

**Raccomandazioni per il miglioramento della
sicurezza sismica e della funzionalità degli ospedali**

A cura del Gruppo di lavoro istituito con Decreto del Ministro della Salute del 22.12.2000:
Maria Paola Di Martino, Ministero della Salute
Bianca Maria Ballerini, Regione Toscana, designata dalla Conferenza Stato-Regioni
Antonio Canini, Regione Veneto, designato dalla Conferenza Stato-Regioni
Adriano De Sortis, Dipartimento della Protezione Civile
Giacomo Di Pasquale, Dipartimento della Protezione Civile
Marcello Mauro, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Tito Sanò, Agenzia Nazionale per la Protezione dell' Ambiente
Bruno Rusticali, Agenzia per i Servizi Sanitari Regionali
Adriana Volpini, Dipartimento della Protezione Civile
Ha collaborato l'ing. Pietro Calamea, del Ministero della Salute

L'aggiornamento delle Raccomandazioni e delle Appendici è curato dal Ministero della Salute

INDICE

Presentazione.....	5
Prefazione.....	6
Premesse.....	7
Campo di applicazione.....	7
1 LINEE GUIDA.....	8
1.1 Obiettivi.....	8
1.2 Metodologia di valutazione.....	9
2 COMMENTARIO.....	12
2.1 Premesse.....	12
2.2 Il panorama legislativo.....	14
2.2.1 Il quadro attuale.....	14
2.2.2 Esigenze specifiche per gli ospedali.....	15
2.3 Politiche di investimento in edilizia e tecnologie sanitarie.....	16
2.4 Contenuti delle Linee Guida.....	17
2.4.1 Prestazioni richieste all'ospedale in caso di sisma.....	17
2.4.1.1 Caratterizzazione degli eventi sismici di riferimento per gli ospedali esistenti.....	18
2.4.1.2 Prestazioni strutturali e non strutturali per gli ospedali esistenti.....	18
2.4.1.3 Obiettivi per gli edifici esistenti.....	19
2.4.1.4 Verifiche.....	21
2.4.2 Ospedali di nuova costruzione.....	21
2.4.3 Ospedali esistenti.....	21
2.4.3.1 Generalità.....	21
2.4.3.2 Procedure di analisi degli edifici esistenti.....	21
2.4.3.3 Edifici esistenti in c.a.....	23
2.4.3.4 Edifici esistenti in muratura.....	23
2.4.4 Raccomandazioni per la sicurezza sismica degli impianti.....	24
2.4.4.1 Generalità.....	24
2.4.4.2 Le azioni sui componenti.....	24
2.4.4.3 Categorie di componenti.....	24
2.4.4.4 Controllo degli spostamenti.....	25
2.4.5 Integrazione con il territorio e la città.....	25
2.4.6 Pianificazione ospedaliera dell'emergenza.....	26
2.4.6.1 L'ospedale nel sistema dei soccorsi sanitari.....	26
2.4.6.2 L'ospedale nelle maxiemergenze.....	27
2.4.6.3 L'ospedale di fronte al rischio sismico.....	27
E' inoltre opportuno organizzare squadre per il ripristino delle funzioni parzialmente compromesse.....	28
2.5 Riferimenti.....	28

APPENDICI

Appendice A - Riferimenti normativi	30
A.1 La norma tecnica precedente (DM 16.1.96).....	30
A.2 Le vecchie linee guida per progettazione, esecuzione e collaudo di strutture isolate dal sisma	31
A.3 La norma tecnica attuale (Ordinanza PCM 3274/2003).....	31
A.3.1 L'Allegato 1.....	32
A.3.2 Allegato 2: Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici	33
A.3.3 Norme tecniche per il progetto sismico dei ponti	34
A.3.4 Norme tecniche per il progetto sismico delle opere di fondazione e di sostegno dei terreni	34
A.4 L'Eurocodice 8.....	35
A.5 Ulteriori riferimenti nazionali	35
A.5.1 Decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626.....	35
A.5.2 DPR 30.4.1999 n. 162	36
Appendice B - Caratterizzazione del moto sismico	37
B.1 Azione sismica di riferimento ed effetti locali	37
B.2 Modifica dell'azione sismica in funzione dei requisiti dell'opera.....	39
Appendice C - Criteri di analisi di edifici esistenti	41
C.1 Introduzione	41
C.2 Criteri di analisi.....	42
C.2.1 Premessa	42
C.2.2 Livello 0.....	43
C.2.3 Livelli 1 e 2 (edifici).....	44
C.2.3.1 Livello 1	45
C.2.3.2 Livello 2	46
Appendice D Controventamento e ancoraggio degli impianti	48
D.1 Premessa	48
D.2 Raccomandazioni generali	49
D.3 Criteri di progettazione	49
D.4 Carico sismico sui componenti	51
D.4.1 Forze statiche equivalenti	51
D.4.2 Spettri di piano	52
D.5 Qualificazione dei componenti.....	52
D.6 Ancoraggi.....	53
D.7 Basamenti.....	53
D.8 Condotture e tubature sospese.....	54
D.9 Sostegni delle tubature verticali	55
D.10 Apparecchiature sospese	56
D.11 Apparecchiature montate a pavimento	57
D.12 Ascensori e montacarichi	59
D.13 Partizioni e tamponature	60
D.14 Confronti tra diverse normative	61
D.14.1 Eurocodice 8 - Draft n. 1 - May 2000 cl. 4.4.5 (ex 4.3.5) e Ordinanza 3274/2003	61
D.14.2 Precedenti norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche (DM 16.1.96).....	62
D.14.3 Norme BOCA National Building Code 1996 (Building Officials Code Administration....	64
D.14.4 Norme UBC 1997 (Uniform Building Code)	64
D.14.5 Norme NEHRP 1997 (National Earthquake Hazards Reduction Program e IBC 2000 (International Building Code)	65
D.14.6 Confronti tra le diverse normative	65
Appendice E Piani di emergenza	66
E.1 La pianificazione delle risposta ospedaliera in situazioni di emergenza sismica	66
E.2 Epidemiologia degli eventi sismici	68

Presentazione

Per una comunità colpita da un evento sismico l'ospedale, macrostruttura affollata da migliaia di persone aventi capacità reattive diversissime, è sede tra le più esposte e sensibili, ma è anche organo vitale, cui vengono richieste, in condizione di stress, risposte pronte ed efficaci per contenere i danni del trauma sismico.

Se l'ospedale è in grado di assorbire la forza d'urto del sisma e di continuare a offrire conforto medico, la comunità ritrova uno dei suoi capisaldi, su cui attestare la reazione e la ripresa.

L'appropriata protezione di un nodo nevralgico come quello ospedaliero è correlata al livello delle conoscenze disponibili: la previsione delle prestazioni, strutturali e non, si differenzia in base alla magnitudine e alla frequenza degli eventi sismici attesi, le capacità di resistenza dei componenti e dei sistemi, sia edilizi che impiantistici, si discostano dalle ipotesi dei modelli quanto più questi semplificano la realtà esistente.

Il documento prodotto dal gruppo di lavoro vuole offrire un primo contributo a quanti operano nella programmazione degli interventi sul patrimonio ospedaliero, riassumendo le dimensioni fondamentali dell'analisi e offrendo alcuni riferimenti per un'ulteriore conoscenza a supporto di scelte e comportamenti.

Le raccomandazioni, per loro natura, non hanno pretesa di obbligatorietà e di esaustività: guardano ad un campo di applicazione diverso da quello regolato dal dettato di legge, e non possono coprire l'intero panorama delle metodologie d'analisi e di intervento praticabili.

Lo strumento si propone di essere flessibile, fruibile da utenti diversi per cultura ed esigenze, aperto ad approfondimenti e aggiornamenti. In esso non poteva e non doveva confluire l'intero patrimonio di conoscenze ed esperienze specialistiche accumulato presso le amministrazioni che hanno collaborato alla sua elaborazione. L'auspicio è quello di aver avviato un processo virtuoso di condivisione della conoscenza che sia di sostegno all'evoluzione delle competenze istituzionali.

Il Ministro della salute

Il Ministro delle infrastrutture e dei trasporti

Prefazione

In questi ultimi tempi si sono verificati alcuni eventi sismici che, purtroppo, hanno posto all'attenzione di tutti il problema della sicurezza sismica degli edifici pubblici.

Anche il Parlamento ha mostrato particolare sensibilità a questo problema quando ha prescritto, nel quadro degli interventi di ricostruzione a seguito del terremoto in Molise e Puglia del 31 Ottobre 2002, che gli edifici scolastici danneggiati siano adeguati sismicamente, cioè portati allo stesso grado di sicurezza degli edifici di nuova costruzione.

Tra gli edifici pubblici, gli ospedali rivestono un ruolo strategico in caso di calamità, quando sono chiamati a svolgere un'importantissima funzione di soccorso alla popolazione garantendo l'efficace continuazione delle prime operazioni di pronto intervento sanitario avviate sul campo.

Per questo motivo il Dipartimento della Protezione Civile dedica una costante attenzione agli ospedali: già in passato, d'intesa con il Ministero della Salute, ha emanato le linee-guida sulla gestione dell'ospedale in caso di maxiemergenze ed ora, cogliendo l'occasione degli investimenti in corso nel settore dell'edilizia ospedaliera, ha contribuito ad elaborare queste nuove linee-guida, che favoriscono il miglioramento della risposta in emergenza anche attraverso un'adeguata prevenzione sismica.

Il nostro auspicio è che questo nuovo strumento, flessibile e di supporto applicativo agli operatori, contribuisca al comune impegno di modernizzazione del nostro Paese.

Il Capo del Dipartimento della Protezione Civile

Premesse

L'elevata complessità che, in generale, caratterizza gli ospedali, sia dal punto di vista strutturale, sia da quello impiantistico e funzionale, li rende particolarmente vulnerabili alle azioni sismiche, mentre l'elevata esposizione dovuta all'affollamento, alla presenza di pazienti non autonomi, ai contenuti tecnologici, ne rende molto alto il rischio. Questa condizione è acuita in molti ospedali esistenti, non progettati tenendo conto delle azioni prodotte dai terremoti poiché la zona in cui sono situati è stata classificata sismica solo dopo la loro costruzione.

Per queste ragioni il Ministero della Salute ha ravvisato l'opportunità di elaborare un documento da sottoporre alle Regioni per fornire alle stesse "Raccomandazioni per il miglioramento della sicurezza sismica degli ospedali in Italia", che in particolare indirizzi la progettazione verso i provvedimenti atti a garantire la funzionalità degli ospedali nel corso di emergenze sismiche. Allo scopo è stato costituito, con Decreto del 22.12.2000, un Gruppo di lavoro con il compito di elaborare le presenti linee guida. Al Gruppo appartengono esperti del Ministero della Salute, dell'Agenzia per i servizi sanitari regionali, del Servizio Sismico Nazionale (ora Dipartimento della protezione civile), dell'Agenzia per l'Ambiente, del Dipartimento della protezione civile, nonché rappresentanti designati dal Ministero delle infrastrutture e dei trasporti e dalla Conferenza Stato-Regioni. L'iter per l'emanazione delle presenti raccomandazioni si era concluso poco prima della pubblicazione dell'Ordinanza PCM 3274 del 20.3.03 (G.U. 105 dell'8/5/03), contenente la nuova classificazione sismica del territorio nazionale e le nuove norme tecniche per gli edifici in zona sismica. Il testo delle presenti raccomandazioni è stato quindi rivisto in modo da renderlo coordinato con i contenuti della citata Ordinanza.

Le linee guida sono corredate di un Commentario. I richiami contenuti nei paragrafi seguenti si riferiscono alle varie parti del Commentario.

Le "Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici" (Ord. PCM n. 3274 del 20/3/2003), per brevità, nel seguito verranno citate come "norme sismiche per gli edifici".

Campo di applicazione

Le presenti linee guida sono pensate per sostenere la programmazione degli interventi sul patrimonio edilizio ad uso sanitario e socio-sanitario. In particolare il documento fornisce indicazioni in base alle quali il programmatore potrà decidere la graduazione degli interventi in relazione al ruolo che l'ospedale svolge nel territorio ed in relazione alle previsioni di sviluppo o trasformazione degli edifici.

L'adozione delle linee guida è raccomandata nel caso di interventi su ospedali per acuti. Le linee guida trovano applicazione prioritaria nelle zone sismiche 1, 2 e 3.

I principi contenuti nelle linee guida possono essere anche utilizzati per stabilire le priorità delle verifiche sismiche, previste all'art. 2 comma 3 dell'Ord. PDM 3274/03, per gli ospedali esistenti.

1 LINEE GUIDA

L'ospedale ha la missione di assicurare, in ogni circostanza, la più appropriata cura a ogni paziente ed è componente fondamentale del sistema di assistenza alla popolazione in caso di emergenza prodotta da eventi naturali o prodotti dall'uomo (opera strategica ai fini della protezione civile): in tali condizioni deve garantire l'erogazione delle funzioni essenziali anche se con *standards* ridotti.

1.1 Obiettivi

Gli obiettivi base per gli ospedali di nuova costruzione sono:

- Stato limite ultimo (SLU) per effetto di un sisma definito ai punti 2 e 3 delle norme sismiche per gli edifici¹: la struttura, pur subendo danni di grave entità agli elementi strutturali e non strutturali, deve mantenere una residua resistenza e rigidità nei confronti delle azioni orizzontali e l'intera capacità portante nei confronti dei carichi verticali;
- Stato limite di danno (SLD) per effetto di un sisma ottenuto da quello precedente dividendolo per 2.5²: la struttura nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali e quelli non strutturali, ivi comprese le apparecchiature rilevanti alla funzione dell'edificio, non deve subire danni gravi ed interruzioni d'uso in conseguenza di eventi sismici meno intensi di quelli nei confronti dei quali si richiede lo SLU.

La prima prestazione vuole limitare il rischio diretto causato agli occupanti dell'ospedale dal danno prodotto da un sisma assai poco probabile. La seconda vuole garantire che, in caso di eventi sismici più probabili, l'ospedale oltre a non essere fonte di rischio per gli occupanti, sia anche in grado di offrire assistenza alla popolazione. La definizione degli obiettivi di sicurezza richiede la quantificazione delle probabilità degli eventi sismici di riferimento e delle prestazioni attese. La normativa tecnica allegata all'Ord. PCM 3274/03 definisce esplicitamente la probabilità degli eventi (10% in 50 anni) solo per lo SLU e per gli edifici ordinari, quindi per ottenere i valori riportati nelle note 1 e 2 è stata effettuata una elaborazione statistica delle curve di pericolosità sismica riportate in /16/.

Gli obiettivi base per gli ospedali esistenti per i quali si intende conseguire l'adeguamento sismico sono gli stessi degli ospedali nuovi, mentre in caso di miglioramento sismico si possono scegliere obiettivi diversi ed in generale meno elevati, riducendo l'intensità del sisma di riferimento o le prestazioni attese, ovvero concentrando l'attenzione sui soli aspetti impiantistici, chiarendo quali siano le implicazioni di queste eventuali scelte.

Al fine di raggiungere gli obiettivi prefissati è necessario un forte coordinamento tra la committenza ed i tecnici che, a vario livello, partecipano all'attività progettuale. Si raccomanda di:

- a) considerare nella progettazione non solo gli aspetti strutturali, ma anche quelli relativi alla funzionalità degli impianti (§ 2.4.4).
- b) curare la localizzazione dell'ospedale per rendere massima la fruibilità dello stesso in condizioni normali e di emergenza, ottimizzando i fattori che concorrono a garantire tale obiettivo; fra essi rivestono importanza l'accessibilità e la sicurezza del sito dal punto di vista dei rischi naturali, ad esempio nei riguardi di fattori che possono incrementare il rischio idrogeologico e quello sismico (§ 2.4.5);

¹ ovvero una azione sismica con probabilità di superamento mediamente del 5% in 50 anni (periodo di ritorno di 975 anni);

² ovvero una azione sismica con probabilità di superamento mediamente del 40% in 50 anni (periodo di ritorno di 98 anni);

- c) considerare la struttura ospedaliera comunque un presidio sul territorio in caso di evento sismico (§ 2.4.6).

Gli edifici esistenti (§2.4.3), contrariamente a quelli di nuova progettazione, non sono mai perfettamente conosciuti e, in genere, non rispettano una serie di requisiti dimensionali, di regolarità, di esecuzione e di concezione che ne rendano affidabile il comportamento sotto sisma, anche oltre il limite convenzionale di progetto.

Gli schemi usualmente utilizzati per l'analisi delle nuove costruzioni, non sempre possono essere utilizzati per quelle esistenti. Per queste ultime infatti, occorre verificare anche la possibilità che si verifichino fenomeni indesiderati, esclusi a priori nelle strutture nuove grazie alla adozione di opportune scelte costruttive. Di questi aspetti si può tenere conto, sia calibrando le valutazioni in funzione del livello di conoscenza della struttura, sia riconoscendo le carenze che possono portare a collassi o fallimenti prematuri.

1.2 Metodologia di valutazione

Le indicazioni che di seguito si riportano indicano la procedura da seguire per il patrimonio edilizio esistente, una parte consistente del quale è stato costruito in zone sismiche prima della relativa classificazione. Tali indicazioni si applicano agli interventi che nel futuro saranno attivati a seguito dei programmi di investimento per l'edilizia ospedaliera.

La valutazione complessiva del mantenimento e dell'eventuale adeguamento alle norme igieniche, di sicurezza o a quelli conseguenti alla riorganizzazione funzionale di un ospedale esistente in zona classificata sismica deve avvenire considerando anche il comportamento del nosocomio in caso di sisma. Per soddisfare tale principio, e nel rispetto di una corretta impostazione economica, risulta indispensabile che, prima di decidere gli eventuali interventi di adeguamento o miglioramento, si proceda ad un'analisi dello stato complessivo del nosocomio, valutando la sicurezza e la convenienza economica degli interventi.

La metodologia di valutazione della sicurezza sismica dell'ospedale è articolata come segue:

- I. analisi generale e di prima approssimazione;
- II. progetto generale e di valutazione tecnica degli interventi;
- III. progetto/i specifico ed esecutivo per la realizzazione degli interventi.

I) Analisi generale e di prima approssimazione

Il primo livello di analisi è raccomandato per ogni nosocomio che ricade nelle zone sismiche 1, 2 o 3, indipendentemente dalle autorizzazioni e dalle procedure per il finanziamento degli eventuali interventi. L'analisi equivale a studio preliminare o di fattibilità ai sensi della normativa vigente. L'analisi è uno strumento di supporto della fase di programmazione sanitaria e ha lo scopo di:

- fornire gli elementi decisionali per la graduazione degli interventi;
- coordinare le varie fasi di interventi di adeguamento delle strutture ospedaliere;
- individuare i costi necessari, i tempi e i metodi di intervento;
- fornire i vincoli delle eventuali destinazioni funzionali dei servizi e reparti ospedalieri;
- fornire una valutazione speditiva degli edifici più vulnerabili, per i quali prioritariamente debbano effettuarsi le verifiche previste dall'art. 2 comma 3 dell'Ordinanza 3274.

L'analisi interessa tutto il nosocomio e permette di individuare:

- a) le linee generali di intervento per l'adeguamento o miglioramento sismico;
- b) le linee generali di intervento rapportate ad altri eventuali interventi di adeguamento complessivo;

- c) i punti di specifica criticità sotto il profilo sismico relazionati alla specifica funzione ospedaliera e la conseguente condizione di vulnerabilità;
- d) il confronto con il piano di sicurezza di cui al D.to Lg.vo n° 626/1994 e specificatamente con il piano antincendio.

L'analisi dei punti a) e b) tende ad individuare:

- la lista delle deficienze sismiche di sistemi strutturali, non strutturali ed impianti;
- la stima generale dei costi;
- il programma tecnico dei tempi necessari per l'adeguamento con le due ipotesi:
 - di mantenere il servizio in funzione durante i lavori;
 - di chiudere anche per parti l'ospedale durante i lavori.

L'analisi dei due punti c) e d) tende ad individuare:

- le situazioni di grave precarietà sismica di specifiche funzioni;
- gli eventuali punti di contrasto tra analisi sismica e analisi del rischio effettuata ai sensi della L. 626/94.

Il documento, articolato nei punti a), b), c) e d) sopra elencati è base per l'analisi complessiva per l'adeguamento del nosocomio, nel tempo, agli obiettivi di sicurezza scelti per ridurre il rischio. L'analisi generale e di prima approssimazione permette di individuare le metodologie di intervento tecnico definendo l'intensità degli interventi in funzione degli obiettivi di sicurezza scelti. L'intensità degli interventi deve essere commisurata alle condizioni edilizie, di vincolo e di uso dell'Ospedale o di parte di esso, potendo pervenire a decisioni di diversa utilizzazione degli immobili qualora risultasse sfavorevole il bilancio tra investimenti e risultati attesi.

II) Progetto generale (definitivo) e di valutazione tecnica degli interventi

Il secondo livello di analisi sismica si attiva a seguito della conferma del programmatore delle funzioni ospedaliere e quindi in un orizzonte in cui si sono delineate le ipotesi finanziarie degli interventi. Il livello ha una valenza meramente tecnica e di organizzazione degli spazi in funzione degli interventi di adeguamento o miglioramento. La conferma della struttura ospedaliera, che deve avvenire dal programmatore Aziendale e dalla Regione, tenuto anche conto delle necessità finanziarie e del rispetto dei tempi di adeguamento, dà l'avvio al secondo livello di analisi. L'Azienda considererà prioritarie le analisi di cui ai precedenti punti c) e d), tenendo anche conto delle prospettive di sviluppo e di modifica del patrimonio edilizio. L'analisi definisce le tipologie di intervento per ogni edificio, in modo che siano compatibili con gli altri interventi di adeguamento (igienico, funzionale, impiantistico). L'analisi individua, inoltre, sistemi di affidamento degli incarichi che garantiscano la multidisciplinarietà del gruppo di progettazione e la integrazione delle differenti professionalità nella scelta delle soluzioni tecniche.

Il secondo livello prelude allo specifico progetto esecutivo quindi la sua elaborazione potrà essere di tipo definitivo prevedendo anche:

- le verifiche previste dall'art. 2 comma 3 dell'Ordinanza 3274;
- l'abaco delle tipologie di interventi sismici individuati per edificio e per compartimento dello stesso, al fine di predisporre, già in questa fase, il quadro delle compatibilità da rispettare per tutti i tipi di investimento;
- il sistema dei vincoli per gli altri interventi tecnologici e di adeguamento alle norme di sicurezza;
- la consequenzialità degli interventi sulla base dello stato dell'edificio e delle funzioni che ospita.

III) Progetto/i specifico ed esecutivo per la realizzazione degli interventi.

Il terzo livello, progetto esecutivo, potrà essere sviluppato per singoli elementi o parti del nosocomio. Nella elaborazione dei documenti tecnici saranno seguiti i principi generali di seguito illustrati. Le analisi sismiche dovranno essere riferite a unità o volumi edilizi considerati per omogeneità costruttiva (anno, tipologia, materiale), o per funzione. Nell'analisi si terrà conto di:

- sistemi di produzione di energia essenziali per l'erogazione dei servizi in caso di emergenza sismica;
- sistemi di trasporto e/o smistamento di energia/acqua/riscaldamento essenziali per l'erogazione dei servizi in caso di emergenza sismica;
- vie di fuga, vie di accesso, luoghi di attesa sicura, luoghi di raccolta previsti nei piani di emergenza;
- percorsi per l'accesso ai servizi essenziali, con particolare attenzione per i montalettighe;
- servizi essenziali in caso di emergenza sismica (traumatologia ed ortopedia, terapia intensiva, pronto soccorso, diagnostica, farmacia, chirurgia e chirurgia pediatrica, anestesia e rianimazione, laboratorio analisi, banca del sangue, lavanderia, emodialisi, medicina interna, ginecologia ed ostetricia, neonatologia, centrale operativa 118, centralino).

I concetti informativi delle presenti linee guida sono approfonditi e sviluppati più estesamente nel Commentario.

2 COMMENTARIO

Il presente documento intende illustrare ed esemplificare i contenuti delle Linee Guida sopra illustrate.

2.1 *Premesse*

L'elevata complessità che caratterizza gli ospedali, sia dal punto di vista strutturale, sia da quello impiantistico e funzionale, li rende, in generale, particolarmente vulnerabili alle azioni sismiche, mentre l'elevata esposizione dovuta all'affollamento, alla presenza di pazienti non autonomi, ai contenuti tecnologici, ne rende molto alto il rischio.

Nella situazione italiana, alle considerazioni appena esposte occorre aggiungere che molti ospedali hanno avuto una storia assai complessa, caratterizzata da successivi ampliamenti e modifiche, a volte intervenute su edifici inizialmente concepiti per altro uso. Costruzioni e modifiche spesso sono avvenute senza tenere conto delle norme sismiche, anche in Comuni oggi classificati in zona sismica, perché il riconoscimento della pericolosità sismica è intervenuto successivamente alla realizzazione delle opere.

Recenti studi sulla pericolosità sismica del territorio nazionale, inoltre, hanno portato ad ampliare molto il numero dei Comuni classificati sismici ai sensi della normativa vigente, soprattutto nelle zone a bassa sismicità, nella quale risultano ora comprese anche grandi città e quindi grandi complessi ospedalieri, con rilevanti bacini d'utenza, che non sono stati progettati per sopportare l'azione sismica (All. A Ord. 3274/03).

Un'indagine sul comportamento strutturale e funzionale degli ospedali nel corso di eventi sismici recenti (Friuli 1976, Campania-Basilicata 1980, Umbria-Marche 1997) ha messo in evidenza come in tutti questi eventi si siano effettivamente manifestati problemi legati agli effetti indesiderati del sisma su queste vitali opere strategiche. In particolare la maggior parte degli ospedali situata nei Comuni significativamente colpiti è risultata inagibile, totalmente o parzialmente e ciò ha comportato una riduzione della capacità di continuare ad erogare i servizi ai pazienti già ricoverati o di prestare soccorso ai feriti causati dal sisma.

L'insieme delle considerazioni sopra riportate evidenzia due caratteristiche antinomiche degli ospedali:

- possono avere, a seguito di un sisma, comportamenti molto differenziati in funzione della loro storia e del loro stato, con un forte potenziale di rischio diretto ed indotto;
- sono definiti dalle norme "opere strategiche" a fini di protezione civile³, ossia opere essenziali per la gestione delle emergenze conseguenti a calamità naturali o prodotte dall'uomo; proprio di esse, quindi, è particolarmente importante prevedere e migliorare le prestazioni a seguito di eventi, quali il sisma, che hanno la potenzialità di investire grandi estensioni di territorio.

L'antinomia descritta non è una peculiarità solo italiana, già altri Paesi hanno identificato questo problema e si sono attivati per affrontarlo. A titolo di esempio, si può ricordare l'esperienza della California, in cui il punto di svolta nella politica di prevenzione nel settore ospedaliero risale al 1971, quando a seguito del terremoto di S. Fernando l'85% del totale dei decessi, ben 50 vittime, furono dovute a collassi in ospedali. Ciò spinse il Governo ad emanare una specifica normativa per gli ospedali (Hospital Seismic Safety Act, 1972) che, nel corso degli eventi sismici successivi, ha mostrato la sua validità. In sostanza questa legge, che si applicava ai soli edifici di nuova costruzione, prevedeva norme più stringenti di progettazione, controllo e realizzazione. Non si andava, però, ad incidere sull'esistente, fatto che risultò evidente in occasione di terremoti successivi che colpirono strutture non adeguate. Si intrapresero quindi altre azioni:

³ All. 2, punto 4.7 Ord. 3274.

- una ricognizione della vulnerabilità sismica degli ospedali per acuti,
- la definizione di un quadro delle possibili azioni di riqualificazione da intraprendere,
- l'istituzione di un'organizzazione centrale per il controllo e la pianificazione delle attività di progettazione e realizzazione degli ospedali (Office of Statewide Health Planning and Development - OSHPD).

Nel 1998, infine, è stato emanato un regolamento per la valutazione della sicurezza sismica degli ospedali e per la progettazione ed esecuzione di lavori di adeguamento sismico (Senate Bill n. 1953), che prevede un graduale miglioramento delle prestazioni degli ospedali dal punto di vista sismico. Entro la fine del 2007 dovranno essere abbattuti o destinati ad altro uso tutti gli edifici aventi prestazioni attese molto basse, mentre entro il 2030 tutti gli edifici destinati a ospedali per acuti dovranno essere in grado di restare operativi dopo un sisma violento.

Iniziative significative, almeno dal punto di vista conoscitivo e di regolamentazione, sono in corso nei paesi latino-americani. La Pan American Health Organization nel 2000 ha pubblicato le raccomandazioni intitolate "Principles of Disaster Mitigation in Health Facilities", il cui scopo è di ridurre le conseguenze di disastri naturali sugli ospedali.

Vari documenti sono in corso di sviluppo sul tema dell'adeguamento sismico delle strutture esistenti. L'argomento è in grande evoluzione, sia in America che in Europa.

Un riferimento è fornito dal "decalogo" redatto dalla Commissione di studio promossa dal Ministero della Salute per l'elaborazione di un nuovo modello di ospedale per acuti ad alto contenuto tecnologico e assistenziale. Da esso si estraggono alcune indicazioni che, pur se emanate per gli ospedali del futuro, delineano dei requisiti auspicabili anche per le opere esistenti.

- L'ospedale è componente fondamentale del sistema di assistenza alla popolazione in caso di emergenza prodotta da eventi naturali o prodotti dall'uomo (opera strategica ai fini della protezione civile): in tali condizioni deve garantire l'erogazione delle funzioni essenziali anche se con standard ridotti.
- La localizzazione dell'ospedale deve puntare a rendere massima la fruibilità dello stesso in condizioni normali e d'emergenza, ottimizzando i fattori che concorrono a garantire tale obiettivo. Fra essi rivestono importanza, ad esempio: accessibilità (..omissis...); sicurezza del sito dal punto di vista dei rischi naturali (..omissis...).
- Particolare attenzione va posta nella riduzione del rischio idrogeologico e sismico (..omissis...). Sarà opportuno, al riguardo, privilegiare le soluzioni che consentono di garantire la massima affidabilità in termini di: strutture ed elementi non strutturali a fronte di azioni sismiche (..omissis...); funzionalità degli impianti (..omissis...); funzionalità distributiva (..omissis...); sistemi di mitigazione delle conseguenze di eventi incidentali (..omissis...).
- L'integrazione con il territorio, a causa della complessità ed interazione dei vari aspetti, richiede una progettazione integrata e multidisciplinare, che riesca a garantire in modo organico e coerente l'apporto delle diverse specificità al raggiungimento dell'obiettivo dell'erogazione delle prestazioni attese a fronte di condizioni normali, di massiccio afflusso di pazienti, di incidenti interni ed esterni.

Il Ministero della Salute, visti i precedenti brevemente ricordati, ha ravvisato l'opportunità di elaborare un documento da sottoporre alle Regioni per fornire alle stesse "Raccomandazioni per il miglioramento della sicurezza sismica degli ospedali in Italia", che in particolare indirizzi la progettazione verso i provvedimenti atti a garantire la funzionalità degli ospedali nel corso di emergenze sismiche. Allo scopo il Ministro ha costituito, con Decreto del 22.12.2000, un gruppo di lavoro nel quale sono presenti esperti del Ministero della Salute, dell'Agenzia per i servizi sanitari regionali, dell'Agenzia per l'Ambiente, del Dipartimento della protezione civile, nonché rappresentanti designati dal Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti e dalla Conferenza Stato-Regioni. L'iter per l'emanazione delle presenti raccomandazioni si era concluso poco prima della pubblicazione dell'Ordinanza PCM 3274 del 20.3.03 (G.U. 105

dell'8/5/03), contenente la nuova classificazione sismica del territorio nazionale e le nuove norme tecniche per gli edifici in zona sismica. Il testo delle presenti raccomandazioni è stato quindi rivisto in modo da renderlo coordinato con i contenuti della citata Ordinanza

2.2 Il panorama legislativo

2.2.1 Il quadro attuale

La sicurezza sismica degli ospedali è attualmente trattata nelle seguenti norme, circolari o linee guida:

- a) Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici (All. 2 Ord. PCM 3274 del 20.3.03);
- b) Altre norme per la sicurezza degli impianti o del personale nei luoghi di lavoro che fanno riferimento a vari tipi di rischio, fra i quali quello sismico.

Nel seguito si illustrano brevemente le caratteristiche di queste norme di interesse per gli ospedali. Vi sono poi altre norme di tipo generale, come quelle per le costruzioni, per le fondazioni, per gli impianti elettrici, per la sicurezza nei confronti degli incendi, etc., che vanno comunque seguite, ma la cui interferenza con la progettazione sismica non è immediatamente percepibile nell'attuale quadro legislativo. Per alcune di esse, come si vedrà più oltre, tale interferenza è nei fatti e quindi andrebbe esplicitata fin dalla fase di progettazione.

L'orientamento di gran parte delle moderne normative sismiche internazionali è di chiarire esplicitamente quali siano le prestazioni richieste alle strutture che si progettano (performance based design). Ciò significa che vengono definiti i livelli di funzionalità che si vogliono garantire a fronte di eventi sismici la cui intensità ha una assegnata probabilità (p. es. 2%, 10%) di essere superata in un prefissato intervallo di tempo (di solito 50 anni). Le nuove norme sismiche hanno fatto propri questi criteri, introducendo alcuni elementi di novità che vengono brevemente riassunti nelle Appendici A e B.

Un aspetto molto importante da mettere in rilievo riguarda gli ospedali esistenti situati in zona sismica, ma non costruiti in accordo con le norme sismiche. Come già detto, questa situazione è abbastanza diffusa: uno studio effettuato sul patrimonio edilizio sanitario alla fine degli anni '80 ha mostrato che a quell'epoca circa 2/3 del volume costruito in zona sismica era stato realizzato prima della relativa classificazione. La situazione è migliorata negli anni '90, per l'entrata in funzione di nuove strutture e la dismissione di altre ormai inadatte; tuttavia è senz'altro di rilievo il problema delle prestazioni che strutture ospedaliere di questo genere possono garantire in caso di terremoto, come recenti eventi sismici hanno dimostrato. La norma tecnica attuale (All. 2 Ord. PCM 3274 del 20.3.03), in analogia alle regolamentazioni precedenti, prevede che una costruzione esistente debba essere adeguata sismicamente (ossia raggiunga circa lo stesso livello di sicurezza strutturale di una costruita oggi in zona sismica) solo quando si vogliono variare in modo significativo il volume o i carichi agenti o il comportamento strutturale dell'edificio. Costruzioni che subiscano modifiche limitate alle parti non strutturali e all'impiantistica non devono, in genere, essere adeguate sismicamente. Il DPR 14.1.1999, nel fissare i requisiti minimi per l'accreditamento e l'autorizzazione delle strutture ospedaliere, ha richiesto il rispetto della normativa sismica vigente. Per quanto appena detto, ciò significa che tutti gli edifici ospedaliere costruiti prima della classificazione, nei quali non si intervenga con modifiche sostanziali, continueranno a restare nelle attuali condizioni di sicurezza e funzionalità rispetto al sisma. L'eventuale necessità di adeguamento sismico degli ospedali sarà tenuto in considerazione dalle amministrazioni pubbliche (art. 2 comma 6 Ord. 3274). Poiché la Legge 67/1988 ha messo a disposizione 30.000 miliardi per un programma di investimenti in edilizia e tecnologie sanitarie, circa 1/3 dei quali è stato già impegnato, tali fondi consentono di dare pratica attuazione anche a questo aspetto dell'Ord. 3274. Nell'Appendice A è fornito un panorama non esaustivo delle norme applicabili agli ospedali.

2.2.2 *Esigenze specifiche per gli ospedali*

Le esigenze degli ospedali richiedono uno sforzo di integrazione fra le disposizioni normative elencate nel precedente paragrafo ed approfondimenti su temi specifici, che saranno sviluppati nelle presenti linee guida:

- a) definizione degli obiettivi della progettazione in termini di prestazioni attese a fronte di eventi sismici di intensità ben definita e caratterizzati in modo il più possibile aderente alla realtà fisica;
- b) esplicita ed attenta considerazione dei possibili effetti di amplificazione locale del moto sismico e degli eventuali effetti cosismici (frane, liquefazioni, assestamenti);
- c) definizione di criteri espliciti che consentono di definire le condizioni di funzionalità ospedaliera in funzione delle caratteristiche strutturali, non strutturali ed impiantistiche e dei risultati delle analisi di progetto;
- d) definizione di metodologie di analisi del comportamento di opere ed impianti esistenti a fronte di azioni sismiche congruenti con gli obiettivi prefissati;
- e) raccomandazioni specifiche per la progettazione e l'analisi degli impianti necessari al funzionamento degli ospedali, con particolare attenzione alla dipendenza da forniture esterne ed alle possibilità offerte da dotazioni autonome e ridondanti;
- f) metodologie interdisciplinari di revisione dei progetti e dei lavori;
- g) definizione di piani di emergenza adatti a gestire anche le problematiche poste dal sisma: in particolare la diminuzione delle capacità di offerta dovuta a danneggiamenti dell'ospedale contemporanea ad un massiccio afflusso di feriti.

Nello sviluppare i punti precedenti detti si è fatto riferimento ai seguenti documenti:

- 1) Nuovo modello di ospedale, Ministero della Sanità, Commissione di studio per l'elaborazione di un nuovo modello di ospedale per acuti ad alto contenuto tecnologico e assistenziale, 21.3.2001
- 2) U.S. - Italy Collaborative Recommendations for Improving the Seismic Safety of Hospitals in Italy”, C. Rojahn (coord.); Report ATC 51, 2000
- 3) Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 1: general rules, seismic actions and rules for buildings, DRAFT n. 4 (stage 34), December 2001 (Doc. CEN/TC250/SC8/N306)
- 4) Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings, 1996, Applied Technology Council, ATC40 Report
- 5) “Regolamento recante norme per l'attuazione della direttiva 95/16/CE sugli ascensori e di semplificazione dei procedimenti per la concessione del nulla osta per ascensori e montacarichi, nonché della relativa licenza di esercizio” DPR 30.4.1999 n. 162
- 6) “Seismic Considerations – Health Care Facilities”, Federal Emergency Management Agency, 1990, FEMA 74, 3rd edition
- 7) “Reducing the risks of Nonstructural Earthquake Damage”, Federal Emergency Management Agency, 1994 , FEMA 150 Report.
- 8) “NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings”, Federal Emergency Management Agency, 1997, FEMA 273 Report
- 9) “Principles of Disaster Mitigation in Health Facilities”, Pan American Health Organization, Regional Office for the World Health Organization, PAHO/WHO, 2000
- 10) Tauby, Lloyd, Noce, Tünnissen, 1999, “A practical guide to seismic restraint”, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
- 11) Ordinanza Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.3.03 (G.U. 105 dell'8/5/2003) “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”

2.3 Politiche di investimento in edilizia e tecnologie sanitarie

Le politiche pubbliche di investimento strutturale nel Servizio sanitario nazionale sono state alimentate da consistenti risorse finanziarie indirizzate all'ammodernamento e alla razionalizzazione dell'intera rete strutturale e tecnologica e al superamento di criticità specifiche quali quelle dei grandi centri urbani, della libera professione intramoenia, delle cure palliative e della radioterapia. Tra le priorità indicate alle Regioni per l'avvio della seconda fase del programma ex art. 20 della legge 67/1988, che rappresenta l'agenda più impegnativa nel settore degli investimenti in sanità, è stata evidenziata l'attività relativa all'adeguamento ai requisiti strutturali, organizzativi e tecnologici di cui al DPR 14/1/1997. Detto decreto richiama il rispetto della normativa vigente in materia di sicurezza e fa esplicita menzione della sicurezza sismica.

La prima fase del programma, conclusa nel 1996, ha evidenziato particolari criticità dovute, in particolare, ai sensibili ritardi di alcune regioni del mezzogiorno, non dotate di forti strumenti di programmazione, di capacità progettuali e di governo della spesa. La seconda fase ha segnato significative inversioni di tendenza, riassumibili nella semplificazione dei procedimenti per l'accesso ai finanziamenti, resi disponibili nell'ambito delle leggi finanziarie e nell'adozione degli strumenti della programmazione negoziata che, avvalendosi anche delle innovazioni introdotte dalla legge sui lavori pubblici, individua soggetti tecnici responsabili della corretta attuazione degli accordi di programma e dei progetti, l'abolizione del sistema di finanziamento per mutui con la messa a disposizione di denaro contante, la costituzione dei nuclei di valutazione e di verifica degli investimenti pubblici.

Gli accordi di programma ex art. 5 bis e gli accordi quadro nell'ambito delle intese disciplinano le funzioni di monitoraggio e di vigilanza demandate al Ministero della sanità, i rapporti finanziari fra i soggetti partecipanti all'accordo, le modalità di erogazione dei finanziamenti statali, le modalità di partecipazione finanziaria delle regioni e degli altri soggetti pubblici interessati, nonché gli eventuali apporti degli enti pubblici preposti all'attuazione. Gli accordi costituiscono il documento che consente alle regioni di disporre programmaticamente della quota loro assegnata con la delibera CIPE n. 52/1998 (20.600 miliardi) e di stabilire un nesso dinamico tra l'intera quota e le disponibilità annuali previste nelle leggi finanziarie in relazione alla effettiva capacità di spesa.

Anche al fine di velocizzare l'attuazione del programma di investimenti e per avviare la stipula degli specifici accordi di programma, sono stati promossi tavoli tecnici con tutte le regioni, nell'ambito dei quali sono stati acquisiti ampi contributi utili alla predisposizione di uno schema tipo di accordo condiviso. I tavoli tecnici hanno, inoltre, offerto lo spunto concreto per indurre le regioni a rendere coerenti le varie linee di finanziamento accessibili, a selezionarne gli obiettivi e ad ottimizzarne gli effetti, con il risultato generale di riqualificare l'intero patrimonio strutturale e tecnologico in funzione di servizi organizzati sulla base dell'analisi della domanda, capaci di produrre effetti positivi anche sul versante della spesa.

In tale contesto si inseriscono le iniziative del Ministero volte a stimolare le capacità progettuali della committenza pubblica attraverso modelli di qualità che rappresentino le più evolute tendenze di una moderna e tecnologicamente avanzata progettualità in edilizia sanitaria. Per quanto riguarda, in particolare, la progettazione di ospedali in zone sismiche con tecnologie innovative, il Ministero della salute, su proposta della Regione Lazio e della ASL di Frosinone, ha autorizzato una variante al progetto originale, che prevedeva due stralci funzionali ed una tecnologia costruttiva tradizionale, a favore di una applicazione della tecnica di isolamento sismico alla base. Il finanziamento è stato concesso per l'importo complessivo dell'opera, reperendo i fondi mancanti anche dall'alienazione dell'ospedale esistente.

L'intervento intende rappresentare un progetto pilota di un ospedale capace di notare in funzione anche dopo un sisma di elevata intensità. Si è inteso così verificare la fattibilità nel raggiungimento di un simile obiettivo.

2.4 *Contenuti delle Linee Guida*

2.4.1 *Prestazioni richieste all'ospedale in caso di sisma*

I concetti fondamentali che emergono dal quadro di norme e raccomandazioni precedentemente illustrate è che l'ospedale:

- ha la missione di assicurare, in ogni circostanza, la più appropriata cura a ogni paziente;
- è componente fondamentale del sistema di assistenza alla popolazione in caso di emergenza prodotta da eventi naturali o prodotti dall'uomo (opera strategica ai fini della protezione civile): in tali condizioni deve garantire l'erogazione delle funzioni essenziali anche se con *standards* ridotti.

Tali obiettivi, espressi in linguaggio naturale, devono essere tradotti in termini utilizzabili nella progettazione. Anche se per motivi economici e pratici non è possibile raggiungere la sicurezza "assoluta" (ad esempio perfetta funzionalità a fronte di qualunque evento sismico), possono essere perseguiti obiettivi di progetto più o meno ambiziosi. Nelle presenti linee guida si indicano una gamma di possibili obiettivi, espressi in termini di livelli di prestazioni strutturali e non strutturali da garantire a fronte di eventi sismici aventi differenti probabilità di accadimento. In linea di principio si indicano i seguenti obiettivi base per le costruzioni nuove :

- Stato limite ultimo (SLU) per effetto di un sisma definito ai punti 2 e 3 delle norme sismiche per gli edifici⁴: la struttura, pur subendo danni di grave entità agli elementi strutturali e non strutturali, deve mantenere una residua resistenza e rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali e l'intera capacità portante nei confronti dei carichi verticali;
- Stato limite di danno (SLD) per effetto di un sisma ottenuto da quello precedente dividendolo per 2.5⁵: la struttura nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali e quelli non strutturali, ivi comprese le apparecchiature rilevanti alla funzione dell'edificio, non deve subire danni gravi ed interruzioni d'uso in conseguenza di eventi sismici meno intensi di quelli nei confronti dei quali si richiede lo SLU.

Tradotto in altri termini, questi obiettivi tendono a:

- la funzionalità dei servizi essenziali dell'ospedale per un sisma frequente, cioè un sisma la cui intensità ha probabilità di superamento⁶ relativamente elevata;

⁴ Ovvero, per gli ospedali, una azione sismica incrementata del 40% rispetto a quella di riferimento per le costruzioni ordinarie, quindi con probabilità di superamento mediamente del 5% in 50 anni (periodo di ritorno di 975 anni), vedi appendice B;

⁵ ovvero una azione sismica con probabilità di superamento mediamente dell'ordine del 30 - 40% in 50 anni (periodo di ritorno di circa 100 - 150 anni), vedi appendice B;

⁶ L'intensità di un evento sismico viene normalmente caratterizzata in termini probabilistici, per cui è necessario indicare due parametri: un intervallo temporale (scelto, di solito, pari a 50 anni) e la probabilità di superamento di quella intensità in quell'intervallo. Un'intensità avente il 2% di probabilità di superamento in 50 anni è evidentemente molto elevata, poiché non è superata nel 98% dei casi, essa è quindi anche molto rara. L'intensità si abbassa all'aumentare della probabilità di superamento. Facendo ricorso al linguaggio naturale, si può dire che al 2% in 50 anni corrispondono eventi molto rari e quindi di forte intensità, mentre al 10% in 50 anni corrispondono eventi comunque rari, ma meno dei precedenti, e di minore intensità. In quanto detto con il termine 'intensità' si intende una qualunque misura della severità del moto, in particolare, nel seguito si farà riferimento alla accelerazione di picco al suolo (PGA). In varie norme quando si vuole far riferimento ad un evento molto raro si preferisce definirlo come evento massimo credibile (MCE), al quale o è associata una probabilità estremamente bassa oppure sono associate misure di intensità derivate da stime della Magnitudo massima rilasciabile dalle strutture sismogenetiche di interesse. La caratterizzazione del moto sismico di riferimento deve tenere conto delle modifiche che esso subisce a causa delle condizioni locali del sito (amplificazione locale), attraverso studi

- danni anche gravi ma senza la perdita di capacità della struttura, quindi una ragionevole protezione della vita umana, per un sisma poco frequente, cioè un sisma la cui intensità ha probabilità di superamento molto bassa.

Per gli ospedali esistenti può essere opportuno scegliere obiettivi diversi da questi, ad esempio adottando livelli di probabilità di superamento più elevati o concentrando l'attenzione sui soli aspetti impiantistici, chiarendo quali siano le implicazioni di queste eventuali scelte. Quanto riportato nei seguenti paragrafi 2.4.1.1, 2.4.1.2 e 2.4.1.3 è relativo ai soli edifici esistenti.

Al fine di raggiungere gli obiettivi prefissati è necessario un forte coordinamento tra i tecnici che, a vario livello, partecipano all'attività progettuale e la committenza. Si raccomanda di:

- a) considerare la struttura ospedaliera comunque un presidio sul territorio in caso di evento sismico (§ 2.4.6);
- b) considerare tutti i vari aspetti della progettazione e non solo quelli strutturali (§ 2.4.4).

2.4.1.1 Caratterizzazione degli eventi sismici di riferimento per gli ospedali esistenti

I livelli di terremoto per i quali si definiscono le prestazioni desiderate (v. § 3.1.2) possono essere derivati da un'analisi di pericolosità sismica condotta con metodologia probabilistica. In assenza di studi specifici di pericolosità e di amplificazione locale⁷ (v. Appendici A e B) ci si riferirà alle norme sismiche per gli edifici, che come già detto, prevedono di incrementare del 40% l'azione di riferimento adottata per le costruzioni ordinarie. Potranno anche essere utilizzati studi specifici di pericolosità predisposti e validati a livello nazionale e regionale⁸. Per situazioni particolari, come siti prossimi a faglie attive capaci di rilasciare eventi di magnitudo elevata (superiori a 6) è opportuno considerare anche la possibilità che eventi "deterministici" associabili alla faglia stessa non diano luogo ad azioni sismiche molto superiori a quelle previste per la verifica di non collasso.

2.4.1.2 Prestazioni strutturali e non strutturali per gli ospedali esistenti

Le prestazioni strutturali sono standardizzate in livelli decrescenti di richiesta: tre fondamentali (S-1=Agibilità immediata, S-3=Sicurezza per la vita ed S-5=Non collasso) e due intermedi (S-2 ed S-4). Viene anche codificato un livello corrispondente alla non considerazione della prestazione strutturale (S-6). I livelli sono conformi a quelli definiti dalle FEMA 273. In sostanza al livello S-1 corrisponde un danno molto limitato, che consente l'immediata agibilità della struttura. Il livello S-3 corrisponde ad un danno strutturale significativo, ma per il quale è ancora ragionevolmente garantita la sicurezza per la vita degli occupanti. L'edificio potrebbe aver necessità di riparazioni o opere provvisorie prima di essere riutilizzato. Al livello S-5 l'edificio è ai limiti del collasso, parziale o totale anche se il sistema strutturale è complessivamente ancora in grado di sostenere la forza di gravità.

Analogamente per gli elementi non strutturali sono definiti quattro livelli standard ed un livello corrispondente alla non considerazione della prestazione. Anche in questo caso le FEMA forniscono tabelle dettagliate delle prestazioni attese differenziate per componenti architettonici, componenti e sistemi meccanici, elettrici, idrici, tubazioni, antincendio (vedi Appendice C). Combinando prestazioni strutturali delle opere civili e non strutturali si perviene alla definizione delle prestazioni dell'edificio. La rappresentazione schematica delle possibili combinazioni è riportata nella tabella seguente (N.R. = Non Raccomandato).

specifici o mediante l'opportuna scelta degli spettri di risposta. Dovrà inoltre tenersi conto dei possibili effetti cosismici prodotti dal terremoto: frane, liquefazioni, addensamenti o fagliazioni superficiali. La normativa attuale tiene esplicitamente conto dei fenomeni di amplificazione locale dovuti alla stratigrafia del terreno attraverso spettri differenziati in funzione delle categorie di suolo.

⁸ Le norme emanate con l'Ord. 3274 prevedono la messa a punto di una mappa di riferimento nazionale che descriva la pericolosità di base attraverso curve di accelerazione di picco al suolo.

		Livelli o campi di prestazione strutturale					
		S-1 Agibilità immediata	S-2 Campo di danno controllato	S-3 Sicurezza per la vita	S-4 Campo di sicurezza limitata	S-5 Non collasso	S-6 Non considerato
Livelli di prestazione non strutturale	N-A Funzionale	1-A	2-A	N.R	N.R	N.R	N.R
	N-B Agibilità	1-B (IO)	2-B	3-B	N.R	N.R	N.R
	N-C Sicurezza per la vita	1-C	2-C	3-C (LS)	4-C	4-D	5-D
	N-D Rischi ridotti	N.R	2-D	3-D	4-D	5-D	6-D
	N-E Non considerato	N.R	N.R	N.R	4-E	5-E (CP)	Nessuna prestazione

2.4.1.3 Obiettivi per gli edifici esistenti

Gli obiettivi rappresentano l'incrocio tra prestazione dell'edificio e livello di terremoto. La tabella seguente riporta alcuni possibili obiettivi, così come codificati nelle FEMA. In essa sono stati inseriti in corsivo gli obiettivi previsti dalle norme tecniche italiane per gli edifici ordinari (SLD-ord, SLU-ord) e per gli ospedali (SLD-osp, SLU-osp) di nuova costruzione o soggetti ad adeguamento. La corrispondenza fra le azioni sismiche di norma e i livelli di probabilità o i periodi di ritorno è illustrata nell'Appendice B. Quanto previsto per gli ospedali garantisce l'erogazione pressoché continua dei servizi di assistenza ospedaliera alla popolazione, anche per un sisma in grado di produrre danni rilevanti negli altri edifici.

		Livelli di prestazione dell'edificio			
Probabilità di superamento	Periodo di ritorno Tr (anni)	Funzionalità (1-A)	Agibilità immediata (1-B)	Sicurezza per la vita (3-C)	Non collasso (5-E)
50% in 50 anni	72	a	b(SLD-ord)	c	d
30-40% in 50 anni	100 - 150		(SLD-osp)		
20% in 50 anni	224	e	f	g	h
10% in 50 anni	475	i	j	k (SLU-ord)	l
5% in 50 anni	975			(SLU-osp)	
2% in 50 anni	2475	m	n	o	p

Per gli ospedali esistenti si possono scegliere obiettivi meno elevati rispetto a quelli richiesti agli ospedali nuovi o adeguati. Si raccomanda di utilizzare la combinazione l + b (non collasso per evento con 10% di probabilità di superamento in 50 anni e agibilità immediata per evento con probabilità di superamento del 50% in 50 anni), come sintetizzato nella tabella seguente.

	Ospedali esistenti		
Probabilità di superamento	Prestazione edificio	Prestazione struttura	Prestazione elementi non strutturali
50% in 50 anni	Agibilità immediata (1-B)	Agibilità immediata (S-1)	Agibilità (N-B)
10% in 50 anni	Assenza di collasso (5-E)	Non collasso (S-5)	Non considerato (N-E)

Si potranno scegliere anche obiettivi diversi in funzione, ad esempio:

- dell'importanza dell'ospedale ai fini dell'assistenza alla popolazione in caso di evento sismico (a seconda se l'ospedale è surrogabile da altri nella zona o non è surrogabile, nel qual caso conviene orientarsi su un obiettivo più avanzato come "a" + "k"),
- della vita utile residua attribuita dal pianificatore all'opera stessa (ad esempio quando esiste già un piano per trasferire funzioni essenziali, o più in generale ospedaliere, in opere di nuova realizzazione, nel qual caso conviene orientarsi su un obiettivo più limitato⁹).

Tenendo presenti le caratteristiche di complessità degli ospedali, il raggiungimento degli obiettivi potrà essere reso più facile privilegiando le soluzioni che consentono di garantire la massima affidabilità in termini di:

- strutture (scelta di forme semplici, compatte e regolari che rendono più facilmente prevedibile e più uniforme la risposta dell'edificio);
- elementi non strutturali (scelta di materiali non fragili per le partizioni e le tamponature, predisposizione di vincoli efficaci di impianti, controsoffitti, apparecchiature);
- funzionalità degli impianti (dotazioni che garantiscono un periodo di autonomia in assenza di forniture esterne di combustibili, acqua, elettricità, ridondanza delle principali linee di distribuzione interna, adozione di altezze di interpiano che consentano una facile manutenzione dell'impiantistica ed un'immediata ispezionabilità post-sisma).

E' inoltre necessario mitigare le conseguenze di eventi incidentali attraverso un'adeguata pianificazione dell'emergenza e la preparazione di tutti gli utenti dell'ospedale e del personale che in esso lavora. I piani di emergenza sono uno strumento indispensabile per garantire l'erogazione delle prestazioni proprie degli ospedali in caso di calamità. Sull'argomento esiste una pubblicazione del Dipartimento della Protezione Civile (Ufficio Emergenze "Pianificazione dell'emergenza intraospedaliera a fronte di una maxi-emergenza, Settembre 1998) che ha fissato le linee generali dell'organizzazione e delle azioni di preparazione all'emergenza. La pubblicazione è stata ripresa dal Ministro della Sanità che ha inteso farla propria. Altro utile riferimento è il rapporto "ATC-51-1 - Recommended U.S.-Italy Collaborative Procedures for Earthquake Emergency Response Planning for Hospitals in Italy". E' importante, a questo punto, integrare gli strumenti messi a punto per la sicurezza dei luoghi di lavoro con quelli definiti per la gestione dei flussi in emergenza e con le indispensabili analisi di previsione del comportamento delle strutture, degli elementi non strutturali e degli impianti in caso di sisma. Solo in questo modo, infatti, si può effettivamente pensare di poter programmare una gestione dell'emergenza sismica che sfrutti al meglio le risorse esistenti. Per quanto detto in vari punti di questo rapporto, il compito è molto oneroso, specialmente quando l'ospedale ha un assetto strutturale ed impiantistico complesso, magari sviluppatosi nel tempo in modo non pianificato. In queste situazioni, molto ricorrenti negli ospedali costruiti fino agli anni '60, la redazione del piano di emergenza è pesantemente condizionata dalla vulnerabilità funzionale ed impiantistica

⁹ Per esempio, in un ospedale che sarà dismesso nel giro di 5 anni e nel quale si effettuano interventi sulla parte impiantistica o sulle apparecchiature, si potrebbe accettare la prestazione 6-D per un evento con probabilità di superamento del 65% in 50 anni (periodo di ritorno 47 anni)

dell'ospedale: un argomento che può essere affrontato adeguatamente solo con l'apporto di competenze afferenti a diverse discipline.

2.4.1.4 Verifiche

Il raggiungimento degli obiettivi di progetto viene controllato attraverso verifiche di strutture, elementi non strutturali ed impianti. Tali verifiche sono di vario tipo: controllo del rispetto di requisiti dimensionali, di particolari conformazioni, del rispetto di limiti tensionali o deformativi nei materiali etc. Esse sono oggetto delle normative tecniche o di linee guida che vengono sintetizzate nelle altre parti di questo documento.

2.4.2 *Ospedali di nuova costruzione*

Le norme sismiche per gli edifici sono da considerarsi esaustive per quel che riguarda la sicurezza strutturale e la limitazione del danno agli elementi non strutturali. Indicazioni maggiormente dettagliate, come quelle contenute nelle presenti raccomandazioni, sono opportune per apparecchiature ed impianti, che in passato spesso non sono stati progettati e installati tenendo conto delle azioni sismiche e per i quali le nuove norme danno indicazioni sintetiche.

Nella progettazione dei nuovi ospedali, inoltre, dovrà essere prevista la possibilità di destinare, in caso di maxi emergenza, un'area in prossimità dell'ingresso dell'ospedale o del pronto soccorso, per l'accoglienza di massa dei feriti e per l'eventuale triage. Tale area dovrà essere rapidamente attrezzabile allo scopo rimuovendo pareti mobili e dovrà avere estensione sufficiente per ospitare un numero di feriti pari a quello previsto nei piani di emergenza.

2.4.3 *Ospedali esistenti*

2.4.3.1 Generalità

Gli edifici esistenti, contrariamente a quelli di nuova progettazione, spesso non sono perfettamente conosciuti e, in genere, non rispettano una serie di requisiti dimensionali, di regolarità, di esecuzione e di concezione che ne rendano affidabile il comportamento sotto sisma, anche oltre il limite convenzionale di progetto. Per essi, quindi, non si possono in genere utilizzare gli schemi convenzionali di progettazione per opere di nuova costruzione per le quali, ad esempio, sono adottati gli accorgimenti che consentono di garantire una prefissata duttilità. Si suggerisce, pertanto, l'uso di approcci di analisi e progettazione che approssimino al meglio il comportamento reale della struttura, senza, ovviamente, rendere impraticabile l'analisi. Per una descrizione di alcuni di tali approcci alternativi ci si potrà riferire alla bibliografia indicata ed alle sintesi riportate nell'Appendice C.

Le indicazioni che di seguito si riportano indicano la procedura da seguire per il patrimonio edilizio esistente, una parte consistente del quale è stato costruito in zone sismiche prima della relativa classificazione. Tali indicazioni si applicano agli interventi che nel futuro saranno attivati a seguito dei programmi di investimento per l'edilizia ospedaliera.

2.4.3.2 Procedure di analisi degli edifici esistenti

La valutazione complessiva del mantenimento e dell'eventuale adeguamento alle norme igieniche, di sicurezza o a quelli conseguenti alla riorganizzazione funzionale di un ospedale esistente in area sismica, deve avvenire considerando anche il comportamento del nosocomio in caso di sisma. Per soddisfare tale principio, e nel rispetto di una corretta impostazione economica, risulta indispensabile che, prima di decidere gli eventuali interventi di adeguamento o miglioramento, si proceda ad un'analisi dello stato complessivo del nosocomio, valutando la sicurezza e la convenienza economica degli interventi.

La metodologia di valutazione della sicurezza sismica dell'ospedale è articolata come segue:

- I. analisi generale e di prima approssimazione;
- II. progetto generale e di valutazione tecnica degli interventi;

III. progetto/i specifico ed esecutivo per la realizzazione degli interventi.

I. Analisi generale e di prima approssimazione

Il primo livello di analisi è raccomandato per ogni nosocomio che ricade in zona sismica, indipendentemente dalle autorizzazioni e dalle procedure per il finanziamento degli eventuali interventi. L'analisi equivale a studio preliminare o di fattibilità ai sensi della normativa vigente. L'analisi è uno strumento di supporto della fase di programmazione sanitaria e ha lo scopo di:

- fornire gli elementi decisionali per la graduazione degli interventi;
- coordinare le varie fasi di interventi di adeguamento delle strutture ospedaliere;
- individuare i costi necessari, i tempi e i metodi di intervento;
- fornire una valutazione speditiva degli edifici più vulnerabili, per i quali prioritariamente debbano effettuarsi le verifiche previste dall'art. 2 comma 3 dell'Ordinanza 3274.

L'analisi interessa tutto il nosocomio e permette di individuare:

- e) le linee generali di intervento per l'adeguamento o miglioramento sismico;
- f) le linee generali di intervento rapportate ad altri eventuali interventi di adeguamento complessivo;
- g) i punti di specifica criticità sotto il profilo sismico relazionati alla specifica funzione ospedaliera;
- h) il confronto con il piano di sicurezza di cui al D.to Lg.vo n° 626/1994 e specificatamente con il piano antincendio.

L'analisi dei punti a) e b) tende ad individuare:

- la lista delle deficienze sismiche di sistemi strutturali, non strutturali ed impianti;
- la stima generale dei costi;
- il programma tecnico dei tempi necessari per l'adeguamento con le due ipotesi:
 - di mantenere il servizio in funzione durante i lavori;
 - di chiudere anche per parti l'ospedale durante i lavori.

L'analisi dei due punti c) e d) tende ad individuare:

- le situazioni di grave precarietà sismica di specifiche funzioni;
- gli eventuali punti di contrasto tra analisi sismica e analisi del rischio effettuata ai sensi della L 626/94.

Il documento, articolato nei punti a), b), c) e d) sopra elencati è base per l'analisi complessiva per l'adeguamento del nosocomio, nel tempo, agli obiettivi di sicurezza scelti per ridurre il rischio. L'analisi generale e di prima approssimazione permette di individuare le metodologie di intervento tecnico definendo l'intensità degli interventi in funzione degli obiettivi di sicurezza scelti. L'intensità degli interventi deve essere commisurata alle condizioni edilizie, di vincolo e di uso dell'Ospedale o di parte di esso.

II. Progetto generale (definitivo) e di valutazione tecnica degli interventi

Il secondo livello di analisi sismica si attiva a seguito della conferma del programmatore delle funzioni ospedaliere e quindi in un orizzonte in cui si sono delineate le ipotesi finanziarie degli interventi. Il livello ha una valenza meramente tecnica e di organizzazione degli spazi in funzione degli interventi di adeguamento o miglioramento. La conferma della struttura ospedaliera, che deve avvenire dal programmatore Aziendale e dalla Regione, tenuto anche conto delle necessità finanziarie e del rispetto dei tempi di adeguamento, dà l'avvio al secondo livello di analisi. L'Azienda considererà prioritarie le analisi di cui ai precedenti punti c) e d), tenendo anche conto delle prospettive di sviluppo e di modifica del patrimonio edilizio. L'analisi definisce le tipologie di intervento per ogni edificio, in modo che sia compatibili con

gli altri interventi di adeguamento (igienico, funzionale, impiantistico). L'analisi individua, inoltre, sistemi di affidamento degli incarichi che garantiscano la multidisciplinarietà del gruppo di progettazione e la integrazione delle differenti professionalità nella scelta delle soluzioni tecniche.

Il secondo livello prelude allo specifico progetto esecutivo quindi la sua elaborazione potrà essere del tipo definitivo con prevedendo anche:

- le verifiche previste dall'art. 2 comma 3 dell'Ordinanza 3274;
- l'abaco delle tipologie di interventi sismici individuati per edificio e per compartimento dello stesso al fine di predisporre, già in questa fase, il quadro delle compatibilità da rispettare per tutti i tipi di investimento;
- il sistema dei vincoli per gli altri interventi tecnologici e di adeguamento alle norme di sicurezza;
- la consequenzialità degli interventi sulla base dello stato dell'edificio e delle funzioni che ospita.

III. Progetto/i specifico ed esecutivo per la realizzazione degli interventi.

Il terzo livello, progetto esecutivo, sarà sviluppato per singoli elementi o parti del nosocomio. Nella elaborazione dei documenti tecnici saranno seguiti i principi generali di seguito illustrati.

Le analisi sismiche dovranno essere riferite a unità o volumi edilizi considerati per omogeneità costruttiva (anno, tipologia, materiale), o per funzione. Nell'analisi si terrà conto di:

- sistemi di produzione di energia essenziali per l'erogazione dei servizi in caso di emergenza sismica;
- sistemi di trasporto e/o smistamento di energia/acqua/riscaldamento essenziali per l'erogazione dei servizi in caso di emergenza sismica;
- vie di fuga, vie di accesso, luoghi di attesa sicura, luoghi di raccolta previsti nei piani di emergenza;
- percorsi per l'accesso ai servizi essenziali, con particolare attenzione per i montalettighe;
- servizi essenziali in caso di emergenza sismica (traumatologia ed ortopedia, terapia intensiva, pronto soccorso, diagnostica, farmacia, chirurgia e chirurgia pediatrica, anestesia e rianimazione, laboratorio analisi, banca del sangue, lavanderia, emodialisi, medicina interna, ginecologia ed ostetricia, neonatologia, centrale operativa 118, centralino).

2.4.3.3 Edifici esistenti in c.a.

Le condizioni di sicurezza strutturale di un edificio ospedaliero in c.a. possono essere assicurate mediante la verifica della totale rispondenza dello stesso a quanto prescritto nelle vigenti norme sismiche edifici. In alternativa, quando gli interventi non sono tali da implicare l'adeguamento sismico, è possibile seguire i criteri riportati nelle presenti raccomandazioni.

2.4.3.4 Edifici esistenti in muratura

L'adeguamento di un edificio in muratura comporta la possibilità, sancita dalla norma, di investigarne il comportamento mediante modelli non lineari, uno dei quali è stato ampiamente utilizzato per la ricostruzione dopo il sisma del 1980 in Campania-Basilicata ed è descritto nella Circ. Min. LL.PP. 30/7/81. Ovviamente nell'uso di questi modelli si dovrà porre particolare attenzione al fatto che negli edifici esistenti il comportamento strutturale descritto dai modelli teorici può essere assicurato solo se i materiali, l'apparecchio murario e le connessioni fra elementi strutturali rispondono alle ipotesi di base dei modelli stessi.

Occorre infine ricordare che alcuni edifici ospedalieri tutt'ora in uso hanno caratteristiche di beni architettonici o monumentali. In questi casi può non essere possibile, per esigenze di

conservazione, perseguire obiettivi di sicurezza tipici delle strutture ospedaliere. In tali casi, qualora l'analisi delle condizioni di sicurezza dia risultati insoddisfacenti, si potrà pensare:

- nell'immediato a dislocarne le funzioni critiche,
- nel tempo a programmarne un diverso uso.

2.4.4 *Raccomandazioni per la sicurezza sismica degli impianti*

2.4.4.1 Generalità

Si indicano in seguito con il termine "componenti" sia gli elementi non strutturali, sia le apparecchiature ospedaliere, sia i componenti degli impianti elettrico, idraulico, di condizionamento etc. E' possibile utilizzare le vigenti norme sismiche per gli edifici per le parti che riguardano gli elementi non strutturali e gli impianti (4.9 e 4.10). Nel seguito si riportano dei criteri conformi alle norme sismiche per gli edifici ed inquadrati nel panorama delle norme internazionali sull'argomento. In ogni caso è chiaro che la verifica della prestazione del componente comporta:

- la verifica dei supporti dello stesso (fissaggi, sistemi di isolamento, etc.);
- la verifica del comportamento del componente tenendo conto dell'interazione con la struttura e con il sistema di fissaggio.

2.4.4.2 Le azioni sui componenti

Nelle normative internazionali si trovano differenti approcci nel calcolo delle azioni sui componenti, schematizzabili essenzialmente in:

- valutazioni molto semplificate consistenti in una accelerazione equivalente orizzontale applicata al componente, dipendente dalla sua essenzialità ai fini della funzione ma indipendente dalla quota e dalle caratteristiche dell'edificio e del componente stesso; in tali casi, usualmente, si tende ad adottare stime piuttosto cautelative che coprano la variabilità conseguente alle caratteristiche non esplicitamente considerate;
- valutazioni semplificate che forniscono mediante formule esplicite il carico sul componente tenendo conto della quota a cui è fissato, delle sue caratteristiche dinamiche e del periodo fondamentale dell'edificio, oltre che della funzione esplicita dal componente.

E' poi possibile pensare che le azioni sui componenti siano determinate direttamente dalle analisi strutturali condotte per gli edifici, ad esempio calcolando le accelerazioni di picco ai piani o gli spettri di piano. Questa tecnica, di validità del tutto generale, si presta, con opportune cautele, ad essere impiegata anche per gli ospedali¹⁰. In generale gli approcci semplificati sono considerati soddisfacenti ed una loro rassegna e confronto è riportata in Appendice E. Le norme tecniche per gli edifici adottano un approccio semplificato, con alcune prescrizioni specifiche sulla gerarchia dei componenti.

2.4.4.3 Categorie di componenti

È usuale distinguere i componenti in essenziali e non. Possono essere considerati essenziali sia i componenti importanti per la sicurezza e l'incolumità delle persone, sia quelli importanti per il loro valore economico. Sotto tale aspetto sono importanti, per esempio, le apparecchiature della sala operatoria, l'impianto elettrico, i generatori elettrici di emergenza, i gruppi di continuità delle apparecchiature vitali etc. Naturalmente le prestazioni richieste ai componenti non essenziali sono inferiori a quelle prescritte a quelli essenziali. I criteri di protezione dei componenti cambiano a seconda che essi siano passivi o attivi. Per quelli passivi, per i quali la funzionalità è assicurata dalla resistenza alle sollecitazioni, i criteri non sono differenti da quelli

¹⁰ Le cautele derivano dal fatto che usualmente i modelli strutturali, orientati alla valutazione della resistenza ultima, trascurano la presenza di elementi non strutturali che possono rendere più rigido ed a volte anche più robusto o più irregolare, il comportamento d'insieme. Un'altra cautela è nella scelta di moduli elastici e di caratteristiche dei materiali: i valori di calcolo sono in genere stime prudenziali, eccedute nella maggior parte dei casi reali.

usuali per un'opera civile. Facendo riferimento, per esempio a contenitori, scambiatori di calore, tubazioni, è necessario che essi non si rompano e perdano la capacità di contenimento. E' sufficiente quindi un controllo delle tensioni cui tali componenti sono soggetti. Molti malfunzionamenti sono spesso dovuti alla rottura dei collegamenti alle strutture per effetto sia della forza di inerzia agente sui componenti, sia ad eventuali spostamenti differenziali come nel caso di supporti multipli. Perciò gli ancoraggi devono avere sufficiente resistenza al carico sismico e nello stesso tempo una buona duttilità. Gli ancoraggi sono considerati così importanti che alcune normative e guide tecniche ne curano i dettagli, come illustrato nell'Appendice E.

2.4.4.4 Controllo degli spostamenti

Per molti componenti è necessario controllare l'entità degli spostamenti per evitare gli urti. Questo è il caso tipico di tubazioni, che sono flessibili e devono essere in grado di dilatarsi termicamente e che sotto l'azione sismica possono urtare contro corpi adiacenti. Un controllo degli spostamenti relativi va anche effettuato tra strutture massicce in modo da evitare tranciamenti di collegamenti elettrici o di piccole tubazioni di collegamento, come le tubazioni dei gas medicali che trasportano ossigeno, azoto etc. Anche i trasformatori, che sono spesso montati su binari per esigenze di manutenzione, vanno verificati nei confronti della possibilità di superamento dei fine corsa e delle conseguenze sulle connessioni elettriche.

Una grande attenzione va posta là dove ci sono grandi spostamenti relativi, specie in prossimità di giunti strutturali oppure ai punti di ingresso negli edifici delle linee di tubazioni o elettriche. Tutte le linee, tubazioni, passerelle e collegamenti elettrici devono permettere tali spostamenti o con laschi sufficienti o con elementi molto flessibili. Per quanto riguarda i componenti essenziali attivi, è necessario assicurare per essi anche la capacità di rimanere funzionali.

Nel caso di vecchie installazioni ospedaliere, il problema da risolvere è complicato dal fatto che la sostituzione dei sistemi e dei componenti può diventare eccessivamente costosa, specialmente se originariamente non sono stati progettati per resistere al sisma. Va infatti posto in evidenza che il progettare un impianto coinvolge non solo la resistenza e la funzionalità dei sistemi e dei componenti, ma anche il "lay-out", che difficilmente può essere cambiato. D'altra parte gli interventi sugli impianti, motivati da esigenze di adeguamento tecnologico o da manutenzione ordinaria, sono molto frequenti e spesso di notevole portata economica. E' quindi opportuno sfruttare queste occasioni per mettere in atto alcuni accorgimenti, generalmente poco costosi, che consentono di ridurre alcuni elementi di vulnerabilità: ad esempio le carenze di resistenza dei vincoli. Questo tipo di operazione si inquadra negli "obiettivi di sicurezza limitati", ossia in interventi parziali che non tengono in considerazione il quadro più ampio del comportamento degli edifici. Ha comunque un'efficacia se l'extracosto è modesto e può consentire, in tali casi, un grande rapporto benefici/costi. Esso viene migliorato da un approccio semplificato che tende ad acquisire almeno una visione "esperta" del complesso dell'impianto e delle strutture che lo ospitano. In sostanza, oltre a migliorare le connessioni ed i giunti, occorre affiancare alla valutazione degli interventi sull'impianto un'ispezione generale condotta da un gruppo con diverse specifiche esperienze (strutturisti, impiantisti elettrici, meccanici, architetti) che esaminino le condizioni generali dell'installazione. Una procedura simile è stata spesso utilizzata per la revisione dei vecchi impianti nucleari USA, dove veniva emesso un giudizio globale di adeguatezza senza imporre la conformità in dettaglio a tutti i criteri di progettazione validi per le nuove installazioni.

2.4.5 *Integrazione con il territorio e la città*

La localizzazione dell'ospedale deve puntare a rendere massima la fruibilità dello stesso in condizioni normali e di emergenza, ottimizzando i fattori che concorrono a garantire tale obiettivo. Fra essi rivestono importanza ad esempio:

- l'accessibilità (in condizioni di emergenza porre attenzione alla sicurezza dei percorsi, alla possibilità di percorsi alternativi, etc.);

- la sicurezza del sito dal punto di vista dei rischi naturali, ad esempio nei riguardi di fattori che possono incrementare il rischio idrogeologico e quello sismico.

Nel caso di emergenza sismica, i presidi ospedalieri svolgono un ruolo primario, dovendo garantire il necessario supporto sanitario soprattutto nella fase immediata dell'emergenza stessa. La loro presenza, soprattutto in territori con morfologie accidentate e viabilità ordinarie inappropriate, è garanzia di ricovero e cure adeguate, nell'immediato, per quella popolazione che altrimenti resterebbe tagliata fuori dai primi soccorsi, che normalmente, se funzionanti, sono quelli più efficaci.

Tra i molteplici fattori sui quali intervenire per ridurre il rischio sismico degli ospedali, sia che si tratti di edifici nuovi, ossia ancora in fase di collocazione in un contesto territoriale, sia che si tratti di edifici esistenti, di importanza strategica in caso di emergenza sismica, per i quali non è più possibile intervenire sulla localizzazione né sulla morfologia generale, occorre porre particolare cura nella scelta del sito (cosa possibile solo per la prima categoria) e nell'analisi delle vie di accesso (cosa possibile per entrambe). La scelta del sito deve risultare da un'accurata analisi costi/benefici che da un lato evidenzia i costi necessari per costruire in zona sismica, dall'altro esalta i benefici derivanti dal numero di persone servite e dalla loro dislocazione nel territorio (in questi casi oltre alla densità di popolazione è significativa la difficoltà nel raggiungere un luogo sicuro). Questa strategia sanitaria ha conseguenze sulla pianificazione territoriale, dal momento che può segnare lo sviluppo di un territorio, la ripresa economica di zone prive di attività produttive ed in generale scongiurare l'abbandono di zone disagiate, come quelle montane, attenuando un fenomeno che in questi ultimi anni si è sempre maggiormente accentuato.

Anche la viabilità contribuisce a quanto detto sopra, ad esempio si è assistito allo sviluppo di alcune località appenniniche piuttosto che altre in virtù della vicinanza di arterie stradali ad alto scorrimento. Relativamente ad un ospedale il concetto di viabilità si traduce nella garanzia di agevole raggiungibilità anche in condizioni di emergenza, ossia le vie di accesso non devono essere interessate da frane, dissesti idrogeologici, inoltre devono avere una capienza adeguata a smaltire un carico superiore al normale. E' opportuno che esistano vie di accesso alternative in modo che in caso di impedimenti su una di esse sia sempre possibile raggiungere o allontanarsi dall'ospedale. La capacità di erogare funzioni, richiesta ad un ospedale dopo un evento sismico dipende principalmente dal danno strutturale, non strutturale, impiantistico, dei sistemi di rifornimento, subito, ma anche dalla facilità di accesso e comunicazione.

2.4.6 Pianificazione ospedaliera dell'emergenza

2.4.6.1 L'ospedale nel sistema dei soccorsi sanitari

Il Sistema sanitario di emergenza-urgenza si articola in una configurazione a rete, che garantisce l'integrazione delle cure tra la fase preospedaliera e quella ospedaliera.

Esso è costituito dal Sistema di allarme sanitario, che fa capo alla Centrale operativa 118, dal sistema territoriale di soccorso e da una rete di servizi e presidi ospedalieri funzionalmente differenziati e gerarchicamente organizzati. ".....L'attivazione della Centrale operativa, il suo raccordo con le strutture territoriali ed ospedaliere, con i mezzi di soccorso e con le istituzioni pubbliche e private che cooperano nella risposta all'emergenza, assieme all'attivazione dei Dipartimenti ospedalieri di Emergenza-urgenza, costituiscono la base dell'organizzazione dell'intero Sistema.....". (Atto d'intesa Stato- Regioni G.U. 17-5-96). Nell'articolazione di una risposta ad una chiamata di emergenza, facilmente gestibile con le risorse a disposizione, l'ospedale garantisce la continuità delle cure che sono state erogate al paziente sul luogo dell'incidente e, soprattutto, un buon livello qualitativo delle prestazioni sanitarie.

Il suo ruolo, già così importante in un'emergenza "quotidiana" acquista però un rilievo cruciale nelle situazioni di maxiemergenza, in quelle situazioni in cui ci si trova a dover gestire un gran numero di vittime a fronte di risorse scarse ed inadeguate alle esigenze immediate.

Sia in caso di *catastrofe a effetto limitato*, caratterizzata dall'integrità delle strutture territoriali di soccorso e da interventi sanitari extraospedalieri di durata inferiore alle 12. ore (crash aereo, deragliamento ferroviario ecc), ma soprattutto nel caso di una *catastrofe* con ampia distruzione del territorio (Supplemento alla G.U. n. 109 del 12/5/2001), le prime fasi del soccorso sanitario sono effettuate spesso da soccorritori occasionali, in un contesto di improvvisazione e confusione.

I primissimi soccorsi vengono svolti da coloro che hanno assistito all'evento ed il trasporto dei feriti viene fatto con i comuni mezzi di trasporto nelle strutture di cura a loro note. E' quindi importante che l'ospedale, soprattutto se prossimo al luogo del disastro, sia in condizione di far fronte ad un arrivo massiccio di feriti, coprendo sotto il profilo diagnostico- terapeutico quel lasso di tempo che si interpone tra la catastrofe e l'arrivo di soccorsi organizzati con personale, mezzi ed eventuali attrezzature da campo.

2.4.6.2 L'ospedale nelle maxiemergenze

Alla luce di quanto sopra esposto, ogni struttura ospedaliera deve quindi predisporre degli idonei piani che le consentano di organizzare rapidamente le attività di accoglienza feriti, o di rispondere prontamente alla necessità di dover essere evacuata totalmente o parzialmente. Presupposto essenziale per la pianificazione di tali attività è la conoscenza dei rischi e dei conseguenti possibili scenari catastrofici. I piani devono inserirsi in modo coerente nell'ambito più ampio e complesso della pianificazione d'emergenza che deve essere messa in atto ai diversi livelli: comunale, provinciale, nazionale.

In situazioni di maxiemergenza, sia da cause naturali che indotte dall'uomo, l'organizzazione dei soccorsi prevede l'applicazione di una metodologia operativa complessa che si inquadra nella medicina delle catastrofi e che necessita della conoscenza non solo degli interventi medico-chirurgici ma anche di elementi di sanità pubblica, psicologia, gestione dei mezzi e delle telecomunicazioni ecc., legati a quello specifico contesto.

Le attività della catena straordinaria dei soccorsi sanitari possono essere in sequenza temporale così sintetizzate:

- allarme, preceduto eventualmente da un preallarme;
- ricognizione sul luogo dell'evento, per verificare l'entità dei danni e dei bisogni;
- suddivisione del territorio in "settori" per permettere la distribuzione omogenea delle risorse;
- raccolta, triage, trattamento indifferibile agli infortunati nei Posti Medici Avanzati (PMA);
- evacuazione dei feriti secondo la priorità terapeutica stabilita, in base ai codici di triage, e loro ospedalizzazione.

L'ospedale è quindi l'ultimo, essenziale anello di questa catena di soccorso e la sua totale o parziale inefficienza può incidere negativamente sull'efficacia dell'intera organizzazione.

2.4.6.3 L'ospedale di fronte al rischio sismico

Nel caso specifico del rischio sismico, un terremoto di intensità elevata, che colpisca un territorio esteso, può compromettere o comunque limitare gravemente la capacità di risposta dei servizi sanitari, non solo con la distruzione diretta di abitazioni ed edifici strategici ma anche attraverso danni alla viabilità, al sistema di telecomunicazioni, all'erogazione di energia elettrica ecc.

La riduzione della vulnerabilità degli ospedali rispetto al rischio sismico, che è di fondamentale rilevanza alla luce di quanto detto, manifesta però caratteri di grande complessità, per diversi motivi:

- presenza, 24 ore su 24, di persone riconducibili a categorie diverse (personale sanitario e amministrativo, pazienti di diversa gravità, anziani, visitatori occasionali, ecc.), in numero e proporzione variabile;
- presenza di materiali potenzialmente pericolosi (gas, farmaci, ecc.);

- presenza di risorse, sia umane che materiali, che possono essere utilizzate per il soccorso alla popolazione;
- funzione complessa della struttura (alberghiera, amministrativa, laboratorio di ricerca).

In seguito ad un evento sismico, rispetto alla funzionalità degli ospedali si possono formulare più scenari:

- a) Struttura non danneggiata e funzionante (al di fuori dell'area più colpita). In questa ipotesi, l'ospedale può svolgere interamente la propria funzione nella catena straordinaria dei soccorsi e mettere in atto i piani per gestire il massiccio afflusso di feriti (PEMAF) provenienti dall'area più colpita (cratere). Gli ospedali che non sono sufficientemente organizzati per dotarsi di un piano finalizzato all'accettazione ed al trattamento di numerosi feriti dovranno pianificare l'assistenza ai pazienti ambulatoriali e a quelli già stabilizzati e sostituire, per l'assistenza ordinaria, quegli ospedali che sono impegnati nell'assistenza di emergenza.
- b) Struttura gravemente danneggiata (nell'area più colpita). In tale situazione l'ospedale deve provvedere a garantire l'evacuazione dei pazienti che non possono essere dimessi verso altre strutture funzionanti, da individuare preventivamente in fase di pianificazione (PEVAC)
- c) Struttura danneggiata ma parzialmente funzionante. Poiché le strutture ospedaliere sono spesso costituite da padiglioni indipendenti, con quadri di vulnerabilità differenti, è possibile che il sisma renda inagibili solo alcuni edifici. In questa prospettiva, l'ospedale deve mettere a punto piani di evacuazione parziale, da applicare ai settori danneggiati, e piani di accettazione straordinaria interni, per accogliere i pazienti ,soggetti ad evacuazione, nelle strutture funzionanti dell'ospedale stesso.

E' inoltre opportuno organizzare squadre per il ripristino delle funzioni parzialmente compromesse.

2.5 Riferimenti

- /1/ Applied Technology Council, 1991. "General Acute Care Hospital Earthquake Survivability Inventory for California", ATC23 Report, Redwood City, CA
- /2/ Applied Technology Council, 1996," Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings", ATC40 Report, Redwood City, CA
- /3/ Applied Technology Council, 2002. "Recommended U.S. – Italy Collaborative Procedures for Earthquake Emergency Response Planning for Hospitals in Italy", ATC51-1 Report, Redwood City, CA
- /4/ Biondi D., De Sortis A., Di Pasquale G. ,Nuti C., Orsini G., Sanò T., Vanzi I., 1998, "Comportamento di ospedali durante il terremoto umbro-marchigiano del settembre 1997", *Ingegneria Sismica n.1/1998*, Patron ed., Bologna
- /5/ Cherubini A., Corazza L., Di Pasquale G., Dolce M., Martinelli A., Petrini V., 1999, "Risultati del progetto LSU-1", in "*Censimento di vulnerabilità degli edifici pubblici, strategici e speciali nelle Regioni Abruzzo, Basilicata, Calabria, Campania, Molise, Puglia e Sicilia – Relazione generale*", Graphic Press s.r.l., L'Aquila
- /6/ D.L.vo n. 502/1992 "Riorganizzazione della materia sanitaria secondo l'articolo 1 della Legge n. 421 del 23 Ottobre 1992, modificato e pubblicato il 7 Gennaio 1994
- /7/ DGXII European Commission (1997) Hope: Seismic risk assessment and mitigation of hospital facility networks, Grant no. EV5V CT93 0297, Final Report STIN.
- /8/ Di Pasquale G., Nuti C., Orsini G., Sanò T., 1997, "Observed behavior of italian hospitals during severe earthquakes", Proc. ATC 29-1 Seminar, Redwood City, Ca
- /9/ Di Pasquale G., Nuti C., Santini S. (1997) *Indagini per la valutazione della vulnerabilità del patrimonio ospedaliero italiano*, Atti dell'8° Convegno Italiano di Ingegneria Sismica, Taormina, 21-24 Settembre 1997.

- /10/ DPR del 14.1.1997 “Approvazione dell’atto di indirizzo e coordinamento alle Regioni ed alle province autonome concernente i requisiti minimi organizzativi e tecnologici per l’esercizio delle attività sanitarie da parte di soggetti pubblici e privati”.
- /11/ Federal Emergency Management Agency, 1990 “Seismic Considerations – Health Care Facilities”, FEMA 74, 3rd edition by Wiss, Janney, Elstner Associates Inc..
- /12/ Federal Emergency Management Agency, 1994 “Reducing the risks of Nonstructural Earthquake Damage”, FEMA 150 Report, revised edition by Building Seismic Safety Council.
- /13/ Federal Emergency Management Agency, 1997 “Commentary on the NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings”, FEMA 274, Report developed for Building Safety Council by ATC
- /14/ Federal Emergency Management Agency, 1997 “NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, FEMA 273, Report developed for Building Safety Council by ATC.
- /15/ Gruppo di Lavoro istituito dal Dipartimento della Protezione Civile, 1999, “Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale”, *Ingegneria Sismica n.1/1999*, Patron ed., Bologna
- /16/ Lucantoni A., Bosi V., Brammerini F., De Marco R., Lo Presti T., Naso G., Sabetta F. “Il rischio sismico in Italia”, *Ingegneria Sismica*, n. 1, 2001 (CD-ROM allegato).
- /17/ Monti G, Nuti C. (1996) *A procedure for assessing the functional reliability of hospitals*, *Structural Safety*, 7 (18).
- /18/ Monti G., Nuti C., Santini S. (1996), *Seismic assessment of hospital systems*, Proceedings of the 11th WCEE, June, Acapulco in Mexico.
- /19/ Nuti C. (1993) *Criteri per la valutazione della sicurezza sismica degli ospedali abruzzesi*, Atti del 7° Convegno Nazionale di Ingegneria Sismica, 13-15 Ottobre, Perugia .
- /20/ Nuti C., Vanzi I. (1997) *Sicurezza sismica del sistema ospedaliero abruzzese*, Atti dell’8° Convegno Nazionale di Ingegneria Sismica, Settembre, Taormina.
- /21/ PAHO/WHO, 2000 Principles of Disaster Mitigation in Health Facilities, Pan American Health Organization, Regional Office for the World Health Organization, Washington DC
- /22/ Regione Toscana, Università d’Annunzio, CUREe, OSHPD, 1999, “Workshop on seismic design and retrofitting of hospitals in seismic areas”, in stampa.
- /23/ Sanò T., Di Pasquale G., Madonna A., Pugliese A., Tarisciotti F. “Il miglioramento della resistenza sismica degli impianti ospedalieri” *Sicurezza e Protezione* n. 28-29, 1992
- /24/ Sanò T., Di Pasquale G., Manieri G., Sacchetti R. “Criteria of Seismic Strengthening of equipment of an hospital in Italy”, Proceedings X WCEE, Madrid, 1992
- /25/ Sano' T., Di Pasquale G., Orsini G: (1994) “Typical damage evaluation based on past earthquakes: Irpinia and Friuli”. ANPA Technical report for the CEC ENVIRONMENT PROGRAM on Seismic risk assessment and mitigation of hospital facility networks, Contract n. EV5V-CT93-0297.
- /26/ SB 1953, 1998, “Seismic Evaluation and Retrofit Regulations”, Stato della California
- /27/ SCPS, 1992, “Rilevazione del patrimonio immobiliare – 1990”, Ministero della Sanità – Sistema Informativo Sanitario – Servizio Centrale della Programmazione Sanitaria
- /28/ SIS-SCPS, 1993, “Flussi informativi – Anno 1992”, Ministero della Sanità - Sistema Informativo Sanitario – Servizio Centrale della Programmazione Sanitaria
- /29/ Zoli- Ravaglia “Pronto Soccorso e Medicina d’urgenza”-2002
- /30/ Morra A., Odetto L.,Bozza C.,Bozzetto C. “ Disaster management” Regione Piemonte-2002

Appendice A - Riferimenti normativi

Si riporta di seguito una breve rassegna della normativa che può essere presa a riferimento per la sicurezza sismica degli ospedali. Si sottolinea che essa non è esaustiva e che non tiene conto delle esigenze specifiche degli ospedali.

A.1 *La norma tecnica precedente (DM 16.1.96)*

I procedimenti di progetto e verifica della normativa avevano carattere convenzionale, nell'assicurare l'effettivo conseguimento dei risultati attesi, specialmente nei confronti del collasso, si fa affidamento sul comportamento duttile della struttura. Si accettava, quindi, che la struttura esca dal campo elastico subendo fenomeni di danneggiamento, che vengono controllati per mezzo di idonee disposizioni costruttive e di idonee caratteristiche dei materiali (Circ. 10.4.1997 n. 65/AA.GG.).

Le azioni di progetto venivano incrementate attraverso il coefficiente di protezione sismica I , che assumeva il valore $I=1.4$ per costruzioni di preminente importanza (ai fini della protezione civile): cioè per opere che al verificarsi di eventi catastrofici assumono, nel primo periodo di emergenza, particolare importanza strategica e per i quali, anche se parzialmente danneggiati, è richiesta una continuità funzionale (Prefetture, Caserme ed edifici annessi dei VVF, Caserme della Forza Pubblica e delle Forze Armate, sedi comunali, ospedali e cliniche e tutti gli immobili necessari per l'esercizio delle comunicazioni radio e telefoniche e per il disimpegno dei servizi di emergenza). (Circolare del Servizio Tecnico Centrale del Ministero del LL.PP. n.25882 del 5.3.1985)

L'aumento del 40% dell'azione sismica di progetto si traduceva in un aumento dell'affidabilità strutturale, quindi una riduzione della probabilità di collasso ma anche in una riduzione della probabilità di danno.

Per limitare la danneggiabilità delle parti non strutturali e degli impianti, infatti, la norma prevedeva che fossero valutati gli spostamenti relativi totali, somma del contributo dei carichi statici e dell'azione sismica convenzionale moltiplicata per un coefficiente moltiplicativo λ , funzione dell'uso dell'edificio e pari rispettivamente a 2, 3 o 4 se $I = 1.0, 1.2$ o 1.4 (cioè per edifici convenzionali, a particolare rischio d'uso o strategici);

Gli spostamenti calcolati erano utilizzati per verificare la stabilità degli elementi non strutturali e la funzionalità degli impianti fissi. In mancanza di specifica valutazione degli effetti del sisma sugli impianti e sugli elementi non strutturali le suddette verifiche potevano ritenersi soddisfatte se il rapporto fra gli spostamenti e le altezze di interpiano è inferiore a 0.002 h in presenza di elementi non strutturali in materiale fragile (laterizi o simili) aderenti alla struttura, mentre può essere raddoppiato se gli elementi non strutturali non interferiscono con la struttura.

Per le opere strategiche, quindi per gli ospedali, la verifica era molto più restrittiva di quanto non fosse per le altre strutture in quanto lo spostamento dovuto al sisma è calcolato con azioni convenzionali maggiorate del 40% e λ era pari a 4: in sostanza, a parità di zona sismica, si accettavano deformazioni circa pari ad $1/3$ di quelle ammesse per strutture convenzionali. Ciò sicuramente riduceva la probabilità di danno a tamponature e partizioni, ma non prendeva in considerazione il problema del danno prodotto ad impianti ed apparecchiature disposti sulla struttura, per i quali occorre sia assicurare il corretto dimensionamento dei sistemi di fissaggio sia la resistenza intrinseca di tali elementi.

Per il soddisfacimento dei requisiti di sicurezza delle parti strutturali gli spostamenti relativi dovevano essere valutati, moltiplicando per 9 gli spostamenti convenzionali e venivano usati per verificare la perdita di connessione nei vincoli o martellamento fra strutture adiacenti.

Per gli edifici, e quindi anche per gli ospedali, la norma è stata superata dall'Ordinanza PCM 3274/2003, di cui vengono richiamati i punti salienti nel paragrafo successivo.

A.2 *Le vecchie linee guida per progettazione, esecuzione e collaudo di strutture isolate dal sisma*

Le linee guida (Pres. Cons. Sup. LL.PP. – Serv. Tec. Centr., Dicembre 1998) erano state emanate per fornire un riferimento alla progettazione e realizzazione di strutture dotate di dispositivi di isolamento sismico alla base o di apparecchi dissipativi. Esse sono state superate dall'Ordinanza 3274 che integra nelle norme di cui agli allegati 2 e 3 questo tipo di tecnologie, sono qui riassunte come esempio di formulazione dei requisiti di sicurezza e di descrizione dell'azione sismica abbastanza vicine all'Eurocodice 8 e quindi anche all'Ordinanza 3274, già nel precedente quadro normativo.

In esse si specificava che per le strutture sismicamente isolate occorre soddisfare sia requisiti concernenti la limitazione dei danni, sia requisiti riguardanti la capacità di resistenza ultima. Tali requisiti si intendevano soddisfatti se:

- per un evento sismico caratterizzato da un periodo di ritorno non inferiore a 150 anni la risposta dell'insieme isolatore – struttura si mantiene in campo elastico lineare e le apparecchiature rilevanti alla funzione dell'edificio restano operative;
- per un evento sismico caratterizzato da un periodo di ritorno non inferiore a 500 anni il dispositivo di isolamento raggiunge le sue condizioni limite di funzionamento, la struttura subisce danni di entità controllata e nessun danno strutturale si verifica sotto il piano di isolamento.

L'intensità dell'azione sismica corrispondente a detti periodi di ritorno poteva essere determinata mediante analisi di pericolosità; essa veniva misurata mediante il rapporto a_g/g ⁽¹¹⁾ ed i valori ottenuti non potevano essere inferiori a limiti prefissati per ogni grado di sismicità S. Per le costruzioni ordinarie tali limiti valevano 0.04, 0.07 e 0.10 per la verifica dello stato limite di danno (SLD) nelle zone con S= 6, 9 e 12 rispettivamente. Valevano 0.15, 0.25 e 0.35 per la verifica dello stato limite ultimo (SLU).

Il livello di protezione nei confronti degli stati limite di danno e di collasso era aumentato moltiplicando il rapporto a_g/g per un coefficiente di importanza $I > 1$. Combinando questa prescrizione con l'attribuzione dei coefficienti di protezione, che prevedeva $I=1.4$ per gli ospedali, si otteneva un'azione sismica di riferimento caratterizzata da periodi di ritorno di circa 300 anni per la verifica dello SLD e di circa 1000 anni per la verifica dello SLU¹².

Il contenuto in frequenza dell'azione sismica era descritto da uno spettro di risposta elastico che poteva essere dedotto da analisi di pericolosità specifiche per il sito, ma che non poteva avere ordinate spettrali inferiori a quelle ricavate da forme standard ancorate ai valori minimi di a_g/g precedentemente definiti. Tali forme dipendevano dalle condizioni effettive di sito, schematizzate in tre casistiche (A siti rigidi, B medi, C soffici con contrasto), simili a quelle della nuova norma, che però ha dato maggiore importanza agli effetti di amplificazione del moto legati alle condizioni di sito.

A.3 *La norma tecnica attuale (Ordinanza PCM 3274/2003)*

Il 20 marzo 2003 il Presidente del Consiglio dei Ministri ha emanato l'Ordinanza n. 3274 riguardante i “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zone sismiche*”, un provvedimento che ha inteso fornire una risposta immediata ed integrata alle necessità di aggiornamento di due importanti strumenti normativi per la riduzione del rischio sismico: (a) la classificazione sismica, ossia il riconoscimento ufficiale della diversa pericolosità sismica del territorio e (b) la normativa sismica, ossia le norme che regolano la progettazione e la valutazione della sicurezza delle opere nei confronti delle stesse azioni.

¹¹ a_g è l'accelerazione di picco al suolo, g è l'accelerazione di gravità.

¹² Nelle linee guida il coefficiente $I=1.4$ viene ritenuto equivalente ad un raddoppio del periodo di ritorno.

Si è trattato di una “*prima e transitoria disciplina della materia*” motivata dalla volontà di recuperare rapidamente un divario che negli ultimi due decenni si era creato fra il livello delle conoscenze scientifiche e tecniche e il livello normativo, in attesa di “*una successiva disciplina organica della materia*”: un divario percepito come particolarmente inaccettabile dopo il luttuoso terremoto avvenuto in Molise e Puglia il 31 ottobre 2002, in una zona non classificata sismica. Da qui la natura urgente del provvedimento, che ha utilizzato l’ “*autorevole contributo tecnico scientifico*” di un gruppo di lavoro appositamente istituito con decreto del Sottosegretario di Stato alla Presidenza del Consiglio del 4 dicembre 2002, che in tempi strettissimi (40 giorni) ha predisposto i quattro allegati tecnici all’Ordinanza.

Il provvedimento ha avuto l’intesa del Ministro delle Infrastrutture e dei trasporti e l’avviso del Presidente della Conferenza dei presidenti delle regioni e delle province autonome.

L’Ordinanza 3274 è stata modificata ed integrata dalla successiva OPCM n. 3316 del 2/10/03.

L’Ordinanza ha quattro articoli e cinque allegati che cambiano la classificazione sismica e la normativa tecnica e che sono adottati con l’articolo 1.

L’art. 2 specifica i compiti delle Regioni in ordine alla compilazione degli elenchi delle zone sismiche ed alla facoltà di adottare la progettazione sismica in zona 4. Lo stesso articolo ridefinisce il regime transitorio stabilendo:

a) la possibilità di continuare ad utilizzare la vecchia classificazione sismica e le vecchie norme tecniche per le opere già iniziate e per le opere pubbliche con progetti già approvati o con lavori appaltati,

b) un periodo di 18 mesi durante il quale per le opere non strategiche né rilevanti si può far riferimento al vecchio o al nuovo regime normativo.

Inoltre si introduce l’obbligo delle verifiche sismiche delle opere strategiche e rilevanti nei prossimi cinque anni e si prevede la definizione delle tipologie di tali opere, del piano temporale delle verifiche e delle indicazioni tecniche per le verifiche stesse.

Negli articoli 3 e 4 si elencano alcune azioni volte alla formazione ed al miglioramento delle conoscenze nel settore dell’ingegneria sismica.

A.3.1 L’Allegato 1

Nell’Allegato 1 l’Ordinanza definisce i criteri generali per la classificazione del territorio, in conformità alla ripartizione delle funzioni attribuite allo Stato ed alle Regioni definita dal Decreto legislativo 31/3/98 n. 112. Tale Decreto ha conferito alle Regioni e agli Enti locali “*l’individuazione delle zone sismiche, la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*” (articolo 94, comma 2, lettera a), mentre “*sono mantenute allo Stato le funzioni relative (...) ai criteri generali per individuazione delle zone sismiche e alle norme tecniche per le costruzioni nelle medesime zone*” (art. 93, comma 1 lettera g).

L’allegato 1 definisce i criteri da rispettare per determinare la severità dell’azione sismica, descritta in termini di accelerazione di picco al suolo (a_g) caratterizzata da una probabilità di superamento del 10% in 50 anni. La stessa grandezza a_g è utilizzata sia per definire le zone sismiche (4 in ordine decrescente di pericolosità dalla 1 alla 4) sia per definire le azioni da adottare nella progettazione delle opere o nella loro valutazione (Allegati 2,3 e 4).

L’Allegato 1, inoltre, al fine di evitare che si verifichino notevoli differenze di valutazione della sismicità fra territori vicini, stabilisce che eventuali studi di pericolosità a supporto di future operazioni di classificazione dovranno essere confrontati con una “*mappa nazionale di riferimento*”, rispetto alla quale sono consentite deviazioni contenute in una prefissata tolleranza.

In sede di prima applicazione tale mappa è rappresentata dalla proposta di classificazione messa a punto da un gruppo di lavoro costituito con decreto della Presidenza del Consiglio dei Ministri

n. DSTN/2/19767 del 24/9/97, unita alla classificazione determinata dai decreti ministeriali succedutisi fino al 1984. Non si è voluto, quindi, in attesa di sistemazioni della materia relativamente prossime, declassificare nessun comune. L'elenco dei comuni classificati in base ai predetti documenti è in appendice all'allegato 1: rispetto ad esso è consentito alle Regioni un margine di tolleranza pari ad una zona.

Con la nuova classificazione tutto il territorio nazionale è considerato sismico: nella zona 4, in cui l'azione sismica è particolarmente bassa, viene data facoltà alle Regioni di ritenere o no obbligatoria la progettazione sismica.

A.3.2 Allegato 2: Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici

Le nuove norme tecniche non sono un documento di applicazione nazionale dell'Eurocodice 8, ma ne rappresentano una semplificazione ed un adattamento alla realtà italiana, che facilita il futuro recepimento della normativa europea. Le caratteristiche salienti possono essere riassunte come di seguito riportato.

a) Definizione esplicita delle prestazioni attese (requisiti di sicurezza), che sono:

Sicurezza nei confronti della stabilità (stato limite ultimo – SLU) - sotto l'effetto della azione sismica di progetto, le strutture degli edifici,, pur subendo danni di grave entità agli elementi strutturali e non strutturali, devono mantenere una residua resistenza e rigidità nei confronti delle azioni orizzontali e l'intera capacità portante nei confronti dei carichi verticali.

Protezione nei confronti del danno (stato limite di danno – SLD) - le costruzioni nel loro complesso, includendo gli elementi strutturali e quelli non strutturali, ivi comprese le apparecchiature rilevanti alla funzione dell'edificio, non devono subire danni gravi ed interruzioni d'uso in conseguenza di eventi sismici che abbiano una probabilità di occorrenza più elevata di quella della azione sismica di progetto. Per particolari categorie di costruzioni, in relazione alla necessità di mantenerle pienamente funzionali anche dopo terremoti violenti, si possono adottare valori maggiorati delle azioni, facendo riferimento a probabilità di occorrenza simili o più vicine a quelle adottate per la sicurezza nei confronti del collasso.

Fra le costruzioni per cui è richiesta la funzionalità ricadono gli ospedali, per i quali l'azione sismica è maggiorata del 40% rispetto alle costruzioni normali.

I requisiti sopra enunciati si considerano soddisfatti se vengono seguite le disposizioni contenute nelle norme. Non sono escluse altre vie per raggiungere gli stessi obiettivi, purché adeguatamente giustificate.

b) Definizione dell'azione sismica effettivamente attesa

L'azione sismica è definita in modo congruente con i criteri generali di classificazione e si basa sullo spettro elastico di risposta, funzione dell'accelerazione di picco al suolo (a_g) prima richiamata e delle condizioni stratigrafiche del sito su cui l'opera è fondata.

c) Regolarità strutturale

Grande importanza viene data alla identificazione delle caratteristiche tipologiche in grado di conferire un comportamento regolare alla struttura anche quando si danneggia. In particolare la regolarità in pianta è definita sulla base della compattezza della forma e della sussistenza di simmetrie di masse e rigidità. La regolarità in altezza è definita dalla (i) presenza di elementi resistenti ad azioni orizzontali estesi a tutta altezza; (ii) variazione graduale di massa e di rigidità con l'altezza, (iii) rapporto tra resistenza di piano effettiva e resistenza richiesta simile a tutti i piani.

d) Gerarchia delle resistenze tra elementi/meccanismi strutturali Il concetto di gerarchia delle resistenze diventa un elemento fondamentale della progettazione, in quanto consente di evitare che i meccanismi/elementi fragili non siano l'anello debole della catena strutturale e quindi, in definitiva, che sia effettivamente possibile continuare a mantenere il requisito di

sicurezza strutturale anche in condizioni di danneggiamento strutturale grave. I principi di gerarchia possono essere sintetizzati come segue:

- Pilastri più resistenti delle travi
- Nodi trave-pilastro più resistenti di travi e pilastri
- Pareti in c.a.: elevazione più resistente della sezione di base
- Resistenza a taglio maggiore della resistenza flessionale
- Resistenza dei diaframmi di piano (solai) maggiore di quella offerta dagli elementi (travi, pilastri) collegati
- Resistenza delle fondazioni maggiore di quella della sovrastruttura

e) Metodi di analisi

Sono consentiti diversi tipi di analisi in funzione delle caratteristiche delle costruzioni e del livello di conoscenza. A fianco alle analisi lineari, statiche e dinamiche, sono consentite analisi non lineari. In particolare assume rilievo l'analisi statica non lineare come ausilio alla determinazione della capacità di una struttura di sopportare le azioni sismiche. Questo tipo di analisi, largamente presente in autorevoli norme estere ed anche nell'Eurocodice 8, è uno strumento particolarmente importante nell'analisi di opere esistenti, in quanto consente di seguire l'evoluzione del danneggiamento all'aumentare dell'azione sismica cogliendo l'influenza delle eventuali carenze presenti nella struttura.

f) Opere esistenti e livelli di conoscenza

Si danno indicazioni dettagliate sulle indagini e le analisi da effettuare nella valutazione del comportamento di costruzioni esistenti, legando al livello di conoscenza che si riesce a raggiungere sia i valori di calcolo delle resistenze, sia i tipi di analisi da adottare.

g) Attenzione al comportamento degli elementi non strutturali e degli impianti

Questo aspetto è particolarmente importante per gli ospedali, per i quali il valore delle opere non strutturali e degli impianti supera di gran lunga quello delle strutture ed il loro comportamento condiziona l'effettiva fruibilità in emergenza del nosocomio, quindi la possibilità di assistenza alla popolazione in caso di emergenza.

A..3.3 Norme tecniche per il progetto sismico dei ponti

Sono ispirate a principi generali molto simili a quelli visti per gli edifici, non vengono qui commentate perché non di interesse per queste Raccomandazioni.

A.3.4 Norme tecniche per il progetto sismico delle opere di fondazione e di sostegno dei terreni

Le caratteristiche salienti di questa norma possono essere così riassunte:

- a) è coerente con l'Eurocodice 8 - Parte 5,
- b) contempla diversi approcci alle verifiche di sicurezza e resistenza, in funzione della sismicità e del tipo di terreno (p. es. stabilità dei versanti)
- c) riconosce il ruolo delle deformazioni permanenti del terreno causate dal terremoto ai fini della progettazione (p. es. per le opere di sostegno),
- d) è coerente con il principio di gerarchia delle resistenze (le fondazioni di strutture dissipative possono essere dimensionate in base alle resistenze degli elementi sostenuti)

Per quanto riguarda le verifiche di sicurezza, esse sono tese a dimostrare la sussistenza dei requisiti del sito di costruzione dell'opera e dei terreni di fondazione, che devono essere esenti da pericoli di instabilità dei pendii, liquefazione, eccessivo addensamento, o di rottura di faglia in superficie. Si danno indicazioni per le verifiche rispetto alla liquefazione ed alla stabilità dei versanti in caso di sisma. Si stabiliscono criteri di verifica delle fondazioni che utilizzano principi omogenei a quelli alla base delle analisi strutturali.

A.4 L'Eurocodice 8

In ambito europeo è in corso dal 1975 un'azione che mira a fornire a tutti i paesi membri della CE metodi comuni di progetto delle strutture e delle loro parti al fine di facilitare lo scambio di servizi di costruzione e la circolazione dei prodotti. Alcuni documenti prodotti in tale ambito (Eurocodice 2, per le strutture in cemento armato ed Eurocodice 3 per le strutture in acciaio) potevano essere già utilizzati nell'ambito del quadro normativo previgente nelle zone non sismiche. L'Eurocodice 8, che riguarda le costruzioni in zona sismica, non è ancora utilizzabile, anche se, probabilmente lo sarà a breve. In ogni caso l'importanza di questo documento è assolutamente rilevante poiché fissa in modo armonico per tutta la UE alcuni principi in termini di prestazioni attese e fornisce molte dettagliate indicazioni sui requisiti da rispettare per raggiungerle. L'Eurocodice 8, fra l'altro, ha ispirato le già citate Linee guida per le strutture isolate e le nuove norme sismiche emanate con l'Ordinanza 3274/03, in particolare anche per le azioni di verifica sulle apparecchiature presenti nei fabbricati. La parte 1 dell'EC8, inoltre, definisce le azioni sismiche con dettaglio molto maggiore rispetto a quello delle precedenti proposte: in particolare le condizioni di sito di riferimento passano dalle precedenti 3 a 7 e sono considerate due diverse forme spettrali in funzione della magnitudo M_s massima attesa (se è inferiore a 5.5 si adottano spettri con ordinate spettrali inferiori a periodi medio - elevati. Nelle nuove Norme tecniche, pur conservando la suddetta differenziazione dei profili stratigrafici di riferimento, gli spettri di risposta sono stati ridotti a tre soli tipi e non si è introdotta la differenziazione in funzione della Magnitudo.

Sempre nell'ambito dell'EC8 la parte 3, riguardante la riparazione ed il miglioramento sismico delle strutture esistenti, è chiaramente basata su principi analoghi a quelli utilizzati nelle FEMA 273 (NEHRP 1997), ed è quindi sostanzialmente recepita nelle nuove Norme, con semplificazioni ed adattamenti.

A.5 Ulteriori riferimenti nazionali

A livello nazionale esistono diverse norme che fanno riferimento al rischio sismico e che possono interessare la progettazione o la gestione degli ospedali.

A.5.1 Decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626.

Il decreto concerne l' "attuazione di direttive comunitarie riguardanti il miglioramento della sicurezza e salute dei lavoratori sul luogo di lavoro" ed ha subito successive modifiche ed integrazioni. Esso fa continuamente riferimento alla valutazione dei rischi, incluso quello sismico, ed alla predisposizione di idonee misure di mitigazione. E' evidente che tali misure devono essere commisurate sia agli obiettivi che si intende raggiungere sia alle condizioni attuali dell'ospedale. E' necessario coordinare procedure, strutture e strumenti per le diverse ipotesi di rischio. Nei fatti oggi l'attenzione è focalizzata principalmente sul rischio di incendio e su altri incidenti interni come le radiazioni o il rilascio di sostanze pericolose. Deve essere fatto uno sforzo per consentire anche l'efficace considerazione del rischio sismico, che ha le seguenti particolarità:

- può produrre danni all'ambiente esterno ma anche all'interno dell'ospedale,
- causa un aumento di domanda sanitaria ma anche una diminuzione di funzionalità,
- è causa comune di altri incidenti (p. es incendi o rilascio di sostanze pericolose),

La riduzione del rischio sismico nelle strutture ospedaliere richiede una preparazione molto spinta che deve interessare il personale (responsabilità, organizzazione, ruoli medici e tecnici), la conoscenza delle caratteristiche di vulnerabilità di strutture ed impianti (individuazione dei luoghi sicuri e percorsi di evacuazione), sia, infine, la disponibilità di risorse alternative a quelle utilizzate in condizioni normali (generatori di emergenza, scorte di combustibile, acqua, gas medicali, ...).

A.5.2 DPR 30.4.1999 n. 162

Il Decreto è denominato “Regolamento recante norme per l’attuazione della direttiva 95/16/CE sugli ascensori e di semplificazione dei procedimenti per la concessione del nulla osta per ascensori e montacarichi, nonché della relativa licenza di esercizio”.

Nell’allegato I, “Requisiti essenziali di sicurezza e salute ...” Si specifica che il fabbricante del componente di sicurezza e l’installatore hanno l’obbligo di effettuare un’analisi dei rischi per individuare tutti quelli che concernono il loro prodotto e devono inoltre progettarlo e costruirlo tenendo presente tale analisi. La frase è generica ma apre decisamente la prospettiva alla valutazione degli effetti del sisma su queste fondamentali apparecchiature, che oggi quasi mai sono progettate con specifico riferimento all’azione sismica. Quest’ultima è stata responsabile in diversi terremoti recenti di malfunzionamenti dovuti a fuoriuscita del contrappeso dalle guide, a inceppamenti delle porte e a problemi ai rinvii delle funi.

Appendice B - Caratterizzazione del moto sismico

Come già detto nell'Appendice A le nuove Norme tecniche caratterizzano l'azione sismica di riferimento in modo probabilistico in funzione della probabilità prefissata di eccedenza dell'accelerazione di picco al suolo (a_g) in un determinato periodo. L'azione così determinata fa riferimento a quella che viene definita spesso "pericolosità di base" del territorio, ossia determinata a prescindere dei fenomeni che possono influenzare localmente l'amplificazione dello scuotimento. Le Norme tengono parzialmente conto di questo fenomeno adottando differenti tipi di spettri elastici di risposta.

Sempre le norme, infine, modificano l'entità dell'azione sismica da assumere nel progetto in funzione delle requisiti richiesti all'opera. Per gli ospedali, opere strategiche per le quali è richiesta la funzionalità post sisma, ciò viene ottenuto aumentando del 40% le azioni di riferimento utilizzate per le opere normali.

In questo capitolo si forniscono alcune sintetiche indicazioni sui tre aspetti sopra richiamati.

B.1 Azione sismica di riferimento ed effetti locali

Storicamente l'effetto dello scuotimento sismico è stato 'simulato' dalle norme tecniche con sistemi di forze proporzionali alle masse.

Questa impostazione era già presente nella ricostruzione dopo il sisma del 1908, quando l'apposita commissione raccomandò di considerare forze equivalenti orizzontali pari all'8% del peso degli edifici.

Le precedenti Norme tecniche specificavano forze equivalenti pari al 4%, 7% e 10% nelle tre zone sismiche in cui era classificato il territorio nazionale. Per definire tali forze si usava il coefficiente sismico $C = (S-2)/100$, con S = grado di sismicità, pari a 6, 9 e 12 rispettivamente nelle zone di bassa, media ed alta sismicità.

Lo scuotimento può essere meglio espresso con riferimento alle proprietà dinamiche delle costruzioni tramite lo spettro di risposta elastico ($S_e(T)$), cosa che fanno le nuove norme, mentre le precedenti utilizzavano unicamente lo spettro di progetto ($S_d(T)$), che rappresentava un'azione già ridotta per tener conto implicitamente del tipo di verifica che si eseguiva e della presumibile duttilità della struttura.

Tornando allo spettro di risposta elastico, esso, in sostanza rappresenta l'insieme delle massime accelerazioni risentite da oscillatori semplici elastici caratterizzati da un periodo proprio T . Ogni ordinata spettrale relativa ad un valore di T rappresenta quindi la massima risposta strutturale al sisma di una struttura molto semplice, ad un solo grado di libertà o assimilabile a tale schema, che si conservi lineare elastica, ossia, in termini approssimati, non si danneggi in modo significativo.

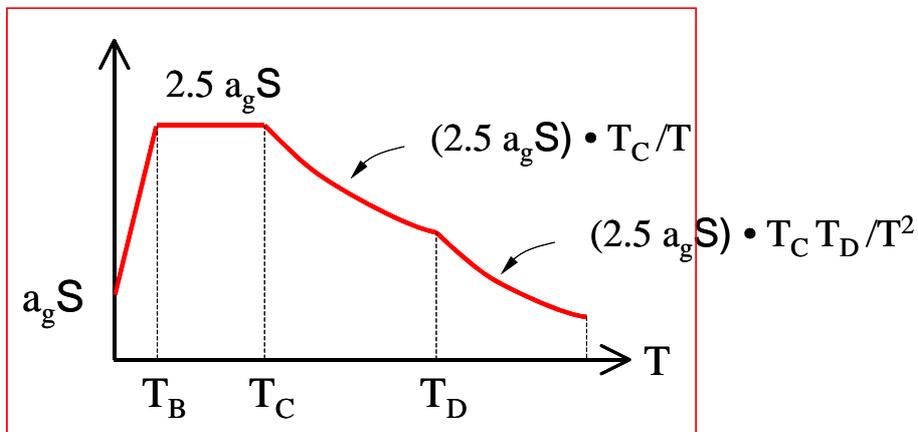
Gli spettri elastici di riferimento sono definiti dalle nuove norme in funzione dell'accelerazione di picco al suolo (a_g) e delle caratteristiche del profilo stratigrafico del suolo di fondazione, come schematicamente illustrato in figura 4.1.

Una novità delle nuove norme tecniche, coerente con l'Eurocodice 8, è di aver legato l'azione sismica alle condizioni di sito, rappresentando in questo settore un notevole progresso rispetto al vecchio coefficiente di fondazione ϵ .

Sono previste tre condizioni di suolo standard e due condizioni di suolo "speciali" S1 ed S2 per le quali la norma non fornisce spettri predefiniti e quindi devono essere effettuati studi specifici degli effetti di amplificazione locale.

Il riconoscimento del tipo di suolo è basato sulla deformabilità media dei primi 30 metri di terreno: le grandezze utilizzate sono determinate dall'integrazione degli inversi della Velocità delle onde di taglio oppure del numero di colpi della prova SPT o, per i terreni coesivi, della

resistenza non drenata a taglio. In presenza di indagini e studi approfonditi (ad esempio di microzonazione sismica) i parametri che definiscono lo spettro di risposta (S , T_B , T_C , T_D) possono essere variati, rispetto alla figura 4.1, in modo da poter meglio approssimare gli effetti di amplificazione locale.



CLASSE	S	T_B	T_C	T_D
A	1.00	0.10	0.4	2.0
B,C,E	1.25	0.15	0.5	2.0
D	1.35	0.20	0.8	2.0

Figura 4.1 Spettri elastici nelle nuove norme tecniche; in alto la forma standard, in basso la tabella che identifica i parametri caratteristici in funzione del profilo stratigrafico del suolo di fondazione

Lo spettro elastico di riferimento delle norme o quello di un terremoto reale atteso possono essere anche molto superiori a quello che le stesse norme tecniche definiscono come “spettro di progetto”, con il quale il progettista era abituato a confrontarsi. In figura 4.2 lo spettro elastico registrato a Colfiorito durante il sisma in Marche - Umbria del 1997 (registrazione della rete Accelerometrica Nazionale delle ore 00:33 del 26.9.97) è confrontato con gli spettri elastici e di progetto delle norme tecniche nuove (suolo B) e vecchie e con lo spettro a duttilità costante ($q=4$) calcolato dalla stessa registrazione.

Si vede che l'uso delle risorse duttili delle strutture rende conto della riduzione della risposta propria di strutture che si danneggiano in modo non fragile. Si vede anche che tale riduzione è inferiore per strutture che hanno periodi propri molto bassi fino ad annullarsi per strutture rigide (T prossimo a zero).

Da qui l'importanza che le nuove norme attribuiscono alla regolarità strutturale ed alla adozione di principi di gerarchia delle resistenze, entrambi fattori che consentono di garantire elevati valori di duttilità.

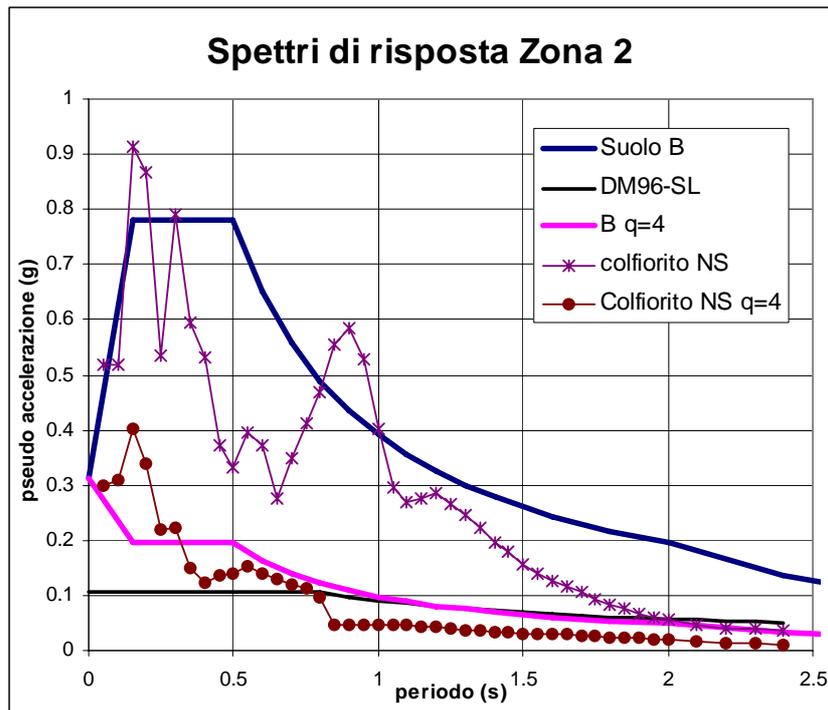


Fig. 4.2: Spettri elastici e di progetto in zona 2 per suolo tipo B secondo le nuove Norme tecniche a confronto con lo spettro elastico di un terremoto reale e con lo spettro a duttilità costante per lo stesso terremoto

B.2 Modifica dell'azione sismica in funzione dei requisiti dell'opera

Gli edifici di interesse strategico (quindi gli ospedali) e le opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile devono possedere un livello di protezione sismica più elevato di quello richiesto alle strutture ordinarie, in funzione della loro importanza e del loro uso (par. 2.5 All. 2). In sostanza le azioni sismiche di riferimento per tali opere sono amplificate del 'fattore d'importanza', che per gli ospedali vale 1.4, sia per la verifica dello stato limite ultimo, sia per la verifica dello stato limite di danno.

L'amplificazione suddetta può essere interpretata come riduzione della probabilità di superamento dell'evento per cui si vogliono garantire le prestazioni dell'opera (stabilità o protezione dal danno), ma anche come miglioramento delle prestazioni a parità di probabilità di superamento dell'azione.

Nella figura 4.3 sono riportate le curve di pericolosità di alcuni comuni classificati in zona 1, ossia le curve che danno, per ogni periodo medio di ritorno (T_r , espresso in anni) la corrispondente accelerazione di picco al suolo. Per agevolare la lettura tali curve sono normalizzate rispetto al valore dell'accelerazione di picco al suolo caratterizzata da una probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Il periodo medio di ritorno è legato alla probabilità di eccedenza dell'azione da una relazione che dipende dal modello di sismicità adottato. Negli studi effettuati dal Servizio Sismico Nazionale (Albarello et al, 2000) tale modello è Poissoniano e la probabilità di eccedenza (p) dell'accelerazione è pari a

$$p(A \geq a|t) = 1 - \exp(-t/Tr(a)), \text{ da cui si trae: } Tr(a) = -t/\ln(1-p)$$

Si ha quindi la seguente tabella di corrispondenza per un periodo $t=10$ anni

p (%)	2	5	10
Tr (anni)	495	195	95

E la seguente tabella di corrispondenza per un periodo $t=50$ anni

p (%)	2	3	5	10	20	30	50
Tr (anni)	2475	1642	975	475	224	140	72

Il livello di accelerazione previsto dalle nuove norme sismiche per la verifica della sicurezza nei confronti della stabilità (stato limite ultimo) per opere normali è caratterizzato da $p=10\%$ e $t=50$ anni, quindi da $Tr=475$ anni.

Moltiplicando l'accelerazione corrispondente a $Tr=475$ anni per 1.4, nei comuni a più alta sismicità, si ottiene un livello di azione caratterizzato da $Tr= 1000 - 1600$ anni, quindi probabilità di superamento in 50 anni comprese fra il 3% e il 5%.

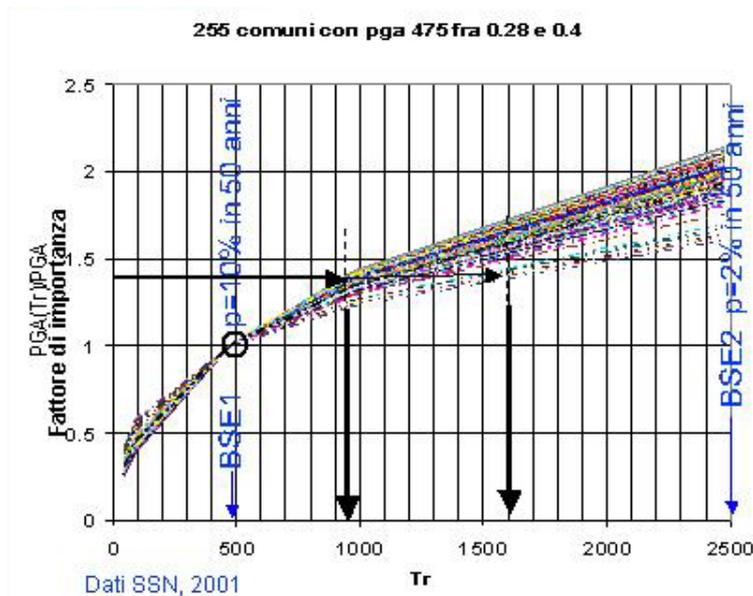


Figura 4.3; curve di pericolosità normalizzate per comuni italiani ad alta sismicità (dati DPC-SSN)

Nella stessa figura sono riportate le dizioni BSE1 e BSE2 (Basic Safety Objective) che sono utilizzate dalle norme NEHRP come eventi di riferimento rispettivamente per la verifica di sicurezza per la vita e per la verifica di non collasso di opere normali (non strategiche né rilevanti). Da notare che le nuove norme sismiche prevedono anche, per gli ospedali esistenti, la verifica dello stato limite di collasso (CO), da fare utilizzando un'azione sismica ulteriormente maggiorata del 50%. Dalla figura 4.3 si vede che utilizzando il fattore $1.4 \times 1.5 = 2.1$ si arriva a periodi di ritorno per l'appunto vicini a 2500 anni.

Appendice C - Criteri di analisi di edifici esistenti

C.1 Introduzione

Gli interventi di adeguamento o di miglioramento degli edifici esistenti devono essere decisi a seguito della valutazione delle prestazioni attese dell'edificio e degli impianti a fronte del sisma e del confronto di tali prestazioni con quelle ritenute accettabili.

Schematicamente il processo generale può essere diviso nei seguenti passi:

- a) definizione degli 'obiettivi di sicurezza' (prestazioni attese a fronte di eventi sismici aventi probabilità di accadimento fissate),
- b) verifica delle prestazioni nello stato attuale,
- c) eventuale individuazione degli interventi minimi necessari a raggiungere gli obiettivi nel caso in cui lo stato attuale dell'edificio e degli impianti non sia soddisfacente.

Per quanto riguarda il punto a) la particolare natura dell'ospedale come fondamentale struttura di assistenza alla popolazione in caso di calamità richiederebbe la sua operatività in caso di sisma. Questo obiettivo può essere ambizioso per gli ospedali esistenti, in particolare per quelli non progettati secondo le norme sismiche. Per questa ragione il rapporto ATC-51 "U.S.-Italy collaborative recommendations for improving the seismic safety of hospitals in Italy" (ATC 2000) suggerisce di considerare un obiettivo di sicurezza che sia in generale congruente con quello che era desumibile dalle Linee guida per gli ospedali protetti con dispositivi di isolamento alla base, e cioè:

- l'operatività per un sisma con probabilità di superamento del 15% in 50 anni,
- il non collasso per un sisma avente probabilità di superamento del 5% in 50 anni,

ma che possa essere anche più stringente per ospedali nuovi (10/50 e 2/50) e meno stringente per strutture esistenti (50/50 e 10/50) per le quali il rischio è ridotto dalla minore vita residua.

Il punto b) rappresenta un passaggio estremamente critico perché l'analisi di una struttura esistente, specialmente se molto complessa, come un ospedale, è molto difficile.

Il suggerimento dell'ATC-51, è di considerare tre diversi livelli di approfondimento della valutazione, escludendo le analisi per quegli edifici che già si sa, a priori, essere adeguati:

- Esame mediante check-list e pochi calcoli, che richiede poco tempo per ogni edificio. L'ATC-51 propone la procedura del Tier 1 del FEMA 310, "Handbook for the Seismic Evaluation of Existing Buildings", adeguata alla realtà italiana (La procedura è riportata nell'appendice E dell'ATC 51).
- Esame con maggiore approfondimento, secondo il Tier 2 del FEMA 310 che richiede circa due settimane per edificio.
- Analisi dettagliata secondo la procedura del FEMA 273: "Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings (ATC, 1997)" che richiede due mesi o più.

Normalmente l'attività di valutazione si effettua in più passi a partire dal livello più semplice; se l'esame di un livello è considerato superato non è necessario passare a livelli più di dettaglio.

Un supporto normativo aggiornato con quanto disposto dalla Ordinanza PCM 3274/2003 è fornito dal Decreto del Capo Dipartimento della Protezione civile n. 3685 del 21.10.2003 recante "Disposizioni attuative dell'articolo 2, commi 2, 3 e 4, dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003". Nel Capitolo successivo si riportano stralci del Decreto citato relativi all'individuazione delle opere strategiche ed alle indicazioni tecniche fornite per la verifica delle opere strategiche e rilevanti. Tali indicazioni riassumono e semplificano alcune parti delle nuove norme tecniche e possono essere utilizzate, oltre che per le verifiche previste dall'Ordinanza 3274/03, anche per la diagnosi dello stato di sicurezza della

struttura ospedaliera prevista nell'ambito del Progetto generale (definitivo) e di valutazione tecnica degli interventi (v. Linee guida, par. 1.2).

Affinché i risultati delle analisi effettuate in base a quanto previsto nel citato Decreto risultino utili per la progettazione definitiva degli interventi è necessario che siano identificati i meccanismi o elementi che determinano il raggiungimento degli stati limite di danno lieve (DL), di danno severo (DS) o di collasso (CO). Questi stati limite, infatti, corrispondono con buona approssimazione al verificarsi delle seguenti prestazioni (v. par. 2.4.1):

DL corrisponde alla possibilità di utilizzare gli ambienti, poiché sono presenti eventualmente piccoli danni limitati ai soli elementi non strutturali (tamponature), quindi alla prestazione di "agibilità immediata" del par. 2.4.1.

DS corrisponde a situazioni di danno grave, ma con residua resistenza e rigidità nei confronti delle azioni orizzontali e l'intera capacità portante nei confronti dei carichi verticali, quindi corrisponde alla prestazione di "sicurezza per la vita" del par. 2.4.1.

CO corrisponde alla situazione in cui la struttura è fortemente danneggiata, con ridotte caratteristiche di resistenza e rigidità residue, appena in grado di sostenere i carichi verticali, quindi corrisponde alla prestazione di "non collasso" del par. 2.4.1.

C.2 Criteri di analisi

C.2.1 Premessa

L'ordinanza 3274/2003 prevede l'avvio di una valutazione dello stato di sicurezza nei confronti dell'azione sismica, da effettuarsi nei prossimi 5 anni, che dovrebbe interessare:

- a) gli edifici di interesse strategico e le opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile,*
- b) gli edifici e le opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso.*

Le tipologie di opere di competenza statale che presentano le caratteristiche indicate sono elencate nella nota ¹³.

¹³ Punto a) (Opere Strategiche): Edifici: Edifici in tutto o in parte ospitanti funzioni di comando, supervisione e controllo, sale operative, strutture ed impianti di trasmissione, banche dati, strutture di supporto logistico per il personale operativo (alloggiamenti e vettovagliamento), strutture adibite all'attività logistica di supporto alle operazioni di protezione civile (stoccaggio, movimentazione, trasporto), strutture per l'assistenza e l'informazione alla popolazione, strutture e presidi ospedalieri, il cui utilizzo abbia luogo da parte dei seguenti soggetti istituzionali: Organismi governativi; Uffici Territoriali di Governo; Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco; Forze Armate; Forze di Polizia; Corpo Forestale dello Stato; Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici; Registro Italiano Dighe; Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Consiglio Nazionale delle Ricerche; Croce Rossa Italiana; Corpo Nazionale Soccorso Alpino; Ente Nazionale per le strade e Società di gestione autostradale; Rete Ferroviaria Italiana; Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale, Proprietari della Rete di Trasmissione Nazionale, delle Reti di Distribuzione e di impianti rilevanti di produzione di energia elettrica; Associazioni di volontariato di protezione civile operative in più Regioni. Opere infrastrutturali: Autostrade, strade statali e opere d'arte annesse; Stazioni aeroportuali, eliporti, porti e stazioni marittime previste nei piani di emergenza, nonché impianti classificati come grandi stazioni; Strutture connesse con il funzionamento di acquedotti interregionali, la produzione, il trasporto e la distribuzione di energia elettrica fino ad impianti di media tensione, la produzione, il trasporto e la distribuzione di materiali combustibili (quali oleodotti, gasdotti, etc...), il funzionamento di servizi di comunicazione a diffusione nazionale (radio, telefonia fissa e mobile, televisione).

Punto b): Edifici: Edifici pubblici o comunque destinati allo svolgimento di funzioni pubbliche nell'ambito dei quali siano normalmente presenti comunità di dimensioni significative, nonché edifici e strutture aperti al pubblico suscettibili di grande affollamento, il cui collasso può comportare gravi conseguenze in termini di perdite di vite umane; Strutture il cui collasso può comportare gravi

L'insieme delle tipologie individuate porta a descrivere in termini molti ampi il patrimonio edilizio sul quale dovranno essere effettuate le verifiche e induce a definire possibili schemi tecnici di riferimento per le verifiche da effettuare in termini tali da coniugare nella maniera più efficace possibile le esigenze di ottenere verifiche tempestive, di semplice attuazione, di contenuto impatto finanziario e di risultati significativi per quanto attiene alla valutazione del livello di sicurezza, tenendo conto delle diverse situazioni di esposizione.

Sulla base di quanto sopra, la Sezione Rischio Sismico della Commissione Nazionale Grandi Rischi ha approvato, nella seduta del 30 luglio 2003, un documento con il quale vengono, tra l'altro, fornite indicazioni utilmente applicabili per la realizzazione delle predette verifiche.

Il suddetto documento, i cui contenuti sono stati condivisi dal Dipartimento della protezione civile definisce tre livelli di acquisizione dati e di verifica, da utilizzare in funzione del livello di priorità e delle caratteristiche dell'edificio o dell'opera in esame.

In particolare, il primo livello (Livello 0) prevede unicamente l'acquisizione di dati sommari sull'opera ed è applicabile in modo sistematico a tutte le tipologie individuate. Esso ha un carattere di rilevazione statistica, che esclude la possibilità di utilizzare i dati in modo puntuale per valutazioni di vulnerabilità di singole strutture.

I livelli successivi (Livello 1 e Livello 2) si riferiscono alle categorie di opere ad elevata priorità, coerentemente con quanto indicato nell'Ordinanza 3274 (i.e. collocate in zona sismica 1 e 2 e progettate in epoca antecedente rispetto alla classificazione del territorio del comune nella zona attuale), pur essendo ovviamente applicabili a qualsiasi edificio o opera indipendentemente dal fatto che presenti o meno tali caratteristiche.

I livelli 1 e 2 si differenziano per il diverso livello di conoscenza ed i diversi strumenti di analisi e di verifica richiesti e si applicano in funzione della regolarità della struttura oggetto di verifica.

C.2.2 Livello 0

Al livello 0 è prevista la sola acquisizione dei seguenti dati sommari:

- 1) Denominazione dell'opera*
- 2) Proprietario*
- 3) Utilizzatore*
- 4) Classificazione ai sensi degli elenchi di cui all'allegato 1*
- 5) Coordinate geografiche*
- 6) Dati dimensionali (per edifici: superficie coperta, volumetria e numero di piani; per ponti: lunghezza totale e numero di campate)*
- 7) Anno di progettazione*
- 8) Anno di ultimazione della costruzione*
- 9) Anno di effettuazione di eventuali interventi di modifica sostanziale*
- 10) Materiale strutturale principale della struttura verticale*
- 11) Dati di esposizione (per edifici: numero di persone mediamente presenti durante la fruizione ordinaria dell'opera; per ponti: numero di autoveicoli transitanti nelle ore di traffico intenso)*
- 12) Dati geomorfologici (pendenza del terreno, presenza di dirupi o creste, presenza di corpi franosi).*

conseguenze in termini di danni ambientali (quali ad esempio impianti a rischio di incidente rilevante ai sensi del D.P.R. 18 maggio 1988, n. 175 e successive modifiche ed integrazioni, impianti nucleari di cui al decreto legislativo 17 marzo 1995, n. 230 e successive modifiche ed integrazioni); Edifici il cui collasso può determinare danni significativi al patrimonio storico, artistico e culturale (quali ad esempio musei, biblioteche, chiese). Opere infrastrutturali: Opere d'arte relative al sistema di grande viabilità stradale e ferroviaria, il cui collasso può determinare gravi conseguenze in termini di perdite di vite umane, ovvero interruzioni prolungate del traffico; Grandi dighe.

Tutte le opere dovranno quindi essere collocate geograficamente in relazione ad una mappa di pericolosità, in funzione delle quattro zone sismiche definite dalla Norme, o in relazione a mappe più fini, con passo 0,025 g per l'accelerazione attesa al suolo con probabilità di eccedenza 10 % in 50 anni o a specifici studi di pericolosità eventualmente disponibili.

Dovranno pertanto essere indicate:

13) PGA con probabilità di eccedenza 10 % in 50 anni

14) PGA con probabilità di eccedenza 50 % in 50 anni

Le date di progettazione e costruzione dovranno essere confrontate con la classificazione dell'epoca e con la classificazione attuale, effettuando un primo screening di rischio, con pura valenza statistica.

C.2.3 Livelli 1 e 2 (edifici)

Su ciascun edificio andranno effettuati sopralluoghi volti alla conoscenza ed al rilievo della struttura. Andranno inoltre raccolte tutte le informazioni e la documentazione disponibile sul sito di costruzione, sull'epoca di costruzione e sulle trasformazioni (sopraelevazioni, ampliamenti, modifiche strutturali) e gli interventi subiti dalla struttura.

Per ogni edificio andranno individuate la tipologia strutturale della costruzione originaria e quelle presenti nelle trasformazioni successive.

Un edificio con fondazioni approssimativamente allo stesso livello e che non abbia subito trasformazioni, sarà considerato regolare se rispetta i requisiti indicati al punto 4.3.1 delle Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici, di cui all'Ordinanza 3274/2003, con la sola eccezione del punto g), per il quale non è richiesto il controllo ai fini delle verifiche di cui al presente documento.

È essenziale ai fini delle verifiche da effettuare riconoscere la regolarità di un edificio. In tutti i casi quindi (indipendentemente dal livello 1 o 2 di verifica) si deve documentare la sussistenza della regolarità rispondendo alle seguenti domande:

- a) La configurazione in pianta è compatta e approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali, in relazione alla distribuzione di masse e rigidità? (SI/NO)*
- b) Qual è il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui l'edificio risulta inscritto? (Max 4)*
- c) Qual è il massimo valore di rientri o sporgenze espresso in percentuale della dimensione totale dell'edificio nella direzione del rientro o della sporgenza? (Max 25 %)*
- d) I solai possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano rispetto agli elementi verticali? (SI/NO)*
- e) Qual è la minima estensione verticale di un elemento resistente dell'edificio (quali telai e pareti) espressa in percentuale dell'altezza dell'edificio? (Min 100 %)*
- f) Quali sono le massime variazioni da un piano all'altro di massa e rigidità espresse in percentuale della massa e della rigidità del piano contiguo con valori più elevati? (Max 20 %)*
- g) Quali sono i massimi restringimenti della sezione dell'edificio, in percentuale alla dimensione corrispondente al primo piano, ed a quella corrispondente al piano immediatamente sottostante? (Max 30 %, Max 10 %)*
- h) Sono presenti elementi non strutturali particolarmente vulnerabili o in grado di influire negativamente sulla risposta della struttura (e.g. tamponamenti rigidi distribuiti in modo irregolare in pianta o in elevazione, camini o parapetti di grandi dimensioni in muratura)? (SI/NO)*

C.2.3.1 Livello 1

L'obiettivo minimo da perseguire è la definizione di tre livelli di accelerazione al suolo, corrispondenti ai tre stati limite definiti al punto 11.2 delle citate Norme tecniche, e dei loro rapporti con le accelerazioni attese con probabilità 2%, 10% e 50 % in 50 anni, per le strutture in c.a., mentre per le strutture in muratura si considerano i soli stati limite di danno severo e di danno lieve.

È richiesta l'attribuzione ad una delle categorie di suolo descritte nelle Norme tecniche, sulla base di studi esistenti e delle carte geologiche disponibili, senza obbligatoriamente ricorrere a prove sperimentali di caratterizzazione del terreno.

È consentito un livello di conoscenza limitato (LC1 secondo le Norme).

Il livello 1 si applica agli edifici ed opere ad alta priorità, che possano essere definiti regolari, che non siano stati attribuiti a categorie di suolo S1 o S2 e che non siano realizzati in prossimità di dirupi o creste o su corpi franosi.

C.2.3.1.1 Edifici in c.a.

Si procederà alle verifiche ricorrendo al livello di conoscenza limitata ai sensi del punto 11.2.3.3 delle Norme.

Vanno effettuate prove e verifiche in situ secondo quanto previsto per il livello di conoscenza limitata descritto nelle Norme.

Si ricorrerà all'analisi lineare statica, pur essendo ovviamente consentito utilizzare l'analisi lineare dinamica.

È consentito considerare due modelli piani separati, uno per ciascuna direzione principale, considerando l'eccentricità accidentale indicata dalle Norme.

La rigidità degli elementi deve essere valutata considerando la rigidità secante a snervamento. In caso non siano effettuate valutazioni specifiche è consentito valutare la rigidità flessionale degli elementi pari alla metà della rigidità dei corrispondenti elementi non fessurati.

Le verifiche di sicurezza devono essere effettuate per ciascun elemento strutturale secondo quanto indicato ai punti 11.2.6.1 e 11.3.3 delle Norme.

In particolare si procederà come segue:

1. si effettuerà l'analisi dell'edificio, con PGA unitaria, in entrambe le direzioni principali
2. si calcoleranno per ogni elemento strutturale i valori di resistenza (a flessione e a taglio per travi, pilastri e pareti, a trazione e compressione per i nodi non confinati)
3. si calcoleranno per ogni piano i valori di rotazione rispetto alla corda in condizioni di collasso, di danno severo e di danno limitato (punto 11.3.3.1)
4. si calcolerà il moltiplicatore dell'accelerazione che provoca il primo collasso a taglio, o il collasso di un nodo o il raggiungimento della rotazione ultima ad un piano (PGA_{CO})
5. si calcolerà il moltiplicatore dell'accelerazione che provoca il raggiungimento della rotazione di danno severo ad un piano (PGA_{DS})
6. si calcolerà il moltiplicatore dell'accelerazione che provoca il raggiungimento della rotazione di snervamento ad un piano (PGA_{DL})

C.2.3.1.2 Edifici in muratura

Si procederà alle verifiche ricorrendo a rilievo sommario e a verifiche in situ limitate (punto 11.5.2 delle Norme).

Dovranno in particolare essere verificati i dettagli costruttivi descritti al punto 11.5.2.2 delle Norme, indicando in modo esplicito l'eventuale non rispondenza di uno dei punti da a) ad e).

Si verificherà preliminarmente l'eventuale rispondenza alla definizione di edificio semplice (punti 8.1.10 e 11.5.9 delle Norme).

Si ricorrerà all'analisi lineare statica, pur essendo ovviamente consentito utilizzare l'analisi lineare dinamica, secondo quanto descritto al punto 8.1.5.2 delle Norme.

È consentito considerare due modelli piani separati, uno per ciascuna direzione principale, considerando l'eccentricità accidentale indicata dalle Norme.

La rigidezza degli elementi deve essere valutata considerando la rigidezza fessurata, considerando la deformabilità a taglio e a flessione. In caso non siano effettuate valutazioni specifiche è consentito valutare la rigidezza degli elementi pari alla metà della rigidezza dei corrispondenti elementi non fessurati.

Le verifiche di sicurezza devono essere effettuate per ciascun elemento strutturale secondo quanto indicato ai punti 8.1.6 e 8.2.2 delle Norme.

In particolare si procederà come segue:

- 1. si effettuerà l'analisi dell'edificio, con PGA unitaria, in entrambe le direzioni principali*
- 2. si calcoleranno per ogni elemento strutturale i valori di resistenza a flessione e a taglio e a flessione fuori piano*
- 3. si calcoleranno per ogni pannello murario i valori di deformazione corrispondenti agli stati limite di danno (punto 4.11.2), ed ultimo, in funzione della modalità di collasso (punti 8.2.2.1 e 8.2.2.2)*
- 4. si calcolerà il moltiplicatore dell'accelerazione che provoca il raggiungimento della deformazione ultima nel piano o della resistenza fuori piano in un pannello (PGA_{DS})*
- 5. si calcolerà il moltiplicatore dell'accelerazione che provoca il raggiungimento della resistenza nel piano o della deformazione di danno in un pannello (PGA_{DL})*

C.2.3.2 Livello 2

L'obiettivo da perseguire è la definizione di una curva di capacità globale forza – spostamento, con la conseguente definizione dei tre livelli di accelerazione al suolo, corrispondenti ai tre stati limite definiti dalle Norme al punto 11.2, e dei loro rapporti con le accelerazioni attese con probabilità 2%, 10% e 50 % in 50 anni.

E' richiesto un livello di conoscenza approfondito (LC2 o LC3 secondo le Norme).

È richiesta la determinazione della categoria di suolo tramite prove in-situ (almeno SPT).

È in generale richiesta l'analisi statica non lineare secondo quanto previsto al punto 4.5.4 delle Norme, con le variazioni specificate per le diverse tipologie strutturali; il ricorso all'analisi lineare è consentito alle condizioni descritte al punto 11.2.5.4 delle Norme, ovvero quando il rapporto domanda / capacità è uniforme per i diversi elementi, quando la domanda è contenuta entro limiti accettabili per ogni elemento e quando i collassi di tipo fragile sono impediti.

Il livello 2 si applica ad edifici ed opere ad alta priorità, in tutti i casi in cui non è prevista la possibilità di limitarsi al livello 1. Prima di procedere a verifiche di livello 2 è comunque necessario procedere a verifiche di livello 1, almeno per quanto riguarda l'effettuazione di analisi lineari.

C.2.3.2.1 Edifici in c.a.

È consentito considerare separatamente le azioni nelle due direzioni principali, utilizzando i metodi di combinazione di cui al punto 4.6 delle Norme, ma il modello dell'edificio deve essere tridimensionale.

La rigidezza degli elementi deve essere valutata considerando la rigidezza secante a snervamento. In caso non siano effettuate valutazioni specifiche è consentito valutare la

rigidezza flessionale degli elementi pari alla metà della rigidezza dei corrispondenti elementi non fessurati.

Si procederà secondo quanto indicato al punto 4.5.4 delle Norme, utilizzando le distribuzioni alternative delle forze indicate al punto 4.5.4.2., ovvero ricorrendo ai metodi evolutivi di cui al punto 4.5.4.1.

Per ogni elemento si calcoleranno i valori di resistenza (a flessione e a taglio per travi, pilastri e pareti, a trazione e compressione per i nodi non confinati).

Per ogni piano si calcoleranno i valori di rotazione rispetto alla corda in condizioni di collasso, di danno severo e di danno limitato (punto 11.3.3.1)

Sulla curva generalizzata forza – spostamento dovranno essere identificati i punti corrispondenti alle seguenti situazioni:

- 1. il primo collasso a taglio, o il collasso di un nodo o il raggiungimento della rotazione ultima ad un piano (stato limite di collasso – CO)*
- 2. il raggiungimento della rotazione di danno severo ad un piano (stato limite di danno severo – DS)*
- 3. il raggiungimento della rotazione di snervamento ad un piano (stato limite di danno lieve – DL)*

La curva di capacità dovrà essere confrontata con opportuni spettri di risposta elastica, eventualmente corretti con un valore appropriato del fattore η in funzione delle capacità dissipative corrispondenti a ciascun stato limite.

L'intersezione della curva di capacità con gli spettri consentirà di calcolare i valori di accelerazione al suolo corrispondenti ai tre stati limite di interesse (PGA_{CO} , PGA_{DS} , PGA_{DL})

C.2.3.2.2 Edifici in muratura

Si procederà alle verifiche ricorrendo a rilievo completo e verifiche in situ estese (punto 11.5.2 delle Norme).

Dovranno comunque essere verificati i dettagli costruttivi descritti al punto 11.5.2.2, indicando in modo esplicito l'eventuale non rispondenza di uno dei punti da a) ad e).

Si ricorrerà all'analisi non lineare statica, secondo quanto descritto al punto 8.1.5.4 delle Norme, al fine di produrre una curva di capacità globale forza – spostamento.

È consentito considerare separatamente le azioni nelle due direzioni principali, utilizzando i metodi di combinazione di cui al punto 4.6 delle Norme, ma il modello dell'edificio deve essere tridimensionale.

La rigidezza degli elementi deve essere valutata considerando la rigidezza fessurata, considerando la deformabilità a taglio e a flessione. In caso non siano effettuate valutazioni specifiche è consentito valutare la rigidezza degli elementi pari alla metà della rigidezza dei corrispondenti elementi non fessurati.

La curva di capacità dovrà essere confrontata con opportuni spettri di risposta elastica, eventualmente corretti con un valore appropriato del fattore η in funzione delle capacità dissipative corrispondenti a ciascun stato limite, con riferimento ai valori di spostamento definiti al punto 8.1.5.4 delle Norme.

L'intersezione della curva di capacità con gli spettri in spostamento definiti al punto 8.1.6 consentirà di calcolare i valori di accelerazione al suolo corrispondenti agli stati limite di interesse (PGA_{DS} , PGA_{DL}).

Appendice D Controventamento e ancoraggio degli impianti

D.1 Premessa

Il presente capitolo ha lo scopo di familiarizzare il lettore con i principi di progettazione per gli ancoraggi ed i controventamenti sismici degli elementi non strutturali. La guida si rivolge a progettisti, installatori, committenti pubblici e privati, direttori di cantiere e altre figure professionali coinvolte nella problematica della funzionalità e sicurezza sismica dei componenti non strutturali. Sebbene la guida sia stata sviluppata in accordo con le vigenti disposizioni legislative in materia, essa va intesa come supporto al progettista, in quanto può non essere esaustiva.

Da notare che le nuove Norme tecniche per gli edifici (allegato 2 all'Ordinanza 3274) contengono un paragrafo che riguarda la definizione delle forze sugli elementi non strutturali (par. 4.9) ed un altro che riporta indicazioni relative agli impianti (par. 4.10). Per gli elementi non strutturali si specifica che tutti gli elementi costruttivi senza funzione strutturale, il cui danneggiamento può provocare danni a persone, dovranno in generale essere verificati all'azione sismica, insieme alle loro connessioni alla struttura. Per gli impianti le indicazioni riguardano la progettazione dei supporti e dei giunti, le valvole di intercettazione delle tubazioni del gas e il vincolo dei corpi illuminanti. La progettazione degli elementi strutturali che sostengono e collegano i diversi elementi funzionali costituenti l'impianto tra loro e alla struttura principale dovrà seguire le stesse regole adottate per gli elementi strutturali degli edifici. Gli eventuali **componenti fragili**¹⁴ dovranno essere progettati per avere **resistenza** allo snervamento **doppia** di quella degli eventuali elementi duttili ad essi contigui, ma non superiore a quella risultante da un'analisi eseguita con coefficiente di struttura pari ad 1. Gli impianti **non** dovranno essere vincolati all'edificio contando sul solo **effetto dell'attrito**. Dovranno essere soggetti a verifica sia i dispositivi di vincolo che gli elementi strutturali o non strutturali cui gli impianti sono fissati. Gli impianti potranno essere collegati all'edificio con **dispositivi di vincolo rigidi o flessibili**; gli impianti a dispositivi di vincolo flessibili sono quelli che hanno periodo di vibrazione $T > 0,1$ s. Se si adottano dispositivi di vincolo flessibili i collegamenti di servizio dell'impianto dovranno essere flessibili e non dovranno far parte del meccanismo di vincolo. Impianti a gas dimensionati per un consumo superiore ai 50 m³/h dovranno essere dotati di valvole per l'interruzione automatica della distribuzione in caso di terremoto. I tubi per la fornitura del gas, al passaggio dal terreno all'edificio, dovranno essere progettati per sopportare senza rotture i massimi spostamenti relativi edificio-terreno dovuti all'azione sismica di progetto. I corpi illuminanti dovranno essere dotati di dispositivi di sostegno tali da impedirne il distacco in caso di terremoto; in particolare, se montati su controsoffitti sospesi, dovranno essere efficacemente ancorati ai sostegni longitudinali o trasversali del controsoffitto e non direttamente ad esso.

Nel par. 0 si forniscono alcune raccomandazioni generali e si definisce l'obiettivo della progettazione dell'ancoraggio e del controventamento sismico dei componenti negli ospedali. Nel par. 0 si specificano i criteri generali di progettazione e si definisce il carico sismico sui componenti. Nel par. 0 si accenna ad un problema, quello della qualificazione dei componenti, che interessa più i produttori delle varie apparecchiature che gli installatori degli impianti. Nel par. 0-0 si passano in rassegna alcune problematiche specifiche e ricorrenti del

¹⁴ Un esempio di componenti fragili sono gli ancoraggi alla struttura effettuati con dispositivi che possono esibire un collasso di tipo fragile. Un esempio è fornito dagli ancoraggi che basano la loro resistenza sull'adesione tra acciaio e calcestruzzo (p. es. ancoraggi chimici), quando la lunghezza di ancoraggio è tale che l'adesione massima disponibile è inferiore alla forza che provoca lo snervamento dell'acciaio.

controventamento sismico degli impianti ospedalieri. Nei par. 0 e 0 ci si sofferma su due tipi di componenti che sono frequentemente causa di inagibilità post-sisma di ospedali nel nostro Paese: gli ascensori e le partizioni interne. Nel par. 0 si confrontano i criteri di verifica proposti da diverse normative italiane ed internazionali.

D.2 Raccomandazioni generali

E' ben noto che una parte consistente del danno economico causato dai terremoti è dovuto al danneggiamento e alla perdita di funzionalità degli elementi non strutturali, siano essi impianti o partizioni. Inoltre i sistemi non strutturali sono spesso critici per l'erogazione di funzioni essenziali durante e immediatamente dopo un sisma, come nel caso di ospedali, caserme ed altri edifici strategici.

L'obiettivo primario della progettazioni sismica dei sistemi elettrici e meccanici è la sicurezza della vita. Ciò si traduce nel garantire la mancanza di collasso dei componenti non strutturali per gli edifici ordinari e, in più per quelli strategici, il mantenimento della loro funzionalità. Ciò significa che, per questi ultimi, non solo è richiesto che nessun componente produca morti o feriti collassando e ostruisca le vie di fuga, ma anche che le funzioni essenziali possano essere erogate immediatamente dopo un evento sismico.

Numerosi sono i riferimenti legislativi che si possono citare, provenienti da norme, raccomandazioni e linee guida. Essi sono accomunati dal criterio progettuale di base secondo cui l'azione sismica viene rappresentata da forze da applicare al componente, all'ancoraggio, al controventamento o al basamento per verificare le varie parti. Un confronto tra questi riferimenti legislativi è riportato nel Cap. 0

Allo scopo di semplificare le operazioni di progettazione e qualificazione dei componenti non strutturali, nella presente guida si è fatta la scelta di proporre due livelli di verifica:

- a) un livello semplificato e, in generale, cautelativo che può essere applicato ogni volta che i vari elementi (ancoraggi, controventamenti, apparecchiature, ecc.) per loro propria robustezza non richiederebbero delle verifiche più sofisticate;
- b) un livello più approfondito, in cui si tiene conto di un numero maggiore di parametri, per verificare i componenti con un livello di forze più aderente al loro reale comportamento sotto sisma.

I criteri di verifica suggeriti sono riportati nel par. 0.

D.3 Criteri di progettazione

Uno dei modi più efficaci per assicurarsi che un edificio in zona sismica sia realizzato così come è stato progettato è quello di curare il più possibile nel dettaglio gli elaborati che lo descrivono. A tale scopo sono essenziali: documenti costruttivi (disegni e prescrizioni di realizzazione e di montaggio) chiari ed esaustivi; revisione dei disegni di cantiere e di officina da parte del progettista o di un'altra figura professionale; controllo in cantiere. Questa metodologia dovrebbe tendere ad evitare la separazione di diversi livelli di progettazione (p. es. quella strutturale da quella impiantistica) che potrebbe provocare una deresponsabilizzazione sulle effettive capacità delle edificio, che invece reagisce al terremoto nel suo insieme, a soddisfare i requisiti prefissati. Infatti solo una progettazione integrata può tenere conto del trasferimento di tutti i carichi dei componenti non strutturali alla struttura vera e propria, in quanto la robustezza di un sistema del tipo di quello in esame si può misurare con quella dell'anello più debole della catena.

Dal punto di vista procedurale si raccomanda di non elaborare delle specifiche di tipo sismico da aggiungere a quelle di altra natura che si forniscono al produttore o all'installatore, ma di prescrivere dei criteri di verifica e di progettazione del tipo di quelli contenuti nella presente guida, in modo che in base ad essi il produttore o l'installatore possano garantire che il componente sia idoneo ad assicurare la prestazione richiesta sotto sisma. La presente guida è pensata anche come un ausilio a fornire a produttori ed installatori dei criteri di verifica. Ovviamente, in funzione delle specifiche esigenze del committente, i livelli di forza specificati nel par. 0 possono essere convenientemente incrementati. Una delle operazioni da effettuare in

sede di progettazione è l'identificazione dei componenti a cui applicare le prescrizioni oggetto della presente guida. Una lista non esaustiva è riportata di seguito:

- Apparecchiature elettriche:
 - Scaffalature per batterie, pannelli elettrici, interruttori
 - Canaline elettriche, canalizzazione di conduttori, vassoi porta cavi
 - Canalizzazioni sotterranee
 - Generatori, trasformatori, sottostazioni elettriche, centrali di controllo motori, variatori di frequenza
 - Apparecchiature per illuminazione
- Apparecchiature meccaniche
 - Scambiatori di calore, condensatori, unità di trattamento aria, separatori di aria torri di raffreddamento
 - Punti di distribuzione dell'aria
 - Tubature, condotti aria
 - Pompe, compressori
 - Bollitori, serbatoi
 - Attenuatori sonori
 - Scaldatori portatili, ventilatori
 - Cuocitori

Un altro criterio di selezione dei componenti da vincolare sismicamente è quello di individuare i componenti essenziali, che compongono i sistemi di seguito elencati:

- Sistemi antincendio
- Sistemi energetici di emergenza
- Sistemi contenenti sostanze nocive o inquinanti
- Sistemi per erogare cure mediche vitali
- Sistemi di trattamento dell'aria

Da una analisi dell'ospedale sotto il profilo della funzionalità si possono identificare i componenti ed i sistemi strategici, in modo da poter formulare una declaratoria contenente:

- Identificazione del componente
- Ambienti serviti
- Altri componenti e condutture necessarie a rendere operativo il componente identificato

Riacciandosi a quanto detto prima, e cioè che è opportuno richiedere al fornitore o all'installatore una certificazione che i prodotti e gli impianti sono conformi ai prescritti criteri di controventamento ed ancoraggio sismico, è utile accludere anche degli schemi di particolari tipici di ancoraggio, che ovviamente possono essere modificati a seconda delle specifiche esigenze. Nel Capitoli seguenti si riportano alcuni dettagli costruttivi tratti dalle specifiche di un produttore.

Oltre ai criteri di verifica ed ai dettagli tipici, le prescrizioni per il fornitore o l'installatore dovrebbero essere accompagnate da prescrizioni generali del tipo di quelle riportate di seguito:

- Nell'installazione è necessario seguire le istruzioni scritte fornite dal produttore
- Il montaggio non deve causare tensioni e disallineamenti per errori di posizionamento
- Le prescrizioni contro il trasferimento di rumore e vibrazioni alla strutture non devono essere inficiate da collegamenti di tipo rigido
- Eventuali interferenze con altre installazioni che possono provocare dei contatti rigidi non previsti devono essere esplicitamente approvate dal direttore di cantiere

Eventuali discrepanze tra lo stato dei luoghi e quanto contenuto nel progetto devono essere segnalate al direttore di cantiere prima di cominciare l'installazione.

D.4 Carico sismico sui componenti

Come già introdotto nel par. 0, allo scopo di semplificare le operazioni di progettazione e qualificazione dei componenti non strutturali, nella presente guida si è fatta la scelta di proporre due livelli di verifica:

- c) un livello semplificato (forze statiche equivalenti, par.) e, in generale, cautelativo che può essere applicato ogni volta che i vari elementi (ancoraggi, controventamenti, apparecchiature, ecc.) per loro propria robustezza non richiedono verifiche più sofisticate;
- d) un livello più approfondito (spettri di piano, par.), basato sull'analisi dinamica della struttura e del componente, per verificare i componenti con un livello di forze più aderente al loro reale comportamento sotto sisma.

D.4.1 Forze statiche equivalenti

Di seguito è riportato il metodo proposto dalla vigente normativa italiana. L'effetto del carico sismico può essere determinato applicando al baricentro dell'elemento in esame una forza orizzontale statica pari a (vedi Fig. 7.1):

$$F_a = (S_a W_a \gamma_a) / q_a$$

dove:

F_a = la forza sismica orizzontale da applicare nella direzione più sfavorevole.

W_a = peso dell'elemento,

γ_a = fattore di importanza dell'edificio (1.4 per gli ospedali)

q_a = fattore di comportamento dell'elemento, dettagliato nella tabella seguente (tratta in parte dall'Eurocodice 8)

S_a = coefficiente sismico funzione dell'altezza del piano e della sua frequenza propria:

$$S_a = 3 \cdot \alpha \cdot (1 + z/H) / (1 + (1 - T_a/T_1)^2)$$

dove:

α = l'accelerazione di picco al terreno misurata in g., cioè il rapporto tra l'accelerazione massima orizzontale al terreno divisa per la gravità,

T_a = periodo proprio fondamentale del componente,

T_1 = Periodo proprio fondamentale dell'edificio nella direzione più gravosa per il componente,

z = altezza del componente rispetto al piano dove è applicata la forza sismica del terreno.

H = altezza dell'edificio.

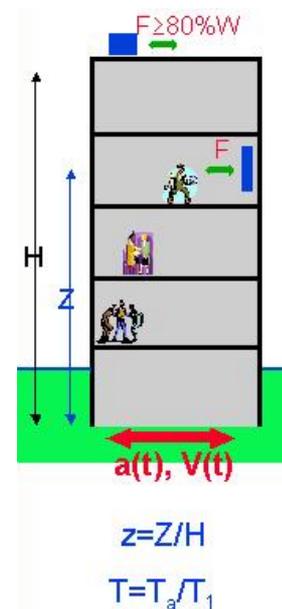


Fig. 7.1: Schema per il calcolo di F_a

Le forze così calcolate devono essere utilizzate per verifiche agli stati limite ultimi. Per quantificare la forza massima che può essere richiesta ad un componente è possibile riferirsi all'espressione contenuta nel par. 0, in cui si sostituiscono i seguenti valori:

$z/H = 1$ (componente collocato all'ultimo livello)

$T_a / T_1 = 1$ (caso più gravoso di componente in risonanza con la struttura)

$\gamma_a = 1.4$ (ospedali)

$q_a = 1$ (comportamento a mensola)

ottenendo la seguente espressione:

$$F_a/W_a = 8.4 \alpha$$

dove α è l'accelerazione di progetto dell'edificio.

I fattori di comportamento q_a sono riportati nella tabella seguente.

Tipo di elemento da esaminare	q_a
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Parapetti a sbalzo, Insegne e tabelloni ▪ Ciminiere, antenne, alberi e serbatoi posti su gambe, che si comportano come mensole non controventate per un'altezza maggiore della metà dell'altezza del loro baricentro. ▪ Contenitori e tubazioni di materiale pericoloso ▪ Ancoraggi a comportamento fragile 	1.0
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pareti interne ed esterne, Divisori, pannelli di facciata, Ascensori ▪ Ciminiere, antenne, alberi e serbatoi posti su gambe, che si comportano come mensole non controventate per un'altezza inferiore della metà dell'altezza del loro baricentro. ▪ Componenti meccanici quali tubazioni, condotte, caldaie, serbatoi, macchine di trattamento aria etc. ancorati direttamente sul pavimento 	2.0

D.4.2 Spettri di piano

La definizione del carico sismico sui componenti e, in genere, sulle appendici strutturali parte dall'ipotesi che esse stesse siano di peso limitato, tale che sia trascurabile la contro-reazione operata sulla struttura portante dalle forze di inerzia sviluppate sulle appendici. Quando questo peso è rilevante, esse devono essere incorporate nel modello dinamico dell'intero edificio che le contiene. Per i componenti importanti la definizione del carico sismico deve essere basata su di un modello realistico del comportamento della struttura di supporto. Esso può essere ricavato da un'analisi dinamica dell'edificio senza appendici, sottoposto al moto vibratorio del terreno. L'accelerogramma o lo spettro di risposta così ottenuto nel piano dove sarà collocato il componente si chiama "accelerogramma o spettro di piano".

D.5 Qualificazione dei componenti

Le prescrizioni contenute nella presente guida sono finalizzate ad evitare che le apparecchiature possano arrecare danno a persone e ad altre apparecchiature adiacenti o possano ostruire le vie di fuga o possano ribaltarsi, ecc. Nei casi in cui la funzionalità del componente è essenziale, è necessario non solo che esso rimanga al suo posto, ma anche che continui a svolgere la sua funzione.

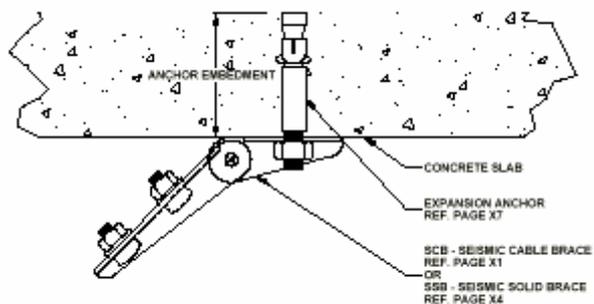
La determinazione della fragilità dei un componente può essere suddivisa in una fragilità di tipo strutturale ed una di tipo funzionale. La prima dipende dalla resistenza degli elementi che costituiscono lo scheletro dell'apparecchiatura quando sono sottoposti alle azioni previste nella presente guida; p.es. è frequente il caso in cui i montanti che sostengono un serbatoio siano troppo deboli, per cui anche se gli ancoraggi sono idonei, il collasso si verifica per fragilità interna all'apparecchiatura. La fragilità strutturale è facilmente verificabile con le azioni precedentemente definite. La fragilità funzionale dipende molto dal tipo di funzionamento dell'apparecchiatura: in generale gli impianti elettrici risentono pochissimo dei terremoti, ma le sottostazioni che contengono dei relais sovente necessitano di un ripristino dopo il sisma; gli alberi delle pompe possono subire disallineamenti, con conseguente aumento dell'attrito e premature necessità di manutenzione.

Quanto appena accennato costituisce uno dei motivi per cui è opportuno richiedere al produttore ed all'installatore una certificazione di tipo sismico sia dei componenti utilizzati che degli ancoraggi, in modo da garantire la effettiva prestazione dell'insieme. Ovviamente la qualificazione del componente può essere ristretta ai componenti essenziale (vedi definizione precedente). Per non richiedere al componente una resistenza alle azioni sismiche troppo

cautelativa e forse esagerata, in questi casi è opportuno determinare le azioni sismiche con il criterio degli spettri di piano (cfr. par. 0).

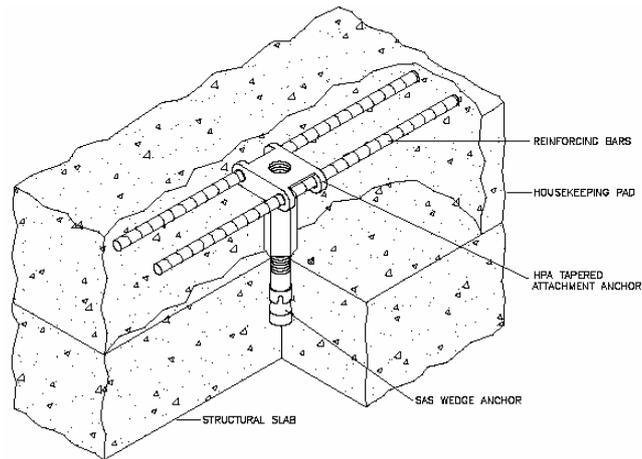
D.6 Ancoraggi

Gli ancoraggi più efficaci dal punto di vista sismico sono quelli inglobati nel getto strutturale. Essi, però, presentano lo svantaggio di consentire tolleranze di montaggio minime e non si prestano ad essere riposizionati. Per questo motivo si usano prevalentemente ancoraggi posti in opera a struttura ultimata. Tra questi si possono citare come consigliabili gli ancoraggi adesivi a base di resine epossidiche e gli inseriti post-inseriti. Un particolare di inserto post-inserito (ad espansione) è riportato nella figura seguente. Si ricorda che gli ancoraggi che basano la loro resistenza sull'adesione tra acciaio e calcestruzzo (p es. ancoraggi chimici), quando la lunghezza di ancoraggio è tale che l'adesione massima disponibile è inferiore alla forza che provoca lo snervamento dell'acciaio, hanno un comportamento fragile, e quindi vanno dimensionati con $q_a=1$.



D.7 Basamenti

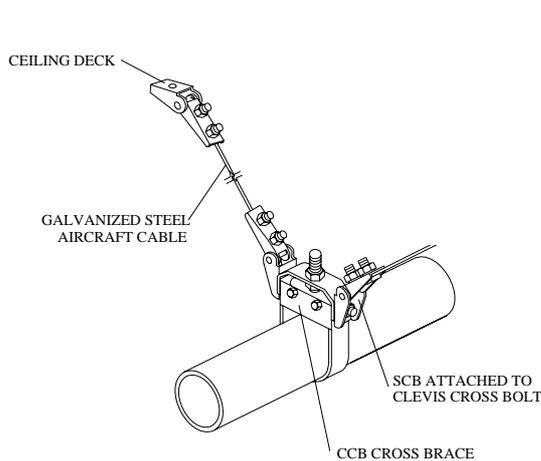
Questi elementi provvedono al trasferimento dei carichi dalle apparecchiature alla struttura e sovente la loro progettazione non è curata quanto dovrebbe. Poiché la posizione esatta del basamento spesso non è nota al momento di progettare la struttura, esso è realizzato in calcestruzzo, a volte armato, direttamente gettato sul solaio e raramente ancorato ad esso. Ciò può provocare, sotto sisma, lo scorrimento del basamento o la sua rottura. Per questi motivi è necessario dimensionare opportunamente sia le armature del basamento che il particolare di attacco dello stesso alla struttura esistente. Nel seguito è riportato un dettaglio tipico di attacco di un basamento in calcestruzzo alla soletta esistente.



HOUSEKEEPING PAD ANCHOR
SPECIFICATION 29

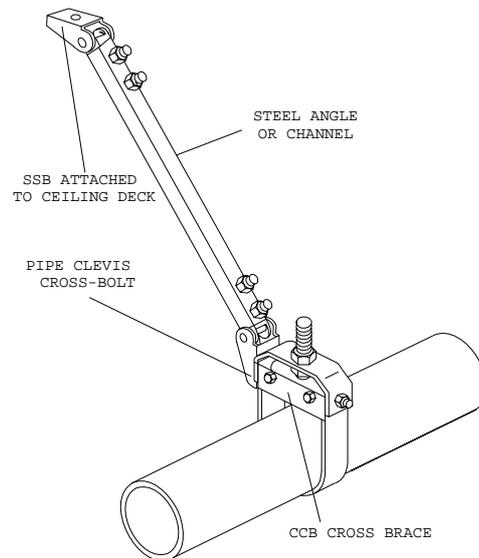
D.8 Conduiture e tubature sospese

E' necessario controventare le condutture sospese per prevenirne l'oscillazione sotto sisma che potrebbe danneggiare le stesse o le apparecchiature ad esse collegate. I controventi devono essere efficaci in tutte le direzioni. L'interasse deve essere calcolato in relazione alla resistenza della conduttura, della struttura che le sostiene e dei controventi stessi. I pendini verticali devono essere in grado di assorbire sia trazioni che compressioni. Per le forze orizzontali si possono usare o una coppia di pendini inclinati resistenti a trazione o un solo pendino resistente anche a compressione. In quest'ultimo caso al vantaggio di poterlo installare da un solo lato della conduttura si contrappone lo svantaggio della sua lunghezza più limitata e del fatto che, per reagire, esso impegna anche il pendino verticale con sforzi di compressione o trazione. Nel seguito si riportano alcuni dettagli tipici di controventamenti di tubature sospese.



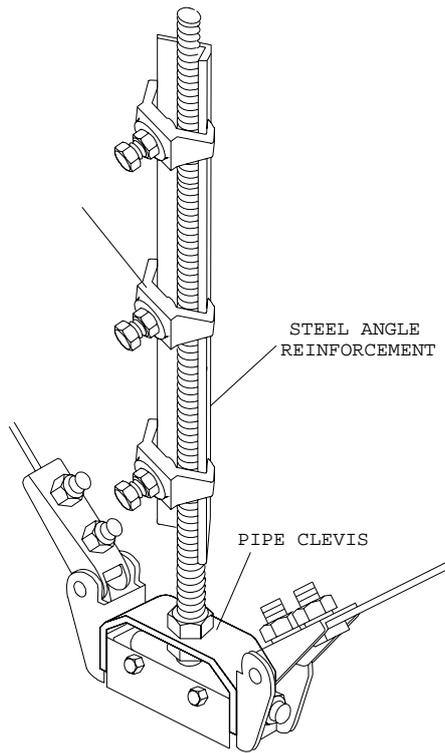
SCB, SCBH, AND SCBV CABLE RESTRAINTS
OSPD PRE-APPROVAL NO. 0202
SPECIFICATION 12

Controventi sismici con cavi



SEISMIC SOLID BRACE
OSHPD PRE-APPROVAL NO. 0202
SPECIFICATION 13

Controventi sismici rigidi



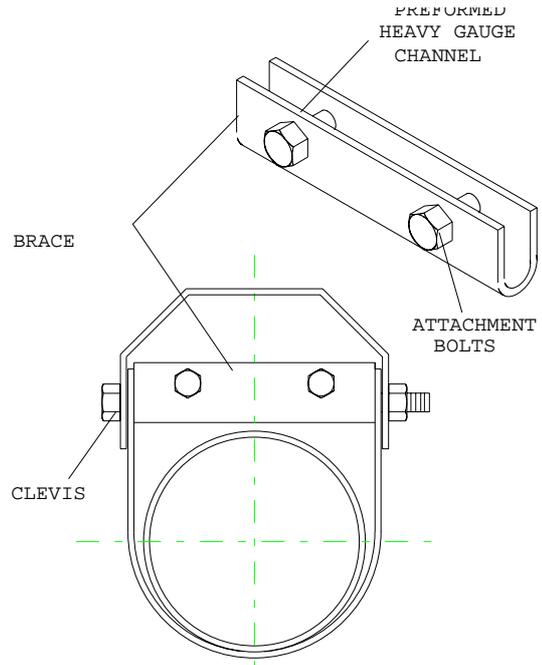
SRC SEISMIC ROD CLAMPS
OSHPD PRE-APPROVAL NO. 0203

SPECIFICATION 14

Angolari per irrigidimento di barre verticali

D.9 Sostegni delle tubature verticali

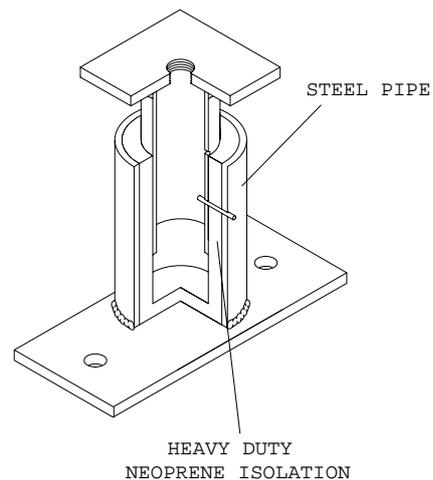
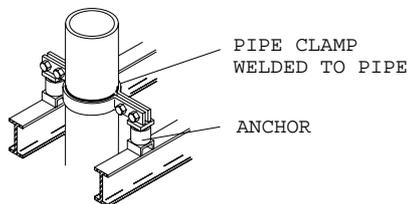
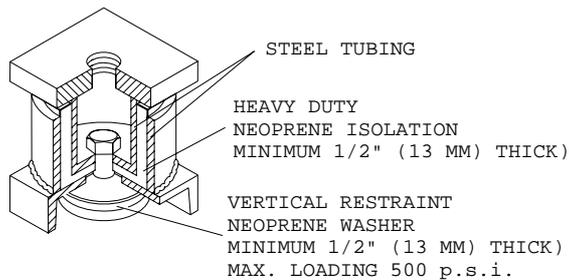
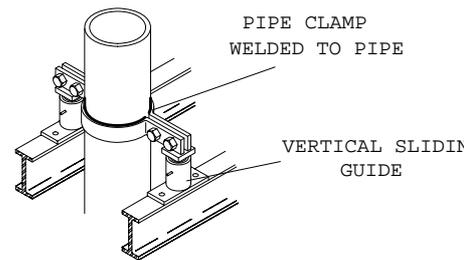
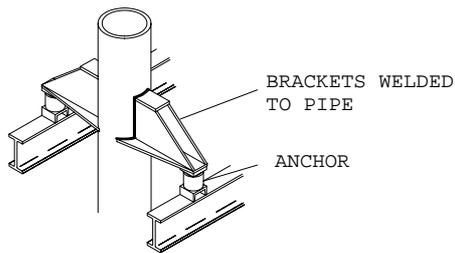
Essi devono essere progettati in modo da sopportare il carico verticale delle tubature, consentirne l'espansione o l'accorciamento di natura termica e devono mantenerne l'allineamento limitandone gli spostamenti laterali di origine sismica. Si riportano di seguito alcuni dettagli tipici.



CCB CLEVIS CROSS BRACE
OSHPD PRE-APPROVAL NO. 349 PENDING

SPECIFICATION 15

Irrigidimenti per cravatte



ADA ALL DIRECTIONAL ANCHOR
SPECIFICATION 25

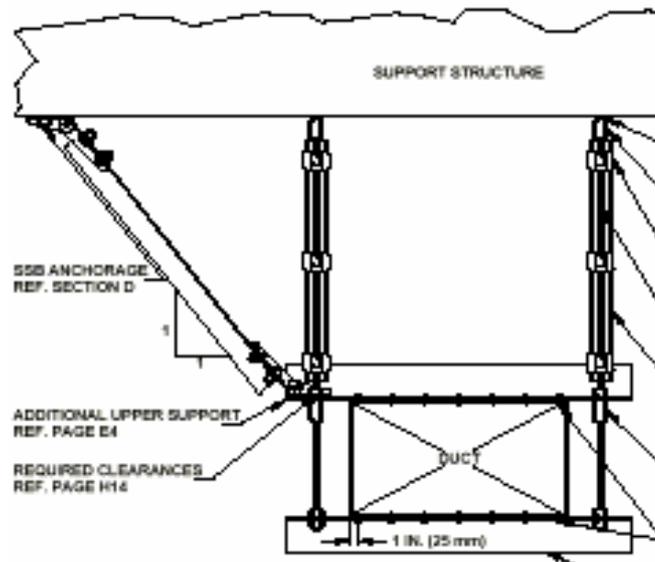
SPECIFICATION 26

Ancoraggi con tamponi di neoprene

Guide per tubi

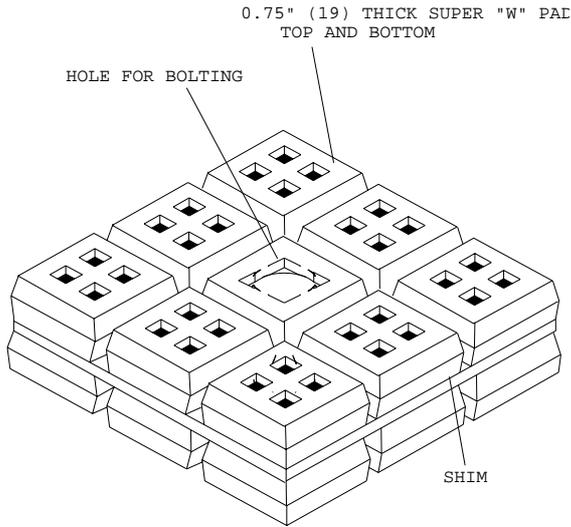
D.10 Apparecchiature sospese

I controventamenti devono essere progettati per limitare gli spostamenti del componente in tutte le direzioni. I pendini verticali devono essere in grado di resistere sia a trazione che a compressione. In caso di utilizzo di dispositivi di isolamento delle vibrazioni, questi devono essere collocati vicino alla struttura portante. Bisogna evitare di connettere i controventi ad elementi strutturali che sotto sisma si possono comportare in maniera differente (come i solai rispetto alle pareti). Per i criteri generali di progettazione dei controventamenti delle apparecchiature sospese si può in generale fare riferimento a quanto già esposto per le tubature. Nel seguito è riportato un esempio di controventamento.

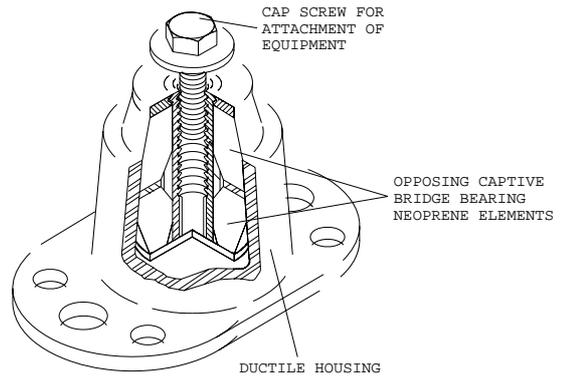


D.11 Apparecchiature montate a pavimento

Ricadono in questa casistica le apparecchiature vincolate al disotto del loro baricentro sui solai o sul tetto. Le connessioni possono essere di tipo rigido o con dispositivi di isolamento dalle vibrazioni. Nel primo caso è necessario che il collegamento sia assicurato da almeno 4 bulloni. Le tolleranze dei fori rispetto al diametro dei bulloni devono essere limitate per evitare l'insorgere di impatti sotto sisma. Quando ciò non è possibile si può intasare lo spazio rimanente con appositi gommini in neoprene o con composti epossidici o si possono saldare le rosette alle piastre forate dopo il serraggio dei bulloni. Quando si usano dispositivi di isolamento dalle vibrazioni bisogna consentire gli spostamenti necessari durante la normale operatività delle apparecchiature, in modo che i fine corsa sismici entrino in gioco solo quando si supera un determinato limite. I basamenti delle macchine devono essere in grado di assorbire le forze sismiche che si generano quando i fine corsa entrano in funzione. Si riportano di seguito alcuni dettagli tipici.



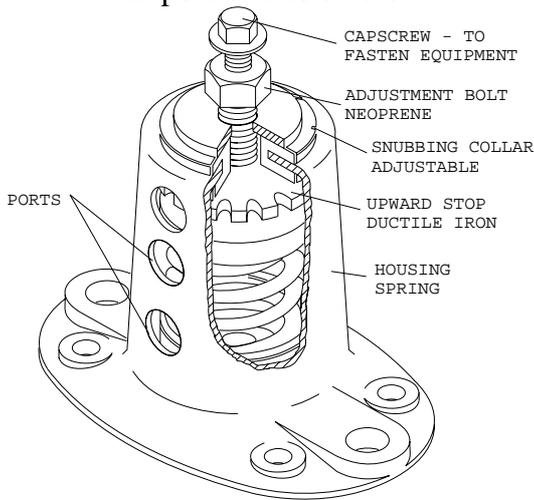
LAYERED SUPER "W" PADS
WITH STEEL SHIM
SPECIFICATION 1



RESTRAINED BR MOUNT
OSHPD PRE-APPROVAL NO. 0201
SPECIFICATION 2

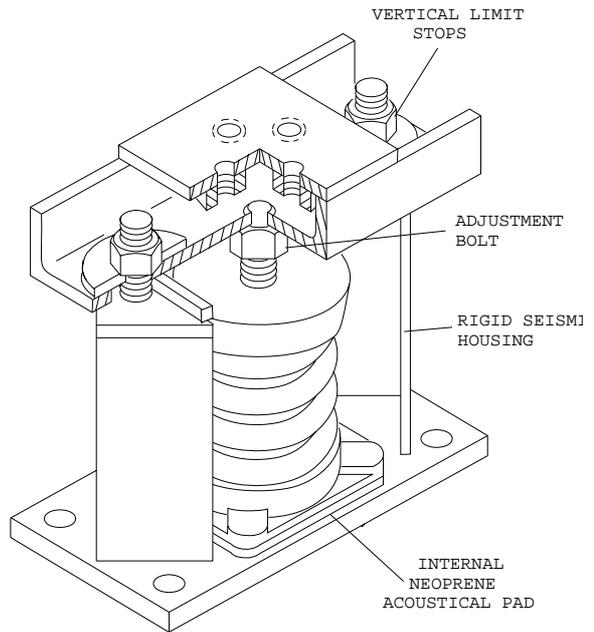
Appoggi tridirezionali in neoprene

Tamponi di elastomero



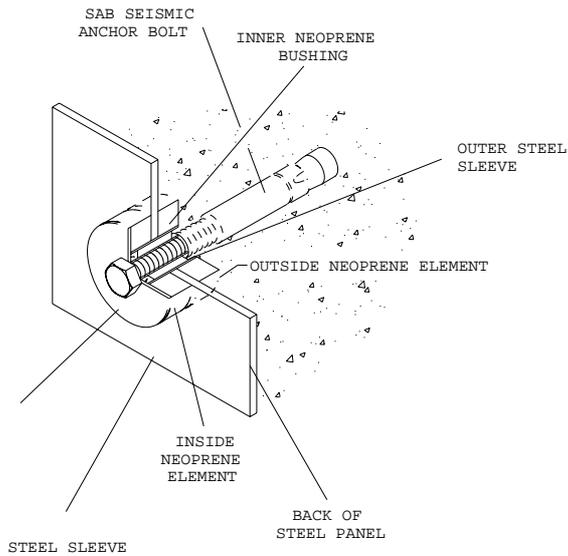
SSLFH HOUSED SPRING MOUNT
OSHPD PRE-APPROVAL NO. 0198 AND 0199
SPECIFICATION 7

Appoggi elastici tridirezionali

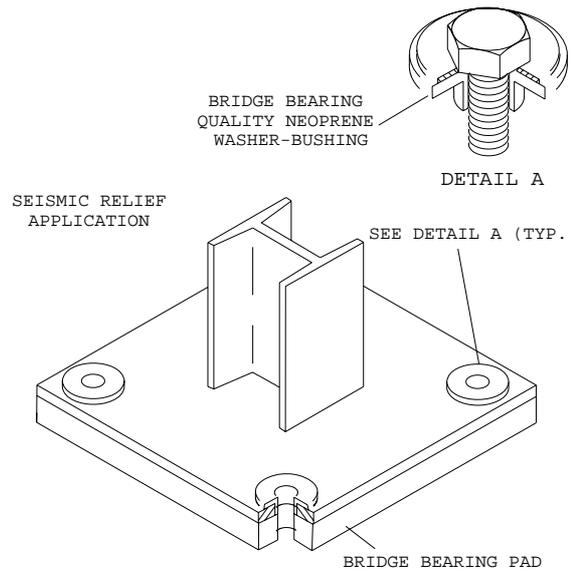


SLR SPRING MOUNT
SPECIFICATION 6

Appoggi elastici tridirezionali con finecorsa



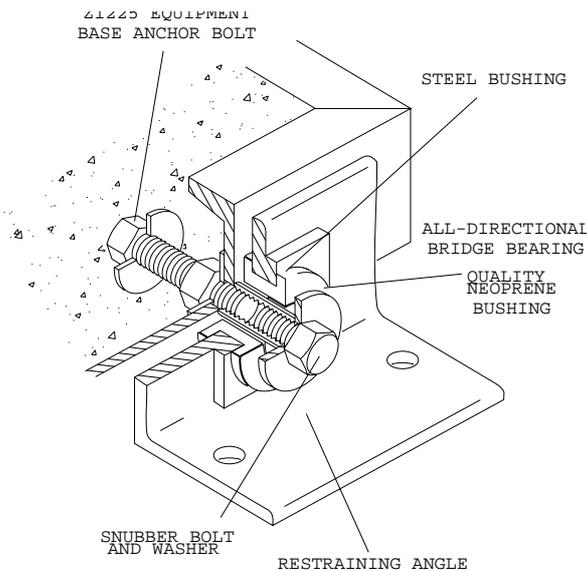
PB BUSHING
SPECIFICATION 3



THIS VIEW SHOWN WITHOUT BOLTS
AND STEEL WASHERS FOR CLARITY

HG NEOPRENE BUSHING
SPECIFICATION 4

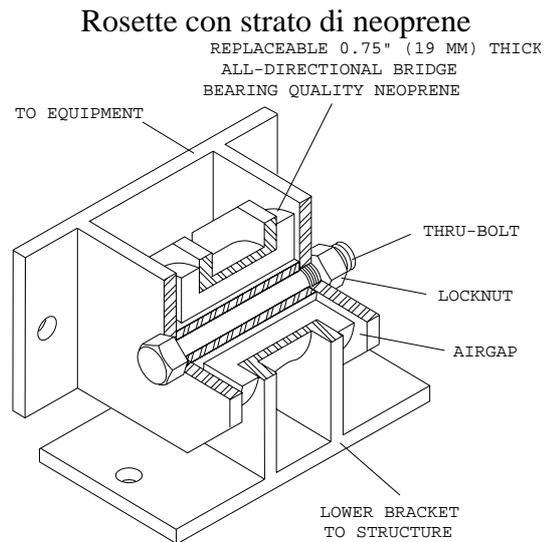
Piastrine per vincolamento di quadri elettrici



Z1225 ALL DIRECTIONAL SEISMIC SNUBBER
OSHPD PRE-APPROVAL NO. 0196

SPECIFICATION 16

Fine corsa sismici tridirezionali



Z1011 ALL DIRECTIONAL SEISMIC SNUBBER
OSHPD PRE-APPROVAL NO. 0197 PENDING

SPECIFICATION 17

Fine corsa sismici tridirezionali

D.12 Ascensori e montacarichi

Il problema che si riscontra più frequentemente è quello del deragliamento del contrappeso, che scorre su guide costituite da profili metallici vincolati alla struttura portante con staffe. Se l'interasse delle staffe non è opportuno o le stesse si deformano sotto l'effetto delle azioni sismiche o gli ancoraggi nella struttura cedono, il contrappeso deraglia rendendo l'ascensore

inutilizzabile. Nel caso delle guide è importante verificare anche che la guida, deformandosi elasticamente, non consenta la fuoriuscita del contrappeso dalla sua sede. Le forze per la verifica della deformazione degli elementi sono quelle riportate in 0. Alcuni dettagli tipici sono riportati in Fig. 7.2.

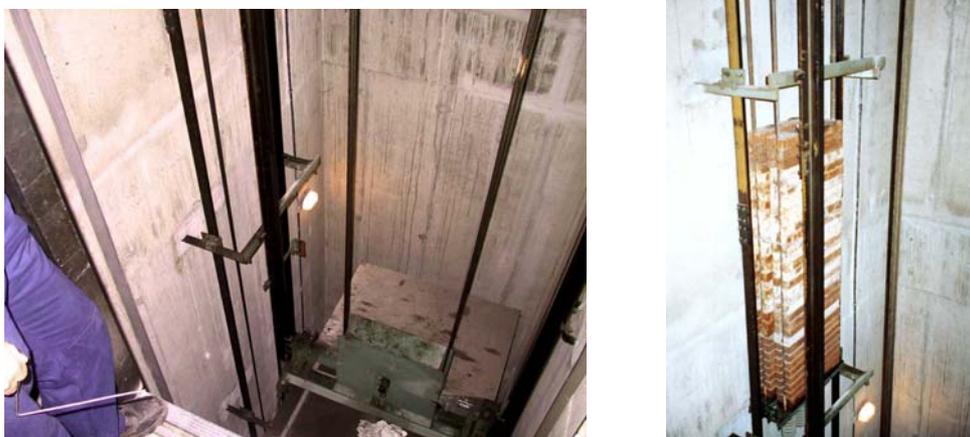


Fig. 7.2: Dettagli tipici degli ascensori

D.13 Partizioni e tamponature

Il problema più frequente nelle partizioni e tamponature largamente usate nel nostro Paese è quella loro notevole fragilità (tamponature in laterizio forato). Un primo controllo da effettuarsi è di carattere strutturale. La normativa vigente per le costruzioni in zona sismica, infatti, prescrive che sotto l'azione sismica di progetto si deve verificare che gli spostamenti strutturali non producano danni tali da rendere temporaneamente inagibile l'edificio.

A tale scopo si verifica innanzitutto la possibilità di danneggiamento delle tamponature o delle murature portanti, che sono generalmente gli elementi che si fessurano per primi. La verifica si intende soddisfatta se lo spostamento di interpiano è inferiore a limiti che sono funzione del tipo strutturale (c.a. o muratura) e dell'interferenza fra tamponature ed ossatura.

Per l'azione sismica corrispondente al sisma "frequente" (vedi 2.4.1.3) si valutano gli spostamenti "reali" attesi ad ogni piano e si controlla che il rapporto fra spostamento relativo di piano e altezza di interpiano sia inferiore ai valori :

- 0.005 tamponamenti collegati rigidamente alla struttura
- 0.0075 tamponamenti collegati elasticamente alla struttura
- 0.003 murature portanti ordinarie
- 0.005 muratura portante armata

In sostanza per un tamponamento tradizionale a cassetta, eseguito entro la maglia strutturale a perfetto contatto, il limite è $0.005 h$, ossia 1.5 – 2 cm per altezze di interpiano di 3 – 4 metri.

Per la muratura si scende a 0.003, ossia circa 1 cm.

Se i tamponamenti non interferiscono si sale a 0.0075, ossia 2.3 – 3 cm.

D.14 Confronti tra diverse normative

D.14.1 Eurocodice 8 - Draft n. 1 - May 2000 cl. 4.4.5 (ex 4.3.5) e Ordinanza 3274/2003

I confronti seguenti sono sviluppati per :

Zona ad elevata sismicità: $\alpha := 0.35$

Peso dell'oggetto: $W_a := 1$

Fattore di comportamento 'standard': $q_a := 2$

Fattore di importanza per macchinari essenziali per sistemi di protezione della vita: $\gamma_a := 1.5$

La forza sismica da applicare al baricentro del componente è:

$$Fec8(z, t) := Sa(z, t) \cdot \left(W_a \cdot \frac{\gamma_a}{q_a} \right)$$

dove:

Sa coefficiente sismico per l'elemento non strutturale:

$$Sa(z, t) := 3 \cdot \alpha \cdot \frac{(1+z)}{1+(1-t)^2}$$

W_a peso dell'elemento

γ_a fattore d'importanza dell'elemento (3.5.3.1)

q_a fattore di comportamento dell'elemento

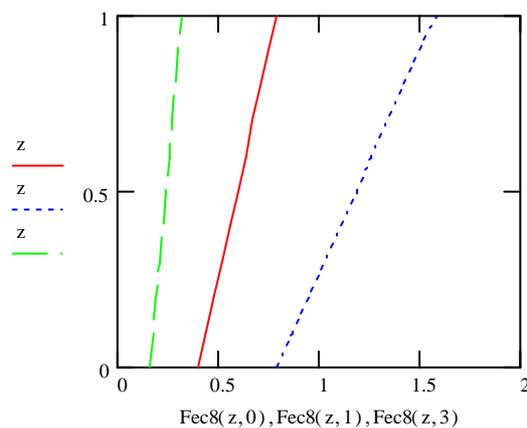
$z = Z/H$, con Z quota dell'elemento rispetto alla base dell'edificio e H altezza dell'edificio

$t = T_a/T_1$

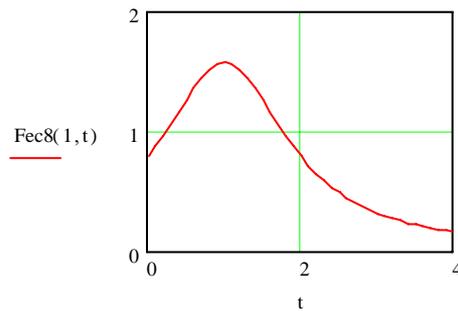
T_a periodo fondamentale dell'elemento

T_1 periodo fondamentale dell'edificio nella direzione di interesse

Si grafica sull'altezza parametrizzando rispetto a t .



Il caso di elemento in risonanza ($t=1$) è ovviamente molto più gravoso dell'elemento rigido ($t=0$) e anche di quello flessibile (t elevato). In copertura si ha il diagramma seguente.



In zone ad alta sismicità le forze in copertura per gli impianti ospedalieri essenziali di tipo rigido sono pari all'80% del peso ma possono quasi raddoppiare se c'è la risonanza.

D.14.2 Precedenti norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche (DM 16.1.96)

Non c'è un punto che riguardi esplicitamente questo calcolo. Tuttavia si può pensare di regolarsi come segue:

- per l'analisi dinamica calcolare le accelerazioni di piano 'convenzionali' e utilizzarle come input per il componente non strutturale (in realtà si dovrebbero determinare gli spettri di piano, ma si può anche pensare alle sole accelerazioni se il componente è rigido o ad un moltiplicatore forfettario, che tiene conto dell'amplificazione dinamica, se non lo è;
- per l'analisi statica 'interpretare' il metodo di calcolo delle forze di piano, adottando accelerazioni ad esse proporzionali ma mai inferiori all'accelerazione attesa al suolo.

In entrambi i casi occorre ricordare che le sollecitazioni calcolate sono 'convenzionali', quindi relative ad un sisma inferiore a quello effettivamente atteso, perché si fa conto sulle risorse duttili della struttura (fattore pari circa a 4) e sulla cautelatività del metodo di verifica (fattore pari circa ad 1.7 per il metodo delle t.a. (rapporto fra tens. caratteristica di snerv. acciaio c.a. e limite ammissibile) ed 1.15 per il metodo degli s.l. (rapporto fra tens snerv e tens di calcolo).

Si potrebbe sostenere che le forze non devono essere più alte di quelle convenzionali adottate per dimensionare la struttura poiché quest'ultima, danneggiandosi, abbatte le sollecitazioni. Tuttavia per gli elementi portati occorre tenere conto della possibilità di sovrarresistenza della struttura, magari dovuta ad altri elementi non strutturali, cosa che porterebbe a considerare non più le resistenze dei materiali al frattile 5%, bensì al frattile 50% o addirittura 95% ed in più l'effetto di tamponature e partizioni. Limitandoci alla sola dispersione delle resistenze dei materiali strutturali effetto in caso di terremoto, per cui è opportuno prevedere che l'azione sugli elementi non strutturali sia maggiorata rispetto a quella convenzionale mediante un coefficiente di sovrarresistenza dipendente dal tipo di materiale. Per il c.a. si potrebbe pensare di assumere il rapporto fra frattile 95% e 5% calcolato per una deviazione standard minima di norma che è di 20 Kg/cm² ($R_{95}=R_5 + 3.28 DS = R_5 + 60$, per $R_5 = 300$ $R_{95} = 360 = 1.3 R_5$), almeno pari ad 1.3. Per la muratura nuova si potrebbe pensare ad un coefficiente forse più alto, per quella esistente o antica è tutto molto più incerto. Si ipotizza un coefficiente 1.3 per tutti.

A questo punto, con riferimento all'analisi statica, si troverebbero forze di piano pari a:

$$F_a = C R \beta \varepsilon I \gamma_i 1.3 W_a$$

dove $\gamma_i = h_i W_{tot} / \sum (W_j h_j)$ approssima il modo fondamentale e si annulla alla base della struttura. Evidentemente le forze impresse ai componenti alla base della struttura sono invece pari all'accelerazione al suolo per la loro massa, quindi γ_i non può scendere al di sotto di 1. In definitiva per una zona ad alta sismicità e per un ospedale la forza diventa

$$F_a = 0.1 1 \beta 1.4 \gamma_i 1.3 W_a = 0.182 \beta \gamma_i W_a$$

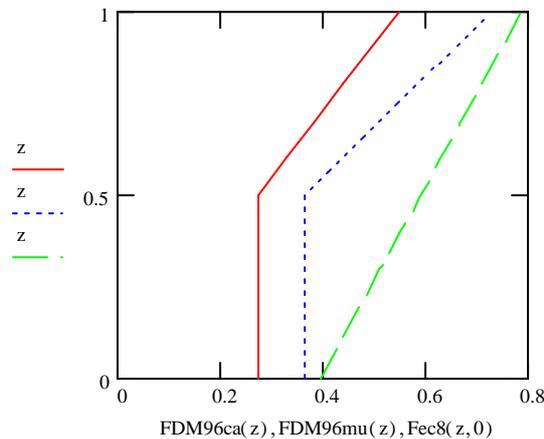
e quindi per strutture in muratura esistenti	$\beta = 4, Fa/Wa = 0.182 \cdot 4 \gamma_i = 0.728 \gamma_i$ (verifiche a rottura)
per strutture in muratura nuove	$\beta = 2, Fa/Wa = 0.182 \cdot 2 \gamma_i = 0.364 \gamma_i$ (verifiche agli s.l.)
per edifici in c.a. a telaio	$\beta = 1, Fa/Wa = 0.182 \gamma_i$ (verifiche alle t.a.), oppure = $0.273 \gamma_i$ (verifiche agli s.l., azione increm. 50%)

per un edificio in c.a. a telaio, regolare in altezza, verificato con il metodo degli s.l. e con massa distribuita uniformemente si può assumere $\gamma_i = 2 \gamma_i / H$ (H altezza totale) e quindi:

$$FDM96ca(z) := \text{if}(z < 0.5, 0.273, 0.546z)$$

$$FDM96mu(z) := \text{if}(z < 0.5, 0.364, 0.728z)$$

Confrontando questa espressione con quella dell'EC8 per componenti rigidi si trova il grafico seguente.



Il risultato è meno cautelativo e ciò si deve solo in piccola parte (7%) alla differenza fra 1.5 dell'EC8 per impianti essenziali e 1.4 usato per l'ospedale nel suo complesso (coeff. di importanza). In copertura il rapporto fra la formula riportata dall'EC8 e quella proposta interpretando il DM del 96 vale

$$\frac{Fec8(1,0)}{FDM96ca(1)} = 1.442$$

$$\frac{Fec8(1,0)}{FDM96mu(1)} = 1.082$$

Il valore fornito dal calcolo condotto per la muratura è in migliore accordo. Evidentemente la semplice interpretazione tentata non è del tutto soddisfacente, anche se rappresenta comunque un primo passo per tentare di inquadrare il problema all'interno delle norme vigenti. D'altra parte, è noto che se si guarda alle accelerazioni ai piani registrate a seguito di terremoti, si trovano valori anche più alti del triplo dell'accelerazione di picco al suolo. Si sa anche che quando la struttura inizia a danneggiarsi le accelerazioni ai piani non crescono più proporzionalmente allo scuotimento alla base. Il problema è quindi complesso e occorre accontentarsi di una soluzione che in qualche misura sia convenzionale.

D.14.3 Norme BOCA National Building Code 1996 (Building Officials Code Administration)

In questa norma i fattori che concorrono alla determinazione delle forze sugli ancoraggi sono:

- l'entità dello scuotimento sismico, misurata dall'accelerazione di picco efficace correlata alla velocità A_v (una grandezza che varia fra 0.05 g e più di 0.2 g)
- Il coefficiente sismico di sistemi meccanici ed elettrici C_c , variabile fra 0.67 (macchine per manifattura, HVAC, lampade..), 1.25 (sistema di sollevamento, sospensione e controllo di ascensori) e 2.0 (sistemi antincendio, sistemi elettrici di emergenza, apparecchiature in genere meccaniche, elettriche, di comunicazione...);
- Il fattore di prestazione P , che per il gruppo III di esposizione alla pericolosità sismica (edifici contenenti attrezzature essenziali per il recupero post sisma) vale 1.5;
- Il fattore di amplificazione del sistema vincolato a_p , che vale 1 eccetto che nel campo di periodi a cavallo della risonanza fra sistema e struttura $0.6 < T_c/T_1 < 1.41$ dove vale 2 (T_c è il periodo fondamentale del componente e del suo vincolo, T_1 periodo fondamentale dell'edificio)

Per una zona ad alta sismicità italiana e per sistemi essenziali rigidi o molto flessibili $A_v := 0.35$,
 $C_c := 2$, $P := 1.5$, $a_c := 1.0$

$$FBOCA := A_v \cdot C_c \cdot P \cdot a_c$$
$$FBOCA = 1.05$$

D.14.4 Norme UBC 1997 (Uniform Building Code)

Si può scegliere se valutare in modo approssimato la forza attraverso la relazione

$$FUBC0 = 4 C_a I_p W_p$$

o in modo più preciso attraverso la relazione:

$$FUBC = a_p C_a I_p (1 + 3h/H) W_p / R_p$$

che deve essere compresa fra $0.7 C_a I_p W_p$ e $4 C_a I_p W_p$. Nelle relazioni precedenti:

C_a è il coefficiente sismico, misura dello scuotimento, funzione della zona sismica, delle condizioni di sito e della vicinanza alla sorgente. Per omogeneità si ipotizza che $C_a = 0.35$

I_p è il fattore d'importanza, che dipende dall'uso della struttura e dalla sua esposizione (1.5 per strutture essenziali, 1.5 per strutture particolarmente pericolose (depositi di sostanze tossiche o esplosive...) e 1 per le altre strutture.

a_p è il fattore di amplificazione sismica all'interno della struttura (1 eccetto che per apparecchiature flessibili, per le quali vale 2.5)

h ed **H** sono rispettivamente la quota generica a cui si trova il componente rispetto alla base e l'altezza totale dell'edificio e $z = h/H$

R_p fattore di modificazione della risposta del componente (3.0, eccetto che per apparecchiature con dispositivi di isolamento delle vibrazioni, per le quali $R_p = 1.5$)

$$a_p := 1.0$$

$$C_a := 0.35$$

$$I_p := 1.5$$

$$R_p := 3.0$$

$$f(z) := \frac{a_p \cdot C_a \cdot I_p}{R_p} \cdot (1 + 3 \cdot z)$$

$$FUBC_{min} := 0.7 \cdot C_a \cdot I_p$$

$$FUBC(z) := \text{if} \left[\begin{array}{l} f(z) < FUBC_{\min}, FUBC_{\min}, \frac{ap \cdot Ca \cdot Ip}{Rp} \cdot (1 + 3 \cdot z) \end{array} \right]$$

$$FUBC0 := 4 \cdot Ca \cdot Ip$$

In questa formula si vede di nuovo l'influenza della quota, ma è molto determinante anche l'adozione di R_p . La formula più semplice, che non tiene conto dei due fattori detti, fornisce stime molto cautelative nella maggior parte dei casi.

D.14.5 Norme NEHRP 1997 (National Earthquake Hazards Reduction Program e IBC 2000 (International Building Code))

Adottano formule e simboli analoghi alla UBC ma lo scuotimento è descritto attraverso l'accelerazione spettrale di progetto ai bassi periodi SDS che è pari a $2/3$ del massimo terremoto considerata a bassi periodi $SDS = 2/3 Fa Ss$ con Fa coefficiente che tiene conto degli effetti di sito. Per una zona equivalente all'alta sismicità italiana $Ss=1.0$ e per sito consistente ($Fa=1$), $Ss := 1.00$, $Fa := 1.0$

$$SDS := \frac{2}{3} \cdot Ss \cdot Fa$$

$$SDS = 0.667$$

Il fattore d'importanza vale sempre 1.5 per il gruppo III, ma varrebbe 1.25 per il gruppo II, R_p vale ora , 1.25 (Lampade ed elementi a bassa deformabilità), 2.5 (quasi tutti gli elementi), 3.5 elementi ad alta deformabilità, 5.0 sistemi distribuiti (conduit, portacavi, ..):

$$R_{p1} := 2.5$$

$$FIBC_{\min} := 0.3 \cdot SDS \cdot Ip$$

$$FIBC_{\min} = 0.3$$

$$FIBC_{\max} := 1.6 \cdot SDS \cdot Ip$$

$$FIBC_{\max} = 1.6$$

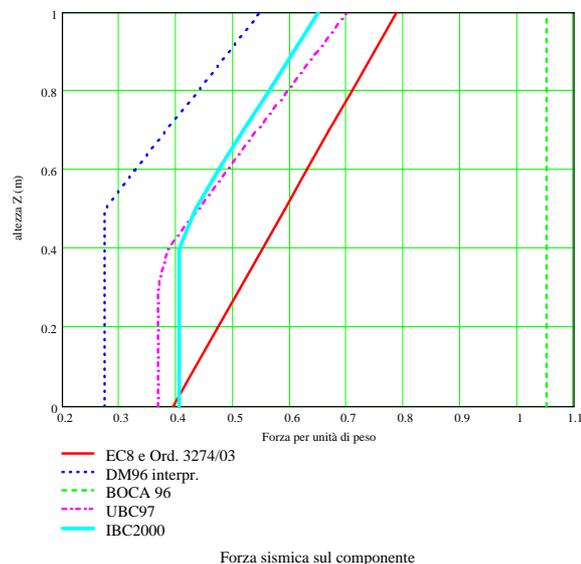
$$FIBC1(z) := \frac{0.4 \cdot ap \cdot SDS \cdot Ip}{R_{p1}} \cdot (1 + 2 \cdot z)$$

$$FIBC1(1) = 0.48$$

$$FIBC(z) := \text{if}(FIBC1(z) < FIBC_{\min}, FIBC_{\min}, \text{if}(FIBC1(z) > FIBC_{\max}, FIBC_{\max}, FIBC1(z)))$$

D.14.6 Confronti tra le diverse normative

Nel grafico seguente si confrontano le diverse normative analizzate:



Appendice E Piani di emergenza

E.1 La pianificazione delle risposta ospedaliera in situazioni di emergenza sismica

L'ospedale, nell'ottica di un sistema integrato di risposta ad un evento catastrofico, non può operare come una cellula isolata, per quanto funzionante, ma deve porsi come uno strumento, ad elevata specializzazione del sistema di protezione civile, in coordinamento con le altre strutture e istituzioni sanitarie e con tutte le altre strutture operative non sanitarie.

La pianificazione di emergenza, cioè l'insieme di procedure operative da attuarsi nel caso in cui si verifichi l'evento ipotizzato dall'analisi preventiva del territorio, consente alle autorità competenti di predisporre e coordinare gli interventi di soccorso a tutela della popolazione e dei beni in un'area a rischio e di garantire con ogni mezzo il mantenimento del livello di vita civile messo in crisi da una situazione che comporta necessariamente gravi disagi fisici e psicologici. Anche l'ospedale, parte integrante del sistema dei soccorsi sanitari, attraverso il proprio personale deve essere a conoscenza dei rischi che possono manifestarsi per cause naturali o tecnologiche sul suo territorio ed aprirsi al dialogo con le altre forze operative che hanno competenze diverse ma con cui deve integrarsi nel momento in cui si verifica l'evento atteso.

I suoi piani di emergenza devono essere inclusi all'interno dei piani comunali e provinciali, resi noti alla Centrale 118, al fine di un'attivazione in tempi rapidi, e la loro attuabilità verificata attraverso periodiche simulazioni.

Lo studio multidisciplinare del territorio, con il concorso di tutte le istituzioni e strutture competenti e l'analisi delle caratteristiche delle singole entità sanitarie consentirà di definire i diversi compiti da attribuire in base ai livelli organizzativi raggiunti dai Dipartimenti di emergenza e dai presidi di Pronto Soccorso e di permettere la stesura di piani di emergenza anche inter-ospedalieri.

Gli ospedali non sufficientemente organizzati all'accettazione ed al trattamento di numerosi feriti gravi dovranno pianificare l'assistenza ai pazienti ambulatoriali e sostituire per l'assistenza ordinaria quelli che, tecnologicamente più avanzati, saranno impegnati nelle cure di pazienti con gravi patologie.

Quelli non direttamente coinvolti potranno mettere a disposizione squadre sanitarie, equipaggi e mezzi di soccorso per gli interventi extraospedalieri o per potenziare le strutture sovraccariche di lavoro.

Tutto ciò è reso possibile attraverso uno scambio reciproco di informazioni e soprattutto attraverso una formazione comune e continua del "sistema" di emergenza sanitaria.

Come ultimo anello della catena dei soccorsi, l'ospedale dovrebbe essere nelle condizioni di erogare cure quanto più possibile qualificate e comunque adeguate alla gravità delle lesioni delle vittime dal momento che l'organizzazione dei soccorsi ha come obiettivo finale l'atto del ricovero, dopo aver provveduto alla stabilizzazione delle condizioni cliniche del ferito. E mentre sul campo l'assistenza è giudicata nel contesto di uno scenario disastroso, in una struttura dotata di risorse umane e tecnologiche, l'aspettativa è di ottenere gli standard diagnostico-terapeutici dettati dalla medicina individuale.

Anche se non è verosimile pensare che, dopo una forte scossa sismica e l'arrivo contemporaneo di un gran numero di feriti, l'ospedale possa offrire la stessa qualità di prestazioni che offre nelle normali condizioni di lavoro, è ragionevole supporre che la risposta alle necessità sarà proporzionata all'attenzione che è stata posta preventivamente all'organizzazione razionale delle risorse ed alla predisposizione di quanto funzionalmente necessario.

Le Amministrazioni competenti devono garantire, attraverso l'organizzazione del personale ospedaliero, l'erogazione di prestazioni diversificate con la presenza costante di un numero di unità mediche ed infermieristiche sufficienti a consentire il trattamento di persone con codici di

gravità differenti e quindi con diversi livelli di criticità. Per poter raggiungere questo obiettivo, oltre all'organizzazione del personale, è necessario prevedere alcune aree strutturalmente e funzionalmente integrate, sotto il profilo gestionale, per ricevere, stabilizzare e trattare pazienti che possono arrivare in gran numero dalle aree disastrose.

Negli ospedali di maggiori dimensioni è quindi necessario attuare, con il contributo degli specialisti di branca, l'identificazione di spazi sufficientemente ampi per l'espletamento delle attività necessarie al triage e lo smistamento dei pazienti verso i servizi specialistici nonché di aree di osservazione breve, dedicate a condizioni cliniche specifiche. L'organizzazione di spazi fisici, la dotazione strumentale e degli arredi devono essere ispirati da criteri che garantiscano una perfetta operatività ed il completamento della prima fase diagnostica-terapeutica in un unico idoneo spazio, in cui sia possibile attuare un approccio valutativo multidisciplinare

I piani per un massiccio afflusso di feriti (PEMAF) e quelli per una rapida evacuazione (P.EVAC.) di tutti coloro che si trovano all'interno della struttura, -pazienti, personale e visitatori- costituiscono quindi la base per poter operare al meglio in condizioni di grande difficoltà.

Elementi cruciali della pianificazione intraospedaliera sono:

- definizione del sistema di allarme e di allertamento del personale (chi deve dare l'allarme, chi deve essere allertato);
- identificazione delle capacità ricettive di pazienti critici sulla base del personale, attrezzature, posti letto;
- individuazione dei reparti e dei pazienti "critici", che non possono lasciare autonomamente la struttura in caso di evacuazione;
- organizzazione del triage intraospedaliero;
- individuazione delle responsabilità e dei ruoli delle figure chiave;
- individuazione delle vie d'accesso dei mezzi di soccorso e di eventuali piste di atterraggio per elicotteri;
- individuazione di aree polifunzionali in cui trattare i feriti
- individuazione di spazi esterni in cui raccogliere i pazienti in caso di evacuazione
- elaborazione di modulistica da utilizzare in emergenza;
- organizzazione del personale, gestione dei supporti di diagnosi e cura e delle scorte di materiale sanitario anche in funzione dell'approvvigionamento alle strutture campali (PMA,).

La peculiarità e la complessità degli aspetti da trattare dimostra come sia necessario il coinvolgimento di tutto il personale ospedaliero, sia sanitario che amministrativo, e come tutta la struttura nella sua complessità entri in emergenza nel momento di crisi. Non potrà essere solamente il Dea o il Pronto Soccorso a subire l'impatto dell'evento ma dovrà verificarsi una mobilitazione completa del personale di ogni singolo reparto con cambiamenti di funzioni ed incarichi.

All'attivazione dello stato di allarme scatterà l'allertamento dei dirigenti delle varie Unità operative e la rapida assegnazione degli operatori in quelle aree che subiranno un maggior carico di lavoro. E' da tener presente che non può essere con certezza stabilita la durata della fase di emergenza e che quindi anche le risorse dovranno essere razionalmente assegnate per evitare di trovarsi sprovvisti di forze e di materiale se essa si dovesse protrarre oltre le aspettative.

L'arrivo di feriti, con mezzi di fortuna o con i normali mezzi di soccorso sanitario, creerà difficoltà di circolazione per cui deve essere prevista una diversa via di entrata e di uscita in modo da facilitare lo scorrimento dei mezzi di trasporto.

All'interno dell'ospedale l'afflusso dei feriti dovrebbe essere indirizzato in spazi precedentemente individuati, nelle immediate vicinanze degli ingressi carrai, ed attrezzati per consentire l'effettuazione del triage ed il successivo smistamento dei pazienti a secondo della gravità della patologia. Alle aree critiche si dovrà accedere facilmente evitando l'uso degli

ascensori. I pazienti che richiedono esclusivamente trattamento ambulatoriale potranno essere indirizzati in locali anche distanti dal Pronto Soccorso.

E' da prevedere inoltre uno spazio in cui far stazionare i congiunti ed i giornalisti in attesa di informazioni. Tale spazio potrà essere individuato anche all'esterno del complesso ospedaliero.

L'emergenza determinerà un aumentato consumo di medicinali, presidi medico- chirurgici, utilizzo delle attrezzature diagnostiche. Importante sarà quindi poter disporre immediatamente di quanto necessario e ciò sarà possibile se preventivamente si sarà provveduto ad analizzare tutti quegli elementi conoscitivi che concorrono alla epidemiologia dei disastri

Allo scopo sono utili alcuni dati statistici sull'aumento di domanda riportati nel successivo paragrafo

E.2 Epidemiologia degli eventi sismici

Con la definizione di epidemiologia dei disastri si intende riferirsi allo studio del verificarsi di malattie connesse ad un determinato evento catastrofico.

La grande maggioranza delle vittime di un terremoto è provocata da cedimenti delle costruzioni. Benché le costruzioni in cemento armato siano meno vulnerabili al sisma, in caso di crollo esse provocano un maggior numero di deceduti e di feriti gravi, rispetto alle costruzioni in muratura.

L'altezza e la progettazione degli edifici influenzano inoltre i tempi di evacuazione degli stessi da parte dei loro abitanti, con ripercussioni sull'incolumità umana.

Il numero dei morti, il rapporto numerico morti/feriti, il tipo e la gravità delle lesioni sono quindi legati ad una serie di variabili, tra cui le più importanti sono le seguenti:

- capacità di risposta dei soccorsi sanitari nelle prime 24-48 ore.
- magnitudo ed estensione del sisma (**Tabella 1**);
- caratteristiche socio-economiche dell'area colpita (composizione dei nuclei familiari, contesto urbano o rurale ecc.);
- caratteristiche e vulnerabilità degli edifici.
- periodo dell'anno, giorno e ora dell'evento

Il terremoto di Kobe del 1995, con le prime scosse, di cui una percepita per più di 10 secondi alle ore 5.46 della mattina, ha colto nel sonno la popolazione. Si è quindi registrato un numero molto alto di morti pari a 6.300 e di feriti, circa 34.000

Molti abitanti di palazzi in cemento armato, privi di scale di emergenza, a causa dei crolli dei piani - terra sono morti sia nel tentativo di fuggire che per la lunga attesa dei soccorsi.

A causa della difficile viabilità, anche i mezzi dei Vigili del Fuoco non hanno potuto operare regolarmente sui numerosi incendi scoppiati in tutta la città.

La diffusa metanizzazione del centro urbano ha prodotto focolai diffusi di difficile controllo anche per la mancanza di acqua nella rete cittadina, causata dalla rottura delle condotte idriche.

Accanto a patologie di tipo traumatico si sono quindi registrati numerosi casi di ustioni di varia entità.

La capacità di risposta tempestiva del sistema di soccorso e di assistenza sanitaria nel suo complesso, se svolta entro le prime 72 ore (**Tabella 1**), può ridurre in misura non trascurabile l'incidenza dei decessi sul numero globale delle vittime.

Secondo Noji (1997) in seguito al terremoto di Kobe, il 70% dei decessi si è verificato immediatamente dopo il sisma e il 90% entro il primo giorno dalla scossa devastante. Sempre secondo Noji, soccorsi sanitari forniti nelle prime ore successive all'evento avrebbero potuto ridurre del 20-25% i decessi che si sono verificati entro le prime 6-8 ore

Dopo la prima giornata, come dimostrano anche altri studi (Messico 1985, Armenia 1988, Egitto 1992) la probabilità di trovare persone ancora vive, rimaste intrappolate sotto le macerie, cala drammaticamente (**Grafico 1**) fino ad annullarsi a distanza di 3-5 gg dalla catastrofe.

Alla luce di questo quadro epidemiologico, acquisisce un'importanza essenziale la tempestività di soccorsi qualificati e ben organizzati.

Come è intuibile, i traumatismi sono la prima causa di richiesta di assistenza sanitaria e la loro gravità è proporzionale all'intensità del sisma (Tabella 3).

Dopo il terremoto di Kobe, è stato registrato un incremento notevole delle patologie respiratorie (**grafico 2**).

Kunii (1995) ha descritto un aumento dell'incidenza della dermatite atopica, nell'area dello stesso terremoto, attribuibile all'inquinamento da polveri prodotte dalle macerie e ad un incremento generale dei livelli di stress.

Lo scenario sanitario può essere inoltre complicato dagli effetti del sisma su particolari strutture presenti sul territorio, in particolare su quelle che possono rilasciare sostanze tossiche o materiale radioattivo (industrie ad alto rischio o depositi di scorie).

Il calo del livello igienico-sanitario di vita della popolazione e l'affollamento di persone in centri d'accoglienza determinano poi un ulteriore fattore di rischio per la sanità pubblica, rendendo pertanto necessario effettuare interventi di sorveglianza epidemiologica.

Il terremoto che ha colpito il Messico nel 1985 (8,5 gradi della scala Richter) ha portato nella capitale Città del Messico ad una perdita di 5.100 posti letto, pari al 30% del numero totale disponibile nella città. Nel corso di questo evento, due tra i maggiori ospedali cittadini crollando, hanno provocato la morte di 903 persone, tra personale, pazienti e visitatori.

Il sisma di Kobe, invece, (7,2 gradi della scala Richter) ha causato solo n. 4 vittime all'interno di ospedali e n.34 in cliniche private. Ciò sembra da attribuirsi all'edificazione degli edifici pubblici con criteri anti-sismici e alla preparazione all'emergenza degli ospedali locali che hanno continuato ad erogare servizi, presso le proprie strutture o sul territorio, anche in quella drammatica situazione.

Pertanto, l'ospedale, con il suo patrimonio di personale, strutture e materiali, deve essere considerato una risorsa strategica nel quadro della risposta ad un evento catastrofico e come tale deve essere oggetto di particolare attenzione e tutela nei programmi di riduzione della vulnerabilità e di prevenzione dei rischi.

EVENTO	MAGNITUDO	RATIO (F:M)
BAKERSFIELD 1952	6	16
SAN FERNANDO 1971	6,4	44
NICARAGUA 1972	5,6	4
GUATEMALA 1976	7,5	33
TANGSHAN 1976	?	0,67
ITALIA 1980	6,7	2,7
CILE 1985	7,8	14
MESSICO 1985	8,1	15-158
WHITTIER NARROWS 1987	5,9	40-450
ARMENIA 1988	6,9	0,5-6
LOMA PRIETA 1989	7,1	61
FILIPPINE 1990	7,7	2,4

Tabella 1 - Ratio feriti/morti in alcuni eventi sismici (Bourque *et al.* 1997)

Mortalità ritardata tra le vittime intrappolate sotto le macerie		
	FERITI GRAVI (Codice rosso-giallo)	FERITI NON GRAVI
Tempo dopo l'evento	Lesioni a rischio	Lesioni non a rischio
>6 ore	60%	
Da 6 a 12 ore	20%	
da 13 a 24 ore	10%	
da 25 a 48 ore	7%	
da 48 a 72 ore	3%	10%
4-6 giorni		60%
7-10 giorni		20%
11-12 giorni		10%

Tabella 2 – mortalità tra le vittime di un sisma intrappolate sotto le macerie, in base alle lesioni
Da: Goncharov (1997)

Localizzazione delle lesioni	Tipo di lesione	INTENSITA' (MERCALLI)			
		6	8	10	12
		%	%	%	%
Testa	totale	19	19	18,3	18,2
	comprese fratture	0,6	1,3	3,3	3,6
Torace	totale	8,8	8,5	7,7	7,6
	comprese fratture	0,8	1,1	2,2	2,3
Addome	totale	1	1	1	1
	comprese lesioni dei visceri	0,04	0,1		
Pelvi	totale	4,4	4,8	6	6,2
	comprese fratture e lesioni dell'apparato urogenitale	0,4	1	2,6	2,8
Colonna vertebrale	totale	3,4	3,8	5	5,2
	comprese fratture	0,5	1	2,7	2,9
Estremità	totale	54,6	53	48,8	48,2
	comprese fratture	5,2	7,5	14,9	16
	comprese crush syndrome	2,3	2,8	12,6	14
Multiple	totale	8,8	9,7	13,2	13,6
	comprese crush syndrome	0,6	1,3	3,3	3,6

Tabella 3 – distribuzione percentuale e localizzazione delle lesioni in base all'intensità dell'evento sismico (Goncharov 1997)

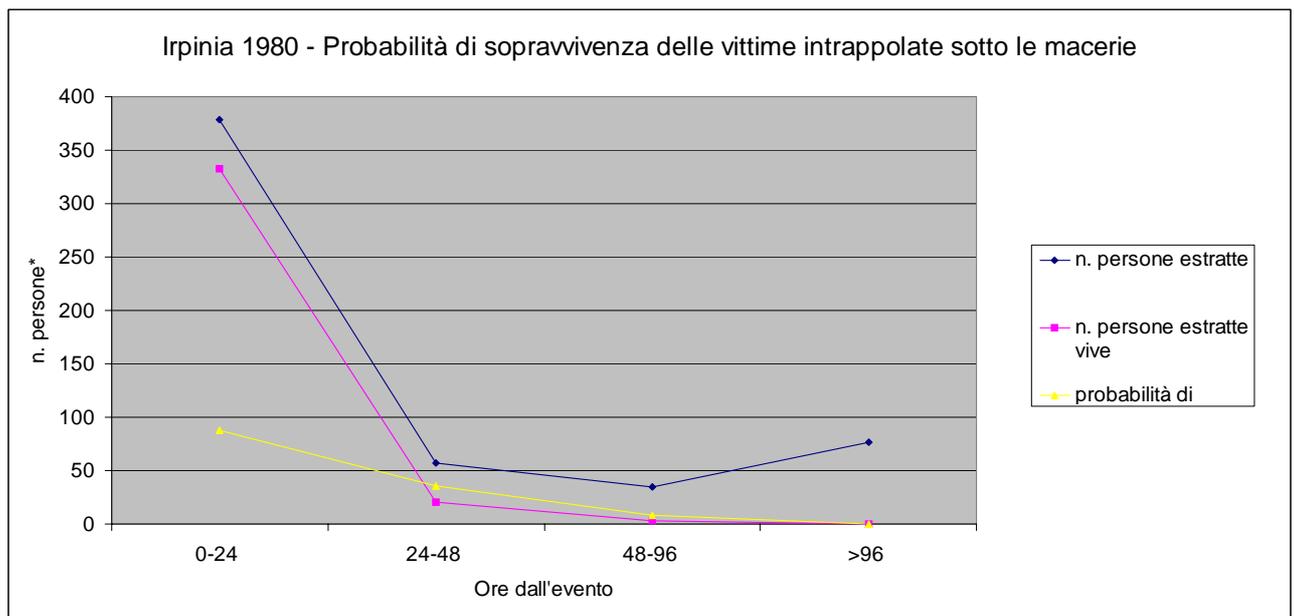


Grafico 1 Probabilità di sopravvivenza delle vittime intrappolate tra le macerie, in base ad un'indagine condotta da Greco et al. (1981)

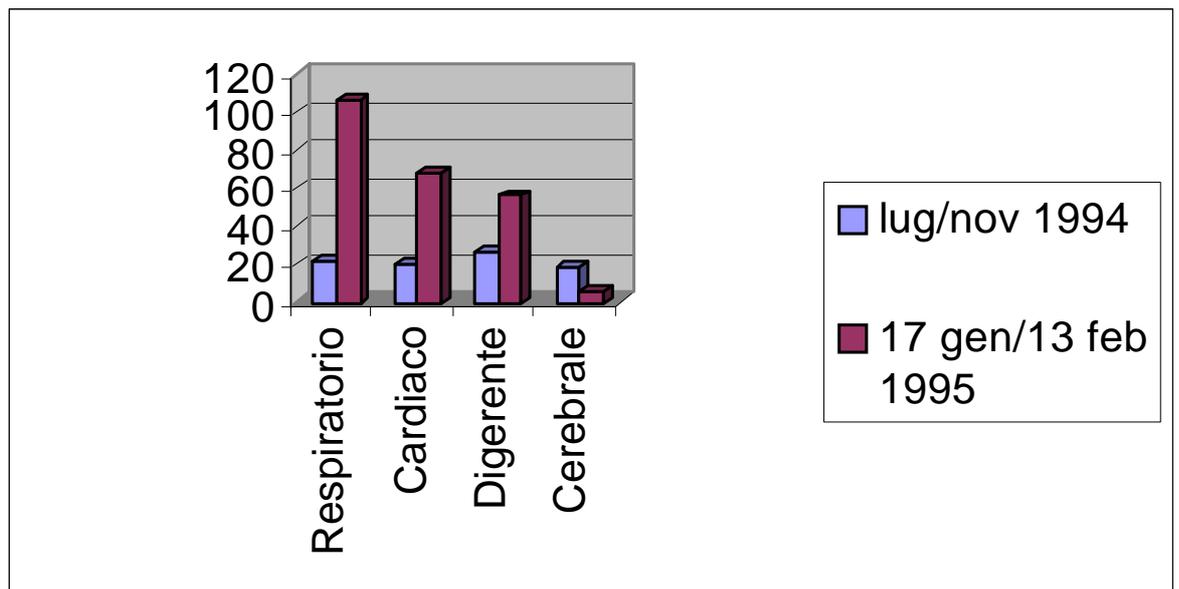


Grafico 2 Incremento delle patologie a carico di alcuni organi e apparati dopo il terremoto di Kobe (Tatemichi 1997)

TERREMOTO KOBE 1995

Morti 5.500 di cui 3.900 Kobe
 Feriti 27.000 “ 15.000 a Kobe
 senza tetto 300.000
 edifici crollati 144.000 di cui 87.000 a Kobe
 edifici distrutti da incendi 7.377 con devastazione di 65.ettari di superficie urbanizzata