclei di valutazione.

2.1.2 L'esperienza della California

In California l'Ufficio per la Programmazione e lo sviluppo sanitario (OSHPD) si occupa del controllo del progetto e della costruzione. La normativa californiana attribuisce all'OSHPD il mandato di effettuare il controllo secondo quanto previsto dalla Sezione 107, Parte 7 del codice per la sicurezza sanitaria, riportato nell'Appendice A di questo rapporto. Gli aspetti salienti di questa legislazione sono i seguenti.

- L'OSHPD "proporrà propri standard per la resistenza al sisma degli edifici, basati sulle conoscenze attuali e provvederà ad un controllo indipendente del progetto e della costruzione degli ospedali".
- Le giurisdizioni locali sono esonerate dal controllo dell'applicazione delle norme tecniche per gli edifici, che è invece di competenza dell'OSHPD. Se le giurisdizioni locali prevedono requisiti più stringenti di quelli dell'OSHPD (caso raro) l'OSHPD è responsabile dell'applicazione dei primi. (Le giurisdizioni locali sono sollevate dal controllo dell'applicazione delle norme tecniche per gli ospedali).
- Viene fornita la definizione di "edificio ospedaliero".
- Prima di adottare qualunque progetto per un ospedale, devono essere sottoposti all'OSHPD le specifiche, i calcoli strutturali e

le parcelle. Prima di iniziare la costruzione bisogna ottenere dall'OSHPD una approvazione scritta riguardante la sicurezza del progetto e della costruzione.

- L'Amministrazione dell'ospedale paga una parcella per coprire le spese di organizzazione del controllo. La parcella non supera il 2% dell'importo dei lavori.
- L'uso della parcella è sottoposto al controllo del Dipartimento delle Finanze della California.
- Oltre a controllare l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni, l'OSHPD adotta e controlla l'applicazione di standard per l'ancoraggio degli impianti.
- Un Comitato per la sicurezza degli ospedali, composto da 16 membri, svolge compiti di supervisione e consultivi nello sviluppo delle specifiche tecniche. Il Comitato è utilizzato anche come corte di appello. Il direttore dell'OSHPD nomina i membri del Comitato su designazione congiunta di organizzazioni di progettisti, imprese ed industrie.
- L'OSHPD ha l'autorità per ispezionare gli edifici e le relative pertinenze, per ordinare una interruzione dei lavori o per evacuare un edificio, se necessario, al fine di imporre l'applicazione delle misure necessarie alla messa in sicurezza dello stesso.

Gli ingegneri strutturali professionisti, attraverso l'Associazione degli Ingegneri Strutturali della California, hanno sostenuto fortemente il ruolo dell'OSHPD nella revisione del progetto e della qualità della costruzione. Questo modo di revisionare il progetto e la costruzione è una procedura chiave per la sicurezza sismica in California, per cui è più probabile riscontrare difetti di progetto o di esecuzione nelle strutture di nuova costruzione e nei progetti di adeguamento che non sono soggetti a controllo da parte dell'OSHPD (cioè gli edifici non adibiti ad ospedale). Il successo del processo di revisione degli ospedali deriva dal fatto che l'OSHPD possiede sufficienti stanziamenti, conoscenze tecniche ed autorità di legge per sviluppare specifiche tecniche di dettagli

costruttivi e per portare avanti revisioni approfondite ed efficaci. L'efficacia del processo deriva dall'aver in California una sola Agenzia come responsabile per tutte le revisioni.

Altri Stati dell'Unione non dispongono di un simile sistema di controllo della qualità, né di specifici requisiti di norma. Le prestazioni degli ospedali in questi Stati sono ritenute meno affidabili che in California.

2.1.3 Raccomandazioni per l'Italia

L'esperienza della California insegna che sarebbe utile creare un Ufficio a livello nazionale, simile all'OSHPD, con autorità sufficiente per controllare i progetti ed i lavori sugli ospedali in tutta Italia. La costituzione di un tale Ufficio nazionale potrebbe non essere realistica perché l'orientamento politico attuale è quello di demandare tale autorità a livello delle Regioni. Infatti le competenze per il finanziamento, la pianificazione e l'amministrazione dei progetti di ospedali sono a livello regionale piuttosto che nazionale. Si raccomanda di sviluppare delle linee guida generali a livello nazionale e costituire un ufficio tecnico nazionale. In mancanza di un ufficio tecnico nazionale, si potrebbe organizzare una procedura di controllo approfondito a livello regionale. Per migliorare l'efficacia della procedura si potrebbero impartire alle autorità regionali linee guida e raccomandazioni a livello nazionale.

I requisiti per gli ospedali dipendono dalle zone sismiche. Procedure e requisiti simili a quelli previsti dall'OSHPD sono raccomandabili per le zone ad alta e media sismicità, mentre per le zone a bassa sismicità si potrebbero prevedere requisiti meno stringenti.

L'applicazione completa di una procedura adeguata di controllo delle fasi di progettazione e realizzazione non può essere portata a termine nel breve periodo. Comunque sarebbe opportuno intraprendere immediatamente i primi passi per l'organizzazione di questo processo. Si potrebbe richiedere un apporto per il miglioramento del controllo della progettazione alle associazioni professionali di ingegneri strutturali, architetti ed altre figure professionali.

2.2 Raccomandazione 2: Valutazione delle diverse possibili alternative per programmi di riduzione del rischio sismico

Sono possibili un certo numero di scelte per programmi di riduzione del rischio sismico in Italia. Un programma di questo tipo dovrebbe tener conto sia di prescrizioni per le nuove costruzioni che di criteri per la stima della sicurezza e l'adeguamento degli edifici esistenti e dovrebbe coprire sia i sistemi strutturali che quelli non strutturali. L'applicazione di un programma di riduzione del rischio sismico è ovviamente un obiettivo di lungo termine. E' comunque possibile cominciare subito a pensare all'avvio di strategie di lungo termine. Mentre le varie opzioni del programma devono essere viste in una prospettiva di lungo termine, alcune attività (come le Raccomandazioni 1, 3, 4 e 5) dovrebbero essere intraprese in breve tempo.

Il programma più adatto per gli ospedali italiani dipenderà dalla valutazione di un certo numero di fattori, in particolare i fondi disponibili ed i costi ed i benefici connessi alle diverse opzioni. Per esempio, un programma potrebbe consistere nell'imporre requisiti molto stringenti per la progettazione di nuovi ospedali, ma nel contempo nell'accettare il rischio connesso all'uso della maggior parte degli ospedali esistenti, senza impiantare un programma intensivo di adeguamento degli edifici esistenti. Questo tipo di programma convoglierebbe risorse limitate sulle nuove costruzioni, per le quali i costi del miglioramento delle prestazioni sotto sisma comportano un incremento di spesa relativamente limitato. Una possibile variazione di questo programma potrebbe conservare i requisiti di cui sopra per gli edifici nuovi, ma potrebbe richiedere l'adeguamento degli ospedali esistenti ogni volta che si procede ad una ristrutturazione o che si riparano i danni causati da un terremoto (questo tipo di attivazione è chiamato "soglia passiva").

Si raccomanda di effettuare uno studio sui possibili programmi di riduzione del rischio sismico, a diversi livelli di costo complessivo. Le possibilità da valutare dovrebbero includere:

- i requisiti per le nuove costruzioni e gli

obiettivi prestazionali;

- lo scopo di qualsiasi programma di adeguamento - quanti edifici saranno interessati?
- gli obiettivi prestazionali dell'adeguamento, probabilmente da far dipendere dalle funzioni degli edifici;
- strategie differenti per diverse zone sismiche;
- applicazione del programma Regione per Regione o su tutto il territorio nazionale;
- fonte ed ammontare delle risorse necessarie;
- scelta tra programmi opzionali o obbligatori.

2.2.1 Confronto tra programmi attivi e passivi di adeguamento

I programmi di adeguamento sismico si possono distinguere in "passivi" e "attivi". Nei programmi passivi alcune condizioni, come le ristrutturazioni edilizie o la riparazione di danni sismici fanno scattare l'obbligo di adeguare sismicamente una struttura. Nei programmi attivi si identificano sistematicamente le strutture o le condizioni di maggiore vulnerabilità, che vengono quindi adeguate.

Se le risorse disponibili sono limitate è preferibile un programma passivo. Un inconveniente dei programmi attivi è che la schedatura delle strutture e l'elaborazione della graduatoria avente lo scopo di individuare le strutture su cui intervenire può essere una attività abbastanza costosa.

2.2.2 Programmi passivi in California

Un esempio di programma passivo è rappresentato dalla Sezione 3403 (già Sezione 104(f)) delle Norme tecniche per le costruzioni di San Francisco (1998). In queste norme viene richiesto un adeguamento sismico dell'edificio quando si effettua una ristrutturazione edilizia significativa. Una ristrutturazione viene considerata significativa in base alla percentuale di elementi portanti che vengono interessati dagli interventi oppure in base al grado di estensione degli interventi sugli elementi non strutturali. Le strutture per cui è richiesto l'adeguamento sono soggette a requisiti

simili a quelli delle strutture di nuova costruzione, eccetto per il fatto che vengono usate forze sismiche più basse. Molti sono gli edifici adeguati sulla base di questa normativa, che ha portato ad un notevole miglioramento della sicurezza sismica complessiva della città di San Francisco.

Un altro esempio di programma passivo sono le norme tecniche per la riparazione degli edifici danneggiati dal sisma. Una norma di questo tipo è stata introdotta a San Francisco dopo il terremoto di Loma Prieta del 1989 e riguarda gli edifici in struttura portante in legno con il primo piano "soffice", edifici che avevano subito ingenti danni causati dal terremoto. Un inquadramento tecnico per stabilire i casi in cui è richiesto un adeguamento sismico su di un edificio danneggiato dal sisma è contenuto nel Rapporto FEMA 308 (Riparazione di edifici in calcestruzzo armato e muratura danneggiati dal sisma, ATC 1999c).

Per 30 anni è stato in vigore un programma passivo di adeguamento sismico per gli ospedali della California. Gli ospedali dovevano essere adeguati a differenti livelli se le modifiche strutturali comportavano un incremento del 5% o del 10% della capacità dell'edificio di resistere alle azioni sismiche. Questo programma ha avuto in realtà efficacia limitata. Il programma attivo della deliberazione 1953 del Senato della California è stato motivato in parte anche dalla constatazione della debolezza dell'attivazione dei programmi passivi.

Un programma da applicare in Italia per l'ancoraggio efficace dei nuovi impianti e dei nuovi sistemi non strutturali (vedi Raccomandazione 3) può essere considerato un programma passivo, dal momento che verrebbe attivato solo quando venissero installati nuovi sistemi non strutturali.

2.2.3 Programmi attivi in California

La deliberazione 1953 del Senato della California (SB1953) è un programma attivo di adeguamento sismico ed è stato convertito in Legge nel 1994. Esso è inserito nella Sezione 107, Parte 7 delle Norme per la sicurezza ospedaliera come articoli 8 e 9 ed è riportato in Appendice A. L'Appendice B riassume lo scopo ed i requisiti della deliberazione del Senato della California 1953. Tutti gli ospe-

dali esistenti in California devono essere adeguati ai requisiti di quelli nuovi entro il 2030, ovvero devono essere dismessi come ospedali per acuti. Tutti gli ospedali devono raggiungere requisiti di assenza di collasso sotto sisma entro il 2008. Dal momento che il programma investe tutte le strutture ospedaliere per acuti non si è fatto ricorso ad una procedura per la redazione di una graduatoria. Tutti gli edifici saranno sottoposti ad una attenta valutazione dei componenti strutturali e non strutturali per stimare la loro vulnerabilità sismica.

L'adeguamento degli edifici in muratura non armata in California è un esempio di programma attivo, che oggi è praticamente completato. In ogni giurisdizione locale sono stati individuati ed adeguati gli edifici in muratura non armata. In alcuni casi il livello di adeguamento dipende dall'utilizzo dell'edificio e dalla presenza di caratteristiche di vulnerabilità come i piani soffici. Nel complesso il programma ha ridotto in maniera significativa il rischio sismico in California. Su un limitato numero di edifici interessati da questo programma si è successivamente constatato uno scarso livello della qualità della progettazione o degli interventi. Alcuni edifici hanno sofferto danni a seguito del terremoto di Northridge del 1994. Una procedura efficace di revisione del progetto e della realizzazione, come suggerito nella Raccomandazione 1, dovrebbe minimizzare la possibilità del verificarsi di adeguamenti progettati o realizzati con scarsa attenzione.

Un altro esempio di programma passivo è rappresentato dall'adeguamento sismico dei ponti della California. I circa 24000 ponti della California sono stati vagliati attraverso una procedura che ha portato alla stesura di una graduatoria; le risorse impiegate per l'adeguamento ammontano a circa 4 miliardi di dollari. Parallelamente alle attività di valutazione della sicurezza e di adeguamento, un programma di ricerca di ingegneria strutturale portato avanti dal Caltrans (Dipartimento dei Trasporti della California) ha dimostrato l'efficacia delle tecniche di rinforzo. Il rischio sismico dei ponti della California, che in terremoti passati si erano rivelati vulnerabili, è stato ridotto grazie a questo programma. Il Caltrans ha coordinato una attività completa di con-

trollo dei progetti e degli interventi, attività che ha portato ad una diffusa qualità delle opere. Se i lavori di adeguamento fossero stati indirizzati da procedure più accurate di stesura delle graduatorie e di individuazione dei requisiti, forse a parità di costo si sarebbe ottenuta un incremento più consistente di sicurezza (Maffei, 1995).

2.2.4 Confronto costo/benefici

Le diverse alternative per la riduzione del rischio sismico degli ospedali in Italia potrebbero essere valutate considerando i benefici a fronte dei costi. Esistono diverse limitazioni a queste analisi costi/benefici, molte delle quali connesse alla difficoltà di quantificare i benefici. Per i programmi di adeguamento sismico più rilevanti in California non è stata usata una analisi costi/benefici esplicita e dettagliata. Alcuni benefici tipici da considerare in un programma di riduzione del rischio sismico in Italia dovrebbero essere:

- riduzione di perdite di vite umane e del numero di feriti tra gli occupanti l'ospedale;
- riduzione di perdite di vite umane e del numero di feriti causati dalla riduzione di capacità dell'ospedale nel rispondere all'emergenza;
- miglioramento della risposta dell'ospedale ad una emergenza sismica;
- riduzione dei costi relativi alla perdita di funzionalità dell'ospedale;
- riduzione dei costi relativi alla riparazione dei danni sismici o alla ricostruzione.

Alcuni costi tipici da considerare in un programma di riduzione del rischio sismico dovrebbero essere:

- analisi sotto il profilo sismico e progetto dell'adeguamento degli ospedali esistenti, innalzamento del livello di progettazione strutturale e non strutturale dei nuovi ospedali;
- realizzazione dell'adeguamento sismico;

- costruzione di volumi aggiuntivi per nuovi ospedali, necessari al miglioramento della sicurezza sismica;
- incremento della costruzione di nuovi ospedali per sostituire strutture esistenti più vulnerabili al sisma;
- revisione della qualità della progettazione e della costruzione;
- schedatura, elaborazione della graduatoria ed oneri amministrativi per l'attuazione del programma.

Le strategie sulla sicurezza sismica degli ospedali possono essere influenzate da altri vincoli, oltre i costi. In particolare possono essere di importanza critica temi come la fattibilità politica del programma e l'individuazione dei soggetti finanziatori e dei relativi costi.

2.2.5 Definizioni sul campo di applicazione delle Raccomandazioni e la funzionalità

Le raccomandazioni riportate nel presente rapporto si intendono applicabili agli ospedali per acuti. E' necessario essere precisi su quali ospedali si intende coinvolgere. La definizione di "edificio ospedaliero" è contenuta nella Sezione 107, Parte 7 delle norme per la sicurezza ospedaliera della California, riportata nell'Appendice A del rapporto, e nella Sezione 1250 delle stesse norme. Nonostante la definizione, si sono verificati alcuni casi di ambiguità in merito al quesito se una struttura sia interessata alla deliberazione 1953 del Senato della California.

La funzionalità consiste in:

- danni ridotti agli elementi strutturali e non strutturali, in modo che l'ospedale riceva un giudizio di "agibile" nelle ispezioni post-sisma (si veda il rapporto ATC-20);
- nessuna perdita di funzioni e di sistemi critici: gli otto servizi di base in California, cioè che devono funzionare 24 ore al giorno, sono i seguenti:

| | |
|-----------|-------------|
| Medicina | Laboratorio |
| Chirurgia | Radiologia |
| Pediatria | Farmacia |
| Anestesia | Dietetica |

2.3 Raccomandazione 3: Ancoraggi e controventamenti per le nuove installazioni di sistemi non strutturali

Un miglioramento della risposta sismica attesa da parte degli ospedali in Italia potrebbe essere ottenuto a costi relativamente bassi mediante l'applicazione di requisiti sismici per le nuove installazioni di elementi non strutturali. Si raccomanda di elaborare linee guida e criteri per la protezione sismica di questi elementi e altresì che questi requisiti vengano applicati prima possibile. Una buona opportunità è fornita dal programma attualmente in corso di adeguamento (non sismico) della maggior parte degli impianti elettrici, meccanici ed altri sistemi negli ospedali italiani².

2.3.1 La situazione attuale in Italia

Attualmente per i sistemi non strutturali non sono previste esplicite prescrizioni in termini di forze o accelerazioni sismiche da sopportare. Recentemente è stata elaborata una proposta per una nuova norma sismica nazionale, in cui sono contenute prescrizioni di questo tipo, ma tale proposta non è stata ancora ufficializzata con apposito provvedimento di emanazione. Alcune norme sismiche locali specificano dei valori di forza da utilizzare per il progetto degli elementi non strutturali. La versione del 1998 dell'Eurocodice (EC8) prescrive forze sismiche per i componenti non strutturali degli edifici, ma tale norma europea non è stata ancora recepita in Italia.

Il tema del miglioramento degli impianti è al momento molto importante in Italia, in relazione alla legge sulla sicurezza del lavoro. Essa ha portato a spendere ingenti risorse per l'impiantistica. Per esempio nell'ospedale di Foligno a seguito del sisma in Umbria e Marche del 1997 (risentito con una intensità Mercalli MCS superiore a VI), l'adeguamento degli impianti è costato una cifra

²N.d.T. Piano per l'edilizia sanitaria ex art. 20 L.67/88, che ha stanziato 30 miliardi di lire

simile a quella richiesta dagli interventi strutturali. L'aggiornamento degli impianti negli ospedali fornisce una buona opportunità per applicare delle prescrizioni per il controventamento sismico e quindi migliorare il comportamento atteso ai fini della funzionalità.

2.3.2 Criteri di progetto e linee guida per l'ancoraggio ed il controventamento

Esiste un certo numero di fonti da usare per sviluppare linee guida e criteri per gli elementi non strutturali degli ospedali italiani. Le prescrizioni dell'Eurocodice rappresentano un buon punto di partenza. Si possono utilizzare anche le prescrizioni di dettaglio per vari sistemi non strutturali emanate dall'OSHPD (Appendice C). Sarebbe utile un testo di riferimento o delle linee guida per spiegare come soddisfare i criteri appena richiamati.

Un testo di riferimento si potrebbe ottenere dall'adattamento del "Manuale per la protezione sismica dei componenti non strutturali" preparato da Rutherford & Chekene per gli Uffici degli Stati Uniti all'estero (FBO). In Appendice D si riportano alcuni estratti da questo documento. Il "Manuale" è stato scritto per essere adoperato nei progetti del FBO ed è basato principalmente sulle norme sismiche californiane del 1997, ma potrebbe essere adattato per altri utilizzatori e per criteri differenti. Il testo fornisce, oltre ad indicazioni sulla responsabilità per la progettazione e la realizzazione delle installazioni non strutturali, anche gli obiettivi prestazionali ed i requisiti, la loro applicazione ed i criteri progettuali. Il manuale specifica quando un componente non strutturale necessita di protezione sismica in funzione di: (1) il tipo e le caratteristiche del componente, (2) la zona sismica, (3) il livello di prestazione richiesto. Sono fornite linee guida per il progetto e l'applicazione di ancoraggi e controventi sismici per le 15 categorie di componenti non strutturali elencate in Tab. 3. Per gli ospedali si potrebbero aggiungere un certo numero di categorie, includendo le funzioni delle apparecchiature.

Negli ospedali esistenti in California di solito i condotti per la distribuzione dell'aria non sono grandi al punto da richiederne il controventa-

| | |
|-----|---|
| 1. | Componenti fissi al pavimento |
| 2. | Componenti fissi al soffitto o appesi alle pareti |
| 3. | Componenti fissi su pavimenti galleggianti |
| 4. | Componenti con sistemi di isolamento dalle vibrazioni |
| 5. | Componenti sospesi con sistemi di isolamento dalle vibrazioni |
| 6. | Tubature |
| 7. | Sistemi di distribuzione dell'aria |
| 8. | Sistemi di distribuzione dell'energia elettrica |
| 9. | Rivestimenti |
| 10. | Partizioni |
| 11. | Controsoffitti |
| 12. | Apparecchiature per l'illuminazione |
| 13. | Scaffalature |
| 14. | Ascensori e montacarichi |
| 15. | Pavimenti galleggianti |

Tabella 3: Categorie dei componenti non strutturali

mento. Condotti di distribuzione dell'aria sono meno diffusi negli ospedali italiani più antichi. I condotti contenenti materiali potenzialmente nocivi devono essere trattati come componenti non strutturali critici.

Come altra fonte per elaborare criteri di progettazione si possono citare il testo dal titolo "Guida pratica per il controventamento sismico" (Tauby et al. 1978) e l'ATC-29 "Atti del Convegno sulla progettazione sismica e le prestazioni delle apparecchiature ed i componenti non strutturali negli edifici e nelle strutture industriali" (ATC, 1992). L'ATC-48 "Costruzioni sismo-resistenti" (ATC-SEAOC, 1999) contiene materiale didattico per la progettazione sismica e l'adeguamento dei componenti non strutturali. Il materiale comprende dispense, estratti di lezioni e supporti didattici elaborati per l'addestramento di architetti, ingegneri, controllori dei progetti ed ispettori.

2.3.3 Applicazione

Si raccomanda di estendere l'applicazione dei criteri per il controventamento dei componenti non strutturali a tutte le nuove installazioni. Ciò riguarda le apparecchiature ed i sistemi sostituiti nelle strutture esistenti e tutte le apparecchiature ed i sistemi nelle strutture di nuova realizzazione.

Coerentemente con la Raccomandazione 1 si sottolinea l'importanza per questo programma

del controllo del progetto e della realizzazione. Al di fuori del territorio della California, l'esperienza statunitense è stata quella di specificare i requisiti degli ancoraggi e dei controventamenti in fase di progetto e lasciare la responsabilità del progetto esecutivo e dell'applicazione all'installatore. Questa prassi non si è dimostrata valida nell'assicurare l'efficacia degli interventi. Si raccomanda di coinvolgere ingegneri strutturali nel progetto non strutturale allo stesso modo in cui sono coinvolti nel progetto di una struttura nuova. Essi dovrebbero progettare gli ancoraggi ed i controventamenti sismici e ispezionarli a lavoro finito.

In Italia i criteri di progetto dovrebbero prevedere ancoraggi e controventamenti nelle zone di alta e media sismicità. Nelle zone sismiche di bassa sismicità i requisiti per gli ancoraggi dovrebbero essere applicati esclusivamente alle apparecchiature critiche ed ai componenti la cui caduta può provocare un rischio significativo, come il rischio biologico. E' necessaria la definizione dei tipi di apparecchiature critiche. Anche in California quest'ultima problematica non è stata ancora completamente risolta, sebbene se ne parli dal 1989. Un esempio di struttura ospedaliera contenente materiale biologico potenzialmente pericoloso è costituito dall'Ospedale "Spallanzani" di Roma, che è autorizzato allo studio del virus Ebola. Se questo tipo di laboratorio fosse situato in una zona sismica potrebbe costituire un pericolo significativo per il territorio circostante.

2.4 Raccomandazione 4: Limitazione dell'uso di muratura non armata

Nelle nuove costruzioni si raccomanda una più forte limitazione, (rispetto a quella corrente, N.d.T.), all'uso di muratura non armata. Tale restrizione sarebbe uno dei sistemi più efficaci per ridurre il rischio sismico e l'attesa perdita di operatività negli ospedali italiani. Mentre questo rapporto fornisce altre raccomandazioni sul miglioramento dei requisiti per la progettazione sismica come obiettivi a medio o lungo termine, la restrizione dell'uso della muratura non armata dovrebbe essere perseguito al più presto.

La muratura non armata in generale subisce

danneggiamenti quando viene deformata al di fuori del campo elastico. Il danneggiamento può comportare:

- pericolo di caduta di porzioni di muratura,
- perdita di agibilità dell'edificio,
- degrado della resistenza ed incremento degli spostamenti dovuti al sisma in tutta la struttura.

I pannelli di tamponatura e le partizioni spesso non vengono considerati come facenti parte del sistema strutturale dell'edificio, mentre in effetti essi possono produrre un effetto significativo ai fini della risposta sotto sisma. Se i pannelli di tamponatura vengono rimossi o modificati durante gli interventi di ristrutturazione si possono verificare comportamenti sismici indesiderati come i meccanismi di piano (con la terminologia delle norme sismiche californiane piano debole o piano soffic). Questi effetti di solito non vengono affrontati quando le pareti sono considerate non strutturali, mentre non bisognerebbe ignorare i possibili effetti della presenza delle tamponature nel corso dell'analisi strutturale. (Si veda la Raccomandazione 8 e le Istruzioni per l'applicazione delle norme sismiche italiane, Documento 7 della Bibliografia di base).

Mentre può risultare costosa la soluzione di questo problema per le costruzioni in muratura non armata esistenti, il costo conseguente ad evitare l'uso di murature non armate di nuova costruzione dovrebbe essere basso se confrontato con i benefici nella sicurezza sismica.

2.4.1 La prassi in Italia e negli U.S.A.

Nella prassi vigente negli U.S.A. è contemplato l'uso di muratura non armata solo nelle zone sismiche 0 e 1 delle norme californiane. La muratura debolmente armata (p. es. rinforzata solo al perimetro e con ricorsi orizzontali di armature ogni 1.2 m) è consentita nelle zone 2A e 2B. Nelle zone 3 e 4 è necessario usare la muratura armata. Tali requisiti dettati dalle norme tecniche si applicano indifferentemente a muri portanti, pannelli di tamponatura e partizioni. Le "Raccomandazioni per le norme sismiche per i nuovi edifici ed

altre strutture" (BSSC, 1997) del NEHRP e le norme tecniche federali (ICC, 2000) contengono prescrizioni simili.

L'uso di muratura non armata è comune nelle costruzioni italiane ed è consentito in tutte le zone sismiche. Sono prescritte limitazioni per l'altezza dell'edificio se esso è in muratura portante non armata. Per le partizioni interne e le tamponature esterne è molto comune l'uso di murature in laterizi forati leggeri. Per il passaggio delle tubazioni e degli altri impianti vengono realizzate delle tracce nei laterizi, spesso in parecchie zone dello stesso pannello.

2.4.2 Applicazione

Negli edifici ospedalieri italiani si possono considerare tre categorie di muratura non armata: pareti portanti, tamponature esterne e partizioni interne. Si riportano di seguito alcune raccomandazioni su questi tipi di murature.

- Nelle zone ad alta sismicità è opportuno proibire la costruzione di qualunque tipo di nuova muratura non armata. Al loro posto si dovrebbe incoraggiare, per le partizioni interne, l'utilizzo di pannelli su telai metallici leggeri (come il cartongesso).
- Nelle zone a media sismicità bisognerebbe proibire l'uso di partizioni interne in muratura non armata e consentire muri portanti e tamponature esterne non armate in edifici di uno o due piani, a patto che essi vengano considerati nell'analisi strutturale e progettati per subire danni trascurabili - cioè affinché rimangano essenzialmente in campo elastico per il terremoto di riferimento per la verifica di funzionalità (si veda la Raccomandazione 9).
- Dovrebbero essere esaminati differenti materiali per le partizioni o diversi dettagli per la realizzazione di tamponature in laterizio forato (per esempio accorgimenti per accompagnare senza danni gli spostamenti sismici) come alternativa alle murature in laterizio forato di uso corrente.

Oltre a migliorare la sicurezza sismica, le partizioni intelaiate alternative ai laterizi forati possono consentire una grande libertà nelle ristrutturazioni. Una alternativa all'applicazione della presente raccomandazione potrebbe essere di considerare questi elementi come gli altri componenti non strutturali, in modo da ricadere nei casi contemplati nella Raccomandazione 3.

2.5 Raccomandazione 5: Miglioramento della raccolta di dati di interesse per il rischio sismico

Le Regioni italiane sono state recentemente chiamate ad aggiornare la schedatura delle strutture ospedaliere che insistono sul loro territorio. Questa circostanza fornisce una buona opportunità per raccogliere dati relativi alla vulnerabilità sismica, alla rilevanza funzionale ed alla risposta in emergenza. Una raccolta dei dati di interesse sismico può servire ad un buon numero di scopi. Essa può contribuire a:

- definire le dimensioni del problema - p. es. quante strutture vulnerabili sono presenti in ogni zona sismica, in ogni Regione ed in ogni Comune;
- fornire informazioni per la stima del danneggiamento a scala regionale e per la stima delle perdite;
- costituire una base per impostare una graduatoria per attività di riduzione del rischio sismico, soprattutto se si prende in considerazione un programma attivo di adeguamento sismico.

Dal momento che la schedatura più opportuna dipende dal tipo di programma di intervento prescelto, l'applicazione della presente raccomandazione dovrebbe essere analizzata insieme a quanto riportato nella Raccomandazione 2.

2.5.1 L'esperienza della California ed i programmi in Italia

Tra il 1982 ed il 1989 è stata effettuata una campagna di rilievo di dati di interesse sismico per gli ospedali della California (ATC, 1993) al costo di

circa \$500.000. Sono stati inventariati un totale di 2673 edifici e 490 ospedali di cura intensiva in modo da documentare caratteristiche come il sistema portante strutturale, la storia dell'edificio, le caratteristiche del sito, in numero di letti e le discipline, le condizioni degli elementi non strutturali, la configurazione di insieme, la tipologia costruttiva. Scopo dell'inventario è stato quello di ricavare alcune informazioni per il rischio sismico che potrebbero essere utilizzate come base per migliorare le politiche di riduzione del rischio sismico in California. In quanto ai risultati, a causa della partecipazione degli ospedali privati nelle attività di schedatura, non è stata pubblicata nessuna informazione che consentisse di individuare i casi specifici. Questa è la ragione per cui i risultati dell'indagine non potrebbero essere utilizzati per stilare una graduatoria ai fini dei lavori di adeguamento sismico. La schedatura che si richiede di effettuare in Italia alle Regioni non è focalizzata direttamente su problematiche sismiche. Essa viene condotta per: (a) ragioni amministrative, in modo da raccogliere dati su volumi, tipologie ed età, (b) pianificazione dell'emergenza, in modo da evidenziare le strutture più vulnerabili, (c) orientamento sull'impiego di fondi statali.

Nella pianificazione di qualunque programma di riduzione del rischio sismico è utile comunque un primo livello di schedatura, riguardante informazioni di base come il volume dell'edificio, i servizi erogati e le caratteristiche delle apparecchiature. Il censimento del patrimonio ospedaliero curato dal Ministero della Sanità nel 1990 fornisce questo tipo di informazioni. Un secondo livello di schedatura potrebbe comprendere dati sismici, in particolare per i sistemi non strutturali. Il Servizio Sismico Nazionale ha recentemente promosso l'elaborazione di una scheda e la sta sperimentando in Calabria, una zona ad alta sismicità (STIN, 2000).

2.5.2 Applicazione

Un limite all'applicazione in Italia della raccomandazione potrebbe essere il costo della creazione di una schedatura a fini sismici. Dovrebbero essere chiari gli obiettivi e persuasive le necessità della raccolta dei dati. La schedatura dovrebbe

be essere omogenea in tutta Italia, obiettivo che può essere difficile da raggiungere se in diverse Regioni vengono individuati diversi responsabili dell'attività.

Se si sceglie un programma attivo di adeguamento sismico una schedatura accurata, completa ed omogenea è essenziale. Questo sarebbe un progetto di medio-lungo termine contemplato nella Raccomandazione 10. La schedatura non è di importanza critica se si scelgono programmi passivi di riduzione del rischio sismico. In ogni caso è opportuno che in Italia si tragga vantaggio dalle attività di schedatura in corso, per migliorare il più possibile la banca dati sismica.

2.6 Raccomandazione 6: Pianificazione della risposta in emergenza e delle ispezioni post-sisma

Si raccomanda che in Italia si mettano a punto piani per garantire servizi medici anche dopo un terremoto. I piani dovrebbero riguardare sia i singoli ospedali che aree più vaste in base a criteri di mutuo aiuto fra ospedali vicini. Date le intensità macrosismiche sperimentate dalle varie località, i piani dovrebbero tener conto della prestazione sismica più probabile per gli edifici ed i vari sistemi. Al momento esiste un piano di emergenza per Reggio Calabria e la Sicilia orientale. Anche in altre Regioni occorrerebbe mettere a punto piani di emergenza, a cominciare dagli edifici più vulnerabili e dalle zone a sismicità più elevata. Una risorsa per questo sforzo può essere reperita nei documenti disponibili in Italia sulla pianificazione dell'emergenza ospedaliera (Ministero della Sanità, 1996, Dipartimento della Protezione Civile, 1998)³.

Lo scopo principale di un piano di emergenza è la capacità di fornire servizi medici in emergenza. Dovrebbero concorrere a questo scopo le ispezioni post-sisma degli edifici danneggiati, con procedure simili a quelle dell'ATC-20 (ATC, 1989, 1995) e del Servizio Sismico Nazionale (1998). Occorrerebbe addestrare personale in loco per effettuare i primi sopralluoghi post-evento. Sul

³N.d.T. Recentemente sono stati pubblicati sulla G.U. n. 81 del 6/4/2001 i "Criteri di massima per l'organizzazione dei soccorsi sanitari nelle catastrofi"

posto bisognerebbe custodire dei promemoria di quello che l'ispezionatore dovrebbe esaminare per ogni edificio. Per mettere a punto questo promemoria si possono utilizzare le informazioni della schedatura sismica o le valutazioni conclusive ottenute.

Le procedure di ispezione post-sisma dovrebbero essere organizzate in modo da: (1) tener conto delle peculiarità costruttive degli edifici in Italia e della loro risposta sismica, (2) aiutare a soppesare il rischio di mantenere gli occupanti all'interno dell'ospedale ed il rischio di farlo evacuare dai pazienti in cura. L'esperienza californiana a partire dal terremoto di Loma Prieta del 1989 e di Northridge del 1994 è che a volte le evacuazioni degli ospedali non sono necessarie. Lo stesso vale per gli eventi recenti verificatisi in Italia.

Nella pianificazione della risposta in emergenza e delle ispezioni post-sisma bisognerebbe riconoscere tre periodi di tempo:

- le prime 24-48 ore;
- le successive da una a tre settimane;
- l'eventuale riparazione o miglioramento delle funzioni, dei sistemi o della struttura dell'edificio.

La necessità e le attività da intraprendere saranno differenti a seconda del periodo di tempo considerato.

3. Raccomandazioni a lungo termine

3.1 Raccomandazione 7: Programma attivo di adeguamento dei vincoli degli impianti

In aggiunta al programma passivo di ancoraggio e controventamento dei componenti non strutturali fornito nella Raccomandazione 3 di breve periodo, un programma attivo potrebbe essere limitato all'identificazione dei sistemi non strutturali critici esistenti. Gli interventi di adeguamento più efficaci da condurre con risorse limitate dovrebbero seguire delle priorità in base a: (a) i sistemi più importanti, (b) i sistemi più vulnerabili, (c) le zone a sismicità più elevata, (d) il costo dell'adeguamento.

Probabilmente dovrebbero essere inseriti sistemi come i generatori di emergenza, i serbatoi per l'ossigeno, gli ascensori/montalettighe (almeno uno per edificio), l'impianto del telefono e della radio. Bisognerebbe controllare ed eventualmente migliorare l'accessibilità in condizioni di emergenza. Le prescrizioni da utilizzare per i controventamenti e gli ancoraggi dovrebbero essere le stesse valide per gli ospedali di nuova costruzione. In alcuni casi potrebbe essere economicamente più conveniente la duplicazione di qualche apparecchiatura che l'adeguamento della sola esistente. Le riserve immagazzinate dovrebbero essere sufficienti per garantire l'operatività post-sisma per almeno 48 ore. Tra queste riserve si citano il carburante per far funzionare i generatori di emergenza e le riserve di calore, acqua, cibo, deposito di rifiuti, sangue e medicinali. Entro l'anno 2030 si conseguirà in California una autonomia standard di 72 ore. In zone dove le comunicazioni sono difficili, come nelle zone appenniniche italiane, sarebbe opportuno prevedere un intervallo di autonomia più lungo.

3.2 Raccomandazione 8: Aggiornamento delle norme sismiche per i nuovi edifici

Sarebbero possibili diversi miglioramenti alle prescrizioni delle norme tecniche ad oggi vigenti per

i nuovi edifici in Italia. Alcuni di questi miglioramenti si potrebbero conseguire adottando nuove normative già in discussione, come gli Eurocodici. Si raccomandano ulteriori miglioramenti, specifici per gli ospedali. Come già detto nella Raccomandazione 4, si dovrebbe restringere, nel limite del praticabile, l'utilizzo di muratura non armata. Si riportano di seguito altre raccomandazioni.

- Restringere i tipi di sistemi sismoresistenti da utilizzare negli ospedali. Proibire sistemi strutturali non opportuni come quelli soggetti a meccanismi di piano. Si potrebbero sviluppare delle prescrizioni per richiedere una analisi per la risposta sismica includendo i meccanismi di piano e/o definire le irregolarità strutturali non opportune.
- Migliorare le prescrizioni per i particolari atti ad assicurare duttilità alle strutture in calcestruzzo armato e la realizzazione pratica di questi dettagli costruttivi.
- Richiedere analisi di pericolosità di sito e di amplificazione locale, tenendo conto della possibilità di liquefazione, spandimento laterale, rottura di piani di faglia, frane.
- Prevedere requisiti minimi per le zone non sismiche. Le "Raccomandazioni per le norme sismiche per le nuove costruzioni e altre strutture" (BSSC, 1997) del NEHRP prevedono che anche nelle zone non sismiche: (1) bisogna applicare una forza sismica di piccola entità alla struttura, (2) bisogna verificare la capacità di tutti gli elementi strutturali e delle connessioni tra elementi di sopportare questa forza. L'effettivo soddisfacimento di questa prescrizione ed i suoi effetti non sono stati al momento ben controllati.
- Applicare i nuovi dati sulla sismicità per ridefinire le zone ad alta, media e bassa pericolosità sismica. (Per la valutazione degli edifici esistenti ed il progetto dei nuovi si potrebbero usare le nuove zone sismiche).
- Studiare la prassi progettuale per i sistemi intelaiati con pannelli di tamponatura, in modo che gli strutturisti ne tengano conto nelle analisi.

In aggiunta alle prescrizioni specifiche sopra richiamate, si raccomandano delle restrizioni alle possibili configurazioni degli edifici e idonee strategie di pianificazione territoriale.

Come inquadramento di base per il miglioramento della sicurezza sismica degli ospedali per acuti, la configurazione dell'edificio deve sponarsi alle considerazioni sulle dimensioni, l'altezza, le proporzioni relative, la forma, la simmetria, i rapporti tra i volumi, la destinazione d'uso, gli elementi di circolazione interna e le tamponature esterne, considerazioni tutte derivanti dalla sintesi del processo di progettazione strutturale ed architettonica. In generale le conseguenze di eccessi nelle dimensioni, nella forma e nella complessità globale delle masse in gioco giocano un ruolo significativo nella capacità dell'edificio di accompagnare gli spostamenti conseguenti al sisma e supportare le forze orizzontali che ne conseguono.

La pianificazione territoriale coinvolge misure di riduzione del rischio sismico che sono orientate verso sviluppi futuri, sebbene è evidente che alcune di esse possano essere applicate al riutilizzo del territorio e/o a problemi di ristrutturazione urbanistica a scala più grande. Gli obiettivi di questi processi di pianificazione sono le basi sulle quali gli obiettivi politici e di progetto prendono forma; essi sono tesi all'applicazione di misure sismologiche, geotecniche, strutturali e non strutturali legate allo specifico sito. La pianificazione territoriale include la regolamentazione e lo sviluppo di politiche che proibiscano alcuni o tutti i tipi di insediamento in aree a rischio specifico. Queste misure sono le più efficaci nell'affrontare i rischi connessi con dissesti del terreno indotti dai terremoti, come sono quelli causati da fagliazione superficiale, frane, liquefazione ed altri esempi legati a condizioni sfavorevoli del terreno di fondazione.

3.3 Raccomandazione 9: Collegamento delle norme sismiche ad obiettivi prestazionali

Si raccomanda che l'analisi sismica e le prescrizioni progettuali in Italia siano collegate ad obiettivi prestazionali. Per gli ospedali, le linee guida per

le strutture isolate alla base prescrivono i seguenti obiettivi:

- funzionalità per uno scuotimento avente probabilità di eccedenza del 15% in 50 anni (corrispondente ad un periodo di ritorno di 308 anni);
- assenza di collasso per uno scuotimento avente probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni (corrispondente ad un periodo di ritorno di 975 anni)

Per gli ospedali esistenti potrebbero essere appropriati degli obiettivi prestazionali meno ambiziosi, mentre per il progetto di tutti i nuovi ospedali si potrebbero conseguire obiettivi anche più elevati.

Negli Stati Uniti si utilizzano correntemente per gli edifici esistenti delle linee guida di progetto basate su criteri prestazionali, principalmente le FEMA 273 "Linee guida per il ripristino sismico degli edifici". (Le FEMA 273 sono attualmente in corso di aggiornamento come FEMA 356 [ASCE]). Le FEMA 273 raccomandano un obiettivo di sicurezza di base (BSO) ogni volta che gli edifici ripristinati sono progettati per conseguire: (1) la protezione delle vite umane (LS) per scuotimenti con il 10% di probabilità di eccedenza in 50 anni, (2) la mancanza di collasso (CP) per scuotimenti con il 2% di probabilità di eccedenza in 50 anni (corrispondente al massimo terremoto considerato, MCE). Per le strutture strategiche le FEMA 273 forniscono un approccio basato su diverse scelte prestazionali, approccio che consente al progettista di raggiungere livelli più elevati rispetto a quelli forniti dal BSO.

Le norme tecniche per le nuove costruzioni negli Stati Uniti non sono basate esplicitamente su obiettivi prestazionali. Nelle norme californiane (ICBO, 1997) o nelle norme federali (ICC, 2000), che prescrivono un terremoto MCE moltiplicato per un fattore 2/3, il miglioramento delle prestazioni degli ospedali o delle strutture strategiche sembra essere conseguito con un fattore di protezione sismica pari a 1.5. A seconda del tipo di comportamento dei componenti strutturali (p. es. a taglio o a flessione) questo approccio può non essere sufficiente a garantire la presta-

zione di agibilità immediata (IO). Senza richiedere analisi più complicate, si potrebbe utilizzare un approccio prestazionale per i nuovi ospedali (Maffei, 2000), ma esso non corrisponde all'usuale concezione di progetto orientato alle prestazioni e le procedure semplificate derivate dall'approccio prestazionale non sono ancora state messe a punto in dettaglio.

3.4 Raccomandazione 10: Ricognizione sistematica degli ospedali esistenti

Nel caso in cui si impianti un programma attivo di adeguamento sismico è essenziale procedere ad un accurato, completo ed omogeneo inventario di dati sismici per gli ospedali. Ciò richiederebbe una raccolta di dati, una valutazione sismica ed un processo di scrematura che si estende al di là della schedatura di base suggerita nella Raccomandazione 5.

Si raccomandano 4 livelli di approfondimento. Ad ogni livello si identificano quegli edifici per cui l'approfondimento è ritenuto accettabile e non necessitano di ulteriori valutazioni. I 4 livelli sono i seguenti.

- Edificio giudicato a norma. Si tratta di edifici di buona qualità progettati per le forze sismiche secondo normative recenti. In base alla data di costruzione si sa che possono assicurare delle buone prestazioni sismiche. Un esempio di edifici di questo tipo è il nuovo reparto chirurgia dell'ospedale "Bufalini" di Cesena.
- Controllo semplificato con pochi calcoli. E' una procedura di analisi che segue la linea della lista di controllo contenuta nella procedura "Tier 1" del FEMA 310 (ASCE, 1998), procedura che dovrebbe comportare da circa 4 a 16 ore di lavoro per edificio (si veda l'Appendice E per informazioni aggiuntive sul FEMA 310).
- Calcoli ulteriori. E' una procedura di analisi che segue la linea contenuta nella procedura "Tier 2" del FEMA 310 (ASCE, 1998). Dovrebbero occorrere da due settimane a due mesi per edificio per completarla.

- Analisi dettagliate. Si può effettuare seguendo le procedure del FEMA 273 (ATC, 1997) e dovrebbe comportare un lavoro di due mesi o più per edificio.

Una avvertenza nell'applicazione di questa procedura seguendo i documenti elencati è che i risultati delle valutazioni sismiche condotte con il FEMA 273 non sono a volte congruenti con le conclusioni che si possono trarre con la procedura contenuta nel FEMA 310. Alcuni membri statunitensi del Comitato di Redazione del presente rapporto credono che sarebbe meglio sviluppare una nuova procedura applicabile direttamente agli edifici italiani piuttosto che applicare le FEMA 310.

Se si sceglie la strada di un "adeguamento limitato" potrebbero essere utili le procedure del FEMA 310. In tal caso bisognerebbe studiare delle modifiche alla lista del FEMA 310, modifiche che riflettano il giudizio su quali carenze meritino o non meritino di essere eliminate in relazione agli obiettivi limitati del programma di adeguamento.

In mancanza di fondi per impiantare un programma esaustivo e cogente di adeguamento sismico degli ospedali esistenti, potrebbe non essere giustificata la spesa necessaria per applicare la procedura di cui sopra. Anche senza arrivare all'adeguamento degli edifici giudicati vulnerabili, la procedura può comunque essere utile nella pianificazione della risposta in condizioni di emergenza.

A Sezione 107, Parte 7 della Legge della California sulla sicurezza ospedaliera

L'Appendice riproduce la legge sulla sicurezza sismica degli ospedali del 1983 (Sezione 107, Parte 7 della Legge della California sulla sicurezza ospedaliera, che porta il nome di Alfred E. Alquist). I punti salienti che riguardano l'Ufficio dello Stato della California per la Programmazione e lo sviluppo della Sanità (OSHPD) sono i seguenti.

- L'OSHPD "proporrà propri standard per la resistenza al sisma degli edifici, basati sulle conoscenze attuali e provvederà ad un controllo indipendente del progetto e della costruzione degli ospedali".
- Le giurisdizioni locali sono esonerate dal controllo dell'applicazione delle norme tecniche per gli edifici, che è invece di competenza dell'OSHPD. Se le giurisdizioni locali prevedono requisiti più stringenti di quelli dell'OSHPD (caso raro) l'OSHPD è responsabile dell'applicazione dei primi. (Le giurisdizioni locali sono sollevate dal controllo dell'applicazione delle norme tecniche per gli ospedali).
- Viene fornita la definizione di "edificio ospedaliero".
- Prima di adottare qualunque progetto per un ospedale, devono essere sottoposti all'OSHPD le specifiche, i calcoli strutturali e le parcelle. Prima di iniziare la costruzione bisogna ottenere dall'OSHPD una approvazione scritta per la sicurezza del progetto e della costruzione.
- L'Amministrazione dell'ospedale paga una parcella per coprire le spese di organizzazione del controllo. La parcella non supera il 2% dell'importo dei lavori.
- L'uso della parcella è sottoposto al controllo del Dipartimento delle Finanze della California.
- Oltre a controllare l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni, l'OSHPD adot-

ta e controlla l'applicazione di standard per l'ancoraggio degli impianti.

- Un Comitato per la sicurezza degli ospedali, composto da 16 membri, svolge compiti di supervisione e consultivi nello sviluppo delle specifiche tecniche. Il Comitato è utilizzato anche come corte di appello. Il direttore dell'OSHPD nomina i membri del Comitato su designazione congiunta di organizzazioni di progettisti, imprese ed industrie.
- L'OSHPD ha l'autorità per ispezionare gli edifici e le relative pertinenze, per ordinare una interruzione dei lavori o per evacuare un edificio, se necessario, al fine di imporre l'applicazione delle misure necessarie alla messa in sicurezza dello stesso.

B Sintesi della deliberazione 1953 del Senato della California

L'Appendice riassume lo scopo ed i requisiti della deliberazione del Senato della California 1953:

- tutti gli ospedali esistenti in California devono essere adeguati ai requisiti di quelli nuovi entro il 2030, ovvero devono essere dismessi come servizi di terapia intensiva;
- tutti gli ospedali devono raggiungere requisiti di assenza di collasso sotto sisma entro il 2008.

Tutti gli edifici saranno sottoposti ad una attenta valutazione dei componenti strutturali e non strutturali per stimare la loro vulnerabilità sismica.

C Casi esemplari selezionati dai Requisiti OSHPD per i sistemi impiantistici

Per sviluppare linee guida non strutturali e criteri per gli ospedali in Italia si possono utilizzare anche le prescrizioni di dettaglio per vari sistemi non strutturali emanate dall'OSHPD, contenute in questa Appendice.

D Uffici degli Stati Uniti all'estero, Requisiti per la protezione sismica dei componenti non strutturali

Nell'Appendice si riportano alcuni estratti dal "Manuale per la protezione sismica dei componenti non strutturali" preparato da Rutherford & Chekene per gli Uffici degli Stati Uniti all'estero (FBO). Il "Manuale" è stato scritto per essere adoperato nei progetti dell'FBO ed è basato principalmente sulle norme sismiche californiane del 1997. Il testo fornisce, oltre ad indicazioni sulla responsabilità per la progettazione e la realizzazione delle installazioni non strutturali, anche gli obiettivi prestazionali ed i requisiti, la loro applicazione ed i criteri progettuali. Il manuale specifica quando un componente non strutturale necessita di protezione sismica in funzione di: (1) il tipo e le caratteristiche del componente, (2) la zona sismica, (3) il livello di prestazione richiesto. Sono fornite linee guida per il progetto e l'applicazione di ancoraggi e controventi sismici per le 15 categorie di componenti non strutturali elencate in Tab. 3.

E Selezione del rapporto FEMA 310, Manuale per la rivalutazione sismica di edifici esistenti

L'Appendice riporta un estratto di una procedura di analisi strutturale definita "Tier 1" nel FEMA 310 (ASCE, 1998). Si tratta di una analisi semplificata che comporta pochi calcoli ed il controllo della rispondenza dell'edificio ad alcuni requisiti minimi.