

INGEGNERIA FORENSE IN CAMPO STRUTTURALE

Concetti - Metodi - Strumenti

PREFAZIONE

Il tentativo di realizzare qualcosa - sia un prodotto, una macchina, una costruzione - è sempre soggetto alla possibilità del fallimento. Questo vale in particolare per gli oggetti dell'Ingegneria, e il caso di strutture e opere d'arte come quelle necessarie alla Società per le sue attività e la sua sopravvivenza.

Essendo quindi la possibilità del fallimento immanente, è ovvia la necessità di una disciplina che studi questi eventi negativi, formalizzando il dovere di individuare le cause e le responsabilità di questi.

Se l'individuazione delle responsabilità è legata alla necessità della Società di tutelarsi, l'individuazione delle cause è un bisogno legato alla necessità di capire, attraverso una opportuna spiegazione, cosa è successo e imparare ad evitare il ripetersi in futuro di situazioni simili.

Questo è forse l'aspetto più importante dal punto di vista del progresso scientifico e tecnico: processi *trial and error*, ovvero procedimenti basati su tentativi ripetuti, ovvero l'apprendere per tentativi, può essere accettato solo in casi semplici, in cui l'esito negativo ha conseguenze limitate.

La Società attuale, con il suo crescente livello di interconnessione e di complessità, difficilmente accetta approcci di questo tipo. E gli esiti negativi, sia in termini economici ma soprattutto in termini di incolumità delle persone e di salvaguardia dell'ambiente, sono, giustamente, sanzionati.

Questo volume raccoglie in dodici capitoli, alcuni dei temi più importanti dell'Ingegneria Forense Strutturale: sono qui, filtrate dalle esperienze concrete e reali degli Autori, i principali concetti – metodi – strumenti necessari e opportuni ad analizzare un fallimento nel campo dell'Ingegneria Strutturale, a ricostruirne lo sviluppo, e a darne una spiegazione.

Lo studio, la interpretazione e la rappresentazione dell'evento negativo, ovvero il collasso di una struttura o la crisi di una infrastruttura, sono indubbiamente, compiti non semplici e non facili. Una occasione significativa di esprimere i concetti, i metodi e gli strumenti dell'Ingegneria Forense Strutturale è stato il corso che si è svolto nel febbraio 2017 presso la prestigiosa sede del Centro Internazionale di Scienze Meccaniche – CISM di Udine: da quelle lezioni nasce il presente volume.

Il volume è essenzialmente diviso in due parti: i primi sei capitoli servono a introdurre gli aspetti generali, mentre i restanti sei esplicitano situazioni e contesti specifici.

Il volume inizia con un capitolo che ripercorre la tragica vicenda del crollo della

Scuola Francesco Jovine in San Giuliano di Puglia in occasione del sisma dell'ottobre 2002. Questo capitolo, mette subito il Lettore nel mezzo dei termini e dei ragionamenti, anche di rilevante sofisticazione, tipici dei procedimenti di Ingegneria Forense.

Seguono due capitoli, in cui è illustrato essenzialmente il termine di spiegazione, prima dal punto di vista scientifico e tecnico, poi con un'ottica e un linguaggio più forense, nella consapevolezza che la interpretazione scientifica e tecnica di un evento negativo deve, alla fine, essere traslato su un piano legale e giuridico.

I successivi due capitoli inquadrano, prima, i concetti fondamentali che determinano la qualità di una struttura, qualità che se mancanti portano ad un fallimento, e, poi, gli aspetti principali da controllare nella documentazione a supporto del progetto e della realizzazione di una costruzione.

Nell'ultimo capitolo della prima parte, è considerato il contesto civile.

Nei capitoli che compongono quella che può essere considerata la seconda parte del volume, sono considerati campi specifici, ovvero casi / situazioni particolari. Si è pensato in questo modo di declinare e materializzare i concetti, i metodi e gli strumenti illustrati nei capitoli precedenti, a casi concreti, che pur non esaurendo ovviamente tutte le situazioni possibili, almeno focalizzano alcune semplificazioni.

Si inizia, quindi, considerando le costruzioni in muratura che anta parte hanno nel nostro Paese: i delicati aspetti di modellazione sono considerati inizialmente in maniera rigorosa, per poi avviarsi verso approcci più approssimati ma anche più efficaci. Successivamente, un capitolo riguarda le piccole, ma frequenti, opere infrastrutturali che connettono preziosamente il territorio italiano: in questo caso, appare evidente il ruolo dello studio di fallimenti strutturali per impostare contromisure che possono evitare simili episodi nel futuro.

Un settore affascinante, oltre che denso di applicazioni ingegneristiche, è quello della investigazione in caso di incendi nelle costruzioni: i due capitoli sono dedicati a questa forma di Ingegneria Forense Strutturale.

Infine, chiudono il volume, due capitoli dedicati a temi specifici dell'Ingegneria Forense Strutturale come la risoluzione alternativa delle controversie e riflessioni su etica, deontologia e due diligence.

Pur nella consapevolezza della parzialità del presente volume, si ritiene che esso possa costituire comunque un supporto operativo e un momento di riflessione per questo affascinante e difficile settore dell'Ingegneria.

Come curatore del volume voglio ringraziare i Colleghi per i capitoli in cui hanno trasferito le loro competenze e esperienze. Un ringraziamento va anche all'Ing. Alessandra Aguinagalde per la cura nella redazione del testo.

Infine, un ringraziamento è dovuto a Nicola Augenti e a Pier Giorgio Malerba per le discussioni e gli spunti avuti.

F. Bontempi

Università degli Studi di Roma "La Sapienza"

AUTORI

Prof. Ing. Franco BONTEMPI

È professore ordinario di Tecnica delle Costruzioni presso la Facoltà di Ingegneria Civile e Industriale della Sapienza di Roma dal 2000 dove è titolare dei corsi di Tecnica delle costruzioni, Costruzioni metalliche, Progettazione strutturale antincendio. Si occupa di analisi strutturale e progettazione prestazionale di edifici alti e ponti, coordinando un gruppo di ricerca tra i più attivi nel settore del calcolo automatico e della modellazione strutturale. Ha partecipato alla redazione delle Norme Tecniche delle Costruzioni e allo sviluppo del progetto di strutture speciali quali il ponte sullo Stretto di Messina e strutture per turbine eoliche offshore. È consulente per procedimenti di Ingegneria Forense connessi a collassi strutturali, controversie riguardanti strutture strategiche, gestione non conformità.

Prof. Ing. Mauro SASSU

È professore associato di Tecnica delle Costruzioni presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Cagliari, nonché docente esterno nella scuola di Ingegneria dell'Università di Pisa, presso cui ha insegnato dal 1992. Si occupa di ingegneria sismica, costruzioni in muratura, ingegneria forense e resistenza all'incendio degli edifici. Ha partecipato alla redazione degli Eurocodici 6 (costruzioni in muratura) e del comitato europeo CEN TC127 sulla resistenza all'incendio. È consulente per procedimenti di Ingegneria Forense presso Procure della Repubblica e Tribunali toscani.

Ing. Linda GIRESINI

Laureata con Lode in Ingegneria Civile, indirizzo Strutture, è ricercatore di Tecnica delle Costruzioni presso la scuola di Ingegneria dell'Università di Pisa dal 2015. Dottore di ricerca in Ingegneria Civile, settore Strutture all'Università di Pisa, è stata docente presso la Facoltà di Architettura di Sassari nonché visiting nel 2013-14 presso il Politecnico di Aachen (Germania) e presso l'Università di Minho (Portogallo). I suoi ambiti di ricerca sono la dinamica sismica di strutture in muratura (rocking, strutture voltate), gli effetti di eventi estremi su strutture esistenti. Collabora con il TUM di Monaco (Germania) su temi di ingegneria sismica.

Ing. Marcello MANGIONE

Laureato In Ingegneria Civile –Università della Calabria. Ufficiale Ruolo Tecnico dell’Arma dei Carabinieri in servizio permanente effettivo. Progettista strutturale e antincendio, direzione lavori, coordinamento sicurezza, consulente tecnico, docente e membro in varie commissioni per l’Arma dei CC. Attività di CTU presso il Tribunale di Palmi e come Giudice Militare presso il Tribunale Militare di Napoli. Attualmente si occupa di Fire Investigation, tema su cui sta sviluppando la tesi di dottorato.

Ing. Gabriella PARLANTE

Laureata in Ingegneria civile edile con lode, si è specializzata in costruzioni in c.a. e c.a.p. con Master biennale presso la scuola di specializzazione Fratelli Pesenti del Politecnico di Milano. È certificata Qing di secondo livello nel comparto di Ingegneria Forense con specializzazione in arbitrati, appalti, perizie di stima e parcelle. È Consigliere Segretario dell’Ordine degli Ingegneri di Milano nonché Consigliere del C.d.A. della Fondazione dell’Ordine degli Ingegneri della Provincia di Milano. Si occupa di consulenze giudiziali e stragiudiziali, arbitrati e mediazioni.

INDICE

Prefazione.....	i
Autori.....	iii
La natura del problema e i suoi termini.....	1
Procedimenti e ruoli dal punto di vista tecnico nel contesto penale.....	37
Impostazione dell'analisi documentale e suo sviluppo.....	63
Successi e fallimenti ingegneria strutturale.....	87
Le fallacie nelle relazioni tecniche e gli errori nelle analisi numeriche.....	129
Procedimenti e ruoli dal punto di vista tecnico nel contesto civile.....	155
Le valutazioni elementari sulle strutture in muratura.....	181
Un nuovo approccio progettuale e peritale nella difesa dei piccoli ponti.....	227
Le basi della fire investigation nei procedimenti forensi.....	259
Il supporto della modellazione nella back-analysis degli incendi.....	295
Risoluzione alternativa delle controversie.....	329
Etica, deontologia, due diligence.....	371

LA NATURA DEL PROBLEMA E I SUOI TERMINI

F. Bontempi

Università degli Studi di Roma "La Sapienza"

SOMMARIO

Nel presente capitolo si introducono alcuni dei termini principali dell'Ingegneria Forense Strutturale facendo riferimento al caso del crollo della Scuola Jovine di San Giuliano di Puglia. La vicenda, nella sua tragicità, appare emblematica e può essere presa a riferimento dal punto di vista tecnico. Per il Lettore sarà un'immersione istantanea, non facile ma necessaria, nel campo dell'Ingegneria Forense Strutturale con i suoi concetti e i suoi termini di ragionamento.

1. INTRODUZIONE

Il 31 ottobre 2002, a seguito del terremoto avvenuto alle 11:32, si verificò il crollo della scuola Francesco Jovine di San Giuliano di Puglia, in provincia di Campobasso, dove persero la vita ventisette bambini e una insegnante.

Questo sisma (magnitudo M_w 5.7) venne avvertito quel giorno in una vasta area dell'Italia centro-meridionale, provocando danni significativi in un'area compresa fra i Frentani, il Sannio e la Capitanata, nelle province di Campobasso e di Foggia. La scossa era stata preceduta nella notte da tre terremoti di magnitudo maggiore di 2.0: alle ore 1:25, M_L 2.6, alle ore 3:27, M_L 3.3 e alle ore 7:15, M_L 2.4. Poco più di ventiquattro ore dopo la scossa più forte, alle ore 16:09 del 1° novembre un altro terremoto di magnitudo M_w 5.7 colpì l'area accrescendo i danni provocati dalla prima.

L'evento in tutta la sua drammaticità ha ottenuto l'attenzione di tutti i giornali (Figure 1,2) e, in particolare, è apparsa la singolarità del comportamento dell'edificio crollato, la scuola che aveva subito una sopraelevazione, rispetto al contesto (Figura 3).

Fermo restando la tragedia umana, dal punto di vista tecnico questo caso risulta estremamente interessante. In effetti, la vicenda sintetizzata dalla sentenza di appello è riportata sul sito della Regione Emilia-Romagna, *Codice del governo del territorio*, dove nel Dossier: Sentenze della causa penale conseguente al crollo dell'edificio scolastico "Jovine" di San Giuliano di Puglia, si rileva che *appare utile pubblicare sentenze del giudizio penale di primo grado e d'appello conseguenti al crollo dell'edificio scolastico "Jovine" di S. Giuliano di Puglia* (<http://territorio.regione.emilia-romagna.it/codice-territorio/sismica/dossier-sentenze-della-causa-penale-conseguente-al-crollo-delledificio-scolastico-jovine-di-san-giuliano-di-puglia/>).

Nel seguito di questo capitolo, per la rilevanza di questa sentenza se ne riporteranno per esteso diverse parti, ripercorrendone la filosofia.



Figura 1. Le macerie della Scuola Francesco Jovine a San Giuliano di Puglia.



Figura 2. La Scuola Francesco Jovine a San Giuliano di Puglia crollata circondata da edifici integri.

SULLA TOMBA DEGLI ANGELI

“La Jovine è stato l’unico edificio a crollare”

SAN GIULIANO DI PUGLIA. La scuola elementare di San Giuliano è stato l’unico edificio a crollare il 31 ottobre 2002. Il cedimento ha provocato la morte di 27 alunni e di una maestra. Una nuova tensostruttura è stata costruita nel villaggio provvisorio “dove oggi vanno i nostri figli, quelli che sono rimasti vivi”. Da un giro in macchina con il presidente del Comitato vittime Jovine ha introdotto il servizio sul crollo della scuola. Un’inchiesta giudiziaria che solo alcuni giorni fa ha visto la richiesta di rinvio a giudizio per tecnici, imprenditori ed ex amministratori. I genitori dei bambini vogliono avere giustizia per arrivare a una verità che oggi non ha ancora spiegazione. Si trattava di una “scuola abusiva” ha ripetuto nell’intervista il procuratore Nicola Magrone che non era in regola e non era stata collaudata. “Ho firmato il certificato di agibilità - ha spiegato l’ingegnere La Serra - senza che la scuola

fosse stata collaudata, ma non spettava a me collaudarla”. E poi l’ex sindaco Antonio Borrelli a spiegare che “non è crollata solo la parte sopraelevata” e il capo del Dipartimento nazionale della Protezione Civile Guido Bertolaso a ripetere “è strano che l’unico edificio crollato sia uno dei più moderni, un effetto sito che ha amplificato quello del terremoto”. Pareri a volte discordanti tra loro che non hanno permesso di avere una risposta esauriente. Che cosa ha dunque determinato il cedimento dell’edificio come un castello di carte? I genitori se lo chiedono ogni giorno al cimitero, a casa e quando passano vicino le macerie della scuola. La telecamera e il microfono di Report li ha ascoltati, così come ha sentito i magistrati e i principali indagati, alcuni dei quali hanno preferito non rilasciare dichiarazioni.

L’udienza preliminare è stata fissata al 18 luglio prossimo.

Figura 3. La Jovine è stato l’unico edificio a crollare.

2. SULL’APPLICABILITÀ DELLA LEGGE N. 1086/71

La Legge 5 novembre 1971 n. 1086 - *Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica* (Gazzetta Ufficiale n. 321 del 21/12/1971) – è la pietra miliare dell’attività che porta alla realizzazione delle costruzioni civili: in essa sono definiti, da una parte, gli oggetti ovvero le opere considerate e, dall’altra, gli attori e le relative responsabilità.

Questa Legge, impone tra l’altro, per le opere in conglomerato cementizio armato normale o precompresso o in struttura metallica, la predisposizione di un progetto esecutivo (art. 2, co. 1), la denuncia dei lavori al Genio Civile (oggi Assessorato regionale all’urbanistica) prima del loro inizio (art. 4, co. 1) con il deposito del progetto comprendente i calcoli e di una relazione illustrativa sui materiali (art. 4, co. 3, lett. a, b), la tenuta dei documenti di cantiere (art. 5), la relazione a struttura ultimata (art. 6) ed il collaudo statico (art. 7), sotto comminatoria di sanzioni penali per “chiunque” consente l’utilizzazione delle costruzioni prima del collaudo statico (art. 17; e v. pure art. 75 D.P.R. n.380/2001).

In particolare, l'Art.1 di questa legge cita:

Art. 1 - Disposizioni generali

Sono considerate opere in conglomerato cementizio armato normale quelle composte da un complesso di strutture in conglomerato cementizio ed armature che assolvono ad una funzione statica.

Sono considerate opere in conglomerato cementizio armato precompresso quelle composte di strutture in conglomerato cementizio ed armature nelle quali si imprime artificialmente uno stato di sollecitazione addizionale di natura ed entità tali da assicurare permanentemente l'effetto statico voluto. Sono considerate opere a struttura metallica quelle nelle quali la statica è assicurata, in tutto o in parte, da elementi strutturali in acciaio o in altri metalli.

La realizzazione delle opere di cui ai commi precedenti deve avvenire in modo tale da assicurare la perfetta stabilità e sicurezza delle strutture, e da evitare qualsiasi pericolo per la pubblica incolumità.

Ora, il primo punto da considerare riguarda l'applicabilità di questa Legge al caso in esame. Nel processo di prima cura, i Periti avevano affermato di non avere fatto riferimento a questa Legge,

“perché la tipologia costruttiva era chiaramente una tipologia di edificio in muratura con la presenza di alcuni elementi di calcestruzzo con qualche armatura ... era comunque una presenza legata alle tipiche modalità costruttive di un edificio in muratura”.

Tra questi elementi in calcestruzzo armato, i Periti avevano elencato “i cordoli di piano ai quali si collegavano gli elementi di copertura”, “i solai in calcestruzzo armato e laterizi”, “il sottotetto anche. Gli orizzontamenti in generale erano tutti realizzati così” ed “il tetto anche”.

Quindi, erano presenti cordoli solai, inclusi quelli del sottotetto e del tetto, e tutti gli altri orizzontamenti e, aggiungevano i Periti, di avere valutato questi elementi nel modello di calcolo come diaframmi, attribuendo loro un comportamento rigido nel loro piano e quindi inessenziale.

Ora, secondo quanto chiarito dalla Circolare n. 11951 del 14/02/1974 del Servizio Tecnico Centrale,

L'art.1 della Legge definisce, senza dar luogo ad incertezze interpretative, le opere in conglomerato cementizio armato precompresso e quelle a struttura metallica. Qualche dubbio è sorto invece sull'interpretazione del concetto di opere in conglomerato cementizio armato normale, considerate come tali "le opere composte da un complesso di strutture in conglomerato cementizio ed armature che assolvono ad una funzione statica".

In altri termini si considerano, ai sensi della Legge 1086, opere in conglomerato cementizio armato normale quelle costituite da elementi resistenti interconnessi, compresi quelli di fondazione, che mutuamente concorrono

ad assicurare la stabilità globale dell'organismo portante della costruzione, e che quindi costituiscono un "complesso di strutture", ossia un insieme di membrature comunque collegate tra loro ed esplicanti una determinata funzione statica.

Sono quindi escluse dall'applicazione dell'art. 4 della Legge, oltre alle membrature singole, anche gli elementi costruttivi in cemento armato che assolvono una funzione di limitata importanza nel contesto statico dell'opera.

Nel processo di prima cura, il Tribunale aveva ritenuto inapplicabile la Legge 1086/71, in quanto nella sopraelevazione in discussione non era presente una pluralità di strutture in cemento armato tra loro collegate che concorressero ad assicurare la stabilità degli elementi portanti dell'edificio. Questa tesi viene condivisa anche dai difensori e dai CTP degli imputati, che insistono sull'inapplicabilità della disciplina in oggetto agli edifici in muratura quale era la scuola poi crollata e la natura non portante delle opere in calcestruzzo armato ivi presenti.

Il Tribunale in appello, ha ritenuto che tale tesi non risulti in alcun modo condivisibile: infatti, la sentenza di primo grado mentre citava la parte

si considerano, ai sensi della Legge 1086, opere in conglomerato cementizio armato normale quelle costituite da elementi resistenti interconnessi, compresi quelli di fondazione, che mutuamente concorrono ad assicurare la stabilità globale dell'organismo portante della costruzione, e che quindi costituiscono un "complesso di strutture",

ometteva di richiamare l'inciso successivo, secondo il quale

Sono quindi escluse dall'applicazione dell'art. 4 della Legge, oltre alle membrature singole, anche gli elementi costruttivi in cemento armato che assolvono una funzione di limitata importanza nel contesto statico dell'opera.

I molteplici e consistenti elementi in cemento armato (cordoli, solai, inclusi quelli del sottotetto e del tetto, e tutti gli altri orizzontamenti: elementi aventi tutti natura portante in senso orizzontale) presenti nella sopraelevazione incidevano, invece, nel contesto statico dell'opera.

A sostegno della propria tesi, il Tribunale di primo grado aveva citato la sentenza di Cassazione 2/10/1996 n. 9840, equivocandone però il contenuto, in quanto ivi era scritto che la Legge 1086 si applica

“alle opere comunque caratterizzate dalla presenza di strutture in cemento armato che assolvano una funzione statica nel complesso edificato.”

In effetti, già la sentenza di Cassazione 3/10/1995 n. 10847 aveva affermato che l'espressione “complesso di strutture” di cui all'art.1 Legge 1086,

“non va intesa nel senso che una struttura unitaria non possa rientrare nella suddetta nozione, ma come una formula che si riferisca a quella [struttura unitaria] composta da più parti.”

A sua volta, la sentenza di Cassazione 16/01/1995 n. 122, aveva ritenuto che la Legge 1086, essendo posta a tutela della pubblica incolumità, fosse riferibile *“a tutte le opere in conglomerato cementizio”*, senza addirittura neppure presupporre la funzione statica o meno.

La sentenza di Cassazione 10/06/1996 n.7083 aveva ritenuto che gli artt. 1 e 4 della Legge 1086 si riferissero *“a tutte le opere in cemento armato e c.a. precompresso senza alcuna distinzione circa le dimensioni e le caratteristiche.”* E la sentenza di Cassazione 18/03/1997 n. 3950 aveva affermato che il *“sorreggere pesi o sopportare spinte è solo una, e non essenziale, delle possibili funzioni statiche della struttura”* in cemento armato.

Infine, per la sentenza di Cassazione 29/11/2000 n. 5220 (sentenza dalla quale il Tribunale di primo grado aveva espressamente dissentito), la Legge 1086 si applica *“a tutte le strutture in conglomerato cementizio (normale o precompresso) e in metallo che assolvono ad una funzione statica del manufatto, senza che assuma rilievo l’entità dell’elemento materiale, atteso che non è necessario che questo sia costituito da un complesso di strutture, essendo rilevante l’elemento funzionale.”*

In questa sentenza si precisa che l’art.1 della Legge 1086, nei suoi tre commi, contiene tre definizioni che spingono a superare il tenore letterale del primo comma, dovendosi aderire alla corretta interpretazione teleologica sulla cui base deve concludersi che

“ogni qualvolta si costruiscano o si montano strutture in cemento armato o in metallo, siano esse semplici o complesse, singole o plurali, purché assolvano a una funzione statica del manufatto, deve essere rispettata la disciplina stabilita dalla Legge 1086/71 relativa alle opere in cemento armato”.

La *ratio legis*, precisa la sentenza,

“è quella di assicurare la stabilità del fabbricato in tutti i casi in cui siano comunque adoperate strutture in cemento armato o in metallo in funzione statica”

e quanto a detta funzione si richiama l’art.1 della Legge 1086 il quale

“ha prescritto in via generale che la realizzazione di dette opere deve avvenire in modo tale da assicurare la perfetta stabilità e sicurezza delle strutture e da evitare qualsiasi pericolo per la pubblica incolumità.”

La sentenza di appello conclude a questo punto che qualora gli imputati avessero doverosamente rispettato le previsioni della Legge 1086, essi non avrebbero proprio potuto né dovuto iniziare i lavori e tanto meno realizzare la sopraelevazione, sicché l’evento *hic et nunc* verificatosi nel caso di specie non si sarebbe affatto verificato.

Come è evidente, la presente violazione risulta particolarmente grave (ma altre non risultano da meno), riflettendosi immediatamente e direttamente sul nesso causale, specificamente sussistente rispetto alla stessa.

3. SULLA VIOLAZIONE DEL D.M. 20/11/1987

Il D.M. 20 novembre 1987 - *Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento* – ha lo scopo di *fissare i criteri generali tecnico-costruttivi per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo degli edifici a uno o più piani, in tutto o in parte a muratura portante, costituiti da un insieme di sistemi resistenti collegati tra di loro e le fondazioni e disposti in modo da resistere ad azioni verticali e orizzontali. Per altre tipologie edilizie, le presenti norme potranno assumersi quale utile riferimento metodologico.*

Le murature considerate sono quelle costituite da elementi resistenti collegati fra di loro tramite malta.

Con la successiva Circ. LL.PP. 4 gennaio 1989 n. 30787 sono state emanate le istruzioni per la sua applicazione.

L'applicabilità di detto D.M. al caso di specie è pacifica tra le parti, dato che la scuola poi crollata consisteva, appunto, in un edificio in muratura e pietrame. Il titolo II di questo D.M. al punto 1.1, co. 2, lett. a, stabilisce che

“è fatto obbligo di procedere al consolidamento a chiunque intenda sopraelevare o ampliare l'edificio.”

A differenza di quanto asserito dalla difesa degli imputati, nella Scuola Jovine si era in presenza di una vera e propria sopraelevazione e non già di un mero ampliamento. All'ultimo comma, il medesimo articolo aggiunge che

“nel caso in cui, in relazione allo stato di fatto dell'edificio e sulla base degli accertamenti e delle verifiche eseguite, risulti che non occorrono provvedimenti di consolidamento, deve essere ugualmente presentata la documentazione tecnica di cui al punto 1.3. riferita al fabbricato esistente.”

E al punto 1.3 questa documentazione tecnica viene così elencata:

Il progetto di un intervento su di un edificio sarà basato sulle seguenti operazioni:

- a) rilievo atto all'individuazione dello schema strutturale nella situazione esistente;*
- b) valutazione delle condizioni di sicurezza attuale dell'edificio e delle caratteristiche di resistenza degli elementi strutturali interessati dagli interventi, avuto riguardo alla eventuale degradazione dei materiali e ad eventuali dissesti in atto;*
- c) scelta progettuale dei provvedimenti di intervento operata sulla base degli elementi determinati come sopra;*
- d) verifica di sicurezza del nuovo organismo strutturale.*

Il progetto deve essere completo ed esauriente per planimetria, piante, sezioni, particolari esecutivi, relazione tecnica, relazione sulle fondazioni e fascicolo dei calcoli per le verifiche di sicurezza. In particolare la relazione tecnica deve riferirsi anche a quanto indicato nei successivi punti.

In ogni caso i disegni di progetto devono contenere le necessarie informazioni atte a definire le modalità di realizzazione degli interventi nonché, ogni qualvolta occorra, la descrizione e la rappresentazione grafica delle fasi di esecuzione con le relative prescrizioni specifiche.

Quanto ai suddetti rilievi, valutazioni, scelte progettuali e verifiche, non può condividersi l'assunto del Tribunale di primo grado, secondo cui esse avrebbero dovuto riguardare solo i muri sottostanti la sopraelevazione e non anche quelli dell'altra porzione (pure poi crollata).

A tale assunto, il primo Giudice perviene sulla base di un'interpretazione asseritamente letterale del citato D.M. del 1987, senza spiegare il perché vi abbia fatto ricorso, laddove, nell'interpretare ad esempio il D.M. 18/12/75 in materia antisismica, il medesimo Giudice ha invece, non meno immotivatamente, abbandonato detto criterio di interpretazione letterale.

Ora, è vero che il compito d'interpretare la norma spetta al Giudice, però è altrettanto vero che, quando la norma si presta a più interpretazioni ed egli aderisce ad una anziché ad un'altra e tanto più quando, nell'ambito della medesima sentenza, per una legge il Giudice segue un canone interpretativo e per un'altra legge ne segue uno opposto, egli deve dare conto del perché abbia aderito ad un canone anziché all'altro; in caso contrario, la sua immotivata scelta riduce l'ermeneutica ad attività ai limiti (se non oltre i limiti) dell'arbitrio.

A parte ciò, non sembra che un'interpretazione letterale conduca al risultato voluto dal Tribunale e comunque, in una materia così delicata quale è quella della *stabilità e sicurezza degli edifici* e dell'*incolumità pubblica*, la Corte di Appello reputa che l'interpretazione prescelta (dal Giudice, ma ovviamente anche dai tecnici che operano a vario titolo nel settore) debba essere quella che di volta in volta si presenti come la più rispondente a quel canone che, meglio di ogni altro, serve a salvaguardare le esigenze anzidette.

Non a caso, i periti, a differenza di quanto poi opinato dal Tribunale di prima cura, avevano spiegato che il consolidamento (e quindi anche le previe verifiche) "*avrebbero dovuto riguardare l'intera struttura*", anche perché, una volta iniziata l'indagine nella zona strettamente sottostante che avrebbe dovuto accogliere la nuova sopraelevazione ed una volta riscontrate le relative carenze,

“un tecnico accorto avrebbe proseguito il proprio esame anche alla zona non interessata dalla sopraelevazione, constatando che la zona nella quale trovava i risultati negativi aveva un piano, ma intorno c'era un edificio che ne aveva due di piani, quindi la preoccupazione avrebbe dovuto essere addirittura maggiore. Cioè dire: se qui c'è un piano, andiamo a vedere dove ce ne sono due.”

Qualora poi non vi fossero state le risorse per consolidare entrambe le scuole (scuola materna e scuola elementare/media), anche ammesso (e peraltro non concesso, alla luce di quanto testé esposto) che la scelta di quale consolidare potesse rientrare nella discrezionalità amministrativa o nella discrezionalità tecnica e che detta scelta fosse caduta così come cadde sulla scuola materna, si sarebbe allora dovuto quanto meno evitare di realizzare la sopraelevazione del 2002, nell'impossibilità del previo doveroso (specificamente imposto per le sopraelevazioni dal D.M. del 1987) consolidamento anche della scuola elementare e media.

Ancora, visto che all'epoca in cui venne pensata e poi realizzata la sopraelevazione, tra il 1999 ed il 2002, il sisma era un fenomeno ampiamente prevedibile, essendo stato San Giuliano inserito fra i comuni ad elevato rischio sismico già dal 1998, per giunta con previsione d'intensità pari al 9° grado della scala Mercalli (crollo totale), anche ammesso (ma non concesso) che il consolidamento per carichi verticali non avrebbe protetto la scuola elementare dal crollo, allora delle due l'una: o si sarebbe dovuto previamente effettuare un idoneo consolidamento anche per carichi orizzontali di tipo sismico, oppure ci si sarebbe dovuti semplicemente astenere dal realizzare la sopraelevazione, al fine di non mettere a repentaglio l'incolumità e la vita stessa di chi doveva frequentare la scuola (e poi vi è morto sotto).

Ma di ciò gli imputati non tennero alcun conto e nella struttura sottostante, la scuola elementare e media, non prevedero e non eseguirono, benché invece obbligati a farlo e benché lo avessero contemporaneamente fatto per la più recente e più resistente scuola materna (parzialmente aderente alla scuola elementare e media poi invece crollata), né previe verifiche e né previe opere di consolidamento.

4. SUL PROGETTO STRUTTURALE

Risulta assolutamente irrilevante quanto il Progettista ha apoditticamente, unilateralmente e laconicamente scritto o declamato nella sua relazione al progetto generale del 5/08/1999 in ordine allo stato della muratura preesistente, sulla quale sono mancate del tutto le verifiche ossia i doverosi calcoli, saggi e prove da parte sua: calcoli, saggi e prove che, se compiuti, lo avrebbero portato a conclusioni esattamente opposte.

Relativamente alla mancanza di precedenti dissesti statici, i Consulenti Tecnici di Parte (CTP) si sono limitati ad operare un riferimento di carattere storico (il non essersi, cioè, in precedenza verificatisi dissesti statici nella scuola poi crollata), in nessun modo dunque rapportabile all'attualità. Il puro e semplice dato storico dell'assenza di precedenti dissesti statici non permetteva perciò, in alcun modo e nella maniera più assoluta, di far ritenere o presumere che quella struttura fosse in

grado di sorreggere dal punto di vista statico un corpo aggiunto, ossia la sopraelevazione del 2002.

Il Progettista/Direttore lavori, dunque, ma anche gli altri imputati, nel progettare e poi eseguire la sopraelevazione del 2002, ben sapevano o comunque dovevano sapere su quale tipo di preesistente struttura si stava andando ad operare. Ne conoscevano o comunque avrebbero dovuto conoscerne la vulnerabilità anche perché era una vulnerabilità propria di tutte le strutture costruite negli Anni '60 nella zona appenninica, ivi inclusa quella specifica zona.

Essi, tecnici del mestiere, non si sarebbero sicuramente potuti né dovuti accontentare di riscontrare l'assenza sui muri di segni esteriori di crepe o lesioni, ma erano tenuti a compiere, prima di sopraelevare, tutte le verifiche loro imposte dal D.M. del 1987 al fine di verificare l'effettiva consistenza ed il grado di resistenza di detti muri.

È da rilevare, inoltre, la contraddittorietà con quanto fatto dalla Giunta comunale che affidò nel 2001 allo stesso Progettista l'incarico di progettazione e direzione lavori al fine di consolidare la parete portante, il tetto ed i solai della scuola materna (e quindi dell'ala che poi crollò a seguito del sisma del 2002, parzialmente aderente alla scuola elementare e media invece crollata), ossia la sua struttura portante nei suoi elementi principali.

La totale mancanza del progetto strutturale esecutivo e dei relativi calcoli strutturali, concernenti da un lato le opere in muratura e dall'altro quelle in cemento armato presenti nella struttura (sia cioè nella realizzanda sopraelevazione e sia nella struttura preesistente), ha costituito una violazione gravissima di carattere sostanziale (oltre che formale) della L. n. 109/94 (Legge quadro sui lavori pubblici), e correlato d.P.R. 21 dicembre 1999 - Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11 febbraio 1994, n. 109, oltre che della L. n. 1986/71 e del D.M. 10/11/87, perché non ha permesso di verificare il grado di resistenza delle strutture e, in particolare, della struttura sottostante.

Se il progetto strutturale fosse stato doverosamente predisposto e se questi calcoli fossero stati doverosamente compiuti, ne sarebbe risultata immediatamente evidente la necessità di procedere al consolidamento della struttura preesistente, prima di procedere alla sopraelevazione.

La *progettazione si è risolta in un semplice foglio con tre disegni* (con qualche indicazione di misura) e l'intestazione "Comune di S. Giuliano di P. – Adeguamento funzionale del plesso scolastico – Il lotto – Perizia di variante": qui non mancano solo il progetto strutturale esecutivo e i calcoli, qui manca tutto; un difensore di parte civile nella sua arringa l'ha paragonato al *disegnino di un bambino*, aggiungendo che suo figlio avrebbe saputo fare di meglio.

Vale anche la pena di rilevare che nella scheda relativa alla scuola di cui è processo, era stato barrato la casella e parzialmente aggiunto anche a penna la testuale dizione: "*Edificio situato in zona di consolidamento art. 2 L. n. 64/1974*".

Gli imputati sapevano bene, dunque, che l'edificio era sito in zona in cui si applicava l'art.2 della L. n. 64/74: avevano anche applicato questa norma rispetto ad altri interventi, e quanto alla sopraelevazione di cui è processo, lo avevano anche espressamente messo per iscritto, ma, ciononostante, nell'eseguire la sopraelevazione in discussione omisero completamente di chiedere previamente l'autorizzazione ivi prescritta.

Non si può condividere la deduzione subordinata della difesa, secondo cui, in sostanza, la richiesta di autorizzazione aveva finalità di mero archivio: infatti, in taluni casi, la Regione aveva negato l'autorizzazione all'esecuzione di interventi nel comune di San Giuliano, proprio a causa dell'elevata pericolosità geologica dello specifico sito in cui si sarebbe voluto eseguire il singolo intervento.

È vero che la L. n. 449/97 così come l'OPCM n. 2778/98 hanno finalità di agevolazione fiscale e non riguardano le costruzioni quale quelle in oggetto, ma solo i preesistenti edifici da riparare/adequare o ricostruire. Però è anche vero che, con l'individuazione di quei comuni "*ad elevato rischio sismico*" ai sensi dell'articolo unico dell'OPCM n. 2778/98 e con la pubblicazione sia di quest'ultimo che dell'elenco ad esso allegato nella G.U. n. 146/98, divenne noto a tutti quel che magari, fino ad allora, era conosciuto solo da pochi esperti. Divenne noto a tutti che i territori di una serie di comuni, tra i quali anche quello di San Giuliano di Puglia, erano zone sismiche e, anzi, ad alto rischio sismico.

La citata OPCM e l'inserimento nel citato elenco con la pubblicazione dello stesso nella G.U. sono valsi a classificare detti comuni dal punto di vista sismico ai sensi dell'art.3 della L. n. 64/74: questi testi hanno fornito una sicura fonte di conoscenza e, per di più, di conoscenza legale, della circostanza che i territori di quei comuni erano ad elevato rischio sismico.

Se anche, in ipotesi, detta OPCM non fosse stata emanata, ma la sismicità di San Giuliano fosse stata nota già prima anche al di fuori della cerchia dei sismologi, chi edificava in questa zona avrebbe avuto comunque il dovere (sotto il profilo della diligenza, prudenza e perizia di cui all'art. 43 c.p.) di adottare misure antisismiche nell'edificare.

Se prima del 1998, quanto sopra era conosciuto solo da pochi esperti della materia sismologia, dopo l'inserimento di San Giuliano nell'elenco allegato all'OPCM n. 2778/98 la natura di zona sismica ed anzi ad elevato rischio sismico del territorio di detto comune divenne invece nota a tutti.

Va notato che la notizia che il comune di San Giuliano risultava ad elevato rischio sismico fu di fatto ampiamente diffusa e pubblicizzata anche in altre forme, non solo attraverso appositi studi, pubblicazioni, opuscoli, floppy-disk e convegni specialistici, ma anche attraverso la pubblicazione nel marzo 1998, sul sito internet indicato in detta informativa, delle mappe di rischio e delle massime intensità nonché della proposta di riclassificazione sismica.

Questa informazione non poteva essere ignorata da chiunque procedesse in quei comuni ad un qualunque tipo di lavoro o opera: tanto più non l'ignoravano o comunque non avrebbero potuto né dovuto ignorarla soggetti particolarmente qualificati come gli ingegneri, i geometri, i tecnici comunali, i costruttori e gli amministratori, qualifiche tutte, queste, rispettivamente rivestite dagli imputati.

Nessuno dei parametri per la progettazione sismica (neppure quello minimo) è stato utilizzato, come è pacifico e come ammettono gli stessi imputati, nel progettare ed eseguire la sopraelevazione in questione.

Se fosse stato adottato almeno il parametro minimo e se fossero state osservate le norme comuni applicabili sia alle zone sismiche che a quelle non sismiche, la scuola sarebbe sicuramente rimasta in piedi. Anzi, va qui sottolineato, che questa sarebbe rimasta in piedi anche se non fosse stato adottato neppure alcun parametro antisismico, perché tutti gli altri edifici di San Giuliano rimasero in piedi (a parte altri due già gravemente malmessi, di cui si parlerà sempre a proposito del nesso causale), in piedi rimanendo pure quelli costruiti prima del 1998 e quindi non antisismici ivi inclusi quelli circostanti la scuola e pure quelli sui quali, sempre prima del 1998 e quindi senza l'applicazione di parametri antisismici, era stata realizzata una sopraelevazione.

La sentenza di Cassazione 16/10/1984 n. 318 non esclude la colpa generica (per imprudenza e negligenza) neppure laddove vengano rigorosamente osservati leggi, regolamenti, ordini e discipline, perché, pur sussistendo l'obbligo di rispettare le dette prescrizioni (specificatamente volte a prevenire situazioni di pericolo e di danno), l'agente-modello deve comunque agire in modo da evitare che dalla propria attività derivi un prevedibile nocumento a terzi.

Se il sovraesposto principio vale pur in presenza di leggi, regolamenti, ordini e discipline (nel senso che non è sufficiente la loro osservanza per escludere la colpa generica), a maggior ragione l'agente-modello, allorché questi manchino del tutto (nel senso che, nel caso di specie, in mancanza di una formale classificazione non vi erano norme cautelanti antisismiche di diretta applicabilità), è tenuto ad agire in modo da evitare che dalla propria attività possa derivare un prevedibile ed evitabile nocumento a terzi.

Prevedibilità/evitabilità nel caso di specie correlate proprio al fatto che, come si torna a ripetere, a seguito della pubblicazione sulla G.U. dell'OPCM n. 2788/98 ed elenco allegato, era divenuto noto a tutti l'elevato rischio sismico di San Giuliano di Puglia e quindi il prevedibile (sia pure sotto l'aspetto del *dies certus an, sed incertus quando*) verificarsi di un sisma in quella zona; tutti lo sapevano o, comunque, avrebbero potuto saperlo.

È affermato, quindi, il principio secondo cui, pur non vigendo l'obbligo di osservanza delle norme antisismiche, il progettista, il costruttore ed il direttore dei lavori non vanno esenti da penale responsabilità, ove l'edificio sia stato progettato e/o realizzato *“senza l'osservanza delle norme della buona tecnica edilizia civile e delle regole comunemente adottate in materia, sì da porre in essere una costruzione caratterizzata da anormale fragilità, qualora sopravvenga un movimento tellurico che ne cagioni la rovina ..., senza che possa accamparsi l'imprevedibilità del terremoto, il quale pur essendo nella eccezionalità, rientra tra quegli accadimenti di quali deve tenersi conto nell'esplicazione delle considerate attività professionali”*.

Segue il corollario: chi progetta/approva/segue un intervento edilizio in una zona notoriamente sismica, tanto più se ad elevato rischio sismico (ancorché non formalmente classificata), deve osservare le cautele antisismiche, al fine di evitare che poi l'edificio venga travolto dal terremoto, e che chi vi sta dentro muoia sotto le macerie.

5. SULLA VIOLAZIONE DEL D.M. 18/12/1975

Il Decreto Ministeriale 18 dicembre 1975 riguarda le *Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica*. Il punto 5.0 – Generalità – dispone tra l'altro che:

5.0.1. Ogni edificio scolastico nel suo complesso ed in ogni suo spazio o locale deve essere tale da offrire a coloro che lo occupano condizioni di abitabilità soddisfacenti per tutto il periodo di durata e di uso, malgrado agenti esterni normali; queste condizioni di abitabilità debbono garantire, inoltre, l'espletamento di alcune funzioni in caso di agenti esterni anormali.

5.0.2. Le condizioni di abitabilità, alle quali corrispondono determinati requisiti e livelli, possono essere raggruppate come segue:

...

iv) condizioni di sicurezza (statica delle costruzioni, difesa degli agenti atmosferici esterni, degli incendi, dei terremoti, ecc.).

A sua volta, il successivo punto 5.4 – Condizioni di sicurezza – ribadisce:

5.4.1. Le condizioni di sicurezza riguardano principalmente:

i) la stabilità degli edifici in condizioni normali o eccezionali (terremoti, alluvioni, ecc.);

...

5.4.2. Per quanto concerne la stabilità dovrà essere osservato quanto segue: nella redazione del progetto e dei calcoli di dimensionamento delle strutture, eseguita secondo i principi della scienza delle costruzioni, e nell'esecuzione dei lavori ci si dovrà attenere rigorosamente a tutte le norme generali e locali vigenti.

Va notato che discipline, tra loro distinte e con distinte finalità (sia pure nell'ambito più generale della stabilità degli edifici e della salvaguardia della pubblica incolumità), hanno un dato in comune consistente nel fatto che, ove anche una sola delle anzidette violazioni non fosse stata commessa, i lavori per la realizzazione della sopraelevazione non sarebbero mai potuti iniziare o comunque proseguire e, dunque, i tragici eventi di cui è processo (crollo, morti e lesioni) non si sarebbero mai verificati; ovvero, per quanto riguarda il mancato collaudo statico, nella sua carenza non si sarebbe mai potuto/dovuto consentire l'accesso del pubblico alla scuola e, dunque, sebbene si sarebbe verificato il disastro colposo non si sarebbero mai verificate le morti e le lesioni in contestazione.

Sarebbe dunque sufficiente verificare la sussistenza del nesso causale anche rispetto ad una soltanto delle norme procedurali violate.

Occorre aggiungere che, dopo la sopraelevazione del 2002, per la scuola in questione le cose sono radicalmente cambiate, perché da quella cattiva qualità media tipica di certe zone si è passati ad un suo grado di vulnerabilità molto elevato.

In conclusione, gli edifici intorno alla scuola erano stati realizzati anch'essi (o comunque, molti di essi), al pari della struttura originaria della scuola, con muratura in malta e pietrame e non a regola d'arte (ma evidentemente con difetti strutturali meno gravi di quelli derivati alla scuola dopo la sopraelevazione del 2002).

Infatti, la Commissione Ministeriale istituita per esaminare la situazione e relazionarla ad un mese dal sisma, ha specificato che

“vicino alla scuola di San Giuliano c'erano molti danni, però nessun crollo come quello della scuola. Ovviamente, danni molto più accentuati, che dimostravano come lì ci fosse una certa amplificazione del terremoto, ma nessun crollo che potesse essere paragonato a quello della scuola”. Inoltre, “un collasso di una struttura in generale dipende sia dall'azione esterna, quindi dallo scuotimento, che dalla capacità della struttura di resistere, cioè dalla sua vulnerabilità. In questo caso, la vulnerabilità di questo sistema (la scuola poi crollata) era particolarmente alta probabilmente, se confrontata ai fabbricati circostanti, perché hanno avuto la stessa azione sismica, quindi lo stesso scuotimento, sono stati fortemente danneggiati, ma non hanno subito il collasso.”

A seguito del sisma in questione, vi furono solo tre crolli totali e, cioè, *“la scuola, la parte di scuola, l'edificio Lombardi e l'edificio Cosentino. La casa Lombardi è un edificio costruito all'incirca nel 1300, storicamente documentato attraverso atti notori. La casa Cosentino più o meno sarà di 60-70 anni fa”*.

Restando agli altri due edifici totalmente crollati, dunque, il primo era quello di C.so Vittorio Emanuele III, edificio *“realizzato in assenza di catene”*, mentre il secondo era *“già stato sgomberato prima del sisma perché considerato pericolante”*, oltre ad essere stato *“realizzato in muratura di scarsa qualità”*.

In conclusione, tutti e due gli altri edifici totalmente crollati erano gravemente vulnerabili a causa dei loro rilevanti difetti strutturali, così come gravemente vulnerabile era anche l'ala della scuola totalmente crollata a causa dei suoi rilevanti difetti strutturali derivati dalla sopraelevazione del 2002.

6. DERAGLIAMENTI

L'esame dei Periti d'ufficio professori Braga e Burghignoli (e, con esso, l'istruttoria dibattimentale di primo grado) avrebbe potuto tranquillamente chiudersi all'udienza del 9/06/2006, allorché l'ultimo dei difensori aveva ultimato le sue domande.

Ed invece il Giudice, nel suo pur apprezzabile sforzo di comprensione e di approfondimento, si è portato su un terreno scivoloso con quello che ne è conseguito.

Il Giudice è intervenuto, infatti, formulando ai Periti d'ufficio due domande sostanzialmente incentrate sul nesso di causalità e poi riconvocandoli sul medesimo argomento all'udienza del 2/03/2007 ex art. 507 c.p.p., ottenendone delle risposte destinate a capovolgere le sorti del processo.

In queste due domande e nelle relative risposte risiede, infatti, lo snodo fondamentale del giudizio di prime cure e della sentenza che ne è conseguita, uno snodo che però ha condotto su una china sbagliata e fuorviante.

La prima domanda:

*“è possibile astrattamente ... fare un giudizio prognostico ... sul se una scossa di quell'entità avrebbe comportato il crollo di un immobile costruito secondo le *leges artis*?”*

(il riferimento del Giudice qui è alle *leges artis* comprese quelle relative alle costruzioni di carattere antisismico).

La seconda domanda:

*“adesso eliminiamo il rispetto delle norme sismiche, in ipotesi parliamo di costruzione di un edificio nel rispetto delle *leges artis* di una costruzione in zona non sismica ... Allora, in presenza di un edificio costruito a regola d'arte ... ma non antisismico, si può, da un punto di vista prognostico, appunto dire che sarebbe crollato con una scossa del nono grado [della scala Mercalli], oppure non sarebbe crollato, è possibile darla questa risposta?”*

Così facendo, il Giudice ha in realtà formulato ai Periti due domande assolutamente ultronee, che non andavano poste ai Periti in quanto tali, perché la risposta alle stesse non andava ricercata sul piano astratto, ma era e doveva essere di carattere empirico, storico, e in ultima analisi, giuridico (il PM aveva cercato vanamente di sollevare tale obiezione) ed era già agli atti. *Ultroneo* nel linguaggio forense (con uso in parte improprio ma largamente diffuso), indica qualcosa che va oltre i limiti di quanto è necessario o richiesto, e, in particolare, che è *estraneo o superfluo alla controversia*

o ai fini della pronuncia del Giudice: affermazioni, argomentazioni, considerazioni, conclusioni ultronee; compiere un'indagine ultronea; chiedere accertamenti ultronei.

Negli atti processuali risultava già, difatti, che all'epoca del sisma del 31/10/2002, la massima parte degli edifici vecchi e nuovi di San Giuliano non era stata costruita nel rispetto dei criteri antisismici, che molti di questi edifici, ivi inclusi in particolare quelli circostanti la scuola aventi consimile tipologia (muratura in pietrame), non erano stati realizzati neppure a regola d'arte e che, ciononostante, a seguito del sisma del 2002 e, in particolare della scossa delle ore 11:32 del 31 ottobre 2002 (ma anche a seguito di quella del giorno successivo, di magnitudo pressoché analoga a quella del giorno precedente) nessuno di essi aveva subito un crollo totale, ad eccezione appunto dell'ala della scuola e degli altri due edifici malmessi che già presentavano gravi problemi strutturali.

Tutti gli altri edifici del paese, dunque, ossia tanto quelli costruiti a regola d'arte quanto quelli costruiti non a regola d'arte (ma evidentemente senza difetti così gravi come quelli dei tre edifici totalmente crollati, ivi inclusa la scuola), tanto quelli sovrastanti la fascia rocciosa quanto quelli (come la scuola) sovrastanti la faglia argillosa del paese, e tanto quelli realizzati con una tipologia edilizia diversa (muratura in mattoni, o in cemento amato) da quella della scuola quanto quelli realizzati secondo una tipologia consimile (muratura in pietrame e malta cementizia) a quella della scuola ivi inclusi tutti quelli alla stessa circostanti, non sono crollati, sono rimasti in piedi (sia pure essendo stati danneggiati più o meno gravemente o avendo subito crolli solo parziali). E si trattava, come si ripete, di edifici in massima parte non antisismici.

Ed allora, la risposta a quelle due domande del Giudice era nei fatti, stava già scritta e colpita a chiarissime lettere negli atti del processo, sulla base dei quali atti sarebbe bastato ricorrere ad un semplicissimo se non elementare ragionamento:

- prima domanda: se la scuola fosse stata costruita secondo i criteri antisismici, essa avrebbe retto perfettamente una scossa di quella entità, perché tale scossa (e pur anche la scossa del giorno successivo, di magnitudo pressoché analoga) l'avevano retta anche tutti gli altri edifici non costruiti secondo criteri antisismici: figurarsi se non l'avrebbe retta una struttura antisismica;
- seconda domanda: se la scuola fosse stata costruita secondo le *leges artis* ma senza il rispetto dei criteri antisismici, parimenti, essa avrebbe retto una scossa di quella entità (o comunque non avrebbe subito il crollo totale, con la conseguente intensità lesiva *hic et nunc* verificatasi), perché tale scossa (e pur anche la scossa del giorno successivo, di magnitudo pressoché analoga) l'avevano retta anche tutti gli altri edifici parimenti non costruiti secondo criteri antisismici e l'avevano retta sia quelli costruiti nel rispetto delle *leges artis* e sia quelli non costruiti nel pieno rispetto delle *leges artis*: figurarsi se non l'avrebbe retta una struttura costruita nel rispetto delle *leges artis*.

Tutto qui.

La scuola è crollata perché, al pari delle altre due strutture parimenti crollate in toto, presentava gravi difetti strutturali, determinati, nel caso della scuola, dalla sopraelevazione del 2002 (sopraelevazione della scuola e non mero ampliamento del sottotetto), ampiamente comprovati dalla stessa perizia e da tutte le altre numerose e consistenti emergenze processuali.

Il nesso di causalità risultava dunque del tutto evidente in quanto, eliminando mentalmente quei gravi difetti strutturali (e, ovviamente, le condotte commissive e omissive che li avevano generati), l'evento non si sarebbe verificato (o comunque, a tutto voler concedere, non si sarebbe verificato per come invece *hic et nunc* verificatosi) e cioè la scuola non sarebbe crollata, così come non è crollato nessuno degli altri edifici (a parte quegli altri due già gravemente ammalorati), così come non è crollato il resto del paese (né, sia qui detto per inciso, si è avuta notizia di crolli totali in nessuno degli altri paesi colpiti da quello stesso sisma).

La risposta era nei fatti, era già in concreto nel processo ed era facile. Sarebbe bastato applicare la logica al materiale probatorio già presente in atti. Il discorso si sarebbe potuto chiudere qui.

Oltre che ultronee, quelle due domande hanno anche seguito un percorso erroneo e sono state altresì poste in maniera fuorviante (in quanto basate su un presupposto erroneo). Per meglio comprendere i quali errori appare però a questo punto opportuno esaminare previamente le risposte dei Periti (uno di essi, ma in presenza dell'altro) a quelle due domande.

La risposta dei Periti alla prima domanda:

“sicuramente un edificio meglio costruito, pensato per essere antisismico, si sarebbe comportato meglio. Non sarebbe crollato questo ... è impossibile dirlo ... non avrei e non potrei dare certezze”.

La risposta dei Periti alla seconda domanda, relativa a come si sarebbe comportato un edificio costruito senza il rispetto dei criteri antisismici, ma a regola d'arte:

“lo si può dire sempre in termini di probabilità, si può dire, per altro, che la probabilità di crollo sarebbe stata molto elevata ... Glielo dico sulla base dell'affermazione che abbiamo appena fatto, si è trattato di un nono scala Mercalli. Il nono scala Mercalli alle costruzioni in muratura attribuisce una probabilità di collasso totale nell'ordine del cinquanta per cento, se non sono antisismiche.”

Avute queste risposte, il Tribunale di primo grado ha poi dunque sostanzialmente motivato l'impugnata sentenza nel senso che, non essendo a suo dire all'epoca applicabile a San Giuliano la disciplina antisismica (ma pure se lo fosse stata, neppure in questo caso *“potendosi escludere il crollo”*),

“i Periti ipotizzano un nesso tra la debolezza strutturale dell'edificio ... ed

il crollo, ma in ogni caso, non possono – per mancanza di dati certi – pervenire ad una conclusione tranquillizzante sul nesso di causalità”,
sicché

“l’ipotesi ricostruttiva formulata dall’accusa ... non è suffragata da elementi probatori atti a confermarla secondo il canone dell’alta credibilità razionale”

per cui:

“non potendo escludersi l’efficienza causale [esclusiva] del sisma, in tutta la sua potenzialità distruttiva ... sul crollo della scuola Jovine”

gli imputati sono stati tutti assolti ai sensi dell’art. 530, co. 2 c.p.p..

Questo ragionamento risulta inficiato dagli errori di partenza insiti in quelle due domande poste all’udienza del 9-6-2007 e poi riprese all’udienza del 2-3-2007, le quali, come si diceva, oltre che ultronee hanno anche seguito un percorso erraneo e sono state altresì poste in maniera fuorviante (in quanto basate su un presupposto erraneo). E questi vizi presenti nelle domande hanno finito per inficiare pure le risposte dei Periti.

Risposte, peraltro, del tutto inattendibili anche sotto il profilo della loro contraddittorietà con quanto precedentemente dichiarato dai medesimi Periti.

In particolare, alla stessa udienza del 9/06/2006, il Perito Burghignoli aveva invece dichiarato che, se fossero stati realizzati i corsi orizzontali dei mattoni a doppia fila (e, quindi, se non fossero state violate le *leges artis* nella realizzazione della scuola negli anni ’60 – o comunque se si fosse proceduto a porvi rimedio prima di realizzare la sopraelevazione del 2002), *“il fenomeno dello splitting non ci sarebbe stato”*.

A sua volta, il Perito Braga, all’udienza innanzi al GIP del 15/12/2004, alla domanda se l’eccessività del carico verticale della sopraelevazione sulla struttura preesistente avesse comunque inciso sul crollo della scuola, aveva risposto che *“sì, lo abbiamo già detto.”*

Queste ultime risposte si presentano, quindi, in netto contrasto con le altre due di cui si è detto in precedenza e, dunque, si annullano a vicenda.

7. RIMETTERE SUI BINARI

A parte l’inattendibilità per contraddittorietà a ultimo segnalata nelle risposte dei Periti e cominciando dal percorso erraneo delle due domande, il Giudice è partito da un normale procedimento logico di carattere deduttivo, fondato sulla previa individuazione in via generale ed astratta della legge di copertura e cioè di una legge di carattere scientifico-probabilistico (che lo Scienziato costruisce però empiricamente, sulla base delle induzioni proprie del metodo sperimentale), per poi adattarla al caso concreto sottoposto al suo esame ai fini del giudizio controfattuale.

Una volta individuata la legge generale (per come induttivamente costruita dallo Scienziato e cioè nella specie dai Periti), al fine di verificare se questa potesse trovare conferma o meno nel caso di specie, il Tribunale avrebbe poi dovuto, nell'ambito della conseguente sua deduttiva *discesa dall'astratto al concreto* (qui intendendosi per astratto la legge generale, che è concreta anch'essa, ma che fa astrazione dal caso particolare e cioè, nella specie, dal crollo della scuola di San Giuliano), *dal generale al particolare*, inserire induttivamente nella sua analisi il primo elemento di concretezza, consistente nel terremoto di San Giuliano, e successivamente l'ulteriore elemento di massima concretezza, ossia il crollo della scuola (l'evento *hic et nunc*) e le circostanze direttamente correlate a detto crollo.

Allo scopo di individuare la legge di copertura, il Giudice ha dunque chiesto ai Periti un giudizio di carattere astratto (*"è possibile astrattamente ... fare un giudizio prognostico, necessariamente ipotetico, che però se è sussumibile sotto una legge scientifica, non è più ipotetico ..."*) e, ottenute dai Periti delle risposte appunto in termini statistico/probabilistici (*"la probabilità di crollo sarebbe stata molto elevata ... nell'ordine del cinquanta per cento"*), da tale verifica in termini di *"probabilità statistica"*, il medesimo Giudice sarebbe dovuto poi passare al giudizio in termini di *"probabilità logica"* (che come insegna la Corte di Cassazione, è un giudizio di ordine più qualitativo che quantitativo), avrebbe dovuto incrociare il procedimento di carattere deduttivo col necessario incedere induttivo del ragionamento probatorio, così come specificatamente richiesto dalle Sezioni Unite penali della Cassazione nella cosiddetta Sentenza Franzese (Cassazione Penale, Sezioni Unite, 11 settembre 2002 n. 30328).

È importante ricordare che la probabilità logica *"ha come carattere fondamentale (quello) di non ricercare la determinazione quantitativa delle frequenze relative di classi di eventi, ma di razionalizzare l'incertezza relativa all'ipotesi su un fatto riconducendone il grado di fondatezza all'ambito degli elementi di conferma (o di prova) disponibili in relazione a quell'ipotesi"*.

La probabilità logica, dunque, come criterio di giudizio per la ricostruzione del fatto nel caso concreto, è un concetto che non designa una frequenza statistica, ma piuttosto *"un rapporto di conferma tra un'ipotesi e gli elementi che ne fondano l'attendibilità"*.

Né può essere diversamente, posto che mentre le leggi di copertura riguardano classi di dati, la certezza processuale richiesta si riferisce al caso concreto.

Mentre dunque è spesso possibile disporre di un risultato statistico per la legge di copertura che si ritiene governare il fenomeno, è quasi sempre impossibile riferire questo dato al caso concreto da accertare perché la sua non riproducibilità ne fa un evento unico che non tollera inquadramenti statistici su base percentuale.

Una condotta colposa o dolosa (commissiva o omissiva), difatti, è idonea ad integrare il reato soltanto se (con il cosiddetto *giudizio controfattuale*), eliminando

mentalmente quella condotta commissiva o omissiva, l'evento non si sarebbe verificato o comunque si sarebbe verificato in epoca significativamente posteriore o con minore intensità lesiva: nel caso resta accertata la sussistenza del nesso causale tra quella condotta e l'evento.

Nella richiamata Sentenza Franzese, le Sezioni Unite della Corte di Cassazione hanno dunque sancito il principio secondo cui il giudizio controfattuale dev'essere compiuto alla stregua di una generalizzata regola di esperienza (tratta da attendibili risultati di generalizzazione del senso comune) oppure di una legge universale o, come quasi sempre accade, statistica di carattere scientifico frutto della migliore scienza ed esperienza del momento storico (cosiddetta legge di copertura che copre l'enunciato scaturente dal giudizio controfattuale col sapere scientifico del tempo) da raffrontarsi con le emergenze fattuale della specifica vicenda concreta, così da potersi affermare, con un alto grado di credibilità razionale (ossia con un elevato grado di probabilità logica e quindi con certezza processuale), che condotte del tipo di quella posta in essere conducano ad eventi del tipo di quello verificatosi in concreto, dunque che quella condotta antiggiuridica è stata condizione necessaria o una delle condizioni necessarie dell'evento (salva l'ipotesi dell'interferenza nel caso concreto di eventuali decorsi causali alternativi che lo abbiano autonomamente prodotto), che perciò sussiste il nesso causale tra quella condotta e l'evento e che quindi sussiste anche il reato.

La Corte di Cassazione ha difatti spiegato, nella motivazione della Sentenza Franzese, che non è

“consentito dedurre automaticamente e proporzionalmente dal coefficiente di probabilità statistica espresso dalla legge la conferma dell'ipotesi sull'esistenza del rapporto di causalità ... Mentre la probabilità statistica attiene alla verifica empirica circa la misura della frequenza relativa nella successione degli eventi (strumento utile e talora decisivo ai fini dell'indagine causale), la probabilità logica, seguendo l'incedere induttivo del ragionamento probatorio per stabilire il grado di conferma dell'ipotesi formulata in ordine allo specifico fatto da provare, contiene la verifica aggiuntiva, sulla base dell'intera evidenza disponibile, dell'attendibilità dell'impiego della legge statistica per il singolo evento e della persuasiva e razionale credibilità dell'accertamento giudiziale”.

Tra le altre, la sentenza di Cassazione 13/02/2008 n. 15558, ribadisce che, nella ricostruzione del nesso causale,

“il Giudice potrà (anzi, dovrà) partire dalle leggi scientifiche di copertura e in primo luogo da quelle statistiche che, quando esistano, costituiscono il punto di partenza dell'indagine giudiziaria. Però, dovrà poi verificare se tali leggi siano adattabili al caso esaminato, prendendo in esame tutte le caratteristiche specifiche che potrebbero minarne – in un senso o nell'altro

– il valore di credibilità ... In tale prospettiva, il dato statistico ... ben potrà essere considerato dal giudice, nel caso concreto, ai fini della sua decisione, se riconosciuto come esistente e rilevante, unitamente a tutte le altre emergenze fattuali della specifica vicenda sub iudice” (e salva sempre la verifica relativa all’esistenza di eventuali fattori alternativi).

Richiamati i Periti ex art. 507 c.p.p. all’udienza del 2/03/2007, difatti, ad un certo punto del loro esame il Giudice tenta di indagare sulla probabilità logica come richiesto dalla Suprema Corte, avviando un procedimento di carattere induttivo incentrato sul tentativo di stabilire il preciso momento in cui la scuola di San Giuliano è stata investita dal treno di onde sismiche verticali (onde P) rispetto al successivo momento in cui è arrivato il treno delle onde più violente orizzontali (onde S).

Solo la prova che la scuola era crollata al primo impatto delle onde P, difatti, secondo il Giudice e i Periti avrebbe potuto stabilire un nesso di causalità tra la fragilità della struttura e l’evento crollo, nel senso che si sarebbe raggiunta la prova che i paramenti dei muri si erano separati (*splitting*) al primo impatto delle onde P.

In mancanza di detta prova o nel dubbio, avrebbe trovato invece applicazione la legge di copertura esposta dai Periti con riferimento alla *probabilità di crollo molto elevata*, a seguito del successivo impatto delle onde S, anche di un edificio costruito a regola d’arte (il problema antisismico invece non si porrebbe più, secondo l’impugnata sentenza, una volta esclusa l’applicabilità della relativa disciplina), con conseguente esclusione del nesso di causalità.

In parte gli stessi Periti hanno affermato nell’udienza del 2/03/2007 a proposito dell’edificio scolastico crollato:

“Peculiare di questo edificio era la sensibilità alle azioni verticali derivante da quel tipo di fenomeno che abbiamo già evidenziato, cioè la separazione dei paramenti del muro. Questa separazione rendeva l’edificio particolarmente sensibile alle azioni verticali. I due treni di onde che si manifestano in un sisma, quello verticale e quello orizzontale, giungono in tempi diversi e il meno distruttivo, quello di onde verticali arriva per primo. In questo caso le onde verticali, quelle giunte per prima, hanno avuto un effetto maggiore di quello che usualmente hanno ...”

così evidenziando che i Periti hanno sottolineato l’esistenza di indici rivelatori di un collasso per schiacciamento ... in un edificio *“la cui anomalia strutturale ... era proprio la sensibilità ai carichi verticali”*. Se il crollo fosse avvenuto a causa proprio della grave debolezza della struttura, il sisma avrebbe avuto il mero ruolo di semplice concausa sopravvenuta ex art.41, co. 1 c.p.

Questo terreno di ragionamento appare sdrucchiolevole e minato.

Sdrucchiolevole, perché tra il sopraggiungere delle onde P e quello delle onde S passa di regola solo qualche secondo; ed appare un’operazione se non impossibile quanto meno controvertibile quella volta a tentare di ricostruire l’attimo esatto in cui

è avvenuto il crollo e ad escludere al tempo stesso, “*al di là di ogni ragionevole dubbio*” (secondo il principio di carattere generale sancito dall’art.533, co.1 c.p.p.), che detto crollo non possa essersi verificato qualche istante prima o qualche istante dopo. Sicché, un simile tentativo contiene già in sé stesso tutte le premesse per la propria autodemolizione.

Non a caso, sempre rispetto al suddetto *improbabile* tentativo di ricostruire l’attimo esatto in cui è avvenuto il crollo, l’impugnata sentenza si è poi arenata su quelle che sono apparse come delle contraddizioni sia nella percezione degli avvenimenti da parte di taluni testi, sia nella descrizione dello stato di fatto dei luoghi a seguito del crollo (ed in particolare della posizione delle macerie) da parte degli stessi periti d’ufficio. Di conseguenza, il tentativo com’era prevedibile fallisce, il dubbio prevale, il Giudice esclude il nesso causale e gli imputati vengono mandati tutti assolti.

Oltre che sdruciolevole, quel terreno su cui il Giudice ha portato la sua analisi di tipo induttivo è poi anche un terreno minato. Il procedimento induttivo posto in essere ha avuto infatti ad oggetto non delle circostanze direttamente correlate al crollo della scuola, bensì delle circostanze correlate ad un dato temporale (ossia all’attimo in cui è avvenuto il crollo), dal quale dato temporale si sarebbero dovute poi indurre ulteriormente le cause del crollo medesimo (e cioè si sarebbe dovuto stabilire se esso fosse dipeso dal sisma a prescindere dalle condotte umane, oppure dalle condotte umane unitamente al sisma).

Così facendo si sfocia nell’inferenza dell’inferenza e la presunzione perde i requisiti della gravità, precisione e concordanza (che la rendono rilevante sia nel sistema civilistico ai sensi dell’art. 2729, co. 1 c.c., che, in quello penalistico qui pertinente ai sensi dell’art. 192, co. 2 c.p.p.) e dunque anche l’attendibilità che, pur nell’ambito del generale principio del libero convincimento del Giudice, deve necessariamente caratterizzarla, divenendo una mera ed inammissibile *praesumptio di praesumpto*.

La verità è che il giudizio in termini di elevata *probabilità logica* non avrebbe dovuto essere compiuto con riferimento a delle circostanze per così dire di *secondo grado* e peraltro come si è visto sommamente labili, sfuggenti, controvertibili, fuorvianti e minate.

A ben vedere, l’errore di fondo dell’impugnata sentenza è stato invero quello di cercare di ricostruire, ai fini del giudizio sulla sussistenza o meno della penale responsabilità degli imputati, le cause del crollo dalla dinamica del crollo anziché, al contrario, andare direttamente ad individuare le cause del crollo e poi da queste dedurre la probabile dinamica del crollo. Ai fini del giudizio sulla penale responsabilità, ciò che interessa sono infatti le cause del crollo, mentre la sua probabile dinamica può offrire una riprova dell’esatta individuazione di quelle cause.

Ricorrere alla dinamica del crollo per ricostruire le cause (e cioè fare ricorso a detta dinamica come un'inferenza, anziché come una riprova ossia come un riscontro), avrebbe avuto difatti un senso ed un'utilità, ai fini del giudizio sulla probabilità logica, solo qualora la prova di quelle cause fosse mancata o fosse stata claudicante, mentre la dimostrazione della dinamica del crollo avesse presentato un sufficiente grado di solidità. Ma, nella fattispecie, le cose stanno diversamente, perché, mentre la ricostruzione diretta della dinamica del crollo (senza prima averne indagato le cause) si presenta molto incerta e controvertibile, nel processo vi è invece ricco e solido materiale probatorio che permette di dimostrare con certezza in via diretta le effettive cause del crollo.

8. IL GIUSTO BINARIO

Tornando al giudizio in termini di elevata *probabilità logica*, il Tribunale avrebbe dovuto dunque puntare direttamente al nucleo essenziale della questione, ossia concentrare immediatamente il procedimento induttivo sulle circostanze direttamente correlate al crollo della scuola. Infatti:

- 1) si evince chiaramente come tutto l'edificato di San Giuliano fosse in massima parte non antisismico, al pari della scuola;
- 2) vi erano indicazioni sulla presenza in San Giuliano ed anche nei dintorni della scuola di molti edifici con caratteristiche costruttive consimili (mura in pietrame non a regola d'arte, ma evidentemente con difetti strutturali meno gravi di quelli derivati alla scuola dopo la sopraelevazione del 2002) a quelle dell'ala della scuola poi crollata);
- 3) vi era la prova che, a seguito del sisma, nessun'altra costruzione circostante alla scuola era crollata;
- 4) oltre alla scuola, erano totalmente crollati solo altri due edifici, già gravemente ammalorati;
- 5) vi erano le dichiarazioni dei periti sulla (sia pur bassa) vulnerabilità originaria della scuola, a causa dei materiali utilizzati, del mancato legame tra i paramenti dei muri;
- 6) prima che venisse realizzata la sopraelevazione e prima che San Giuliano fosse inserito tra i comuni ad elevato rischio sismico, la scuola poi crollata presentava notoriamente una vulnerabilità *medio bassa*, grado ovviamente di molto aumentato dopo la realizzazione della sopraelevazione del 2002, per come la stessa venne realizzata;
- 7) vi erano evidenze in ordine alle numerose e gravi violazioni nella realizzazione della sopraelevazione, quali l'omissione delle verifiche e dei consolidamenti obbligatori sulla struttura sottostante, la mancanza del progetto strutturale esecutivo e dei calcoli, la mancanza delle prove di carico, la man-

cata demolizione del solaio preesistente e l'anomalo appoggio del nuovo solaio in cemento armato su quello sottostante (che all'opposto si sarebbe dovuto consolidare), il difettoso aggancio del solaio soprastante al cordolo in cemento armato, la mancanza del collaudo statico ancorché imposto da diverse distinte discipline;

- 8) il fatto che, sebbene la scuola fosse ubicata in una zona argillosa con relativo *effetto di sito*, ossia amplificazione sismica, questa zona interessava una vasta area, dovendosi escludere, "*nel modo più assoluto*", la concentrazione di un effetto di amplificazione locale solo al di sotto della scuola poi crollata.

9. LA SENTENZA DI CASSAZIONE

Riportati largamente parti della sentenza di appello, si fa ora riferimento alla conclusiva sentenza della Cassazione Penale, Sez. 4, 1 luglio 2010, n. 24732 - Crollo della scuola di San Giuliano (http://olympus.uniurb.it/index.php?option=com_content&view=article&id=4120:cassazione-penale-sez-4-01-luglio-2010-n-24732-crollo-della-scuola-di-san-giuliano), che si ripropone anch'essa ampiamente.

Il capo di imputazione constava di un iniziale addebito generale centrato sulla sopraelevazione, compiuta nella più completa inosservanza di specifiche norme analiticamente contestate, dell'edificio scolastico di San Giuliano e di un conclusivo addebito ripartito per ciascun imputato; (per il capo b) della rubrica) del delitto p. e p. dagli art. 113 c.p., art. 589 c.p., commi 1 e 3 in relazione alle condotte e alle omissioni di cui al capo a) e con l'aggiunta di aver consentito, favorito, e autorizzato illecitamente, in cooperazione tra loro, e nonostante e grazie alle descritte loro condotte, la indebita frequentazione della scuola Jovine da parte di alunni, insegnanti, personale amministrativo e pubblico così cagionando, in occasione del sisma del 31/10/2002, il crollo dell'edificio e la morte di 28 persone (27 bambini e 1 maestra) tutte nominativamente richiamate nel capo di imputazione, che non avrebbero dovuto essere presenti nella scuola nonché le lesioni personali di entità diversificata per altre 39 persone (bambini, insegnanti, operatori scolastici), anch'esse tutte specificamente nominate in rubrica; (per il capo c) della rubrica riguardante i soli L.S.G., Ingegnere progettista e Direttore dei Lavori per cui è processo, e M.M. tecnico del Comune di San Giuliano e responsabile del procedimento relativo alla sopraelevazione), del delitto di cui agli artt. 110 e 479 c.p. per aver falsamente attestato la sicurezza dell'immobile a sopraelevazione avvenuta, attraverso il rilascio e l'accettazione del sedicente "*certificato di agibilità e staticità*", (datato 11/09/2002) arbitrariamente sostitutivo "*dell'atto di licenza d'uso e di abitabilità*" (presupponente un imprescindibile collaudo statico mai effettuato). La falsa attestazione, il rilascio e l'accettazione ora menzionate sarebbero state poste in essere allo scopo di superare il dato di fatto e il dato giuridico della mancata effettuazione di collaudo statico in violazione particolarissima del D.M. 18 dicembre 1975.

Ricostruzione del fatto

Ineludibile esigenza di chiarezza espositiva impone, richiamata la puntigliosa ricostruzione del fatto, operata con ampiezza, nella sentenza di appello, di evidenziare che l'edificio scolastico della Jovine in San Giuliano di Puglia, interessato dal crollo totale per cui è processo, fu progettato nel 1957, realizzato nel 1960, ampliato con lavori ultimati nel 1967, trasformato con lo spostamento dell'ingresso nel 1972, poi modificato con spostamento della scala di accesso con taglio di trave portante nel 1979. Fu infine ampliato per sopraelevazione con procedimento avviato nel 1999 e con completamento dei lavori edili nel 2002.

Eguale risulta, dall'insieme degli atti, che il plesso della scuola in San Giuliano di Puglia al 2002 era costituito da un edificio in cemento armato e tamponature in laterizio, dedicato a palestra, da due edifici collegati tra loro dei quali un edificio caratterizzato da murature verticali di mattoni dello spessore di circa 0.4 m, dedicato a scuola materna, realizzato in tempo successivo a quello di completamento dell'edificio poi interamente crollato, consolidato nella stessa epoca della sopraelevazione dell'altra ala, e da un edificio, in muratura e pietre con parti in cemento armato e cemento precompresso, oggetto di sopraelevazione nel 2002 (quest'ultimo dedicato a scuola elementare e media).

L'edificio della scuola elementare e media completamente crollato il 31/10/2002 è proprio questo in pietra e muratura, sopraelevato ma non consolidato.

La motivazione di appello impugnata giustappone gli accertamenti relativi ai sistemi di edificazione della scuola elementare Jovine degli anni 1957-1965 ai sistemi di edificazione della sopraelevazione parziale del 2002, alla ricognizione delle norme applicabili secondo il tempo alla prima edificazione e alla ricognizione dell'insieme più complesso di norme applicabile a quella successiva.

Tesi difensive

Le tesi difensive fondamentalmente individuano nell'evento sismico, variamente qualificato come imprevedibile, straordinario ed eccezionale, la causa esclusiva del crollo, tale da sganciare l'evento dalle omissioni addebitate e da esonerare gli imputati medesimi da ogni responsabilità.

Quelle tesi difensive in ogni caso evidenziano che non sussistevano le omissioni contestate perché le condotte doverose ritenute omesse dall'accusa non erano affatto imposte da normative applicabili alla situazione concreta considerata nella sua oggettività o nei suoi specifici profili soggettivi, e che in ogni caso non era ravvisabile alcun rapporto causale tra le omissioni contestate e il prodursi degli eventi reato.

Infine, le difese affermavano il prodursi finale di fattori interruttivi (sufficienti ed esclusivi) della catena causale (terremoto di eccezionale gravità, condotte di insegnanti, dirigenti scolastici, pubblici amministratori e genitori degli alunni che, ben coscienti delle scosse della notte precedente il 31/10/2002, secondo lo specifico ruolo di ciascuno, non disposero o non chiesero la chiusura cautelativa della scuola

o non tennero i propri bambini a casa), catena causale alla quale gli imputati sarebbero, in definitiva, restati estranei.

Sentenza di primo grado

La sentenza assolutoria di primo grado per un verso ha ritenuto non esigibile dagli imputati l'osservanza delle regole cautelari imposte dalla normativa edilizia antisismica e di altre regole cautelari di cui alla contestazione, che di seguito meglio si indicano, e per altro verso ha escluso l'esistenza di una prova certa in forza della quale affermare che il collasso dell'edificio scolastico, che integrò il disastro colposo, e dal quale derivarono le morti e le lesioni considerate nel capo di imputazione, ebbe a trovare cagione nella sopraelevazione effettuata, piuttosto che nel terremoto.

La prima sentenza non ha ritenuto invece neppure sussistente il falso addebitato in relazione alle dichiarazioni e alle certificazioni che suggellarono i lavori di sopraelevazione.

La motivazione della sentenza di primo grado ai fini della necessaria operazione di verifica della tesi accusatoria centrata sulla addebitabilità agli imputati del crollo dell'edificio scolastico, identifica tale tesi accusatoria nella affermazione del verificarsi di un collasso dell'edificio per schiacciamento, evento secondo l'accusa accaduto prima del terremoto, al primo modesto incremento delle onde verticali e sotto la spinta delle prime scosse sussultorie.

Sulla sopraelevazione conclusa nel 2002, la sentenza rileva - diversamente da quanto riterrà la Corte di Appello - la inapplicabilità delle regole prescritte da L. 5 novembre 1971, n. 1086 con riguardo a costruzioni in conglomerato cementizio armato, posto che la costruzione crollata non era costruzione in cemento armato ma in muratura.

La individuazione di tale caratteristica costruttiva è affidata alla considerazione secondo la quale le parti realizzate in cemento armato non assolvevano ad alcuna funzione statica (si trattava di cordoli di piano, di solai nel sottotetto e nel tetto, di tutti gli orizzontamenti) ma erano solo diaframmi inessenziali non costituenti struttura funzionale alla stabilità dell'edificio.

Questa sentenza ritiene anche inapplicabile al comune di San Giuliano e per il tempo di effettuazione della sopraelevazione, l'insieme delle regole e delle prescrizioni antisismiche contenute in L. n. 66 del 1974 - che invece la Corte di Appello riterrà direttamente applicabile solo nella sua parte generale e non nelle disposizioni procedurali e sostanziali antisismiche - per avere, la stessa legge, rinviato a successivi provvedimenti, la identificazione delle zone sismiche, e per essere stato il comune di San Giuliano di Puglia, classificato come zona sismica solo con ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 20/03/2003 (G.U. 8/05/2003 n. 105 supplemento) chiaramente successiva alla fine lavori del 2002, ancorché lo stesso comune fosse inserito in un elenco di comuni ad elevato rischio sismico recepito in ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 12/06/1998 n. 2788 (G.U. 25/06/1988).

Tale più risalente classificazione sarebbe stata operata, secondo la lettera dell'ordinanza e secondo il testo di L. n. 449 del 1997, al solo fine di individuare i destinatari di contributi e agevolazioni erogati in funzione di incentivo alle costruzioni elevate con criteri di sicurezza antisismica e una tale funzione di mera agevolazione economica non sarebbe utilizzabile al fine di imporre l'applicazione di veri e propri requisiti antisismici delle costruzioni da innalzare.

La decisione del Tribunale di primo grado ha escluso ancora che il D.M. 18 dicembre 1975, dedicato all'edificazione scolastica, comportasse l'obbligo di costruire le scuole con criteri antisismici.

Con riguardo agli standard di sicurezza fissati dal D.M. 20 novembre 1987 riguardante le costruzioni in muratura, la sentenza di primo grado – così come farà quella di appello – accerta il mancato espletamento delle prescritte verifiche sulla struttura preesistente e il mancato compimento di qualsiasi opera di consolidamento, tanto più necessaria in quanto i Periti considerati dal Giudice monocratico, avevano affermato che i muri della scuola erano ai limiti dello *splitting*.

Ancora, la sentenza impugnata - come pure la sentenza di appello - rilevava la omessa redazione degli elaborati tecnici prescritti da L. n. 109 del 1974 (Legge quadro in materia di lavori pubblici) quali il progetto preliminare, il progetto definitivo e il progetto esecutivo.

La sentenza di appello

Il ragionamento giustificativo della sentenza si è affidato alla regola di esperienza tratta dalla evidenza, registrata non solo dalle foto che oggettivano gli esiti generali e specifici del sisma, ma da una serie di rilevazioni specificamente compiute da tecnici, amministratori e testimoni (tutte menzionate in sentenza): questa esperienza attesta che a San Giuliano di Puglia il terremoto non determinò né con la scossa del 31/10/2002 né con altra successiva di magnitudo parificabile (che nel novembre 2002 colpì gli edifici già provati dal primo sisma), crolli totali diversi e ulteriori rispetto a quello della scuola da poco sopraelevata due altri edifici in accertate peggiori condizioni di conservazione statica (sulla differenza tra congetture e massime di esperienza e sulla incensurabilità della scelta delle massime correttamente utilizzate Sez. 6 13/02/2007 n. 16532 rv. 237145).

La coerenza logica della argomentazione per la quale (utilizzandosi ad un tempo principi di identità e principi di non contraddizione) il crollo totale di sole tre costruzioni per varia causa ammalorate e la assenza di crollo totale di tutte le altre molte costruzioni dell'abitato, perfino all'esito di un secondo sisma di equivalente intensità, dimostrano che il sisma in sé non ebbe incidenza causale da sola sufficiente a determinare i crolli totali, ma che questi si verificarono per causa della combinazione di più fattori causali quali la cattiva condizione statica, la vulnerabilità preesistente e la scossa sismica di grande intensità.

La rilevazione in forza delle quale il terremoto di intensissima magnitudo (e neppure l'azione di altro di poco successivo e di pari magnitudo) non ha provocato rispetto alla totalità degli edifici delle tipologie e delle collocazioni le più diverse e talora le più simili (secondo regola di ordinaria conoscenza che si richiama alla stabile tipicità dei metodi costruttivi in un arco temporale dato e in un territorio determinato) un crollo totale, si fonda sul dato fattuale incontrastabile che solo tre edifici dell'intero abitato subirono un crollo totale e che due di essi erano in pessime condizioni di conservazione (uno addirittura sgombrato ben prima del sisma secondo acquisizioni probatorie ritualmente assunte nel processo: si veda l'ampio resoconto di tali acquisizioni a pag. 321 della sentenza d'appello, l'altro senza neppure un presidio di catene come affermato dal consulente di uno degli imputati), mentre l'edificio scolastico era caratterizzato da un recente intervento di sopraelevazione.

L'adeguata individuazione di significative qualità edificatorie caratterizzanti una datata realtà sociale, di risultati dell'osservanza di cautele di sopraelevazione (quali quelle di po. e ba. nell'abitato di San Giuliano, ma anche in altri comuni limitrofi come da deposizioni citate a pag. 414 della sentenza di appello), l'individuazione di tipologie geologiche differenziate nell'ambito dello stesso abitato, la separazione della rilevanza specifica dell'unicità del crollo totale registrato, gli argomenti sviluppati sul piano delle diverse concretezze, gli accertamenti e le valutazioni tutte svolte sul piano unificante del rapporto tra edificazione e resistenza ad un dato sisma con replica, escludono che la Corte di Appello abbia compiuto comparazioni arbitrarie (Sez. 4 ud. 2/7/1985 dep. 14-5-1986 n. 3700 rv. 172699) tra situazioni solo apparentemente simili ma non singolarmente scandagliate.

In altri termini il Giudice di Appello non ha ragionato sul rapporto tra fatti accaduti e fatti non accaduti genericamente richiamati nella loro valenza di preponderanza numerica, ma ha comparato tutti gli accadimenti concreti che il sistema delle prove gli proponeva (crolli totali e crolli solo parziali, situazioni geologiche, tipologie costruttive, eventuali sopraelevazioni) ed ha valutato le cause di quegli accadimenti individuando anche le cause specifiche del crollo totale oggetto di causa.

L'indagine causale si è poi sviluppata, come detto, con l'impiego di metodologie diverse che hanno nel loro insieme fornito risultati di massima correttezza e congruenza.

La verifica, che nega la presenza di cause alternative del crollo totale, si sviluppa attraverso un processo di eliminazione mentale che dalla Corte di Appello è operato, concludendo che il crollo non sarebbe avvenuto senza terremoto, non sarebbe avvenuto per il solo terremoto, ma neppure sarebbe avvenuto senza le molte omissioni e le violazioni di regole generali di prudenza che avevano caratterizzato la sopraelevazione.

L'espressa considerazione ampiamente dedicata alla resistenza di tutti gli edifici di San Giuliano che non avevano subito un crollo totale ma solo lesioni o crolli parziali tranne i tre edifici ripetutamente menzionati, dei quali solo l'edificio scolastico era stato da poco sottoposto a interventi edilizi, rappresenta un concreto esercizio di procedimento di eliminazione intellettuale attraverso il quale la Corte di Appello di Campobasso accerta che le omissioni e le imprudenze addebitate non potevano essere mentalmente sostituite dalle condotte doverose, senza che l'evento crollo totale (causa di effetti nefasti proprio per il suo carattere totale verificato come unico) venisse meno, con ciò evidenziando che quelle omissioni furono condizione necessaria dell'evento.

La sentenza impugnata, grazie all'incrocio di un giudizio predittivo con un giudizio esplicativo fondato sulla esperienza del caso concreto applicata ad un campo di osservazione straordinariamente ampio e perciò significativo, ha motivatamente escluso che il sopravvenire del sisma o il sopravvenire delle autorizzazioni a utilizzare l'edificio scolastico, siano stati ciascuno da solo sufficienti a produrre l'evento crollo totale e il seguito di morti e lesioni, con ciò fornendo una compiuta dimostrazione della rilevanza (con)causale delle condotte omissive e commissive degli imputati.

È dotato di forte persuasività, di coerenza logica interna e di riscontrata conferma empirica, il principio secondo il quale le strutture edili, a parità di condizione sismica, subiscono effetti differenziati in funzione della loro diversa vulnerabilità (sentenza d'appello pag. 366 che richiama dichiarazioni del prof. Bo.) e tale principio la Corte ha portato a coerenti conseguenze, dopo aver escluso l'alternativa di un'onda sismica particolare (o amplificata) in una parte del punto di insediamento del singolo edificio scolastico colpito da crollo totale (pag. 481), invece accertando l'esistenza di un c.d. effetto di sito che ha riguardato circa due terzi del paese (sentenza impugnata pag. 479).

Le censure ora in esame, sono da rigettare perché la motivazione del giudice di merito in ordine alla dinamica del disastro è (molto) ampiamente motivata, è il risultato di una lettura critica e sintetica di tutti i dati ritualmente acquisiti al processo, non tradisce le regole del ragionare giuridico per sillogismi, è in sé coerente e idonea a dare ragione di quanto affermato con riguardo alle risultanze focalizzate da un contraddittorio pieno e particolarmente dialettico.

Il giudice di legittimità non può essere chiamato a sostituire una sua diversa lettura del merito del processo, già correttamente sviluppata dal giudice di appello.

Prevedibilità e imprevedibilità

Deve essere evitato l'errore prospettico di scambiare la imprevedibilità delle caratteristiche concrete di uno tra i fattori causali individuati, con la imprevedibilità dell'evento: una costruzione innalzata con numerosi vizi che incidono sulla stabilità dell'edificio è prevedibilmente esposta a pericolo di crollo (e ai conseguenti effetti negativi derivati) senza necessità di previsione iniziale che vada a indovinare (salvo il caso di violazione che riguardi esclusivamente cautele antisismiche e riguardi una causa dell'evento esclusivamente sismica) il fattore concausale che produrrà l'evento da evitarsi secondo le cautele di legge.

Per una seconda prospettiva i terremoti di massima intensità sono eventi che, anche ove si propongano con scadenze che eccedono una memoria rapportata alla durata di molte generazioni umane, rientrano nelle normali vicende del suolo, e, certamente, non possono essere qualificati eccezionali o imprevedibili quando si verificano in zone già qualificate ad elevato rischio sismico o in zone formalmente qualificate come sismiche (sulla innegabile prevedibilità di terremoti anche eccezionali Sez. 4, 16/11/1989 n. 17492 rv. 182859).

Oltretutto il giudizio di prevedibilità, in relazione al suo carattere predittivo, se pure si radica nella memoria del passato, di più si proietta sul piano della rappresentazione del futuro, ma proprio nel passato, e nelle già formalizzate classificazioni di varia probabilità sismica, trova certezza prospettica della previsione di una possibilità irrecusabile sul piano logico.

Quanto al versante soggettivo della prevedibilità che riguarda il processo cognitivo del soggetto chiamato a rispondere della sua omissione, nel caso che ne occupa doveva essere accertato se gli imputati, secondo una valutazione ex ante, fossero in grado di conoscere le conseguenze delle loro omissioni (o, in caso di condotte commissive, delle loro azioni).

La sentenza impugnata ha correlato le cautele imposte per altre precedenti sopraelevazioni nello stesso abitato (po. e ba.), al consolidamento (che la sentenza di appello dice anche particolarmente accurato) di altro edificio dello stesso plesso scolastico, disposto poco tempo prima della sopraelevazione dalla stessa amministrazione comunale, con lo stesso tecnico comunale e affidato a ditta appaltatrice che pure operava per la sopraelevazione dell'altro edificio non consolidato, al mancato apprestamento e alla mancata consegna di tutta la documentazione tecnica condizionante la buona esecuzione dei lavori e condizionante il successivo utilizzo del manufatto, alla cattiva esecuzione dei lavori di sopraelevazione, per poi individuare motivatamente l'ampia conoscenza da parte degli imputati dell'intero contesto e della prevedibilità (secondo le capacità di comprensione di un uomo ordinario).

Questa prevedibilità è stata bene ancorata dalla sentenza di merito all'accertamento di una conosciuta debolezza statica legata alla cattiva sopraedificazione, che di per sé concretamente si proponeva come fonte di danno (Cass. Sez. 4, 31/10/1991 n. 5919 rv. 191809).

Un tale giudizio di prevedibilità è ragionevolmente esteso agli eventi seguiti alle condotte attive che consentirono l'utilizzo di un edificio altrimenti *non agibile*.

Colpa generica

La colpa generica è configurabile come negligenza (assenza di collegamenti tra gli atti posti in essere - da compiere o da evitare - e le indicazioni di comportamento che scaturirebbero da una consapevole esperienza individuale e da un'ordinaria memoria delle cognizioni collettive che sintetizzano in un tempo dato le esperienze individuali passate), trascuratezza, imprudenza, assenza di spazio concesso alla scelta dei comportamenti da adottare o da evitare, avventatezza delle scelte comportamentali, imperizia (impiego non adeguato delle regole proprie dello specifico mestiere o della specifica arte, assenza di professionalità nelle condotte poste in essere o nelle omissioni di comportamenti esperti).

La sentenza di appello ha dedicato motivazioni, logiche e persuasive (considerata la persuasività una categoria costituita da condivisibilità dei postulati assunti a base delle proposizioni dimostrative, coerenza logica delle operazioni stesse, congruenza tra dati probatori e valutazioni correlate, ragionevolezza delle conclusioni raggiunte) in punto di colpa generica riveniente dall'esistenza di avvertenze di legge sul carattere sismico del territorio di San Giuliano.

Infatti, secondo la motivazione di appello, in assenza di una classificazione formale che sarebbe sopraggiunta solo con OPCM del 2003, l'espressa qualificazione di comune ad elevato rischio sismico, già operata con OPCM 2788/98, introduceva, in mancanza di una norma cautelare specifica, un parametro cautelare generico che non doveva essere ignorato dagli operatori del settore secondo l'insegnamento costante della giurisprudenza di legittimità (citazioni a pag. 255 della sentenza di appello a cui va aggiunta anche sez. 4, 31/10/2008 n. 40785 rv. 241470).

Ancora mentre il Tribunale aveva ritenuto sussistente l'omissione di mancata verifica della struttura preesistente al piano terra (limitatamente alla parte da caricare con la sopraelevazione), la Corte di Appello in consonanza con le indicazioni dei Periti (udienza 9/06/2006) ha affermato che secondo regole di ordinaria prudenza la verifica doveva essere svolta sull'intera struttura e non solo su quella sottostante alla porzione sopraelevata, ma aveva anche individuato nel mancato consolidamento dei muri perimetrali un'imprudenza generale da addebitarsi a chiunque avesse posto mano nelle diverse fasi e con i diversi ruoli alla sopraelevazione.

La sentenza impugnata ha accertato che la edificazione in sopraelevazione è stata effettuata senza l'osservanza di un intero catalogo di norme cautelari e tale speciale inosservanza ha accostato alla specialità (sostanzialmente unica) del crollo totale.

Tale accostamento alle specifiche verifiche fattuali operate, ha dato supporto alla spiegazione della concreta vicenda causale che ha determinato (o condeterminato) il

crolla totale. Ma la inosservanza di regole cautelari ha anche portato alla individuazione della colpa per l'evento così causato dei soggetti, che avevano l'obbligo di osservare quelle regole.

Appiattito

Il sistema processuale vigente non prevede in alcuna sua parte che il giudizio del Giudice debba essere appiattito sulle conclusioni dei Periti, il compito dei quali è solo quello di fornire al giudice e al contraddittorio materiale specialistico, strumentale alla libera riflessione critica che approda ad una più informata e motivata decisione.

La motivazione impugnata non dedica alle censure qui richiamate *considerazioni di banale buon senso* come ritiene qualche ricorrente, ma compie adeguata verifica degli approdi dei saperi specialistici raccolti, del quadro dei fatti accertati, della area di applicazione delle norme giuridiche nelle quali i fatti sono sussunti.

Il sistema ordinamentale vigente esclude che il Giudice di merito sia sprovvisto delle competenze tecniche necessarie a valutare l'applicabilità di una legge invece rimessa, da taluni ricorrenti (ricorsi L.S. e M. e ricorso Bo.), alla opinione giuridica dei Periti nominati, esperti in materie altre da quelle giuridiche.

CONCLUSIONE

Alla fine della lettura di questo capitolo, composto come detto in larghissima parte ripercorrendo la sentenza di appello e quella di cassazione, il Lettore è stato introdotto (sarebbe meglio dire, gettato), nel campo dell'Ingegneria Forense Strutturale.

Infatti, mentre per l'Esperto del settore questa è stata una lettura (probabilmente, una rilettura) di un caso veramente significativo, sia per contenuti sia per ricadute, per il Tecnico non del settore che vuole entrare nel campo, questa è stata una introduzione anche difficile se non ostica. Sono, infatti, comparsi termini specialistici e frasi anche di rito, di non uso comune e di non facile comprensione.

Si è però ritenuto che questa entrata, in *medias res* (letteralmente *nelle cose di mezzo*, ovvero *nel mezzo della cosa, dell'argomento*, senza alcun preambolo) possa essere la migliore per fare capire la delicatezza, la raffinatezza e la complessità dei ragionamenti che si devono affrontare per risolvere un problema di Ingegneria Forense Strutturale. Esistono, infatti, interazioni degli aspetti ingegneristici e tecnici, con quelli giuridici, e, aspetto peculiare, con i comportamenti umani (si vedano almeno i testi in bibliografia).

Nel corso del volume, tali punti saranno affrontati compiutamente e sminuzzati, in modo che alla fine del volume, anche il Lettore inesperto potrà tornare indietro a questo capitolo per riappropriarsene consapevolmente.

È però necessario dare delle conclusioni, ovvero almeno un commento generale,

alla vicenda qui ripercorsa. A tal fine, risulta emblematica la lettura dell'articolo apparso il 17 aprile 2009 su La Repubblica e riportato per esteso in Figura 4.



Figura 4. La Scuola Francesco Jovine a San Giuliano di Puglia.

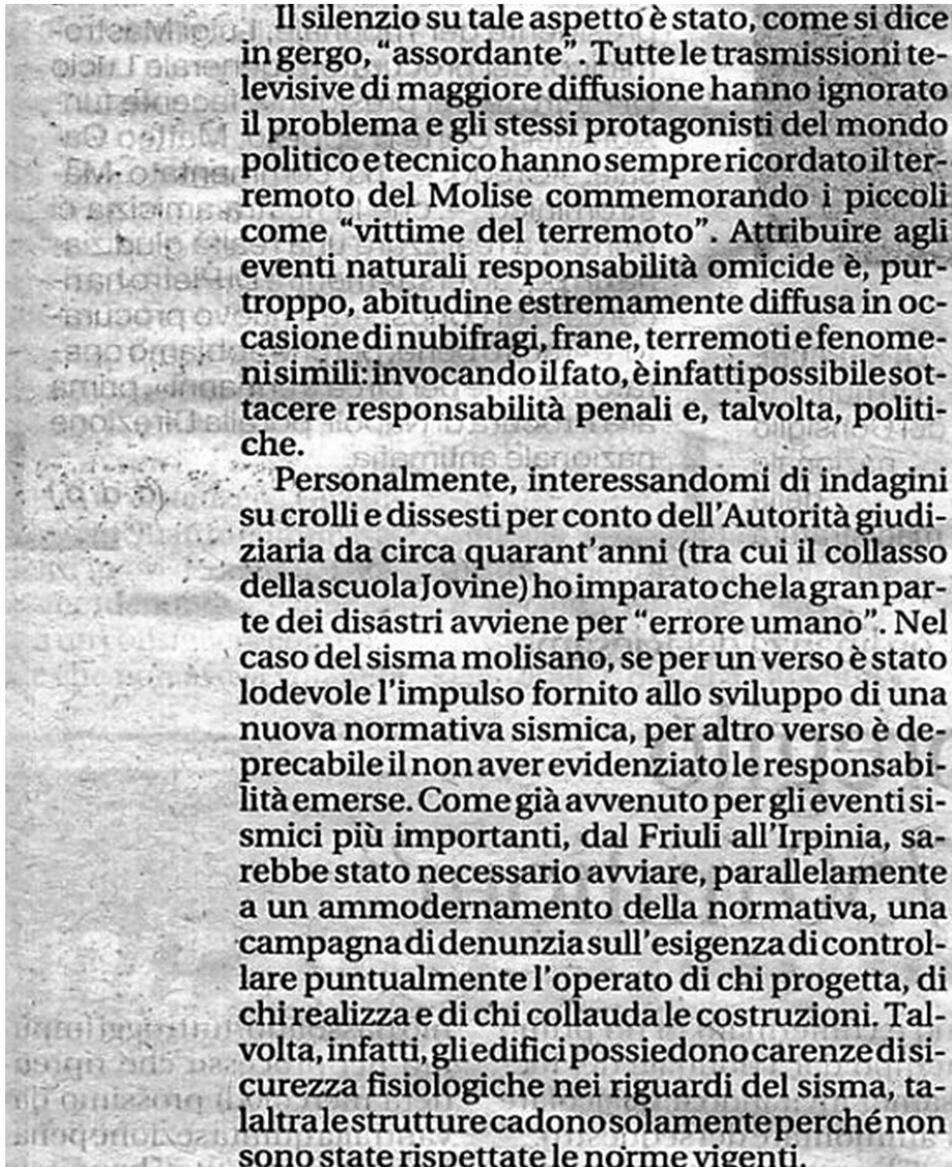
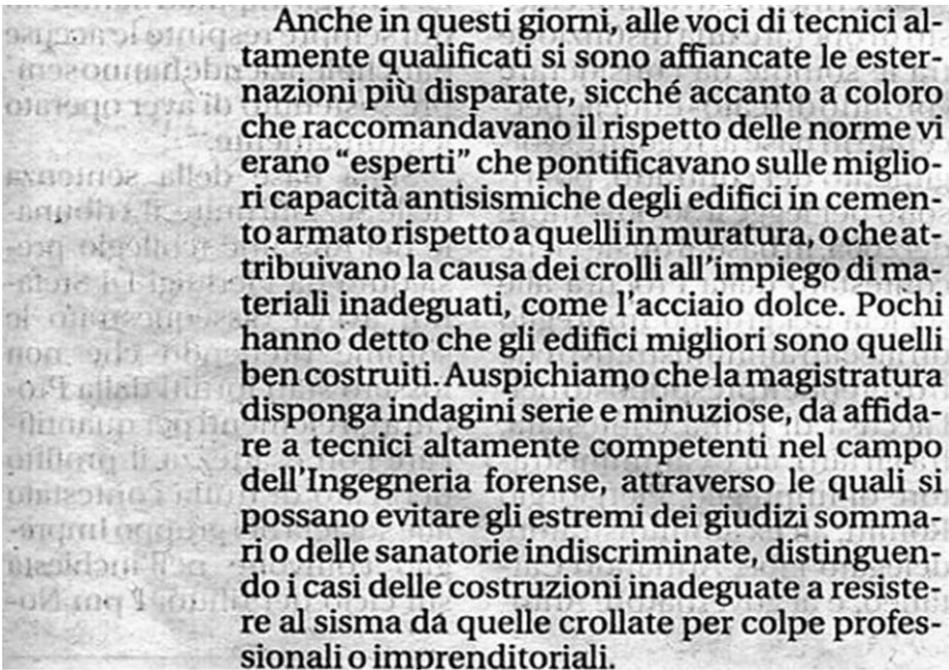


Figura 4. La Scuola Francesco Jovine a San Giuliano di Puglia (cont.).



Anche in questi giorni, alle voci di tecnici altamente qualificati si sono affiancate le esternazioni più disparate, sicché accanto a coloro che raccomandavano il rispetto delle norme vi erano “esperti” che pontificavano sulle migliori capacità antisismiche degli edifici in cemento armato rispetto a quelli in muratura, o che attribuivano la causa dei crolli all’impiego di materiali inadeguati, come l’acciaio dolce. Pochi hanno detto che gli edifici migliori sono quelli ben costruiti. Auspichiamo che la magistratura disponga indagini serie e minuziose, da affidare a tecnici altamente competenti nel campo dell’Ingegneria forense, attraverso le quali si possano evitare gli estremi dei giudizi sommari o delle sanatorie indiscriminate, distinguendo i casi delle costruzioni inadeguate a resistere al sisma da quelle crollate per colpe professionali o imprenditoriali.

Figura 4. La Scuola Francesco Jovine a San Giuliano di Puglia (cont.).

BIBLIOGRAFIA

Augenti N., Bontempi F., *Ingegneria Forense, Crolli, Affidabilità Strutturale e Consolidamento.*, Atti del Convegno IF CRASC '15 - 14/16 maggio 2015, Roma, Dario Flaccovio.

Reason J.: *Human Error.* Cambridge University Press, 1990.

Stella F.: *Leggi scientifiche e spiegazione causale nel diritto penale.* Giuffrè Editore, 2000.

<http://territorio.regione.emilia-romagna.it/codice-territorio/sismica/dossier-sentenze-della-cause-penale-consequente-al-crollo-delledificio-scolastico-jovine-di-san-giuliano-di-puglia/>

http://olympus.uniurb.it/index.php?option=com_content&view=article&id=4120:cassazione-penale-sez-4-01-luglio-2010-n-24732-crollo-della-scuola-di-san-giuliano

PROCEDIMENTI E RUOLI DAL PUNTO DI VISTA TECNICO NEL CONTESTO PENALE

F. Bontempi

Università degli Studi di Roma "La Sapienza"

SOMMARIO

Nel presente capitolo si considerano i concetti, i metodi e le strategie che possono portare alla ricostruzione delle cause e, anche, delle dinamiche di un fallimento strutturale. Il problema fondamentale è quello di trovare una spiegazione dell'evento. Segue la individuazione delle responsabilità. Infine, è significativo imparare dall'evento negativo come evitarne altri in seguito. Questo percorso è quello che caratterizza compiutamente la disciplina dell'Ingegneria Forense.

1. INTRODUZIONE

L'incidente ferroviario di Lac-Mégantic è un grave incidente ferroviario avvenuto nella cittadina omonima del Québec, in Canada, il 6 luglio 2013 intorno alle ore 1:15 (Figura 1). Un treno merci di vagoni contenenti petrolio è deragliato e quattro vagoni hanno cominciato a prendere fuoco, per poi esplodere. Sono state accertati 42 morti, mentre i dispersi risultano 5, quasi sicuramente deceduti, i cui corpi carbonizzati non sono stati identificati; inoltre, più di 30 edifici della città sono stati rasi al suolo (https://en.wikipedia.org/wiki/Lac-M%C3%A9gantic_rail_disaster).

Il treno merci della compagnia statunitense Montréal, Maine and Atlantic Railway (MMA) era composto da 72 vagoni, 5 locomotori diesel e trasportava 9 402 963 litri di petrolio, proveniente dal Dakota del Nord e diretto a Saint John, sulla costa atlantica del Canada.

Il treno ha lasciato Montréal per raggiungere Nantes alle 23:25, una località 11 km dopo Lac-Mégantic per il cambio turno del macchinista. Il macchinista ha parcheggiato il treno in un binario remoto ed è successivamente sceso per raggiungere un hotel della zona. Nantes si trova ad un'altezza più elevata rispetto a Lac-Mégantic.

Due ore prima dell'esplosione, alle 23:30 vengono allertati i vigili del fuoco, a causa di un principio d'incendio alla prima locomotiva. Poco dopo, la MMA ha confermato che il treno era al sicuro. Successivamente però, il treno, senza conducente, a causa della linea in discesa, ha iniziato a muoversi, in quanto l'incendio aveva danneggiato i freni del primo locomotore. Cinque vagoni si sono staccati dal convoglio principale cominciando a prendere velocità e sono tornati indietro fino a raggiungere Lac-Mégantic entrando in paese ad elevata velocità e sono deragliati in una curva (Figura 2).



Figura 1. Il sito del deragliamento ferroviario a Lac-Mégantic.

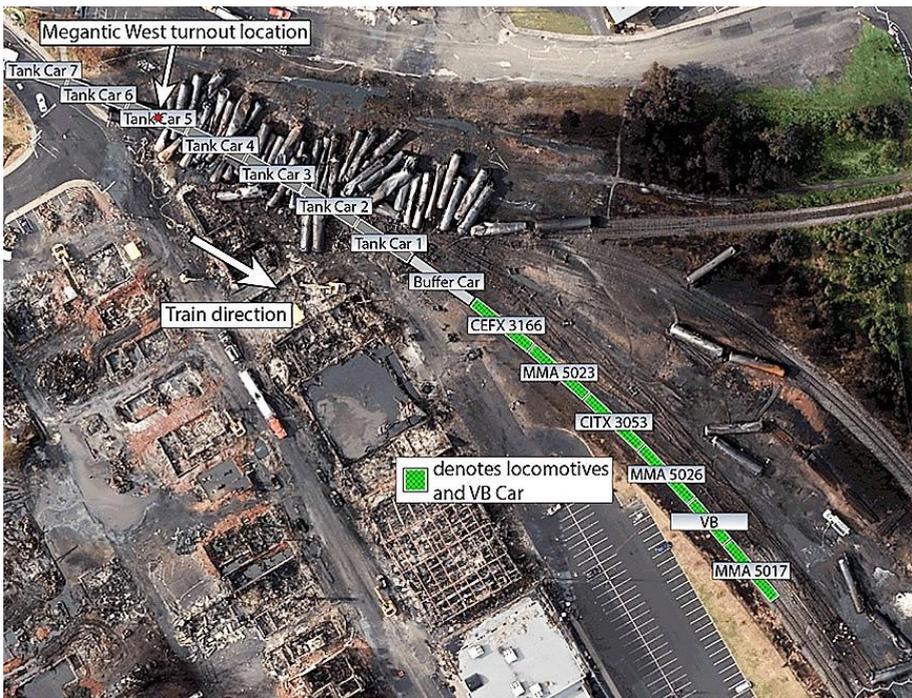


Figura 2. Posizioni dei vari vagoni del treno al momento del deragliamento.

Incidenti come questo richiedono ovviamente una spiegazione. Una definizione di questo termine può essere:

spiegazione s. f. [der. di spiegare; cfr. lat. explicationis]

- 1. L'atto, il fatto e il modo di rendere chiaro ciò che è oscuro e difficile da comprendere: chiedere la s. di ciò che non si è riusciti a capire; se non ti è ancora tutto chiaro, ti darò un'ulteriore s.; la s. di un indovinello, di una sciarada; un enigma di difficile spiegazione.*
- 2. Ciò che serve a spiegare un fatto, cioè a giustificarlo, a capirne le ragioni: non so darvi una s. del suo comportamento; non riesco a trovare una s. alla sua violenta reazione; la s. da lui fornita non ha convinto nessuno; la s. di quanto è accaduto non può essere che questa; per fatti come questi non c'è una s. plausibile.*

E in effetti, nei paesi civili sono condotte investigazioni atte a capire e spiegare ogni evento negativo. I risultati di queste investigazioni, svolte specificamente da enti e agenzie pubbliche, sono rese pubbliche in assoluta trasparenza: così, nel caso di Lac-Mégantic il relativo report è pubblicato sul sito <http://www.tsb.gc.ca/eng/rappports-reports/rail/2013/r13d0054/r13d0054.asp> (Figura 3).

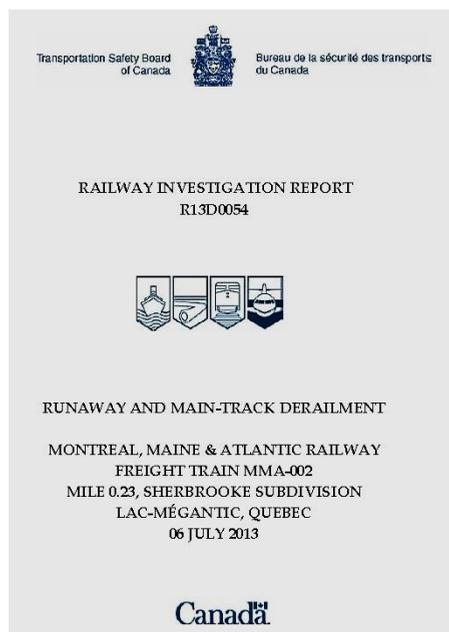


Figura 3. Copertina del report di investigazione dell'incidente ferroviario - Railway Investigation Report R13D0054.

La disciplina che inquadra i concetti, le teorie, i metodi, gli studi, le analisi che portano alla spiegazione di un evento negativo è l'Ingegneria Forense. Alcune definizioni anglosassoni di questa disciplina sono le seguenti:

- *Forensic Engineering is the application of engineering methods in determination and interpretation of causes of damage to, or failure of, equipment, machines, or structures.*
- *Forensic Engineering is the application of the art and science of engineering in matters which are in, or may possibly relate to, the jurisprudence system, inclusive of alternative dispute resolution.*

Prendendo quanto riportato sul sito della Associazione italiana di Ingegneria Forense (<http://www.aifitalia.it/home.html>), si può dire in termini italiani:

L'Ingegneria Forense applica i principi e i metodi scientifici dell'Ingegneria alla soluzione dei problemi tecnici in ambito giudiziario.

Per sua natura, quindi, l'Ingegneria Forense coniuga l'Ingegneria con la Giurisprudenza, ovvero la Tecnica con il Diritto.

Dal punto di vista professionale, l'Ingegnere Forense, in senso lato, indaga sulle cause e sulle responsabilità di un evento dannoso mentre, in senso stretto, opera come Perito o Consulente tecnico di ufficio (CTU) o di parte (CTP), in un procedimento giudiziario. Come professionista, analizza i motivi più probabili per cui si è verificata una prestazione diversa da quella attesa e sulle origini di tale difformità: il problema oggetto di indagine può essere costituito da un dissesto, da un difetto, da un danno o da un guasto verificatosi per qualunque tipo di costruzione o di prodotto.

La disciplina dell'Ingegneria Forense investe tutti i campi dell'Ingegneria: accanto al più noto settore civile (rivolto oltre che ai dissesti e ai crolli, anche in senso più generale all'estimo, all'edilizia, ...), esiste un settore industriale denso di attività forensi importantissime come, ad esempio, quelle riguardanti l'ambito meccanico, quello chimico e quello elettrico.

L'Ingegneria Forense costituisce attività diffusa nei Paesi anglosassoni ove su iniziativa delle società d'assicurazioni e delle industrie, si sono sviluppati enti e associazioni che ne promuovono l'evoluzione e la diffusione. Essa, pur essendo materia attualmente poco nota al di fuori dell'ambito professionale (non appartenendo al novero degli insegnamenti tradizionali ed essendo trasversale rispetto a discipline di differente estrazione) può offrire notevoli prospettive di inserimento nel mondo del lavoro, risultando gratificante dal punto di vista intellettuale per la diversità e la complessità delle situazioni affrontabili.

Come detto, le prestazioni dell'Ingegnere Forense consistono sostanzialmente nel fornire consulenza tecnica all'Autorità Giudiziaria o alle Parti. Nel primo caso, il professionista può assumere il ruolo di CTU del magistrato civile (nei procedimenti

di istruzione preventiva o nei giudizi di merito) oppure, in campo penale, può assumere le funzioni di consulente della magistratura inquirente (Pubblico Ministero / Procura della Repubblica) o di Perito di quella giudicante. Nella qualità di Consulente di parte (CTP) invece, l'Ingegnere Forense, non solo può assistere soggetti (pubblici o privati) nell'ambito del contenzioso giudiziario ma, anche al di fuori di esso, può esercitare un importante ruolo nella consulenza tecnico-giuridica relativa alla maggior parte delle attività edilizie e industriali.

Le attività dell'Ingegneria Forense possono, quindi, nel loro complesso essere riassunte come in Figura 4: sul lato destro, è riportato il processo che riconosce *cosa-chi-perché* ha portato ad un evento negativo; accanto a questo lato indagatore, sulla sinistra, è riportato il percorso in risalita che comporta un aumento di conoscenza che nel futuro servirà, sperabilmente, ad evitare ulteriori insuccessi.

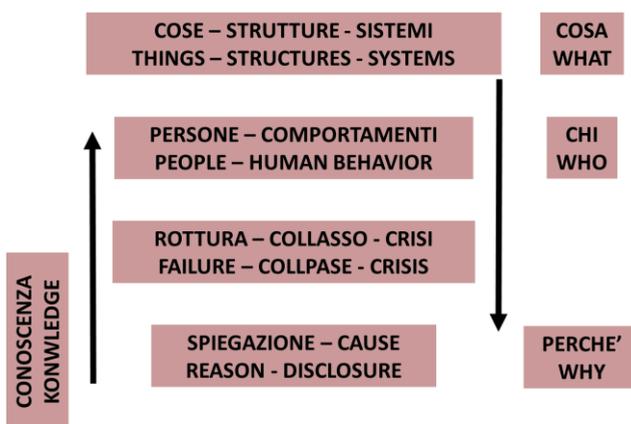


Figura 4. Il percorso indagatore dell'Ingegneria Forense e il percorso in risalita di aumento di conoscenza a seguito dello studio di un fallimento strutturale.

2. LA RICOSTRUZIONE DEGLI INCIDENTI

In termini generali, l'Ingegneria si trova di fronte due situazioni duali:

- I. un *problema diretto*, in cui attraverso un'analisi evolutiva si cerca di prevedere come un sistema cambierà nel tempo, ovvero passerà da uno stato iniziale ad uno finale;
- II. un *problema inverso*, in cui è nota la situazione finale di un sistema, ma si vuole determinare come si è arrivati a questa, ovvero da che condizione iniziale si è partiti.

Queste situazioni sono presenti in qualsiasi specializzazione dell'Ingegneria: nella Figura 5 si fa riferimento, ad esempio, alla progettazione strutturale antincendio (*Fire Safety Engineering*) e alla investigazione in caso di incendio (*Fire Investigation*),

che saranno trattate anche in due capitoli seguenti di questo libro; in inglese, l'analisi diretta è detta *forward-analysis* (analisi in avanti) mentre l'analisi inversa prende il nome di *back-analysis* (analisi all'indietro).

È interessante notare che l'evoluzione di un sistema da uno stato ad un altro, può mostrare *sensibilità alle condizioni iniziali*. Questo caso è idealizzato in Figura 6 dove si vede che due condizioni iniziali possono condurre a stati finali distanti: infatti, sulla sinistra, si vedono due condizioni iniziali prossime, indicate con #1 e #2, che nell'analisi evolutiva conducono a due stati finali ben differenti. Viceversa, ripercorrendo a ritroso il processo con un'analisi investigativa, può risultare difficile ritornare alla corretta condizione iniziale (Figura 6, sulla destra).

Dal punto di vista puramente matematico, esiste una distinzione tra problema diretto e inverso: il problema diretto gode di certe buone proprietà che corrispondono alla definizione di *problema ben posto*, mentre il problema inverso è solitamente *mal posto*. Nel 1923, il matematico Jaques Hadamard dette la seguente definizione:

un problema è ben posto se:

1. *esiste una soluzione del problema (esistenza);*
2. *la soluzione è unica (unicità);*
3. *la soluzione dipende con continuità dai dati (stabilità).*

Quando un problema non verifica almeno una di queste condizioni si dice *mal posto*: ad esempio, è mal posto un problema che non ha soluzioni, oppure ne ha più di una. Ma la condizione più esigente è quella della stabilità. Ci sono numerosi problemi che hanno una e una sola soluzione, ma tale soluzione è instabile: in questi termini, l'instabilità significa che cause molto diverse possono provocare effetti molto simili rendendo così vano il tentativo di risalire ad esse, proprio come illustrato nella Figura 6.

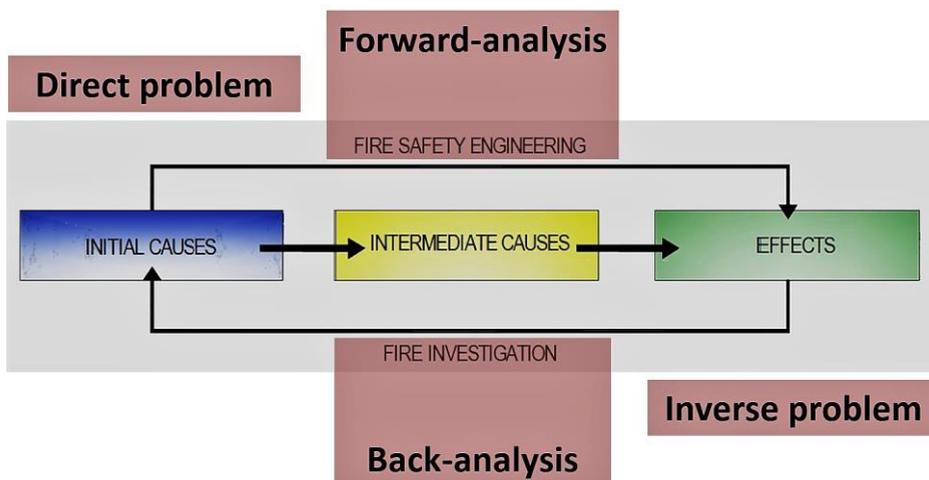


Figura 5. Processo di analisi diretta (forward-analysis) e analisi inversa (back-analysis).

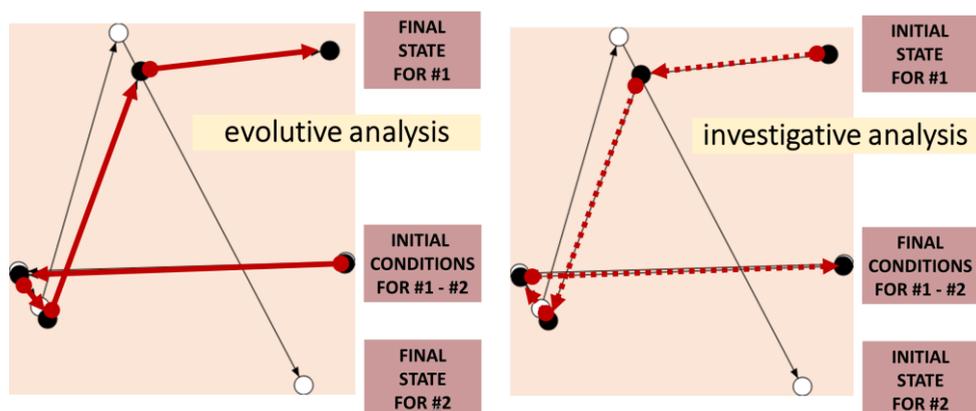


Figura 6. Analisi evolutiva di un sistema dalle condizioni iniziali #1 e #2 vicine, a due stati finali #1 e #2 distanti (forward-analysis / evolutive analysis) e analisi inversa (back-analysis / investigative analysis).

Continuando in termini teorici, apparentemente lontani dalla pratica ma che se compresi possono fornire spunti concreti per la investigazione in caso di incidenti, si può introdurre il concetto di *sistema dinamico*. Esso può essere considerato nei suoi componenti fondamentali:

- A. *condizioni iniziali;*
- B. *legge evolutiva da uno stato a uno successivo;*
- C. *stato finale.*

Ora, se in (A) e/o in (B) sono presenti degli aspetti aleatori, il sistema dinamico si dichiara stocastico e lo stato finale (C) potrà essere noto solo in termini probabilistici: il sistema può risultare, dunque, prevedibile solo con una certa probabilità. Viceversa, se in (A) e in (B) non sono presenti fattori aleatori, il sistema è detto deterministico, e lo stato finale (C) sembrerebbe individuabile in maniera esatta.

È bene riflettere su questo punto: la prevedibilità risulta essere, in sostanza, la possibilità di poter conoscere anticipatamente lo stato finale di un sistema.

La possibilità di predire, almeno in linea di principio, il futuro con precisione arbitraria è stata considerata per molto tempo una caratteristica fondamentale del metodo scientifico, che aveva come modello ideale la concezione laplaciana dell'universo (Laplace, Pierre-Simon de), riassumibile nell'affermazione che le leggi della fisica classica sono perfettamente deterministiche.

È oggi ben chiaro che questa concezione non può essere più sostenuta per due diversi motivi:

- a) le leggi che regolano l'evoluzione del mondo fisico non sono esattamente deterministiche: infatti i fenomeni che avvengono su scala atomica sono governati dalla meccanica quantistica che è una teoria intrinsecamente probabilistica;
- b) anche in presenza di sistemi deterministici si può manifestare il fenomeno della forte sensibilità alle condizioni iniziali (Teoria del Caos, Gleick, 1989) che introduce una severa limitazione pratica alla possibilità di fare delle previsioni.

Quest'ultimo aspetto è rilevante: l'idea che sia più semplice analizzare un sistema deterministico, rispetto a uno stocastico, può non essere vera. Infatti, esistono sistemi deterministici che risultano esponenzialmente sensibili alle condizioni iniziali, per i quali determinare lo stato in un certo istante – e quindi in generale, lo stato finale – può essere difficile e addirittura impossibile. Questi sistemi sono detti caotici: la Figura 7, riporta il famoso caso del sistema dinamico studiato da Edward Lorenz, in cui si vede, a sinistra, l'evoluzione da due condizioni iniziali vicine, che determina due traiettorie indicate in blu e nero, che divergono; nella immagine a destra, le due linee evolutive sono praticamente indistinguibili.

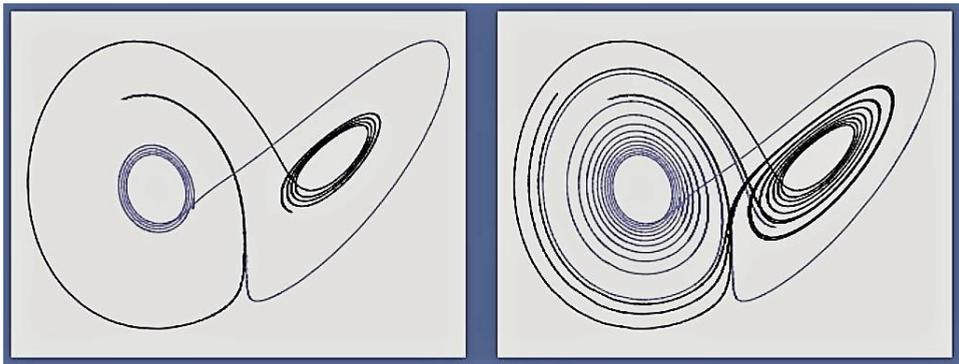


Figura 7. Evoluzione di due traiettorie da condizioni iniziali vicine nel sistema di Lorenz: a sinistra, fase iniziale, a destra, fase successiva.

In generale, quindi, oltre alla suddivisione in sistemi deterministici e stocastici, si può introdurre la distinzione fra sistemi prevedibili e imprevedibili, non risultando automaticamente questo carattere legato alla prima classificazione. Il quadro risultante è rappresentato nella Tabella 1.

Questo quadro che fa riferimento alla possibilità di prevedere l'evoluzione di un sistema da una condizione iniziale a una finale, è chiaramente di interesse nel caso duale di problema inverso, in cui si deve ricostruire a ritroso il punto di partenza di un sistema nota la sua condizione finale.

<i>Caratteri dei sistemi dinamici</i>	<i>Prevedibilità</i>	<i>Imprevedibilità</i>
<i>Deterministico</i>	<i>I</i>	<i>III</i>
<i>Stocastico</i>	<i>II</i>	<i>IV</i>

Tabella 1. Caratteri dei sistemi dinamici.

Se si deve riflettere su cosa significhi prevedere la traiettoria di un sistema dalle sue condizioni iniziali ad uno stato finale, oltre alle considerazioni teoriche espresse sopra, possono essere utili dei modelli empirici - invero *metafore* - come:

- un labirinto (Figura 8);
- un insieme di scambi di binario (Figura 9);
- una matassa di cavi (Figura 10).

Queste sono concrete materializzazioni di cosa significhi ricostruire un accadimento.

Fatte queste considerazioni, prima di applicare in termini concreti i concetti relativi alla ricostruzione di un incidente, è bene premettere un modello generale a cui riferirsi. Nel prossimo paragrafo, si considererà quindi un modello generale dovuto a Reason.

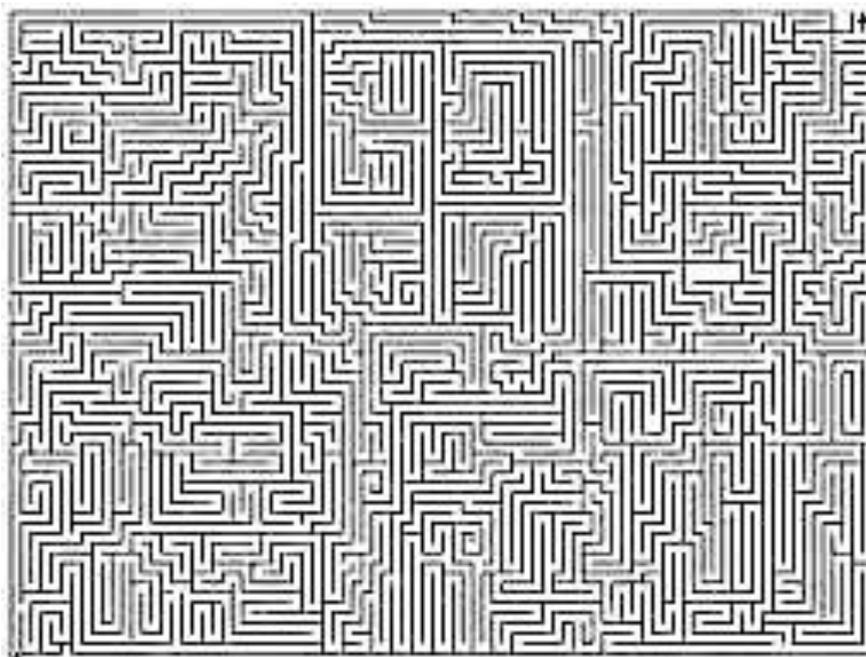


Figura 8. Labirinto.



Figura 9. Scambi di binario.

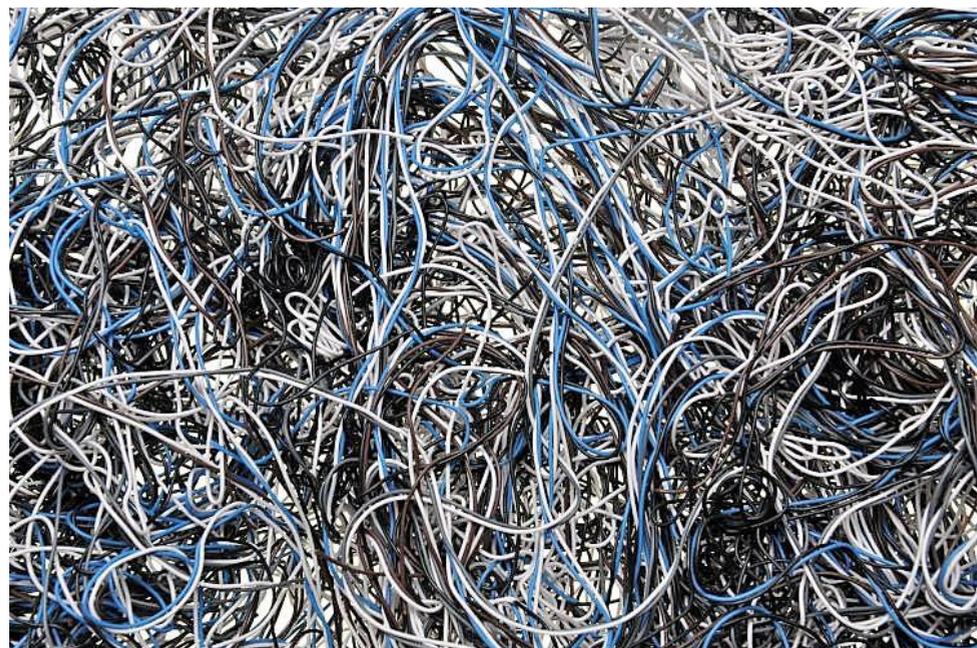


Figura 10. Intreccio di cavi.

3. GENESI E SVILUPPO DI UN FALLIMENTO

Se, per un attimo, si pensa alla enorme varietà di situazioni in cui si sono presentati fallimenti strutturali o altri tipi di incidenti, sembra difficile se non impossibile trovare dei tratti in comune. Se questo è senz'altro vero in molti casi, è però anche veramente significativo che in altrettanti casi si può ricondurre la dinamica di questi eventi negativi a un modello generale introdotto da Reason negli anni '90 (Reason, 1990).

La Figura 11 illustra questo modello. Se si considerano tutte le attività che portano, ad esempio, alla realizzazione di una costruzione e al suo utilizzo, si può immaginare come una minaccia (*hazard*) possa concretizzarsi in una crisi: in effetti, si può considerare che ogni attività (concettuale, progettuale, normativa, autorizzativa, amministrativa, realizzativa, manutentiva, di utilizzo, ...) che ha portato alla situazione attuale, sia rappresentabile come uno strato di protezione contro tale minaccia. Utilizzando una metafora informatica, tutte queste attività svolte correttamente possono essere intese come dei *firewall* che proteggono da questa minaccia.

Purtroppo, ciascun *layer* difensivo non è perfetto e presenta delle falle: i livelli difensivi sono bucati, in maniera più o meno grave. Orbene, la minaccia si traduce in una crisi quando queste deficienze difensive si allineano: se le mancanze fossero presenti ma non coincidenti, la minaccia sarebbe arrestata. È la sincronicità, la coalescenza, delle debolezze che porta all'insuccesso (Arangio et al., 2012)

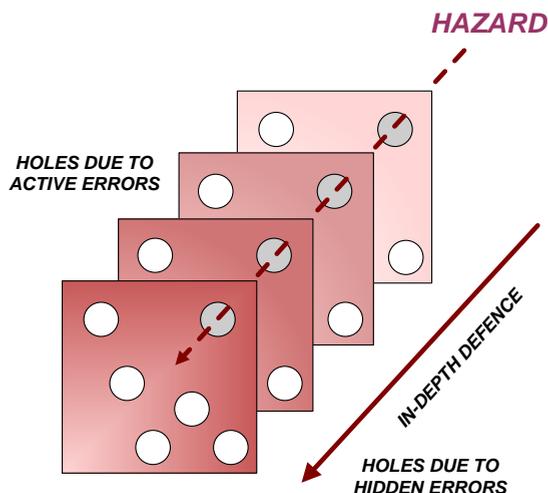


Figura 11. Modello generale di Reason per lo sviluppo di una crisi.

La potenza esplicativa di questo modello serve per interpretare situazioni strutturali (e anche non strutturali) differenti: ad esempio in Figura 12 lo schema di Reason è applicato ad un problema di sicurezza contro l'incendio (Arangio & Bontempi, 2013).

In questo caso, si possono puntualizzare differenti livelli di difesa consistenti in:

- a) caratteristiche passive del sistema:
 - concezione della struttura (tipologia, isostaticità, iperstaticità, ...);
 - topologia (compartimentazione ...) e geometria (forma e dimensioni, ...);
 - materiali e componenti;
- b) caratteristiche attive del sistema:
 - impianti di rilevamento e soppressione dell'incendio;
 - organizzazione delle squadre di intervento;
- c) caratteristiche legate alla vita della struttura:
 - manutenzione;
 - utilizzo.

È evidente l'importanza operativa di questo modello, sia nella fase di progetto, sia nella fase di indagine: è essenziale comprendere le caratteristiche del sistema in oggetto e le sue possibili debolezze. L'accadimento di un incidente può, nello specifico, nascere da questo accoppiamento: in particolare, la Figura 12 enfatizza che l'innesco e lo sviluppo di un incidente è legato sì inizialmente alle caratteristiche della minaccia (*hazard*) ma anche all'interazione con le caratteristiche del sistema ed in particolare con i suoi punti deboli, ovvero con i *buchi* nel sistema.

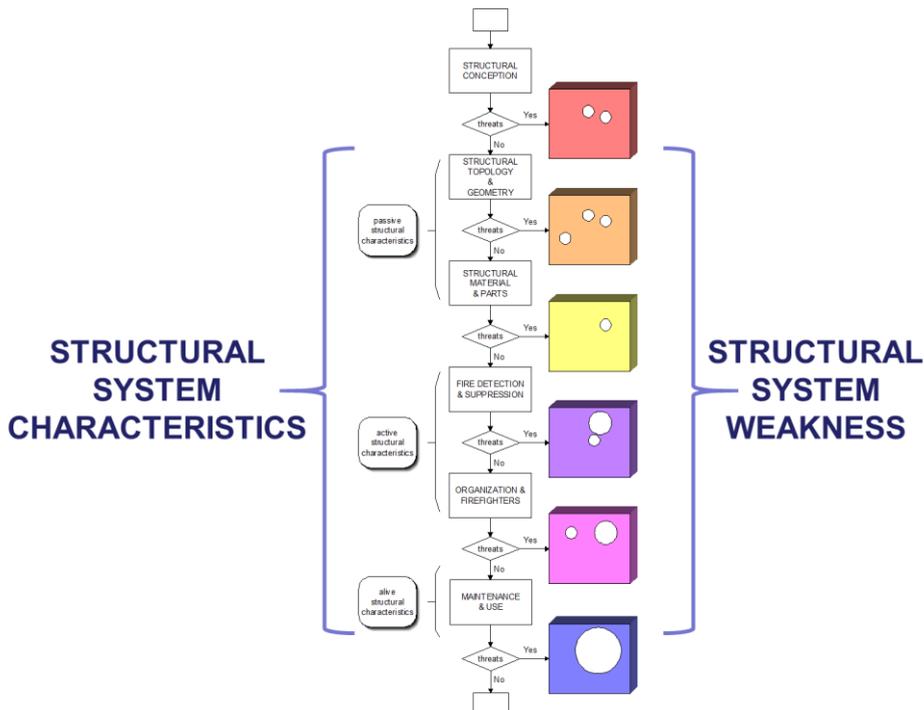


Figura 12. Contestualizzazione del modello di Reason al caso di struttura e incendio.

4. ASPETTI OPERATIVI

Nei paragrafi precedenti, si sono introdotte alcune idee che avvolgono l'attività della ricerca delle cause e della dinamica di un incidente. Queste idee, dunque, sono:

- il *concetto di spiegazione*;
- la disciplina della Ingegneria Forense e i ruoli che il Tecnico può assumere;
- il *problema inverso* ovvero la *back-analysis*, in contrappunto al *problema diretto* e alla *forward-analysis*);
- la *sensibilità alle condizioni iniziali*, e più in generale, la differenza fra problema ben posto e mal posto;
- i *sistemi deterministici, stocastici e caotici*, con la conseguente possibilità di individuare con esatta precisione o solo probabilisticamente l'evoluzione di un sistema, ovvero la sua traiettoria;
- le *metafore* dei labirinti, degli scambi di binari e delle matasse di cavi che possono essere utili per il loro carattere immaginifico;
- il *Modello di Reason* sullo sviluppo degli incidenti, con i layer difensivi e i buchi che possono esserci in un sistema;
- l'*interazione* fra le caratteristiche di un sistema e la realizzazione di un incidente a partire dalla presenza di una *minaccia (hazard)*.

Con tutti questi concetti in sottofondo, il Tecnico inizia a svolgere il suo compito, raccogliendo i fatti. È interessante notare che questo modo di procedere nasce nel 1827, quando il filosofo Jeremy Bentham pubblica il suo saggio *Rationale of Judicial Evidence*, affermando che la giustizia sostanziale necessita non solo di leggi giuste e di una giusta amministrazione di tali leggi, ma anche di *verità fattuali*: verità fattuali oggettive, e, di conseguenza, la possibilità stessa di un sistema giuridico giusto richiede che vi siano indicatori oggettivi di verità, ossia, standard oggettivi di prova migliore o peggiore.

In effetti, all'inizio della raccolta dei fatti relativi ad un incidente, la situazione può apparire come rappresentata sul lato sinistro della Figura 13: si ha un insieme di fatti (ovvero notizie, informazioni, dati) che appaiono disposti in forma sparsa. In concreto, questa immagine può essere materializzata come quella di una lavagna su cui sono disposti differenti post-it, in una semplice raccolta, in cui l'unico punto fisso è la situazione finale, ovvero il fallimento strutturale, o l'incidente, come si è fissato.

Nel prosieguo della investigazione, emergono delle relazioni, rappresentate nella parte sinistra della Figura 13, ovvero dei collegamenti, che a ritroso ricostruiscono l'evento: è come se si fossero infilate delle perle per formare una collana, ricostruendo quella che è detta *catena causale*. In particolare, si possono individuare:

- una causa scatenante (*triggering event*): la causa che è direttamente connessa (ovvero vicina nel tempo e nello spazio) alla situazione finale (*end*);

- una causa profonda (*root cause*) dell'evento, spesso lontana nel tempo e nello spazio;
- un punto di non ritorno nella catena causale (*go/ no go point*) oltre al quale l'incidente si sviluppa inevitabilmente.

In questo incedere dell'investigazione, affiora, emerge e quindi si cristallizza, la spiegazione dell'incidente, con una sensata catena causale di verità fattuali.

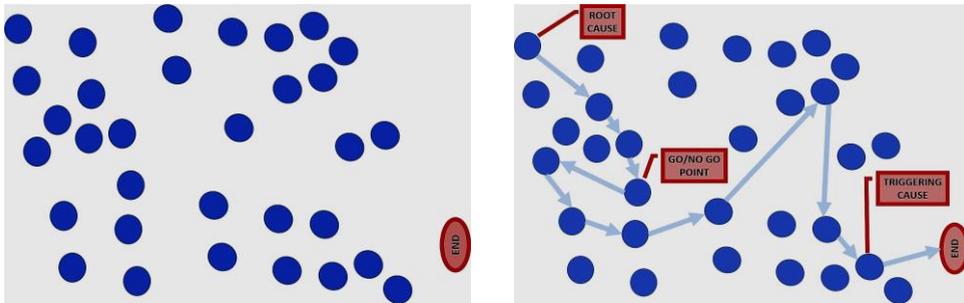


Figura 13. Raccolta di verità fattuali relative ad un incidente: a sinistra, fase iniziale, a destra, collana ordinata di verità fattuali.

Se è vero che la raccolta di verità fattuali relative ad un incidente appare, specie all'inizio, come una raccolta non strutturata, è altrettanto vero che esistono *framework* - implementati in appositi software - che possono aiutare a organizzare queste evidenze.

Uno di questi è il *Diagramma di Ishikawa*, rappresentato in Figura 14, che è una tecnica utilizzata nel settore industriale e nei servizi per individuare la/le causa/e più probabile/i di un effetto (o problema). È anche chiamato diagramma causa-effetto o diagramma a *lisca di pesce* (*fishbone*), essendo uno strumento grafico che permette di identificare, riunire e mostrare facilmente le cause possibili che hanno originato un problema o una certa caratteristica.

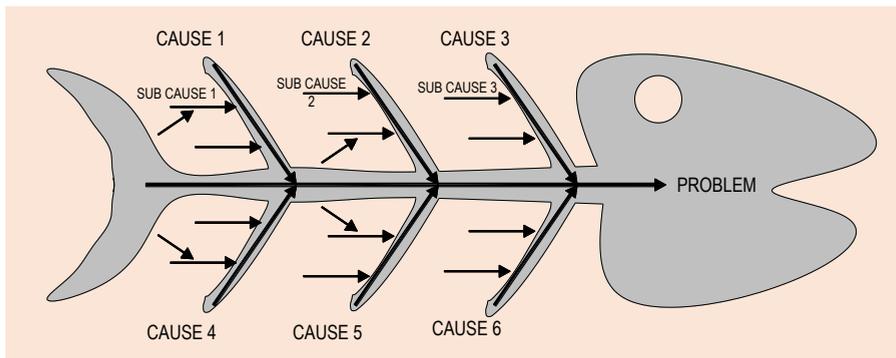


Figura 14. Diagramma di Ishikawa.

Si costruisce, infatti, una linea centrale (la lisca del pesce) vicino al centro del foglio. Al termine della linea si segna l'effetto di cui si vuole conoscere le cause. Si raccolgono le informazioni e si cerca di capire quali possono essere le cause primarie e secondarie dell'effetto. Si deve andare in profondità nella ricerca delle cause possibili, chiedendosi sempre il perché delle cose. Si trascrivono queste cause alla fine di brevi linee che si dipartono dalla lisca centrale (saranno le altre spine del pesce).

Si fissano delle priorità: si prendono in considerazione le cause più probabili e si dà loro un punteggio organizzando un *ranking*: il problema di cui si vuole studiare la soluzione viene, infatti, disposto al termine di una linea, ai lati della quale si innestano altre linee che rappresentano le diramazioni principali, ovvero le cause primarie del problema; su queste si innestano a loro volta le cause secondarie e così via.

Se è vero che questa è una descrizione comune del metodo, è altrettanto vero che non sempre sono messe in chiaro due presupposti essenziali per la effettiva implementazione di questo *framework*: infatti

- A. è necessaria a monte una conoscenza tecnica e una corrispondente competenza, ovvero è necessario un *back-ground* culturale corretto;
- B. è necessario un acume nella individuazione delle cause e della loro connessione, risultando utile allora anche tecniche di *brainstorming* per scoprire collegamenti non usuali.

Un'avvertenza specifica riguarda la distinzione fra causalità e correlazione. La seguente storiella esplicita il punto:

La stima dei pirati sui mari del globo, che ancora nel 1820 era di 35 000 unità, si è ridotto al 2000 a poche centinaia. Nel medesimo lasso di tempo, la temperatura aerea globale è salita da 14.2 °C a 15.8 °C.

Conoscendo i due eventi,

- *un giornalista scrive: “La diminuzione della pirateria fa aumentare il riscaldamento climatico!”;*
- *un altro scrive: “L’aumento della temperatura globale fa diminuire gli atti di pirateria!”;*
- *un terzo scrive: “Secondo affidabili fonti scientifiche, sospettato nesso fra pirateria e riscaldamento climatico!”.*

Un quarto non scrive niente in merito (perché ritiene che tra i due eventi ci sia una coincidenza completamente casuale), ma viene seriamente richiamato dal suo capo redattore perché non prende posizione circa il discorso pubblico in merito alla pirateria e il riscaldamento globale.

Come giusto, tra i due eventi *diminuzione del numero di pirati* e *aumento della temperatura climatica*, esiste correlazione (negativa) ma non causalità.

Con l'incedere dell'investigazione, si sono quindi raccolte differenti verità fattuali e si sono cominciate ad organizzarle in un qualche ordine logico. A poco a poco, quindi, comincia ad emergere la connessione riportata sulla destra della Figura 13. Dai singoli *cluster* di relazioni causali che cominciano a cristallizzarsi, si può arrivare a vedere una catena causale via via più completa. Anche qui, una immagine, suggerita da Susan Haack, può chiarire il percorso: in Figura 15 si vede come è risolto, passo passo, un cruciverba. Le singole parole sono incrociate con altre, a suffragarne la connessione e la rispettiva congruenza. A poco a poco, emerge la soluzione.

		CAN	A	M	O	N	C	I	N	I	
	F	O	R	U	M	,					
	C	O	M	B	A	T	T	I	M	E	N
	S	A	T	U	R	N	O	.	C	I	D
	O	R	O	L	O	G	I	O	A	C	V
	R	I	L	O	G	A	.	C	R	I	C
	E	D	O	.	I	R	A	T	O	.	A
	L	E	.	V	O	L	L	A	.	E	T
	L	.	C	A	.	A	V	V	I	L	I
	I	R	I	S	.	R	A	I	S	.	F
	N	.	H	A	T	E	R	A	S	S	A
	A	L	A	I	N	.	O	.	A	A	.

Nel riquadro deve trovar posto uno schema di parole crociate da ricostruire in base alle definizioni e alla numerazione date.

ORIZZONTALI: 1. Si comprano in pasticceria - 7. Uno spazio di discussione in Internet - 10. Trasforma il giro... nel piccolo della rana - 12. Si svolgono in prima linea - 17. Un pianeta con gli anelli - 18. Il celebre Campeador - 19. La fine di Prometeo - 20. Si carica tirando due catenelle - 23. Un dispositivo scorrevole per tendaggi - 24. Un graziosissimo roditore - 25. La teca piena di bottiglie - 26. Accesso di sdegno - 28. E' detto anche *calla selvatica* - 29. Lecce - 30. L'Ecco! dei Francesi - 31. Un famoso collegio inglese - 32. Un... po' di calma - 33. Umiliati, abbattuti - 35. Canale Mediaset dedicato ai film - 36. La Punta che è l'aeroporto di Palermo - 37. Si occupa di turismo (sigla) - 38. Una volta rinnovava l'imbottitura delle trapunte - 40. Il Ducasse noto chef - 41. Fatta senza consonanti.

VERTICALI: 1. Una nuvola - 2. Il Santo patrono dei Milanesi - 3. Il fuori nel tennis - 4. Gli insetti... microspie - 5. Non hanno belle maniere - 6. Inverte il senso della frase - 8. Zuffoli di terracotta - 9. Tubo formato da un foglio - 11. Lo è il Vanja di Cechov - 13. Vessare, opprimere - 14. Vale tu in Francia - 15. Volò troppo vicino al Sole - 16. Tedesco, germanico - 17. E' coccolata dai fratelli - 21. Un modello Skoda - 22. Si applicano per cura - 27. Il Corrado che scrisse *Gente in Aspromonte* - 30. Fanno recipienti di terracotta - 31. Per ..., famoso brano di Beethoven - 32. Il più alto punto d'una montagna -

Figura 15. Risoluzione di un cruciverba.

In effetti, il procedere può essere lungo, con dei *detour* significativi, e può assumere la forma illustrata in Figura 16, in cui sulla sinistra è riportato la sequenza di verità fattuali che hanno portato in questo caso ad un crollo, mentre sulla parte destra è illustrato un tentativo di assegnare il profilo di responsabilità ai differenti attori. Questa bozza di ricostruzione sarà soppesata e scrutinata, per poi essere messa in bella.

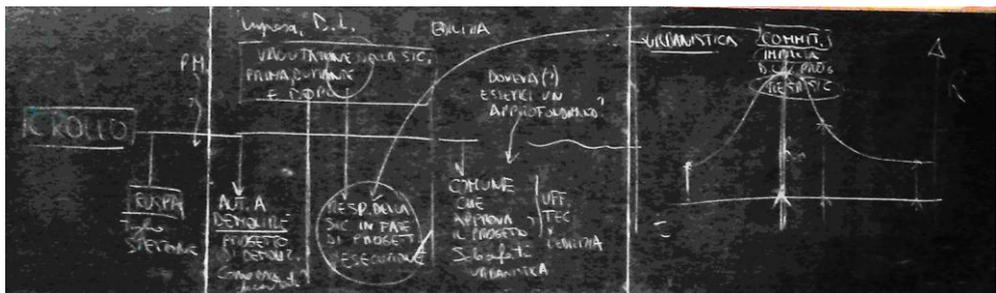


Figura 16. Esempio dello sviluppo della spiegazione causale di un crollo e individuazione del profilo di responsabilità.

5. TIMELINE E PROFILO DI RESPONSABILITÀ

La bozza di ricostruzione dell'incidente deve essere ora limata e rifinita. Per il caso di Figura 16, si può arrivare alla forma schematica rappresentata in Figura 17: qui, in forma ordinata, è illustrata la *timeline* che ha portato all'evento negativo. Questo è posizionato all'estrema sinistra dell'asse temporale, mentre all'estrema destra è posizionato l'inizio della catena causale. È da notare che questa timeline può svilupparsi in un periodo che può essere di anni (fino a risalire alla *root cause* di Figura 13), mentre la causa scatenante (*triggering cause*) può distare solo pochi istanti dall'evento negativo.

Nell'organizzazione della *timeline*, si possono raggruppare cause relative a fasi diverse che hanno portato all'evento negativo: ad esempio nel caso di Figura 17, si possono vedere, da destra verso sinistra, *cluster* di cause relative

- A. alla fase autorizzativa / amministrativa,
- B. alla fase di concezione / progettazione,
- C. alla fase realizzativa / di utilizzo.

Inoltre, rappresentate in rosso sfumato, ci sono tutti i controlli che se fossero stati fatti avrebbero bloccato la realizzazione dell'evento. Queste mancanze, sono i buchi dello schema di Reason di Figura 11: se qualcuno di questi *gate* logici avesse funzionato, la dinamica del crollo si sarebbe arrestata.

Nella Figura 18, questa timeline è esplicitata individuando lo *snodo causale* (in Figura 18a), ovvero il punto cruciale dello sviluppo che ha portato all'evento negativo, e successivamente, le *cause preparatorie* (Figura 18b) e quelle *conseguenti* (Figura 18c e 18d), fino alla *causa scatenante* (Figura 18e).

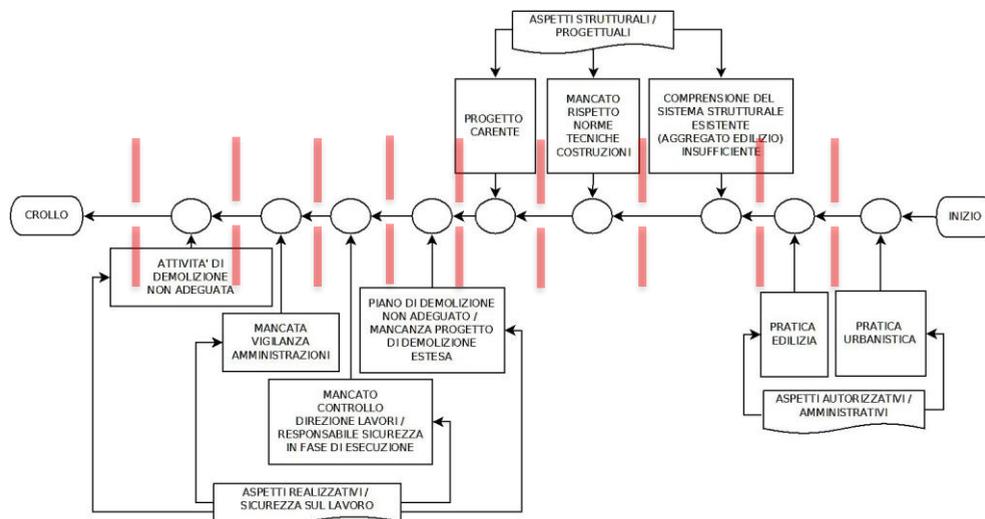


Figura 17. Sviluppo causale in relazione ad un caso di crollo.

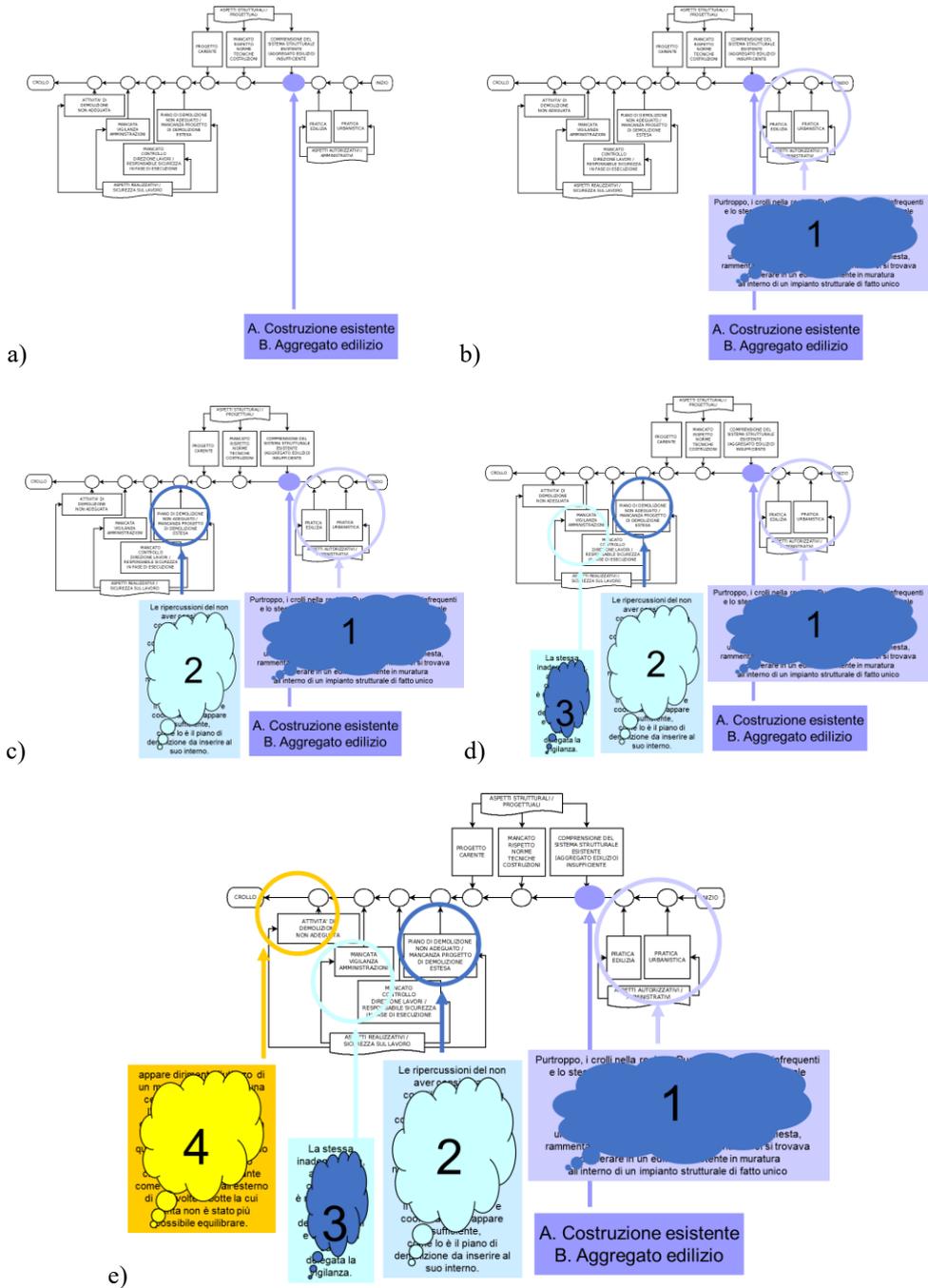


Figura 18. Esplicazione dello sviluppo causale in relazione ad un caso di crollo.

Dal punto di vista tecnico, avendo riconosciuto le mancanze e avendole ordinate temporalmente, queste stesse mancanze possono essere valutate in termini di gravità e ad esse può quindi essere associato un profilo di responsabilità dal punto di vista tecnico. Ci possono essere quindi dei giudizi su cosa è stato più grave, cosa meno, e quindi arrivare a definire la Figura 19.

Un aspetto critico è che, come si può vedere da questo esempio, la causa scatenante, ovvero quella prossima all'incidente, può avere una responsabilità marginale.

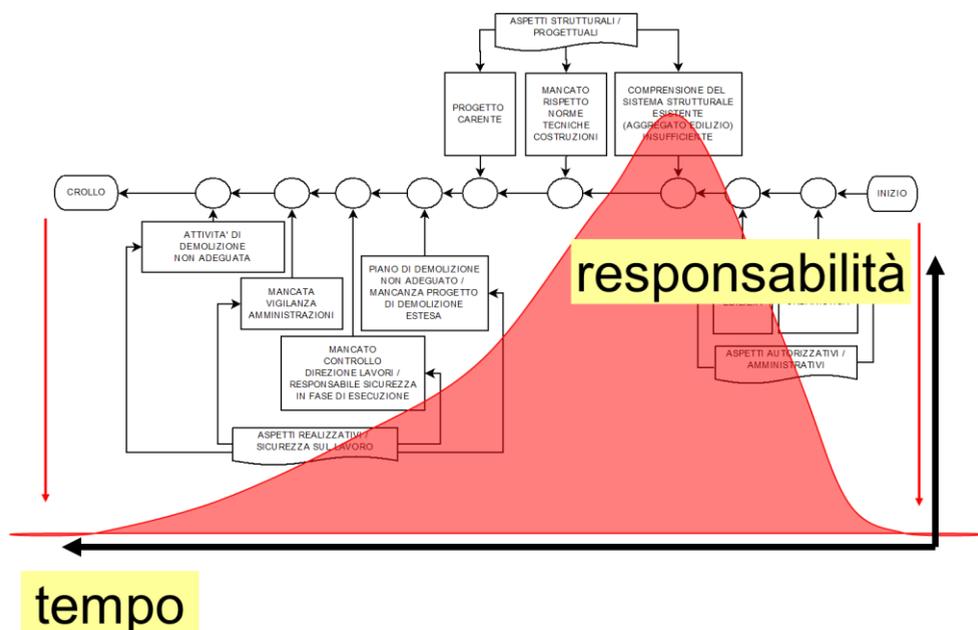


Figura 19. Profilo di responsabilità lungo il progresso di una crisi.

6. ALCUNE OSSERVAZIONI SUI METODI LOGICI

Ne “La camera in rosso”, Sherlock Holmes esplicita il suo metodo:

...la scienza della deduzione e dell'analisi non può essere acquisita che a prezzo di lunghi e pazienti studi ... il ricercatore ... impari a indovinare alla prima occhiata la storia di un uomo, la sua professione ... le unghie, le maniche dell'abito, le scarpe, le ginocchia dei pantaloni, la callosità del pollice e dell'indice, i polsini della camicia, l'espressione del viso ...

Metodo deduttivo

Il metodo deduttivo o deduzione è il procedimento razionale che fa derivare una certa conclusione da premesse più generali: dentro queste, quella conclusione è implicita.

Il termine significa letteralmente *condurre da*, perché proviene dal latino *de* (traducibile con *da*, preposizione indicante provenienza, o moto di discesa dall'alto verso il basso), e *ducere* (condurre).

Questo metodo parte da postulati e principi primi e, attraverso una serie di rigorose concatenazioni logiche, procede verso determinazioni più particolari attinenti alla realtà tangibile. La Figura 20 cerca di illustrare questo concetto, mostrando la somiglianza con un percorso di ragionamento *top-down*.

Poiché *il metodo deduttivo parte sempre da un postulato o da un assioma*, cioè da una verità assoluta che non ha bisogno di essere verificata, dalla quale deduce, attraverso un ragionamento, dei fatti particolari, la validità di quanto dimostrato crollerebbe qualora si dimostrasse che l'affermazione di partenza fosse falsa o arbitraria. In questo caso, dunque, crollerebbero proprio le premesse su cui il ragionamento stesso si era fondato: questo rappresenta il punto critico del metodo deduttivo.

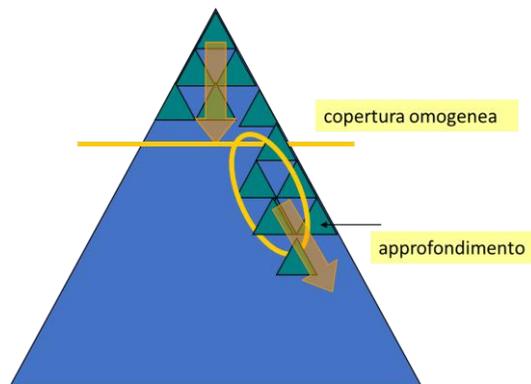


Figura 20. Sviluppo deduttivo di un percorso di ragionamento, ovvero *sviluppo top-down*.

Metodo induttivo

Il metodo induttivo o induzione (dal latino *inductio*, dal verbo *induco*, presente di *inducere*, termine che significa letteralmente *portar dentro*, ma anche *chiamare a sé*, *trarre a sé*) è un procedimento che *partendo da singoli casi particolari cerca di stabilire una legge universale*. Nel greco antico è traducibile con l'espressione *epagoghé* (ἐπαγωγή).

Questo metodo appare, dunque, procedere dal particolare all'universale, in un processo di risalita come illustrato in Figura 21, mentre *il metodo deduttivo al contrario procede dall'universale al particolare*.

Una famosa critica al metodo induttivo, fu espressa da Bertrand Russell il quale osservò, con classico humour inglese, che pure il tacchino americano, che il contadino nutre con regolarità tutti i giorni, se adotta un metodo induttivo può arrivare a prevedere che anche domani sarà nutrito... ma "domani" è il giorno del Ringraziamento e l'unico che mangerà sarà l'allevatore (a spese del tacchino)!

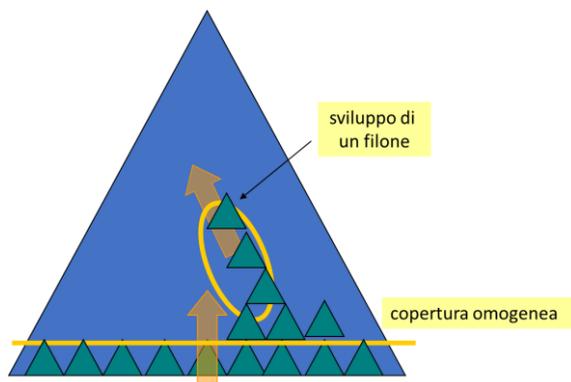


Figura 21. Sviluppo induttivo di un percorso di ragionamento, ovvero *sviluppo bottom-up*.

Abduzione

L'abduzione è l'inferenza che classifica una certa entità supponendo, visti i suoi caratteri, che appartenga ad un certo genere.

Il filosofo statunitense Charles Sanders Peirce, ha sviluppato questo argomento nella sua concezione della logica della scoperta scientifica, estendendo il significato dell'abduzione considerandola *il primo passo del ragionamento scientifico* in cui viene assunta un'ipotesi per spiegare alcuni fatti empirici.

Peirce teorizzava che il pensiero umano ha tre possibilità di creare inferenze, ovvero tre modi diversi di ragionamento:

- il ragionamento deduttivo,
- il ragionamento induttivo,
- il ragionamento abduttivo,

le cui differenze possono essere riassunte con questo esempio:

Deduzione: Regola & Circostanza → RISULTATO

- Regola - Tutti i fagioli di questo sacchetto sono bianchi
- Circostanza - Questi fagioli vengono da questo sacchetto
- Risultato - Questi fagioli sono bianchi

Induzione: Circostanza & Risultato → REGOLA

- Circostanza - Questi fagioli vengono da questo sacchetto
- Risultato - Questi fagioli sono bianchi
- Regola - Tutti i fagioli di questo sacchetto sono bianchi

Abduzione: Risultato → REGOLA → Circostanza

- Risultato - Questi fagioli sono bianchi
- Regola - Tutti i fagioli di questo sacchetto sono bianchi
- Circostanza - Questi fagioli vengono da questo sacchetto

Quindi:

- nel caso della deduzione, dalla regola e dalla circostanza si ottiene il *RISULTATO*.
- nel caso di induzione, dalla circostanza e dal risultato, emerge la *REGOLA*.
- nel caso di abduzione, dato il risultato e ipotizzata una *REGOLA*, si ottiene la circostanza.

Osservando quello che per Peirce è *un fatto* (si hanno dei fagioli bianchi) e avendo a *disposizione una regola in grado di spiegarlo* (si sa che tutti i fagioli di questo sacchetto sono bianchi), si può ipotizzare che questi fagioli vengano da questo sacchetto.

In questo modo si è *accresciuta la conoscenza* in quanto si sa qualcosa di più sui fagioli: prima si sapeva solo che erano bianchi, ora si può anche supporre che provengano da questo sacchetto. Si può quindi dire che l'abduzione e l'induzione sono *inferenze ampliative*, mentre la deduzione è una *inferenza non ampliativa*.

L'abduzione ordinaria vale per tutte le esplicazioni di senso comune e tutte le esplicazioni in cui si utilizzano dei concetti noti o delle regole conosciute (cognitive o di altro genere) in cui si tratta, genericamente, di inferire l'istanza sconosciuta (*token*) di un tipo conosciuto (*type*).

Peirce però considera anche l'*abduzione straordinaria*, che vale per i casi definiti come sorprendenti, per i quali l'abduzione deve suggerire una ipotesi assolutamente nuova dato che le cognizioni possedute non permettono di spiegare quanto riscontrata: si tratta di *inferire un'istanza sconosciuta di un tipo sconosciuto*.

Metodologia di ricerca scientifica

È normalmente assunto che ogni ricerca scientifica sia costituita dai tre momenti inferenziali visti primi separatamente e, solitamente, ritenuti sequenziali:

- primo, per abduzione viene suggerita un'ipotesi che spiega un fatto;
- secondo, per deduzione vengono determinate le concepibili conseguenze;
- terzo, per induzione vengono testate le concepibili conseguenze dell'ipotesi verificando se corrispondano o meno alla realtà e traendo un bilancio.

Pensiero laterale

Non sempre la spiegazione ovvero la ricerca segue il percorso lineare appena visto.

Spostamento significa pensiero non lineare, modalità non logico-deduttiva di procedere: *spostamento* è proprio la traduzione in italiano volgare e corrente di *abduzione*, che è un calco latino, e che secondo etimologia vuol dire *condurre* (ducere) *lontano da* (*ab*), allontanamento e quindi anche spostamento.

Con il termine *pensiero laterale*, coniato dallo psicologo maltese Edward de Bono, si intende una modalità di risoluzione di problemi logici che prevede un approccio indiretto ovvero l'osservazione del problema da diverse angolazioni, contrapposta alla tradizionale modalità che prevede concentrazione su una soluzione diretta al problema.

Mentre una soluzione diretta prevede, come anche visto, il ricorso alla logica sequenziale, risolvendo il problema partendo dalle considerazioni che sembrano più ovvie, il pensiero laterale se ne discosta (da cui il termine laterale) e cerca punti di vista alternativi prima di cercare la soluzione.

Il principio che sta alla base di questa modalità è simile a quanto proposto col pensiero divergente: per ciascun problema è sempre possibile individuare diverse soluzioni, alcune delle quali emergono solo:

1. prescindendo da quello che inizialmente appare l'unico percorso possibile;
2. cercando elementi, idee, intuizioni, spunti fuori dal dominio di conoscenza e dalla rigida catena logica.

È importante quindi disporre di modalità e strumenti che facilitino questi processi di pensiero, per generare creativamente ipotesi da abbinare e combinare con le conoscenze già possedute, fino al raggiungimento dell'obiettivo prefissato.

È il caso delle *mappe creative*, che consentono al contempo di fermare le idee e di registrarle, predisponendole per essere poi rielaborate. Tra queste si collocano anche le mappe mentali che possono essere utilizzate per facilitare lo svolgimento di sessioni creative basate su tecniche come i sei cappelli per pensare.

Serendipity

Il termine deriva da Serendip, l'antico nome persiano dello Sri Lanka. Il termine fu coniato dallo scrittore Horace Walpole che lo usò in una lettera scritta il 28 gennaio 1754 a Horace Mann, un suo amico inglese che viveva a Firenze. Horace Walpole fu ispirato dalla lettura della fiaba persiana *Tre principi di Serendippo* di Cristoforo Armeno nel cui racconto i tre protagonisti trovano sul loro cammino una serie di indizi, che li salvano in più di un'occasione. La storia descrive le scoperte dei tre principi come intuizioni dovute sì al caso, ma anche allo spirito acuto e alla loro capacità di osservazione (Figura 22).

Oltre a essere indicata come sensazione, la serendipità indica anche il tipico elemento della ricerca scientifica, quando spesso scoperte importanti avvengono mentre si stava ricercando altro.

Portando alle estreme conseguenze il concetto di serendipità/casualità delle scoperte scientifiche, in contrapposizione al metodo dell'indagine sistematica, si può arguire che in ogni scoperta, come del resto in ogni aspetto della vita reale, deve essere insito qualche elemento di casualità: se il ricercatore sapesse già esattamente quello che sta cercando, non avrebbe bisogno di cercarlo, bensì gli basterebbe avere una conferma di una realtà che già prevede esista.

Dalla discussione dei termini di questo paragrafo, e più in generale dalla lettura dell'intero capitolo, traspare che la ricerca, scientifica ma anche tecnica, ha ampi caratteri di stocasticità. Questi caratteri riverberano, dunque, anche sul processo di ricostruzione di un evento negativo: complessivamente tale ricostruzione può essere schematizzata come in Figura 23.

ser•en•dip•i•ty |serən'dipitē|
noun
the occurrence and development of events by chance in a happy or beneficial way : *a fortunate stroke of serendipity* | *a series of small serendipities.*

DERIVATIVES
ser•en•dip•i•tous |-'dipitəs| adjective
ser•en•dip•i•tous•ly adverb

ORIGIN 1754: coined by Horace Walpole, suggested by *The Three Princes of Serendip*, the title of a fairy tale in which the heroes "were always making discoveries, by accidents and sagacity, of things they were not in quest of."

Figura 22. Serendipity.

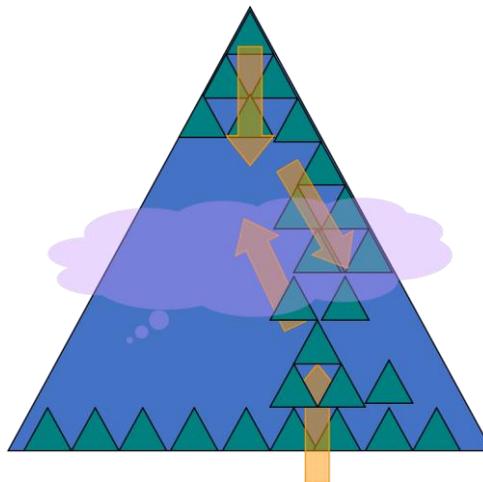


Figura 2. Sviluppo costruttivo di un percorso di ragionamento.

CONCLUSIONI

In questo capitolo si è presentato nella sua generalità il problema della spiegazione di una crisi strutturale o di un incidente.

Per arrivare alla ricostruzione di un evento negativo, si sono dovuti raccogliere concetti diversi: problema diretto e inverso, il modello di Reason, la costruzione della spiegazione con procedimenti logici tradizionali come deduzione, induzione e abduzione, ovvero alternativi come pensiero laterale e serendipità.

La definizione, quindi, del percorso che ha condotto a un evento negativo e la risalita alle responsabilità in caso di crisi strutturale è un problema non semplice in generale (si vedano, ad esempio, le considerazioni presenti in Cestelli-Guidi, 1987). È però evidente che la dimensione del comportamento umano, colposo o doloso, influisce radicalmente sulla impostazione, sulla formulazione e sulla sintesi della soluzione di questo problema inverso (Stella, 2000): in particolare, la spiegazione scientifica e tecnica della crisi, origine e dinamica, si deve confrontare con la spiegazione giuridica della stessa.

I due ambiti, *scientifico/tecnico* e *giuridico* sono distinti ma, ovviamente, contigui. Non si possono, poi, trascurare gli aspetti psicologici legati ai giudizi sui fatti e alle decisioni sull'interpretazione (Plous, 1993).

In definitiva, in termini analitici, si può solo pensare ad una formulazione *debole* del problema e sarà essenziale dimostrare la logica con cui si è arrivati alla sintesi della *soluzione*.

Per tutti questi motivi, appare possibile solo indicare alcuni passi necessari alla risoluzione di questo problema complesso:

1. sospendere il giudizio (ovvero non avere preconcetti o pregiudizi);
2. osservare e raccogliere (le persone e i fatti);
3. resistere alle pressioni (di tutte le parti);
4. accumulare (diligentemente e coscienziosamente i punti);
5. individuare uno schema spaziale e una dinamica temporale;
6. arrivare dovutamente a una sintesi.

Un passo critico appare il 5) che prevede di individuare, da una parte, cosa e come ha fallito in una costruzione, e dall'altra, lo sviluppo temporale.

Il momento finale di una spiegazione scientifica e tecnica di una crisi strutturale è rappresentato da un diagramma di flusso in cui tutti i passaggi sono ordinatamente incasellati.

Nell'ottica del modello di Reason, in questa *timeline* si potranno riconoscere momenti precursori della crisi, ragioni profonde e passaggi critici, e, infine, cause contingenti o inneschi. Infine, a questa *timeline* sarà allora possibile sovrapporre un profilo di responsabilità.

BIBLIOGRAFIA

Arangio S., Bontempi F.: Basis of the Analysis and Design for Fire-Induced Collapses in Structures. *International journal of lifecycle performance engineering*, vol. 1, p. 115-134, ISSN: 2043-8648, doi: 10.1504/ijlpe.2013.057559, 2013.

Arangio S., Bontempi F., Crosti C.: Modelli generali per la spiegazione causale di collassi strutturali. In: *II Convegno di Ingegneria Forense - V Convegno su CRolli, Affidabilita' Strutturale, Consolidamento*. p. 27-36, Nicola Augenti & Mauro Sassu, ISBN: 9788889972342, Pisa, 15-17 Novembre 2012.

Bontempi F., Gkoumas K., Arangio S.: Systemic approach for the maintenance of complex structural systems. *Structure and infrastructure engineering*, vol. 4; pp. 77-94, ISSN: 1573-2479, doi: 10.1080/15732470601155235, 2008.

Cestelli-Guidi C.: *Geotecnica e Tecnica delle Fondazioni*. Hoepli, 1987.

Gentili F., Giuliani L., Bontempi F.: Investigation of fire-induced collapse scenarios for a steel high-rise building. In: *Proceeding of the 2011 International Conference on Advances in Structural Engineering and Mechanics*. Seoul (South Korea), 18-22 September 2011.

Gkoumas K., Crosti C., Giuliani L., Bontempi F.: Definition and selection of design fire scenarios. In: *Applications of structural fire engineering*. p. 66-71, PRAGUE: Pražská technika, Czech Technical University, Prague, Czech Republic, 19-20 February 2009.

Gleick J., *Caos. La nascita di una nuova scienza.*, Rizzoli, 1989.

Haack S., *Legalizzare l'epistemologia. Prova, probabilità e causa nel diritto.*, EGEA, 2015.

ISO/TR 13387-1:1999, Fire safety engineering.

Perrow C.: *Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, ISBN 0-691-00412-9, 1984.

Plous S.: *The Psychology of Judgment and Decision Making*. McGraw-Hill, 1993.

Reason J.: *Human Error*. Cambridge University Press, 1990.

Stella F.: *Leggi scientifiche e spiegazione causale nel diritto penale*. Giuffrè Editore, 2000.

Railway Investigation Report R13D0054 - Runaway and main-track derailment Montreal, Maine & Atlantic Railway Freight train MMA-002 Mile 0.23, Lac-Mégantic, Quebec 06 July 2013 <http://www.tsb.gc.ca/eng/rapports-reports/rail/2013/r13d0054/r13d0054.asp>

IMPOSTAZIONE DELL'ANALISI DOCUMENTALE E SUO SVILUPPO

F. Bontempi

Università degli Studi di Roma "La Sapienza"

SOMMARIO

Nel presente capitolo sono considerati alcune nozioni e alcuni aspetti operativi necessari alla ricostruzione delle cause di un evento negativo presentati, a differenza del capitolo precedente, da un punto di vista che si può dire legale e giuridico. Questo è essenziale, in quanto gran parte del lavoro dell'Ingegneria Forense ha come destinatari persone che hanno proprio una formazione giuridica e legale: è, quindi, necessario interfacciarsi con questi attori e farsi comprendere da loro, avendone inteso la mentalità e le loro inclinazioni.

1. ALCUNE OSSERVAZIONI SUI RUOLI

Il CTU – Consulente Tecnico d'Ufficio – è la figura professionale, di particolare competenza tecnica, al quale si affida il Giudice durante il processo civile. Nel processo penale, tale professionista assume il nome di Perito d'Ufficio. Le parti, possono, invece, farsi assistere da un CTP - Consulente Tecnico di Parte.

Si ha, dunque, una distinzione fra i termini *perizia* e *consulenza*. Entrambi si riferiscono al medesimo mezzo di prova, consistente in indagini, accertamenti e valutazioni di natura tecnica, che, discrezionalmente, il Giudice, il Pubblico Ministero e le altre parti del processo penale (e anche civile) possono disporre, allorquando ciò appaia loro necessario, in ambiti nei quali siano richieste specifiche competenze tecniche, scientifiche o artistiche. Tuttavia, mentre il Perito è nominato dal Giudice (e, dunque, tale nomina si collocherà, sovente, nella fase del giudizio, che è successiva a quella delle indagini preliminari), il Consulente è nominato dalle parti del processo penale, cioè dal Pubblico Ministero, dall'imputato o dalla persona offesa dal reato (parte civile, successivamente all'esercizio dell'azione penale).

Alcune volte si verifica che, pur essendo ancora in corso le indagini preliminari, si renda necessario ricorrere alla perizia: ciò avviene nelle forme dell'*incidente probatorio*, con nomina, per l'appunto, di un Perito, da parte del Giudice per le indagini preliminari (GIP). Si tratta di una sorta di eccezionale anticipazione dell'istruttoria processuale, non essendosi ancora concluse le indagini dirette dal Pubblico Ministero (è, comunque, una ipotesi piuttosto limitata, potendosi verificare soltanto se l'accertamento di natura tecnica riguarda persone, cose o luoghi soggetti a modificazione non evitabile, ovvero se vi sia motivo di ritenere che tale accertamento tecnico,

se disposto nel dibattimento, possa determinarne una sospensione superiore a sessanta giorni – è il caso, ad esempio, della ricostruzione della dinamica e dell'accertamento delle cause di eventi particolarmente complessi, quali disastri ferroviari, sinistri stradali nei quali siano rimasti coinvolti numerosi autoveicoli, ecc. ...).

L'art. 227 c.p.p. prevede che il Perito, appena nominato, proceda immediatamente ai necessari accertamenti e risponda (altrettanto prontamente, quindi) ai quesiti postigli, fornendo un parere che verrà raccolto nello stesso verbale con il quale gli è stato conferito l'incarico. Tuttavia, nella prassi e, dunque, nella maggioranza dei casi, ciò non accade, poiché, anche per accertamenti tecnici non particolarmente complessi, i Giudici e i Pubblici Ministeri concedono al Perito o al Consulente tecnico un termine, non superiore a novanta giorni (limite imposto dal Codice e, tuttavia, prorogabile), per rispondere, con una relazione, ai quesiti posti.

Il rapporto che si instaura fra il Consulente tecnico ed il Pubblico Ministero, all'apparenza semplice, si rivela, in realtà, il più delle volte, particolarmente complesso. Deve considerarsi, innanzitutto, che il P.M. procede alla nomina del Consulente, nel corso delle indagini preliminari, cioè in una fase nella quale poco o nulla è dato sapere, inizialmente, in ordine ai fatti oggetto di investigazione.

Non di rado, quindi, il P.M. dovrà resistere alla forte tentazione di trasformare il proprio Consulente tecnico in un – sia pur qualificatissimo – ufficiale di polizia giudiziaria, al quale, in sostanza, delegare lo svolgimento delle prime (e non solo le prime) indagini. I Consulenti non sono – e, dunque, non devono mai diventare – organi di polizia giudiziaria. Ciò anche perché essi sono chiamati a compiere accertamenti, all'esito dei quali dovranno esprimere delle *valutazioni* (al contrario degli appartenenti alla polizia giudiziaria, i quali possono – ed in alcuni casi, anzi, devono – compiere i necessari accertamenti su tracce e cose che potrebbero subire alterazioni, ma non devono mai esprimere valutazioni tecnico-scientifiche).

È tale *profilo valutativo* (soprattutto) che, in senso squisitamente tecnico-giuridico, avuto riguardo alla disciplina del processo penale (specialmente nella prospettiva dell'esame che avrà luogo nel dibattimento), distingue il consulente sia dall'appartenente alla polizia giudiziaria che dai testimoni. I termini stessi con i quali il P.M. (lo stesso vale per il Giudice ed i suoi Periti) formula i quesiti che verranno affidati ai Consulenti tecnici dovranno essere precisi e, quel che più conta, dovranno porre quegli esperti in condizione di rispondere ad essi, *attraverso valutazioni esclusivamente tecniche*. È possibile (e lecito), invece, che al Consulente venga richiesto di *richiamare ed interpretare norme tecniche o, al limite, norme giuridiche dal prevalente contenuto tecnico*. Il Consulente, dal canto suo, deve resistere alla tentazione di trasformarsi in Pubblico Ministero (o Giudice) od agente/ufficiale di polizia giudiziaria. Non di rado, infatti, coloro che vengono incaricati di compiere accertamenti tecnici, non limitandosi ad esplicitare un'attività di consulenza, culminante, quindi, in una valutazione critica, tendono a suggerire soluzioni propriamente giuridiche, indicando, ad esempio, più o meno perentoriamente, le norme che dovrebbero trovare applicazione nel caso da essi trattato.

2. IMPARZIALITÀ DEL GIUDICE E REGOLA DEL CONTRADDITTORIO

Il Giudice è un attore principale in un procedimento forense: è quindi necessario e opportuno considerarne il ruolo e il comportamento e, in particolare, i vincoli alla sua attività.

Dovere di verità del Giudice

Il dovere di verità definisce il compito esclusivo del Giudice *limitandolo alla valutazione dei dati conoscitivi forniti dalle parti* e vietando la sostituzione, la supplenza o la integrazione rispetto alle iniziative delle parti medesime.

La tecnica argomentativa del circolo abduttivo-deduttivo-induttivo (come visto nel capitolo precedente), infatti, è tipica logica investigativa: che è logica di parte e quindi preclusa al Giudice.

Il Giudice non può fare direttamente ricorso al circolo abduttivo-deduttivo-induttivo, perché implicherebbe che egli è diventato promotore di una logica orientata, tipicamente di parte, inconciliabile con il rispetto del *dovere di verità, inteso come obiettiva verifica di veridicità conseguente alla valutazione di tutti i dati conoscitivi acquisiti*.

Imparzialità del Giudice

L'imparzialità, nel suo significato più profondo implica l'assenza di pregiudizi nel compimento dell'attività giurisdizionale, e cioè di una scelta preventiva (elaborata attraverso l'inferenza abduttiva) in grado di influenzare e falsare la formazione del giudizio.

Rendendosi autore dell'abduzione-deduzione-induzione tipica della logica investigativa, il Giudice, inevitabilmente, finirebbe per perdere il proprio ruolo di puro verificatore delle tesi di parte, divenendo per definizione portatore di un pregiudizio.

Regola del contraddittorio

Dal principio di imparzialità, inteso come regola della logica probatoria, discende come corollario, la regola del contraddittorio.

L'attuazione del principio di imparzialità risulta possibile soltanto attraverso la regola del contraddittorio che attribuisce a tutte le parti processuali, e in eguale misura, il potere-dovere di introdurre i dati conoscitivi (prove) ritenuti utili per la dimostrazione delle rispettive tesi sostenute in ambito processuale.

Contraddittorio nella prova

Ogni processo si svolge nel contraddittorio tra le parti in condizioni di parità davanti a un Giudice terzo e imparziale.

L'intervento paritetico delle parti deve realizzarsi proprio nel momento in cui la prova si forma al cospetto del Giudice (principio del contraddittorio nella formazione della prova).

Deviazioni dal contraddittorio

L'esempio più eclatante proviene dal sistema inquisitorio nel quale le funzioni di accusatore e di Giudice sono addirittura cumulate in capo ad un unico organo procedente.

Anche nell'ordinamento vigente sono previsti molteplici casi di esercizio di potere integrativo probatorio da parte del Giudice: l'art. 507 c.p.p. attribuisce al Giudice, al termine della fase dell'istruzione dibattimentale, il potere di disporre, anche d'ufficio, l'assunzione di nuovi mezzi di prova.

Ulteriori richieste di integrazione

L'art. 506 c.p.p. attribuisce al Presidente, anche su richiesta di altro componente del Collegio giudicante, il potere di indicare alle parti temi di prova nuovi o più ampi, utili per la completezza dell'esame e di rivolgere domande ai testimoni, ai Periti, ai Consulenti tecnici, e alle parti già esaminate, solo dopo l'esame e il controesame.

Risulterebbero certamente ammissibili le domande dirette alla persona esaminata, formulate al fine di meglio comprendere il significato delle risposte fornite in modo difficilmente interpretabile.

Dovrebbero essere escluse le domande volte a esplorare le conoscenze della persona esaminata, al fine di fornire supporti probatori alle tesi di parte.

3. COME DA MANUALE

Spesso la *norma incriminatrice* richiede il verificarsi di un *evento*, cioè un accadimento temporalmente e spazialmente separato dall'azione e che da questa deve essere causato.

Il nome *evento* spetta soltanto a quella o a quelle conseguenze dell'azione che sono espressamente o tacitamente previste dalla norma incriminatrice.

Non sono eventi in senso penalistico fatti non contemplati della descrizione dei fatti di reato. Inoltre, non compete il nome di evento, come elemento costitutivo del fatto, a quelle conseguenze dell'azione che rilevano sul piano penalistico come *circostanze del reato* (es. aggravante).

L'evento come accadimento deve essere causato dall'azione. In particolare:

1. nessuno può essere punito per un fatto preveduto dalla legge come reato, se l'evento dannoso o pericoloso, da cui dipende l'esistenza del reato, non è conseguenza della sua azione od omissione (*rapporto di causalità*);
2. il delitto è doloso, o secondo l'intenzione, quando l'evento dannoso o pericoloso, che è il risultato dell'azione od omissione e da cui la legge fa dipendere l'esistenza del delitto, è dall'agente preveduto o voluto come conseguenza della propria azione od omissione (*delitto doloso*).

È essenziale il *rapporto di causalità* nei reati commissivi. Quando tra gli estremi del fatto compare un evento, questo rileva se e in quanto sia stato causato dall'azione: *tra l'azione e l'evento deve sussistere un rapporto di causalità*.

L'art. 40 co.1 c.p. dispone che nessuno può essere punito per un fatto preveduto dalla legge come reato, se l'evento dannoso o pericoloso, da cui dipende la esistenza del reato, non è conseguenza della sua azione od omissione.

Il problema cruciale al quale si deve dare risposta è che cosa sia necessario per poter affermare che *un dato evento B* è conseguenza di *una data azione A*. Per la risoluzione di questo problema esistono tre teorie canoniche:

1. l'azione A è causa dell'evento B, se può dirsi che senza A, tenendo conto di tutte le circostanze del caso concreto, l'evento B non si sarebbe verificato (Teoria Condizionalistica o della condicio sine qua non);
2. l'azione A è causa dell'evento B quando senza l'azione A l'evento non si sarebbe verificato e inoltre B rappresenta una conseguenza prevedibile (o normale) dell'azione A (Teoria della causalità adeguata);
3. l'azione A è causa dell'evento B quando senza l'azione A l'evento non si sarebbe verificato e inoltre il verificarsi dell'evento B non è dovuto al concorso di fattori eccezionali (Teoria della causalità umana).

La Figura 1 riassume schematicamente le tre teorie che sostanzialmente si distinguono nella seconda parte della loro definizione.

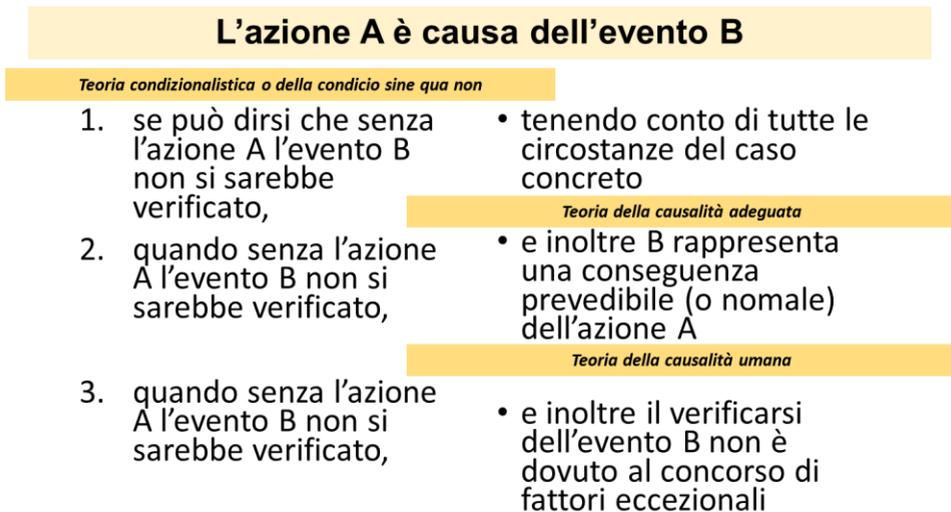


Figura 1. Teorie canoniche per la causalità tra l'azione A e l'evento B.

Prima di entrare in alcuni dettagli, vale la pena riportare il dispositivo dell'art. 41 Codice Penale (Fonti → Codice Penale → LIBRO PRIMO - Dei reati in generale → Titolo III - Del reato (artt. 39-84) → Capo I - Del reato consumato e tentato):

Il concorso di cause preesistenti o simultanee o sopravvenute, anche se indipendenti dall'azione od omissione del colpevole, non esclude il rapporto di causalità fra la azione od omissione e l'evento.

Le cause sopravvenute escludono il rapporto di causalità quando sono state da sole sufficienti a determinare l'evento. In tal caso, se l'azione od omissione precedentemente commessa costituisce per sé un reato, si applica la pena per questo stabilita.

Le disposizioni precedenti si applicano anche quando la causa preesistente o simultanea o sopravvenuta consiste nel fatto illecito altrui.

TEORIA CONDIZIONALISTICA O DELLA CONDICIO SINE QUA NON

Per questa teoria, *l'azione A è causa dell'evento B, se può dirsi che senza A, tenendo conto di tutte le circostanze del caso concreto, l'evento B non si sarebbe verificato.*

Questa concezione del rapporto di causalità rispecchia il senso comune: spesso nella vita quotidiana ci si chiede cosa sarebbe avvenuto senza il compimento di una determinata azione. Infatti, pentimento, risentimento, rimprovero si manifestano sempre nelle frasi: se io non avessi fatto questo o quest'altro, l'evento X non sarebbe accaduto. Sono da considerare, seppur sinteticamente, i seguenti aspetti.

Giudizio controfattuale

È importante rilevare che ogni evento è la conseguenza di molti fattori causali, non tutti egualmente necessari perché l'evento si verifichi. *Giuridicamente rilevante come causa dell'evento è ogni azione che non può essere eliminata mentalmente – cioè immaginata come non avvenuta – senza che l'evento concreto venga meno.* Si parla a questo proposito di *eliminazione mentale* ovvero di *giudizio controfattuale*: immaginare come non avvenuta un'azione che in realtà è stata posta in essere significa andare contro i fatti.

Principio di equivalenza

È essenziale rilevare che basta che *un'azione di un agente sia uno (anche uno solo) degli antecedenti senza i quali l'evento non si sarebbe verificato perché quell'azione possa considerarsi causa dell'evento*: secondo la Teoria Condizionalistica, causa dell'evento è, quindi, ogni azione che non può essere eliminata mentalmente senza che l'evento concreto venga meno.

La Figura 2 schematizza questo punto importante:

- secondo il Modello di Reason, lo sviluppo di un evento negativo richiede la presenza concomitante degli eventi (ovvero delle azioni relative) E1 e E2 e E3 e E4, con una logica di tipo *and* (cosiddetta *failure logic*);

- secondo la Teoria Condizionalistica, per l'attribuzione della responsabilità invece si adotta una logica *or*: basta che l'evento E1 o l'evento E2 o l'evento E3 o l'evento E4 siano presenti, che questi risultino responsabili (cosiddetta *responsability logic*).

Con riferimento all'art. 41 c.p., il primo comma equivale a dire che per la sussistenza del rapporto di causalità basta che l'agente abbia posto in essere uno solo degli antecedenti necessari all'evento. Il terzo comma equivale a dire che un'azione che sia condizione necessaria dell'evento ne resta la causa anche se tra i fattori causali si annoveri un fatto illecito altrui.

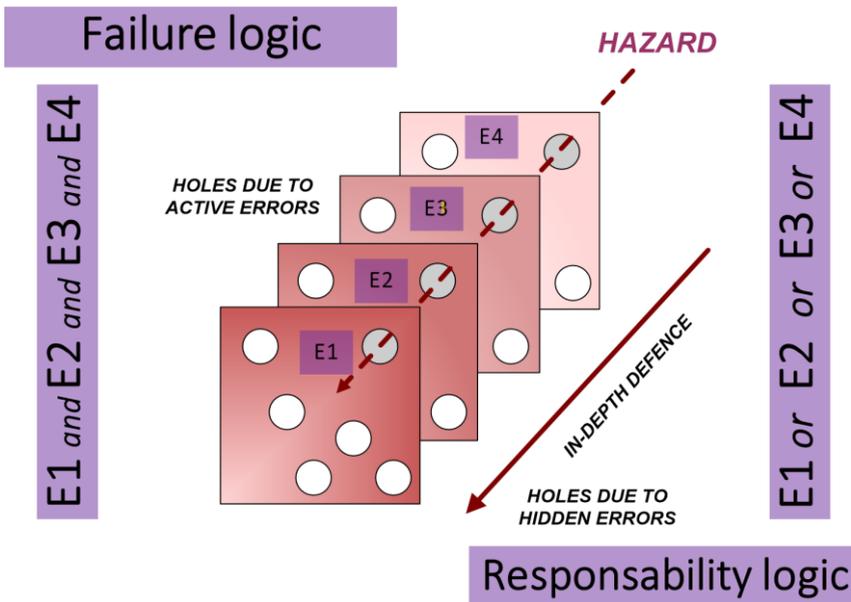


Figura 2. Sviluppo dell'evento negativo a seguito di una minaccia secondo il Modello di Reason in confronto con la responsabilità dell'evento come individuata dalla Teoria Condizionalistica.

Condicio sine qua non

Come visto, per la Teoria Condizionalistica, causa dell'evento è ogni azione che – tenendo conto di tutte le circostanze che si sono verificate – non può essere eliminata mentalmente, sulla base di leggi scientifiche, senza che l'evento concreto venga meno. Questo risulta in accordo, come altresì osservato, con il Modello di Reason.

Un antecedente può essere configurato come condizione necessaria di un evento solo a patto che esso rientri nel novero di quegli antecedenti che, sulla base di una successione regolare conforme ad una legge dotata di validità scientifica (la c.d. *legge di copertura*), portano ad eventi del tipo di quello verificatosi in concreto.

Leggi universali e leggi statistiche

Va sottolineato che le *leggi scientifiche* utilizzabili dal Giudice per la spiegazione causale dell'evento possono essere o leggi universali o leggi statistiche.

Si parla di *leggi universali* quando si tratta di enunciati che asseriscono regolarità senza eccezioni nella successione di eventi.

Difficilmente però il Giudice può utilizzare leggi di questa struttura: molto più spesso deve ricorrere invece a *leggi statistiche*, cioè a leggi che enunciano regolarità statistiche emerse dall'osservazione della realtà empirica e che affermano che in un gran numero di casi (non però in tutti i casi) all'accadimento B segue l'accadimento di A.

Può, anche, accadere che il Giudice, pur sospettando un legame causale tra una data azione e un dato evento, si trovi nell'impossibilità di corroborare quel sospetto, non potendo rintracciare una legge scientifica in base alla quale spiegare l'evento. In una ipotesi di questo tipo, il Giudice dovrà escludere la esistenza del rapporto di casualità. Infatti, una opzione ricostruttiva (in tema di casualità) fondata sulla mera opinione del Giudice, attribuirebbe a questi, in modo inaccettabile, la funzione di elaborazione della legge scientifica e non, invece, come consentito, della mera sua utilizzazione.

Pluralità di possibili spiegazioni

Talvolta il Giudice si trova di fronte ad una pluralità di possibili spiegazioni causali dell'evento, ciascuna fondata su una diversa legge scientifica.

Tra le spiegazioni causali alternative, il Giudice dovrà dare la preferenza a quella che meglio si attaglia al caso concreto.

Grado di probabilità (e Sentenza Francese)

Il riferimento a leggi scientifiche, e in particolare a leggi statistiche, solleva il *problema del grado di probabilità richiesto perché la condotta possa considerarsi condizione necessaria dell'evento*.

Il Giudice può affermare il rapporto di causalità in quanto abbia accertato che, con probabilità vicina alla certezza, con probabilità vicina a uno, quella azione, quella condotta o omissione, è stata causa necessaria dell'evento come verificatosi *hic et nunc*.

Su questo aspetto, è rilevante la citata Sentenza Francese (sul nesso causale in caso di responsabilità del medico per morte del paziente, Cassazione penale, SS.UU., sentenza 11/09/2002 n° 30328).

In tale sentenza si ribadisce, in primo luogo, la necessità di fare uso di leggi scientifiche nell'accertamento della causalità; si respinge inoltre con fermezza qualsiasi tentativo di considerare sussistente il nesso causale ogniqualvolta l'azione abbia aumentato il rischio del verificarsi dell'evento, secondo una versione italiana della teoria dell'imputazione oggettiva dell'evento.

Per altro verso, la sentenza ritorna sul *problema relativo al grado di probabilità dell'evento necessario per la sussistenza del nesso causale* e ne dà una soluzione diversa da quella adottata dalla giurisprudenza precedente: *anche probabilità medio basse sarebbero sufficienti qualora risulti la sicura non incidenza nel caso di specie di altri fattori interagenti in via alternativa*, ovvero, qualora risulti l'assenza sicura di altri fattori causali in grado di spiegare nel caso concreto il verificarsi dell'evento. A questo requisito, che si aggiunge alla probabilità statistica, la Sentenza Francese dà il nome di *probabilità logica*, che consentirebbe di raggiungere la certezza processuale della sussistenza del rapporto di causalità.

Tuttavia il rilievo attribuito alle spiegazioni causali alternative dalla Sentenza Francese appare, forse, inusitato. Viene il dubbio che si voglia compensare l'assenza di una vera prova del nesso di causalità (cioè di una prova fondata sulla probabilità dell'evento ai limiti della certezza) e che, contraddicendo una delle premesse di principio da cui muove la sentenza stessa, si finisca per considerare causa dell'evento un comportamento umano che ha soltanto aumentato il rischio del suo verificarsi.

Va sottolineato che provare il nesso di causalità attraverso l'esclusione di tutte le altre possibili cause presuppone che il Giudice conosca tutte le possibili cause di un evento: una situazione ipotizzabile quasi soltanto in teoria. Anche quando si conoscessero tutte le possibili cause di un evento, l'accusa dovrebbe fornire la prova certa del mancato intervento, nel caso concreto, di ciascuno di quei possibili fattori casuali, diversi dalla condotta dell'imputato: a ragione la dottrina ha parlato in proposito di *prova diabolica*.

Per concludere il tema, vale anche la pena riflettere la Figura 3.

TEORIA DELLA CAUSALITÀ ADEGUATA

Per questa teoria, *l'azione A è causa dell'evento B quando senza l'azione A l'evento non si sarebbe verificato e inoltre B rappresenta una conseguenza prevedibile (o normale) dell'azione A*.

Questa teoria si propone di escludere il rapporto di causalità quando nel decorso, accanto all'azione umana, siano intervenuti fattori – preesistenti, simultanei o sopravvenuti – anormali.

Per la sussistenza del rapporto di causalità non basta che l'azione sia condizione necessaria dell'evento ma *occorre altresì che l'evento sia una conseguenza normale o almeno non improbabile dell'azione*.

SE LE PROVE SCIENTIFICHE DA SOLE NON BASTANO

Nessuna prova scientifica, per quanto affidabile, da sola basta per fondare una condanna. A esorcizzare la retorica miracolistica da telefilm Csi è la sentenza milanese che assolve da una rapina un giovane calabrese arrestato perché l'impronta digitale del suo pollice destro era sullo scooter dei due banditi fuggiti parlando in dialetto reggino.

Quand'anche l'impronta fosse di uno dei rapinatori, e si assumesse un'affidabilità della prova scientifica del 99,9 per cento%, il gip Giuseppe Gennari osserva che, in assenza di altre prove, trarre la conclusione che l'imputato abbia solo lo 0,1% di chance di non essere il rapinatore «confonde la probabilità che sussista una corrispondenza, data l'innocenza della persona, con la probabilità dell'innocenza della persona, data la corrispondenza». È «la fallacia del condizionale trasposto»: un conto è stimare la probabilità che la persona sia colpevole a prescindere dalla prova scientifica disponibile, altro è stimare il rapporto di verosimiglianza,

cioè la possibilità che la prova sia positiva se la persona è innocente. Il prodotto dei due valori fornisce la probabilità che, data la prova scientifica disponibile, l'accusato sia colpevole.

Ma persino con un rapporto di verosimiglianza dello 0,1 per cento (cioè con una prova scientifica affidabile al 99,9), e con una probabilità a priori (quanti corrispondono al tipo giovane-che-parla-calabrese?) di appena 1 su mille, dunque ultrafavorevole all'accusa perché irrealistica per difetto, «la probabilità a posteriori è 1/2: cioè l'identificazione può essere frutto di errore al 50 per cento, chiaramente insufficiente per affermare la responsabilità». Se appena la probabilità a priori sale a 1 su 10 mila, esemplifica il gip, «solo una prova con un tasso di errore più basso di 1 su 1 milione genera una probabilità di colpevolezza pari al 99 per cento: e non è nota una prova scientifica che, considerando anche l'errore di laboratorio, goda di un livello così elevato di affidabilità».

Luigi Ferrarella
lferrarella@corriere.it
© RIPRODUZIONE RISERVATA

Figura 3. Se le prove scientifiche non bastano da sole.

TEORIA DELLA CAUSALITÀ UMANA

L'azione A è causa dell'evento B quando senza l'azione A l'evento non si sarebbe verificato e inoltre *il verificarsi dell'evento B non è dovuto al concorso di fattori eccezionali*.

Questa teoria, come quella della causalità adeguata, pone un limite alla nozione di causa proposta dalla Teoria Condizionalistica: *l'evento non deve essere dovuto al concorso di fattori eccezionali*.

4. SPIEGARE NEL DETTAGLIO

Bisogna ora riprendere il concetto di spiegazione, introdotto nel capitolo precedente. Nel vocabolario Treccani (<http://www.treccani.it/vocabolario/spiegazione/>) si trova questa articolata definizione

spiegazione s. f. [der. di spiegare; cfr. lat. explicatio -onis]. – 1. L'atto, il fatto e il modo di rendere chiaro ciò che è oscuro e difficile da comprendere: chiedere la s. di ciò che non si è riusciti a capire; se non ti è ancora tutto chiaro, ti darò un'ulteriore s.; la s. di un indovinello, di una sciarada; un enigma di difficile spiegazione. L'espone un argomento, il contenuto di un testo, ecc., chiarendo, interpretando, commentando e sim.: ascoltare, seguire attentamente la s. del maestro, del professore; s. chiara, lucida, rigorosa o complicata, confusa, prolissa; la s. di una regola grammaticale, di un teorema, di una teoria scientifica; la s. di una terzina dantesca, di una parabola evangelica; per questo argomento bastano poche parole di spiegazione. Con sign. più generico, indicazione, istruzione: gli ho dato s. dettagliate sulla strada da percorrere per arrivare fino alla villa; nella scatola c'è un foglietto con la s. del funzionamento dell'apparecchio. 2. Ciò che serve a spiegare un fatto, cioè a giustificarlo, a capirne le ragioni: non so darmi una s. del suo comportamento; non riesco a trovare una s. alla sua violenta reazione; la s. da lui fornita non ha convinto nessuno; la s. di quanto è accaduto non può essere che questa; per fatti come questi non c'è una s. plausibile. Chiarimento sulle intenzioni, sulla volontà di qualcuno: chiedere, esigere, pretendere spiegazione di ..., e più spesso assol. delle spiegazioni, chiedere conto, chiedere giustificazione, o anche soddisfazione, di un'azione o di comportamenti ritenuti lesivi, offensivi o irrispettosi; analogam.: dare, ottenere spiegazione. Avere una s. con qualcuno, venire a una s. con qualcuno, chiarire, in un colloquio, le ragioni di un dissenso, dando o chiedendo giustificazioni.

Una spiegazione è, quindi, l'atto, il fatto e il modo di rendere chiaro ciò che è oscuro e difficile da comprendere. Può essere l'espone un argomento, il contenuto di un testo, chiarendo, interpretando, commentando. Con significato più generico, può essere un'indicazione o un'istruzione. Può essere anche ciò che serve a spiegare un fatto, cioè a giustificarlo, a capirne le ragioni, ovvero un chiarimento sulle intenzioni, sulla volontà di qualcuno.

Per capire come procedere a spiegare, è opportuno conoscere quelli che sono i doveri del Giudice nella motivazione della sua attività decisionale: la spiegazione sviluppata dal Tecnico, se consapevole di questi doveri, sarà più facilmente, naturalmente, adottata.

Dovere di motivazione

Il dovere di motivazione delle decisioni giurisdizionali si manifesta nel campo del ragionamento probatorio come *dovere di indicazione delle ragioni giustificative del convincimento formatosi sulle prove acquisite*.

Il dovere di motivazione, corollario del dovere di verità del Giudice, esige la presenza del discorso giustificativo a sostegno della decisione adottata in ordine agli elementi e alle situazioni rilevanti.

Questo obbligo espresso di esplicitazione è finalizzato a rendere possibile il controllo sulla decisione.

Regole logiche di motivazione

Non può essere ritenuto soddisfacente il mero richiamo alla discrezionalità valutativa del singolo Giudice che, in base al proprio libero convincimento, sarebbe in grado di reperire di volta in volta i criteri utilizzabili per l'individuazione dei fatti processuali rilevanti per la decisione e quindi oggetto del discorso giustificativo allegato a sostegno della decisione stessa.

Il libero convincimento del Giudice si trasformerebbe in arbitrio, poiché al Giudice sarebbe consentito di stralciare dall'orizzonte processuale i fatti contrastanti con un'impostazione o un orientamento che potrebbero essere preconstituiti, impedendo così il controllo esercitabile sulle argomentazioni riportate nella motivazione del provvedimento.

L'omessa considerazione di un dato processuale da parte del Giudice può determinare la falsità per soppressione di una delle premesse del ragionamento con il conseguente rischio di falsità della conclusione del ragionamento (posto che soltanto le premesse vere garantiscono la conclusione vera).

Esiste quindi un dovere di verità da parte del Giudice che *nel discorso giustificativo della propria decisione non può stralciare dalla scena processuale fatti o elementi che sulla stessa sono invece comparsi o perché avvenuti o perché acquisiti*.

Così meritano la considerazione del Giudice tutti quegli elementi o fatti che incidono sulla decisione direttamente.

Completezza della motivazione

Nella motivazione del provvedimento giurisdizionale non possono essere riportati dati inesatti, non corrispondenti a quelli realmente acquisiti nel corso del processo.

Sotto questo aspetto, il dovere di verità si manifesta come dovere di fedele esplicitazione delle ragioni del convincimento giudiziale, con ulteriore e conseguente implicazione del dovere di completezza della motivazione.

Risulterebbe, infatti, scorretta e quindi non fedelmente rispondente al vero la esposizione delle ragioni della decisione sulla base di un contesto probatorio presentato in modo diverso da quello realmente scaturito nel corso del processo.

Dalla completa e fedele esposizione del reale quadro delle risultanze probatorie deriva l'ulteriore dovere della completezza della discussione critica dei dati probatori.

Il Giudice dovrà illustrare sia le ragioni in base alle quali ha ritenuto di utilizzare a fondamento della propria decisione determinati elementi probatori, sia le ragioni in base alle quali ha ritenuto di non utilizzare gli eventuali altri elementi probatori contrastanti con la versione dei fatti prescelta.

La presenza di più indizi, impone al Giudice di trovare la concordanza tra gli stessi, nel senso del *dovere di indicazione, in sede motivazionale, dei punti di corrispondenza tra gli indizi acquisiti.*

Ricorrente alla motivazione

Il ricorrente ha due modi di esercitare la critica argomentativa della motivazione del provvedimento impugnato:

1. può concentrarsi su una critica meramente distruttiva, limitandosi a censurare i criteri e le ragioni utilizzati dal Giudice;
2. può invece integrare le proprie deduzioni proponendo criteri alternativi rispetto a quelli utilizzati dal Giudice, esercitando così una critica costruttiva.

A differenza del Giudice di Appello, la Corte di Cassazione non può applicare i criteri valutativi proposti dalle parti in sede di ricorso.

Invalidità

Come avviene in ogni tipo di ragionamento critico, colui che intende dimostrare l'invalidità di un determinato assunto, sceglie in via preliminare i settori e i temi che intende affrontare nell'esercizio della critica. Successivamente, passa alla trattazione analitica del tema prescelto, svolgendo le singole argomentazioni.

Nel caso di specie, il ricorrente propone una discussione critica intorno al provvedimento impugnato, ed ha dunque l'onere, previsto a pena di inammissibilità del ricorso, di indicare i temi e di svolgere nell'ambito del singolo tema, i vari argomenti che a suo avviso dimostrano l'illegittimità del provvedimento impugnato ed in particolare la sussistenza del vizio di motivazione.

Giudizio di controllo

Il giudizio di controllo sulla logicità del ragionamento posto alla base della decisione giudiziale, presenta:

1. un aspetto generale, inerente alla corretta applicazione delle regole e dei principi della logica di verità (*controllo sulla oggettività*);
2. un aspetto concreto, legato invece alla verifica del ragionamento sulla base delle regole e dei principi tratti dalla logica del singolo caso (*controllo sulla soggettività*).

Mentre nel primo caso (controllo sulla oggettività), l'operazione di controllo dà luogo ad una verifica che, in quanto legata a parametri obiettivi, è per sua natura svincolata dagli orientamenti, dalle preferenze, dai gusti, dalle esigenze, e da ogni

altra inclinazione del soggetto che ne è l'autore, nel secondo caso (controllo sulla soggettività) sono proprio queste caratteristiche individuali, influenzate da particolari situazioni storiche o comunque contingenti, a determinare il giudizio.

Mentre la verifica oggettiva, impostata sui criteri della logica di verità, è in linea teorica esprimibile soltanto una volta, nel caso della verifica soggettiva, non è immaginabile un punto fermo nel controllo delle ragioni della decisione adottata, se non convenzionalmente attraverso un atto di imperio del legislatore che ponga termine al meccanismo, teoricamente reiterabile all'infinito, dei giudizi di impugnazione.

Si spiega allora la profonda diversità di natura fra il controllo di legittimità e il controllo di merito.

Legittimità vs. merito

Il controllo di legittimità sulla motivazione, avente cioè ad oggetto il rispetto del dovere codificato di logicità, attiene alla struttura immutabile della logica giudiziaria, come logica di verità.

Il profilo relativo, attinente, alle ragioni poste a fondamento della scelta giudiziale dei criteri ricostruttivi dei fatti processualmente rilevanti posti a base della decisione, in rapporto alle regole metodologiche condivise in un determinato periodo (regole sovrastrutturali) esorbita dalla sfera del controllo di legittimità, essendo invero oggetto della concreta logica del giudizio di merito.

Per la diversa natura delle due logiche del *controllo di merito* e del *controllo di legittimità*, esistono due diversi strumenti di controllo: *appello* e *cassazione*, rispettivamente.

5. NECESSITÀ DESCRITTIVA E RAPPRESENTATIVA

Un procedimento penale (come anche quello civile) si svolge secondo regole precise: queste sono brevemente richiamate di seguito e devono essere tenute ben presenti dal Tecnico che voglia svolgere consapevolmente ed efficacemente attività di Ingegneria Forense.

Caratteri del procedimento giuridico

Si hanno questi momenti essenziali:

- I. *espressione e rappresentazione del ragionamento probatorio*;
- II. *giustificazione razionale* delle conclusioni del ragionamento e quindi della decisione in base al criterio della necessità logica;
- III. *fonte di convincimento* inteso, sia soggettivamente, come mezzo mediante il quale il Giudice raggiunge lo stato di quiete interiore e di certezza psicologica che precede la decisione, sia oggettivamente, come mezzo per ottenere il consenso delle parti.

Logica argomentativa

Il Giudice, arbitro imparziale, con il compito di sorvegliare il corretto svolgimento del contraddittorio, opta per la ricostruzione dei fatti più probabile e cioè quella fornita del miglior supporto argomentativo e quindi più attendibile secondo l'opinione dei sapienti (*communis opinio doctorum*) o i precedenti della giurisprudenza.

L'idea del probabile nella logica argomentativa coincide con *ciò che appare accettabile a tutti, oppure alla grande maggioranza, oppure ai sapienti o a quelli oltremodo noti e illustri*.

Il compito dell'individuazione della regola generale che dà origine all'inferenza probatoria è, infatti, in un sistema argomentativo, attribuito alle parti che sono investite di una funzione che non appartiene al Giudice.

Nell'ambito della logica argomentativa, *il Giudice esercita il compito di scegliere tra le regole generali (tesi) prospettate dalle parti e quindi da queste preventivamente individuate secondo i contrapposti modelli ricostruttivi*.

Metodo processuale accusatorio

Questo metodo affida alle parti una funzione fondamentale di collaborazione nella ricerca della verità, che ha lo scopo di *fornire al Giudice gli spunti argomentativi necessari per fondare la decisione*.

L'attività di parte ha quindi valore euristico, e l'accertamento della verità è conseguenza diretta dell'osservanza delle regole procedurali che disciplinano lo svolgimento del contraddittorio.

Verità – validità

Le attività ricostruttive compiute al di fuori delle regole formali che disciplinano il procedimento probatorio, risultano totalmente prive di valore conoscitivo.

La verità finisce così per coincidere con la validità, proprio perché ciò che è illegittimo non può neppure essere ritenuto vero: *il ragionamento probatorio risulta valido se è conforme alle regole procedurali di accertamento*.

Costruzione del ragionamento

Il ragionamento viene costruito con l'apporto gnoseologico delle parti che danno origine al sistema di accertamento della verità.

Il Giudice, pertanto, non deve autonomamente trovare la regola da utilizzare nel caso concreto, dovendo piuttosto *scegliere fra le contrapposte tesi di parte quella che risulta più probabile, più convincente, o più conforme alla tradizione interpretativa o giurisprudenziale*. Assume così rilievo non l'operazione *euristica*, ma piuttosto l'operazione *ermeneutica* esercitata sulle tesi di parte.

Vaglio giudiziale

Il vaglio giudiziale assume un carattere essenzialmente formale, giacché il Giudice ammette esclusivamente le tesi che risultano conformi alle regole che prevedono modalità, tempi, limiti, dello svolgimento delle attività di parte e ai canoni riconosciuti dall'ordinamento: *il sistema è chiuso essendo formato da gruppi di regole oggettive*. Non vi è spazio per alcuna attività di ricerca individuale e soggettiva della verità da parte del Giudice che deve invece semplicemente applicare le regole pre-stabilite.

Tesi probatorie

Le parti adattano le loro tesi probatorie in funzione del possibile risultato probatorio.

I fatti rilevanti dal punto di vista probatorio sono soltanto quelli funzionali ad una ricostruzione contrapposta e quindi oggetto del possibile contraddittorio tra le parti.

Adozione della tesi probatoria

Il Giudice, che ha partecipato al contraddittorio fra le parti, adotta la versione dei fatti che risulta conforme alle regole procedurali stabilite e ai canoni conoscitivi codificati o accettati dalla prassi.

Il Giudice non ha pertanto autonomi poteri creativi o accertativi, dovendo limitarsi a scegliere tra le prospettazioni di parte legittimamente formulate e dimostrate.

Necessità della giustificazione

Nell'ambito dell'attuale ordinamento, *il Giudice ha l'obbligo di dare conto delle ragioni che lo hanno determinato nella propria decisione: il Giudice è tenuto cioè a giustificare la propria decisione*.

La giustificazione del provvedimento deve avvenire in forma intelligibile, ovvero attraverso il linguaggio comune: le ragioni che giustificano il provvedimento devono essere di natura logico-giuridica, in modo da risultare comprensibili a tutti e da consentire il controllo delle decisioni.

Funzione della giustificazione

La presenza all'interno dell'ordinamento processuale dell'obbligo di motivazione è quello di consentire il *controllo delle decisioni giuridiche* che, incidendo pesantemente e direttamente sfere giuridiche protette, come quelle della libertà, dei diritti, delle facoltà, delle potestà, devono essere sottoposte ad un approfondito vaglio di correttezza.

Funzioni del controllo

Da un lato, si deve garantire che i cittadini possano verificare la corretta amministrazione della giustizia (*funzione extraprocessuale*).

Dall'altro lato, si deve garantire che le parti processuali possano ottenere la modifica delle decisioni che potrebbero risultare ingiuste o adottate in difformità di norme giuridiche che si sarebbero dovute osservare (*funzione endoprocessuale*).

Ripudio

L'attuale ordinamento processuale ripudia le motivazioni fondate su stati emotivi, opinioni soggettive, superstizioni, o altre situazioni personali del Giudice, proprio perché il giudizio si trasformerebbe altrimenti in esercizio di potere arbitrario e incontrollabile.

Le teorie giuridiche di Vyšinskij

Avendo velocemente ricapitolato gli aspetti essenziali del procedimento giuridico come è definito attualmente, non è solo curiosità vedere orientamenti del passato. Si consideri, non troppo lontano nel tempo, Andrei Vyšinskij che fu un convinto assertore dell'applicazione del marxismo-leninismo alla scienza giuridica. Alla base della sua concezione sta il principio secondo cui:

l'attività giuridica e statuale non può essere compresa e correttamente intesa isolatamente dalla politica, che è l'espressione degli interessi di classe prevalenti in una data società.

Assai significativa è, a questo riguardo, la sua definizione del diritto:

Il diritto è un insieme di regole della condotta umana stabilite dal potere statale in quanto potere della classe che domina la società, nonché delle consuetudini e delle regole di convivenza sanzionate dal potere statale e attuate coercitivamente con l'ausilio dell'apparato statale al fine di tutelare, consolidare e sviluppare i rapporti e l'ordinamento vantaggiosi e favorevoli alla classe dominante.

C'è ovviamente da riflettere!

6. SPIEGAZIONE SCIENTIFICA E GIURIDICA

Seguendo in particolare Susan Haack, si devono evidenziare le *differenze reali fra gli obiettivi e i valori dell'impresa scientifica e quelli della cultura giuridica*. Infatti:

- la Scienza ha carattere investigativo mentre la cultura giuridica è accusatoria;
- la Scienza ricerca principi generali, mentre il Diritto si concentra su casi particolari;
- l'impresa scientifica è intrinsecamente fallibilista – ossia aperta a revisioni alla luce di nuove prove – mentre il Diritto si preoccupa di arrivare a risoluzioni celeri e definitive;

- la Scienza spinge verso l'innovazione, mentre il Diritto si preoccupa dei precedenti;
- l'investigazione scientifica è pragmatica, informale e orientata ai problemi, mentre il sistema giuridico si affida a procedure e regole formali;
- le aspirazioni della Scienza sono essenzialmente teoriche mentre il Diritto ha inevitabilmente un orientamento etico-politico.

Evidenza

I concetti di ricerca ed evidenza sono intimamente intrecciati. L'evidenza rilevante per un'affermazione fattuale ed empirica è una mescolanza complessa in cui l'evidenza esperienziale, ossia, le *evidenze dei sensi*, e le ragioni, ossia, le *credenze di fondo*, lavorano insieme come indizi e voci che si ramificano e intrecciano in un cruciverba (si veda quanto detto nel capitolo precedente). La ragionevolezza della voce di un cruciverba dipende:

- da quanto è supportata dall'indizio e dalle voci già completate che la intersecano;
- da quanto sono ragionevoli tali altre voci, indipendentemente dalla voce in esame;
- dalla porzione di cruciverba già completata.

In maniera analoga, quanto un'affermazione fattuale è garantita dall'evidenza dipende: da quanto essa è supportata dall'evidenza esperienziale e dalle credenze di fondo; da quanto sono solide tali credenze di fondo, indipendentemente dall'affermazione in esame; da quanta evidenza rilevante è inclusa nell'evidenza disponibile. La rilevanza non è questione di logica, ma dipende da questioni di fatto.

Quanto l'evidenza supporti un'affermazione dipende da quanto ancori l'affermazione all'esperienza e da quanto la integri in un resoconto esplicativo: ovvero, da quanto erano buone le circostanze delle osservazioni rilevanti e da quanto l'affermazione in questione si colloca all'interno di una storia esplicativa, insieme agli altri fatti considerati noti.

La capacità di supporto da sola non è abbastanza: la garanzia di un'affermazione dipende anche da quanto sono garantite le ragioni che supportano un'affermazione, indipendentemente da essa.

Per saggiare queste garanzie, anche lavorare da soli a una qualche domanda, senza il beneficio di collaboratori o rivali, necessita di una sorta di dialogo con sé stessi: mettere alla prova una congettura, immaginare le possibili obiezioni, elaborare possibili risposte – o semplicemente ricordare ciò che si è scritto ieri – serve.

Infine, in ragione della circostanza che la completezza è una delle qualità determinanti dell'evidenza, una ricerca meticolosa richiede non solo di setacciare e soppesare l'evidenza disponibile, ma, anche, quando necessario, di andare alla ricerca di evidenza addizionale.

Oltre a ciò, seguendo sempre Susan Haack, è significativo considerare i seguenti punti:

- Poiché il Diritto è chiamato a risolvere dispute circa le cause delle azioni agli attori, spesso ricorre a quei campi scientifici dove la pressione degli interessi commerciali è più forte: gli interessi commerciali mettono maggiormente sotto pressione i meccanismi scientifici informali che incoraggiano l'onestà e scoraggiano dal tenere per sé le evidenze.
- Poiché il sistema giuridico aspira a risolvere prontamente le dispute, le domande scientifiche a cui cerca risposta saranno quelle per cui non vi è ancora tutta l'evidenza: le vicende che arrivano in giudizio normalmente saranno quelle dove l'evidenza è quindi molto incompleta e ambigua.
- Le regole giuridiche possono rendere impossibile portare alla luce informazioni scientifiche potenzialmente utili.

L'obbligo delle corti di filtrare ed escludere le evidenze scientifiche inaffidabili ha amplificato l'atomismo epistemologico delle regole probatorie, dato che i Giudici si pronunciano non solo su quali testimoni esperti proposti possono deporre, ma anche circa la possibilità di testimoniare specificatamente su questa o quella questione.

La connessione di evidenze diverse, nessuna delle quali sia sufficiente da sola, può nel complesso costituire una garanzia adeguata per un'affermazione, ma precisamente perché nessuna evidenza è sufficiente individualmente, un Tribunale potrebbe non ricevere mai tali elementi.

- La propensione giuridica per regole, indici, ecc., tramuta talvolta sottigliezze scientifiche in barocche formule giuridiche.
- Poiché il sistema giuridico si preoccupa dei precedenti e attribuisce valore alla definitività, ha una tendenza all'inerzia e a volte rimane indietro rispetto alla Scienza.
- Poiché si riferisce a casi specifici, il Diritto spesso pretende risposte di un tipo che la Scienza non è preparata a offrire.
- Dato il suo carattere accusatorio, il sistema giuridico tende ad attrarre come testimoni scienziati che sono in un certo senso marginali, ossia più disposti della maggior parte dei loro colleghi a dare un'opinione sulla base di evidenze non schiaccianti; inoltre, uno scienziato, quanto più spesso depone come testimone esperto, tanto più può diventare insopportabilmente sicuro della propria opinione.

Un avvocato obbligato a creare il miglior effetto possibile in favore del proprio cliente avrà un incentivo ad avvalersi di quegli scienziati che in un'area sono pronti ad accettare una risposta a qualche domanda scientifica come garantita, mentre altri nel campo rimangono ancora agnostici; si trovano scienziati il cui coinvolgimento nei contenziosi ha rin vigorito i loro atteggiamenti più cauti, fino a trasformarli in certezze ingiustificate.

Il sistema accusatorio può, anche, distorcere la scienza relativamente forte, ovvero proveniente da campi relativamente forti, a volte a un grado tale da creare un tipo artificiale di dubbio scientifico o un tipo artificiale di certezza scientifica.

Esperti

L'ultimo punto dell'elenco precedente, merita qualche commento in più.

Sin da quando il sistema statunitense iniziò ad affidarsi agli esperti scientifici, arrivarono critiche differenti: i testimoni esperti si lamentavano del modo in cui erano trattati durante il controesame, mentre preoccupazione fu espressa dal sorgere di quella che fu percepita come una nuova classe di professionisti partigiani e non degni di fiducia. Già nel 1858, la Corte Suprema statunitense osservava come:

L'esperienza abbia mostrato che le opinioni opposte di persone qualificate si come esperti possano essere ottenute in ogni quantità.

La fatale esibizione di mancanza di accuratezza e di autocontraddizione ... non può che indebolire la fiducia nei confronti delle prove.

Gli esperti scientifici non devono essere incoraggiati troppo e devono essere considerati solo in caso di necessità, perché le loro opinioni non possono, in generale, evitare di essere avvolte dal desiderio di promuovere la causa per cui sono assoldati.

I testimoni scientifici sono selezionati in base alla loro abilità nell'esprimere un'opinione favorevole, la quale, per buone ragioni, in molte situazioni può essere creduta risultare unicamente dall'impiego nel caso e dal pregiudizio che ne scaturisce.

Perorazione

È importante considerare le seguenti definizioni:

perorazione s.f. [dal lat. peroratio -onis, der. di perorare «perorare»], letter. – 1. Il perorare, il discorso di chi perora: una p. calda, appassionata; la sua p. non convinse nessuno. 2. Secondo i dettami della retorica classica, la parte finale dell'orazione, in cui si riassume quanto s'era detto prima e con cui si cercava di commuovere l'uditorio («mozione degli affetti»): pareva ora, ad ascoltarlo, un patrono di parte che s'inabissi nei toni cupi della p. (C. E. Gadda) - Vocabolario Treccani.

perorazione Secondo i dettami della retorica classica, una delle parti in cui veniva divisa l'orazione e cioè l'ultima, quella in cui si riassume quanto si era detto prima e con cui si cercava di commuovere l'uditorio ('mozione degli affetti') - Enciclopedia Treccani.

1 Discorso appassionato in difesa, a sostegno di una causa: p. in favore della pace. 2 ret. Parte conclusiva dell'orazione classica, nella quale venivano riassunti i punti essenziali del discorso e si tentava di suscitare la commozione dell'uditorio - Dizionario del Corriere della Sera.

La perorazione è, dunque, di sicuro un'impresa diversa dalla ricerca. *L'attività di un peroratore è offrire il più forte argomento possibile a sostegno della verità di una certa risposta – quella della sua parte; così sarà della massima efficacia se seleziona ed enfatizza qualsiasi evidenza che favorisca la proposizione in discussione e ignori o trivializzi il resto.*

Per Peirce quando non è più il ragionamento a determinare quale debba essere la conclusione, ma è la conclusione a determinare quale debba essere il ragionamento, il risultato inevitabile sarà un deterioramento del vigore intellettuale, perdendosi la concezione di verità e ragione e iniziando a passare al *ragionamento meramente decorativo*, fino ad arrivare a quando *verità diventa quello per cui si combatte*.

L'obiettivo di un peroratore è vincere: così gli avvocati di ambo le parti sono motivati a scovare evidenze a favore del proprio assistito ed enfatizzare i difetti delle evidenze a favore della parte avversa.

Un caso drammatico di perorazione è ricordata da Federico Stella, considerando la vicenda della talidomide. Questo era un farmaco che fu venduto negli anni Cinquanta e Sessanta come sedativo, anti-nausea e ipnotico, rivolto in particolar modo alle donne in gravidanza. Si trattava di un farmaco che aveva un bilancio rischi/benefici estremamente favorevole rispetto agli altri medicinali disponibili all'epoca per lo stesso scopo (i barbiturici). Venne ritirato dal commercio alla fine del 1961, dopo essere stato diffuso in 50 paesi sotto quaranta nomi commerciali diversi. Il ritiro dal commercio avvenne in seguito alla scoperta della sua teratogenicità: le donne trattate con talidomide davano alla luce neonati con gravi alterazioni congenite dello sviluppo degli arti, ovvero amelia (assenza degli arti) o vari gradi di focomelia (riduzione delle ossa lunghe degli arti), generalmente più a carico degli arti superiori che quelli inferiori, più spesso bilateralmente, pur con gradi differenti (Figura 4).

Stella riporta quanto ricordato da Nilsson e Sjoström nel loro libro (Figura 5), di valore unico nell'approfondimento del tema forense:

“Quando l'impressione suscitata dal disastro della talidomide aveva spinto le autorità mediche della maggior parte dei paesi civili a rendere notevolmente più severa la propria legislazione per quanto riguarda il controllo dei farmaci; quando l'azione teratogenetica della talidomide era riportata nei manuali elementari degli studenti di medicina come esempio orripilante della teratogenicità dei farmaci sull'uomo; quando l'ingestione della talidomide durante il periodo critico di gravidanza era considerata una ra-

gione sufficiente per procedere ad aborto legale in Svezia; quando gli scienziati di tutto il mondo stavano collaborando con le autorità di controllo e le industrie farmaceutiche per evitare una ripetizione di ciò che era accaduto; quando in occasione dei congressi internazionali sulla scienza medica nessuno aveva mai alzato la voce per confutare le interpretazioni del Lenz; quando le società farmaceutiche di tutto il mondo, a Oriente e a Occidente, avevano incluso la sperimentazione dei farmaci per stabilire la teratogenicità come una procedura standard per accertare la tossicità dei farmaci; quando la Astra Co., che aveva prodotto il farmaco in Svezia su licenza della Grünenthal, aveva ammesso durante il processo in Svezia che la talidomide doveva essere considerato in linea di massima teratogenico nell'uomo; e, quando, infine, i produttori inglesi, la Distillers, avevano acconsentito in base ad una transazione privata a pagare somme di denaro a titolo di risarcimento ai genitori dei bambini malformati, nessuno si sarebbe aspettato che un professore dell'Università di Göttinga (Erich Blechschmidt), un professore di patologia (Karl Ferdinand Kloos), un professore di ortopedia della facoltà di medicina di Aquisgrana (Anton Hopf) e un professore di diritto (Gerhard Rommeney) di Berlino, affermassero nell'edificio della piccola città di Alsdorf nel Nordrhein-Westfalen che non era mai stato dimostrato che la talidomide causava danni al feto.



Figura 4. Bambini nati da madri che avevano assunto talidomide.

È però incoraggiante sapere che esistono persone che riescono a rimanere integre, malgrado tutto. Nel 1960, Frances Oldham Kelsey (Figura 6) fu assunta dalla Federal Drug Administration a Washington. Iniziò a lavorare sulla richiesta della casa farmaceutica Richardson Merrell di commercializzare il farmaco Kevadon contenente talidomide: la richiesta era per uso come tranquillizzante e antidolorifico in particolare

per le donne in gravidanza. Nonostante la talidomide fosse stata approvata in Canada e in 20 nazioni europee e africane e nonostante le pressioni della Richardson Merrell, Oldham Kelsey rifiutò l'approvazione e richiese ulteriori studi clinici per spiegare i risultati di una ricerca inglese che documentava effetti secondari sul sistema nervoso. L'insistenza di Oldham Kelsey prevenne l'introduzione del farmaco in USA evitando così la nascita di bambini deformati come invece successe in Europa per le madri che fecero uso di talidomide.

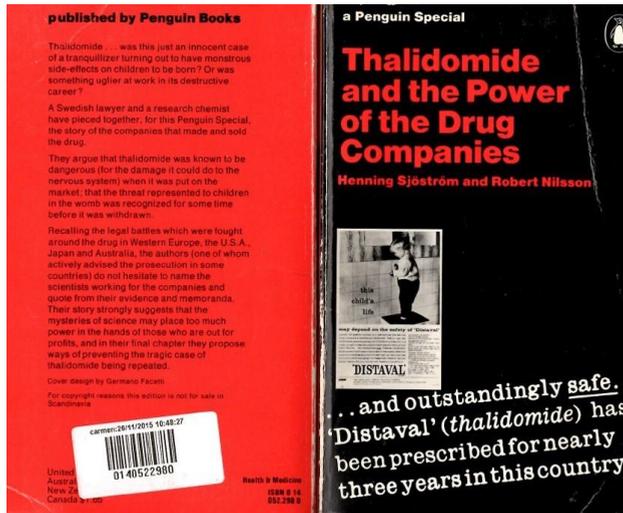


Figura 5. Thalidomide and the Power of the Drug Companies.



Figura 6. Frances Oldham Kelsey.

CONCLUSIONI

In questo capitolo si è visto più da vicino, con un'ottica che ha cercato di venire incontro agli attori legali e giuridici, il procedimento che sostanzia le valutazioni dell'Ingegneria Forense.

Probabilmente il concetto più importante è quello di *spiegazione* che però deve essere data con regole razionali e assumere valore di credibilità.

Deve far riflettere l'importanza dei comportamenti dei vari Tecnici coinvolti, Consulenti e Periti, nel procedimento. In questo senso, la riflessione e lo studio di casi passati, come quelli riportati da Stella nel suo libro, è essenziale momento di crescita e perfezionamento professionale. Anche riflessioni su figure come quella di Feynman, possono giovare.

BIBLIOGRAFIA

Arangio S., Bontempi F., Crosti C.: Modelli generali per la spiegazione causale di collassi strutturali. In: *II Convegno di Ingegneria Forense - V Convegno su CRoll, Affidabilita' Strutturale, Consolidamento*. p. 27-36, Nicola Augenti & Mauro Sassu, ISBN: 9788889972342, Pisa, 15-17 novembre 2012.

Cestelli-Guidi C.: *Geotecnica e Tecnica delle Fondazioni*. Hoepli, 1987.

Plous S.: *The Psychology of Judgment and Decision Making*. McGraw-Hill, 1993.

Reason J.: *Human Error*. Cambridge University Press, 1990.

Stella F.: *Leggi scientifiche e spiegazione causale nel diritto penale*. Giuffrè Editore, 2000.

Nilsson R., Sjostrom H., *Thalidomide and the Power of the Drug Companies* (A Penguin special) Paperback – September 28, 1972.

Feynman, Richard P. with Ralph Leighton, *What Do You Care What Other People Think? Further Adventures of a Curious Character*. W W Norton & Co Ltd (7-Dec-1988).

Feynman, Richard P. (1986) Appendix F - Personal Observations on Reliability of Shuttle. NASA.

SUCCESSI E FALLIMENTI NELL'INGEGNERIA STRUTTURALE

F. Bontempi

Università degli Studi di Roma "La Sapienza"

SOMMARIO

Nel presente capitolo si introducono i requisiti strutturali, ovvero le qualità che le costruzioni devono avere per poter essere considerate di successo dal punto di vista dell'Ingegneria Strutturale: è chiaro che quando queste proprietà vengono meno, si sviluppa un insuccesso che può essere più o meno grave, con la comparsa sulla scena dei temi dell'Ingegneria Forense. Pensando alle attività di questa disciplina, qui verranno esposti alcuni dei fattori che possono più frequentemente mettere in crisi una struttura: è interessante notare che spesso questi fattori sono elementari, quasi banali, e, nonostante ciò, non sono individuati e contrastati in molti casi reali, risultando riconosciuti solo a posteriori.

1. INTRODUZIONE

Le qualità che una costruzione deve possedere sono naturalmente molteplici. Per inquadrarle, una prima considerazione riguarda quali differenti situazioni una struttura deve affrontare. Si possono, infatti, avere:

- A. condizioni di esercizio, ovvero situazioni che sono presenti durante il normale utilizzo e funzionamento della struttura - usualmente raccolte nell'ambito dei cosiddetti *Stati Limite di Esercizio* (S.L.E.);
- B. condizioni ultime, ovvero casi particolarmente gravosi ma che si possono attendere, ad esempio, da uso non corretto o addirittura maldestro della costruzione - che vanno a confluire nei cosiddetti *Stati Limite Ultimi* (S.L.U.);
- C. condizioni estreme, in cui può trovarsi la costruzione, scenari alle volte neanche prevedibili compiutamente, in cui la struttura deve mantenere un minimo di integrità strutturale, ovvero non dare luogo a collassi sproporzionati alla causa scatenante - condizioni che vanno a confluire in quelli che si potrebbero definire *Stati Limite di Integrità* (S.L.I.).

Si può subito riconoscere che un *fallimento strutturale*, ovvero il *mancato raggiungimento di un idoneo comportamento strutturale*, in caso di:

- A. condizioni di esercizio comporta la limitazione più o meno estesa (anche totale) dell'utilizzo della costruzione, con ovvi danni economici ma senza conseguenze sulle persone;

- B. condizioni ultime comporta la crisi (rottura) di parti di struttura o anche della struttura nel suo complesso, con ripercussioni sulla incolumità delle persone;
- C. condizioni estreme comporta collassi significativi e anche disastrosi, con la possibilità di avere gravi ripercussioni sulla incolumità delle persone e anche sull'ambiente.

Un termine complessivo sul quale vale la pena soffermarsi è *integrità strutturale*. Si può partire dal Vocabolario Treccani, in cui si trova:

integrità s. f. [dal lat. *integrītas -atis*]. – 1. L'essere integro, intero, intatto; lo stato di una cosa che possiede tutte le sue parti, i propri elementi e attributi, che conserva intatta la propria unità e natura, o che non ha subito danni, lesioni, diminuzioni quantitative o qualitative: salvaguardare l'i. del territorio nazionale; verificare l'i. dei sigilli, controllare che siano intatti; restituire un testo alla sua i., quando ci sia giunto mutilo o alterato; difendere l'i. della lingua, preservarla da contaminazione di parole straniere e sim.; osservare, applicare le leggi nella loro i., interamente, pienamente, senza eccezioni o omissioni; i. di un corpo (umano), l'esser sano, illeso, atto a tutte le sue funzioni; e con riferimento allo stato di verginità della donna: i. dell'imene, i. verginale, o assol. integrità. 2. In senso morale, l'essere integro, incorrotto; onestà, rettitudine assoluta: i. di vita, di costumi; l'i. dei giudici, dei testimoni, di un funzionario. Anche, l'essere intatto, privo di colpa o di accusa: i. del nome, della fama, dell'onore.

Questa ampia definizione può essere ricondotta nel caso delle costruzioni alla seguente:

Integrità strutturale è la qualità di una costruzione di avere tutte le sue parti organizzate ordinatamente capaci di sviluppare le proprie funzioni in modo da garantire la sicurezza delle persone (e dell'ambiente) oltre alle prestazioni previste per la costruzione.

Con integrità strutturale si può intendere, quindi, sinteticamente sia l'insieme di tutte le qualità strutturali, sia la singola qualità quando opportuno. Ovviamente, dovrà essere considerato come la qualità varia per la struttura a partire dalla sua configurazione nominale, nuova o come dicono gli americani *brand new*, nel corso della vita della stessa.

Da un punto di vista strettamente strutturale, si può dire che le qualità che una struttura deve avere possono essere divisi in due categorie:

- I. qualità elementari;
- II. qualità sistemiche.

Questa distinzione si basa, in modo naturale, sulla facilità con cui si verificano queste proprietà, e prima ancora si progetta la struttura perché si abbiano le stesse.

In termini un po' approssimativi, per raggiungere le prime o almeno verificarle, si può far riferimento alla struttura suddivisa nei suoi singoli elementi, mentre questa frammentazione non è adeguata per raggiungere le qualità sistemiche.

Con tutte queste considerazioni, e sempre tenendo in conto i limiti insiti in questo tentativo di generalizzazione, si può arrivare al quadro rappresentato in Figura 1. Vale la pena riflettere su fatto che tale quadro deve fare riferimento ad una costruzione nel suo complesso e nelle sue particolarità: si pensi, ad esempio, a come cucire tale quadro sul sistema strutturale in acciaio di Figura 2.

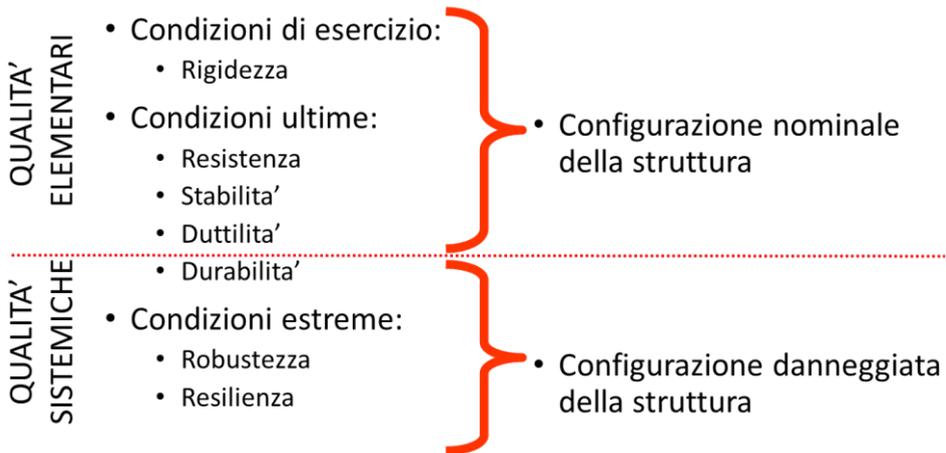


Figura 1. Quadro complessivo dei requisiti strutturali.

2. QUALITÀ ELEMENTARI

Il comportamento strutturale è naturalmente variegato, dovendosi considerare differenti aspetti a scale diverse: si ritorni a riflettere alla struttura intelaiata in acciaio - certamente non tra le più complesse - di Figura 2.

Un modo per considerare tale comportamento è sintetizzare la risposta della struttura al crescere del carico, tracciando un diagramma (*cemento sulla struttura – risposta della struttura*). Il modo più semplice è quello di rappresentare come varia uno spostamento strutturale significativo in funzione dell'intensità del carico applicato. In Figura 3 è rappresentato un tale diagramma che ha carattere generale: infatti, si può pensare di tracciare come varia la freccia dell'estremità di una mensola in funzione del carico applicato, ovvero si può pensare di tracciare lo spostamento orizzontale di un edificio (*drift*) in funzione dell'azione orizzontale che si può avere.

Questo diagramma è chiamato *percorso di equilibrio*, perché può essere pensato come ottenuto seguendo il *pixel* su un monitor che segue in tempo reale lo spostamento di un punto della struttura in funzione del carico che cresce.

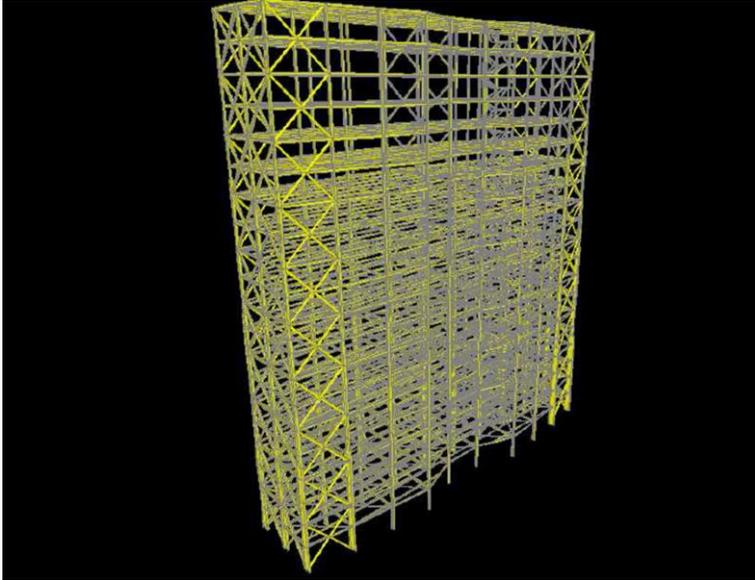


Figura 2. Sistema strutturale.

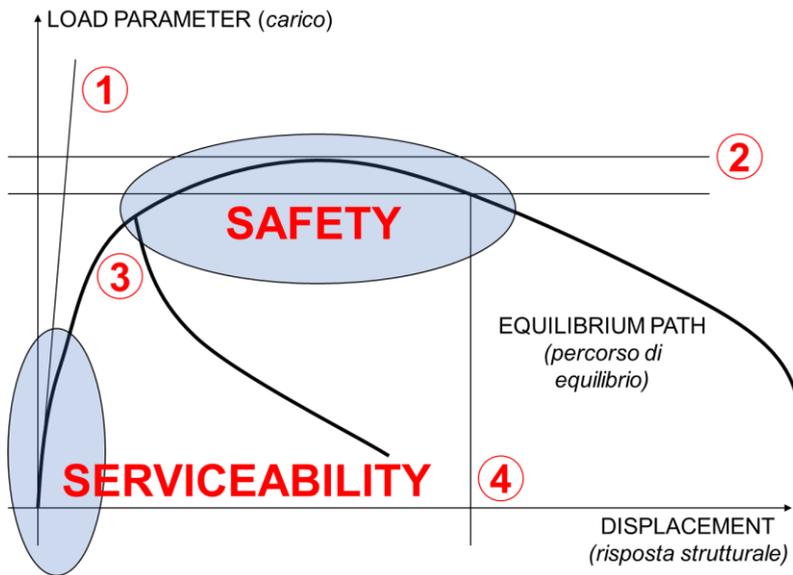


Figura 3. Risposta strutturale in termini di percorso di equilibrio.

Sul diagramma di Figura 3, si possono idealmente individuare le qualità strutturali elementari:

1. rigidezza (legata alla condizione di esercizio – *serviceability*);
2. resistenza, ovvero capacità portante;
3. stabilità, notando la presenza di un possibile punto di biforcazione;
4. duttilità, rappresentata dall'area sottesa dalla curva anche dopo il raggiungimento della massima capacità portante.

Queste ultime tre qualità, sono legate alle condizioni ultime (*safety*).

Mentre la verifica dell'adeguata rigidezza di una struttura non pone usualmente problemi (dato che si considera un comportamento lineare e sono da calcolare deformate o frequenze proprie di vibrazione), è necessario invece riflettere su come sono verificate le qualità relative al comportamento ultimo.

In termini generali, facendo riferimento ad una generica struttura intelaiata in Figura 4 sono illustrati schematicamente i livelli con cui si arriva alla crisi strutturale (condizioni ultime) al crescere del carico. Infatti, se si considera al crescere del moltiplicatore λ della forza orizzontale F , si ottengono via via questi livelli di crisi:

- Livello I – in un punto della struttura si raggiunge la crisi del materiale: se questo non è fragile, questa crisi può essere superata;
- Livello II – in una sezione, le crisi puntuali si accumulano e si organizzano per far entrare in crisi una sezione di un elemento; se il sistema è isostatico, la crisi di una sezione è fatale (si forma almeno una labilità), mentre se il sistema è iperstatico, una crisi sezionale non comporta il *collasso globale*, risultando al più *collasso parziale*;
- Livello III – un elemento (un'asta) del sistema può collassare, tipicamente per instabilità: anche qui, a seconda di come è organizzato il sistema strutturale, in particolare se è iperstatico, questo livello di crisi può essere superato, presentando al più il carattere di un *collasso parziale*;
- Livello IV – la struttura sviluppa nel suo complesso un *collasso generalizzato* ovvero un *collasso globale*.

Con questa descrizione, si possono quindi introdurre i seguenti termini:

- crisi puntuale o sezionale: raggiungimento della rottura in un punto o in una sezione;
- collasso locale: raggiungimento della rottura di un elemento all'interno di una struttura;
- collasso parziale: collasso di una parte (ad esempio, più aste) di una struttura;
- collasso generalizzato (o collasso globale): collasso diffuso e rovinoso dell'intera struttura.

Se questa è fenomenologicamente la sequenza di crisi che avviene in una costruzione al crescere del carico, è importante notare che l'approccio normativo attuale, con la volontà, anche ammirevole, di semplificare le valutazioni, fa corrispondere convenzionalmente il raggiungimento dello Stato Limite Ultimo, ovvero il raggiungimento della massima capacità portante di una struttura, con il raggiungimento dei livelli di crisi I – puntuale, se il materiale è fragile, II – sezionale, se esiste una certa duttilità, III – elemento, in caso di instabilità.

Questo è senz'altro opinabile in termini di valutazioni realistiche in condizioni ultime, ma lo è ancora di più considerando situazioni estreme, in cui deve essere valutata compiutamente l'integrità strutturale, eventualmente residua.

Un'ulteriore riflessione riguarda il fatto che anche considerando lo stesso tipo di crisi, ad esempio il collasso locale di un elemento, questa può avere gravità differenti a seconda di come è organizzato il sistema portante di una costruzione. Come esemplificato in Figura 5, il collasso locale di un solo elemento ha ovviamente conseguenze differenti a seconda dei casi A, B e C: in tutti e tre i casi, c'è il cedimento di una asta, ma le conseguenze sono ovviamente differenti come intuibile.

Questo punto, non è sempre esplicitato e chiarito negli approcci normativi, e forse non potrebbe neanche esserlo, essendo legato alla comprensione che il Tecnico deve avere del sistema strutturale, della sua organizzazione e del suo funzionamento.

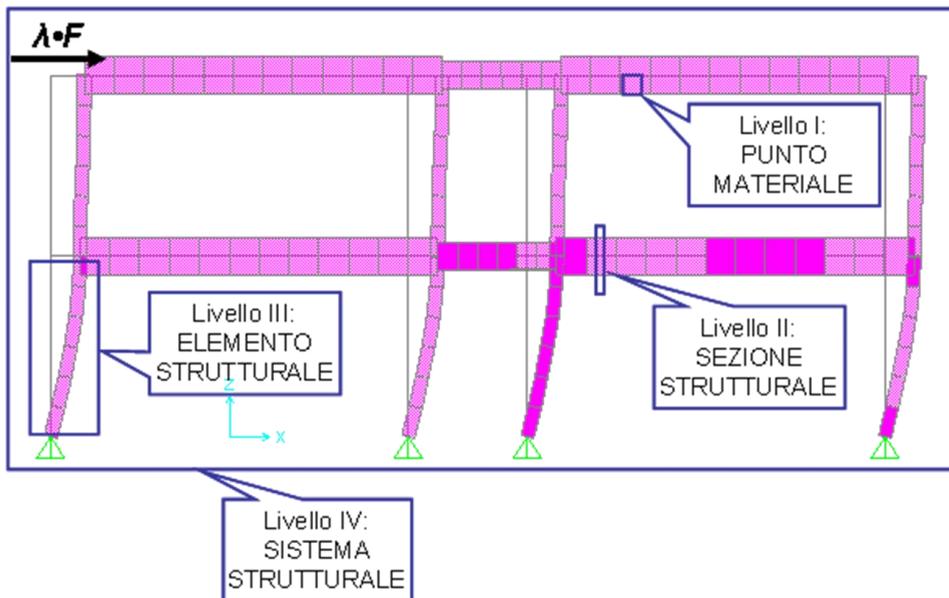


Figura 4. Livelli di crisi strutturale.

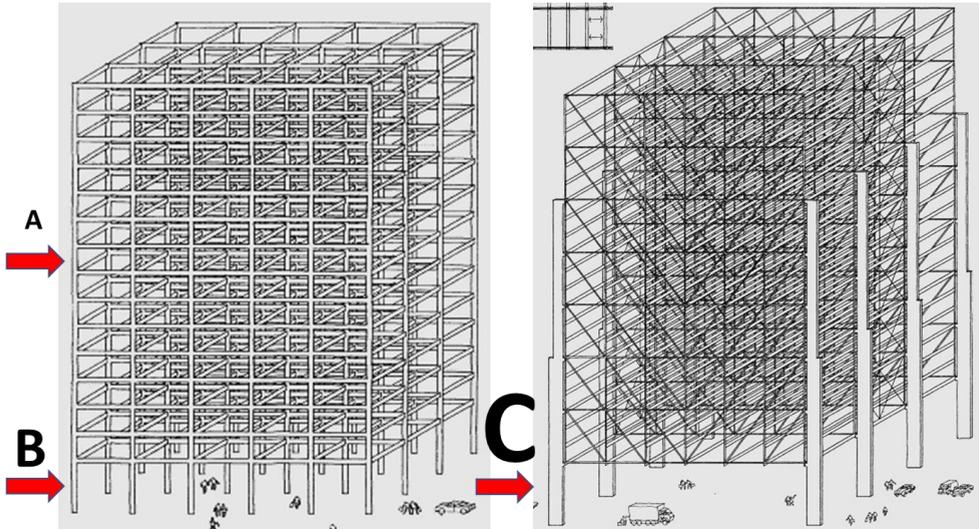


Figura 5. Riverbero di una crisi locale a livello di sistema strutturale.

3. PERCORSO DI EQUILIBRIO

È necessario riprendere idealmente nella Figura 6 il comportamento meccanico di una generica struttura introdotto in Figura 3.

La curva OABCDE rappresenta, infatti, la risposta meccanica al crescere dello spostamento generalizzato Δ che si è scelto come significativo: attraverso tale rappresentazione, la struttura comunque complessa è ricondotta ad una molla generalizzata con grado di libertà cinematico Δ . La risposta strutturale è allora vista come una forza di richiamo $R(\Delta)$ (*restoring*), rappresentata dalla curva OABCDE riportata in ordinata.

Sempre in ordinata, è rappresentato anche il carico generalizzato esterno P applicato sulla struttura. Come caso elementare, si può immaginare che P rappresenti una forza concentrata all'estremità di una mensola e Δ l'abbassamento di questa estremità. In generale, non esiste un'associazione così concreta fra il parametro di carico, che può essere semplicemente un moltiplicatore λ , e Δ che può essere un qualsiasi parametro deformativo significativo della struttura.

La relazione $R(\Delta) = P$ rappresenta geometricamente il *percorso di equilibrio*, rappresentando tutte situazioni di equilibrio fra carico esterno applicato e risposta interna fornita dalla struttura.

Osservando la risposta strutturale ideale di Figura 6, si individuano i seguenti aspetti generali:

- 1) esiste una parte di risposta lineare, che inizia con la situazione scarica ed indeformata rappresentata dall'origine O e che termina in A ; successivamente il comportamento si scosta da quello idealmente lineare indicato dalla retta 1 , diventando via via marcatamente più non lineare, con progressiva perdita di rigidità, fino al livello massimo rappresentato dalla retta orizzontale 2 ; il punto limite B rappresenta la massima risposta strutturale, ovvero la massima capacità portante; strutture composte di elementi tesi, come cavi e funi, presentano invece una risposta caratteristica che si irrigidisce, ovvero una risposta che presenta concavità rivolta verso l'alto;
- 2) il punto limite B discrimina il comportamento pre-critico, in cui per avere un incremento di deformazione occorre aumentare il carico, da quello post-critico, che risulta percorribile solo con adeguate tecniche che alleviano il carico sulla struttura mentre questa continua ad incrementare la sua deformazione;
- 3) si mantiene una significativa capacità resistente (usualmente definita come pari al 80-90% della capacità massima e denotata con P_{eff}) fino al punto C , oltre al quale si può trascurare la risposta stessa che bruscamente decade fino ad annullarsi nel punto E ; lo spostamento Δ_{ult} in corrispondenza al punto C , permette di definire la duttilità D della struttura; due possibili definizioni di questa proprietà strutturale possono essere:

- $D = \frac{\Delta_{ult}}{\Delta_e}$, che fa riferimento al comportamento ideale elastico-perfettamente plastico individuabile dall'ordinata P_{eff} ;
- $D = \frac{\Delta_{max}}{\Delta_y}$ che fa riferimento al rapporto fra lo spostamento in corrispondenza al carico massimo P_{max} e lo spostamento al termine del comportamento lineare.

Accanto a queste definizioni di tipo cinematico, la duttilità può essere valutata in termini di lavoro considerando, ad esempio, il rapporto fra l'area sottesa dalla risposta OABC e l'area sottesa dal tratto di risposta OA.

4. SENSIBILITÀ ALLE IMPERFEZIONI

La risposta di Figura 6 fa riferimento ad una struttura ideale, priva delle seguenti imperfezioni:

- imperfezioni geometriche di tipo globale, come mancanza di verticalità e mancanza di rettilineità;
- imperfezioni geometriche di tipo locale, come mancanza di costanza delle caratteristiche sezionali complessive (area, momenti d'inerzia, ...) e difetti locali, mancanza di parallelismo fra le ali o mancanza di ortogonalità fra anima ed ali in una trave ad I;

- caratteristiche dei materiali omogenee e costanti all'interno del generico componente;
- assenza di deformazioni iniziali e autotensioni: la struttura risulta dunque scarica ed indeformata all'inizio del processo di carico rappresentato dal punto O .

È intuibile che queste imperfezioni non possono che deteriorare la risposta strutturale: questo è vero in particolare in presenza di punti critici di biforcazione.

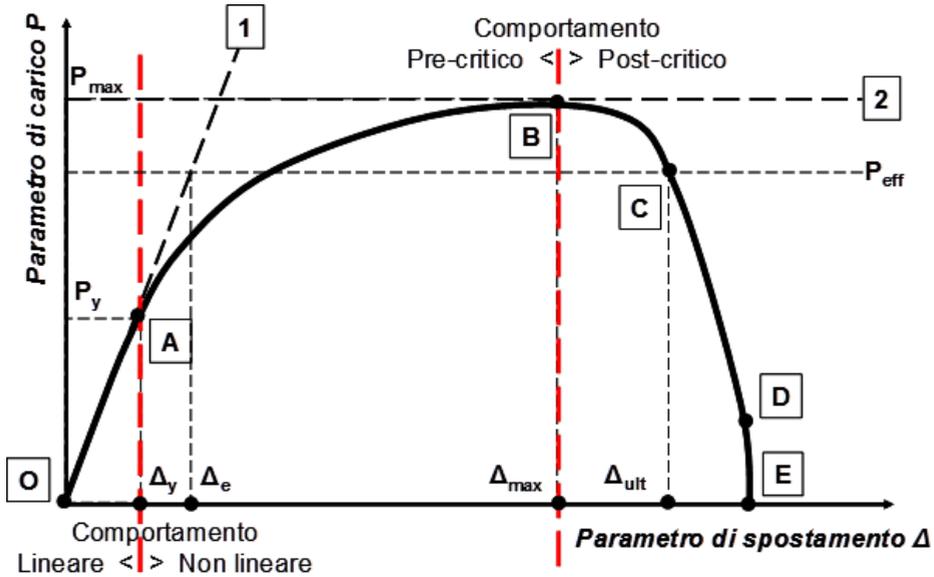


Figura 6. Aspetti generali della risposta strutturale.

Si consideri, infatti, nella Figura 7 lo stesso percorso di equilibrio di Figura 6, dove però ora si incontrano due *punti di biforcazione*, F e H : da essi si diramano dei percorsi di equilibrio secondario. Questi punti critici possono essere immaginati come dei bivi sul percorso di equilibrio della struttura al variare del carico: F è un punto di biforcazione in campo lineare, caso di *instabilità euleriana*, mentre H è un punto di biforcazione in campo non lineare, ovvero caso di *instabilità non euleriana*.

Risulta interessante dal punto di vista ingegneristico considerare che si deve sempre presumere, in presenza di imperfezioni ed a favore di sicurezza, che la struttura nel suo progressivo deformarsi segua la risposta che presenta la minore capacità portante: nel punto F , la risposta significativa segue quindi il percorso OFG e non quello OFA , con una risposta massima pari al più a P_{cr} , rispetto al livello P_{max} .

Per le stesse considerazioni, se non esistesse F , la struttura arriverebbe fino a H , per sviluppare la risposta OAH , non riuscendo invece a realizzare la risposta $OAHB$.

Le imperfezioni non hanno, però, solo il ruolo di indirizzare il comportamento strutturale sui rami che prevedono la risposta minore: con riferimento al punto F, il comportamento reale di una struttura imperfetta risulta arrotondato rispetto al percorso di equilibrio che la struttura avrebbe in assenza di imperfezioni, in condizioni ideali. In tal modo si riesce a raggiungere solamente il livello di risposta P_{real} , invece che quello relativo al punto di biforcazione P_{cr} . Il rapporto $s = \frac{P_{real}}{P_{cr}}$ può essere assunto a misura della *sensibilità alle imperfezioni*: in genere, un valore minore a 0.80, indica tale caratteristica.

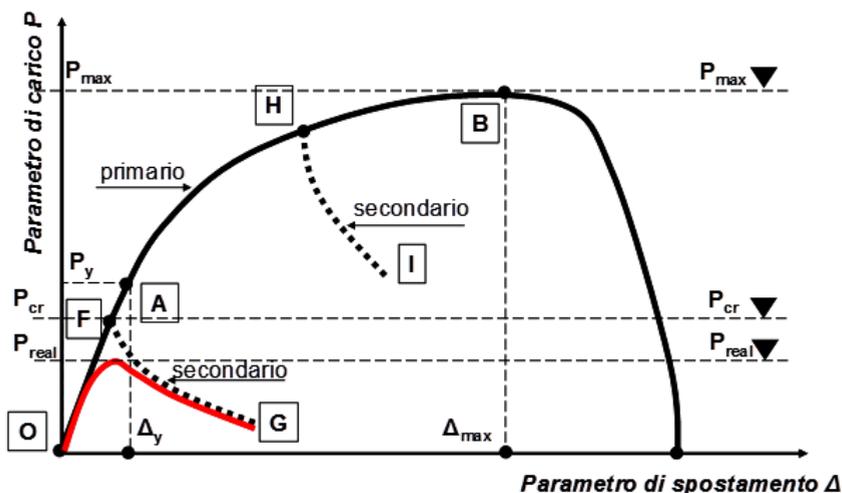


Figura 7. Sensibilità alle imperfezioni della risposta strutturale.

Nella Figura 8 sono illustrati tre classi tipiche di comportamento, per strutture essenzialmente compresse. A parità di carico di biforcazione, si ha infatti, generalmente ma con eccezioni significative:

- per *sistemi intelaiati*, moderata sensibilità alle imperfezioni con un ramo secondario orizzontale o quasi;
- per *sistemi piani, quali lastre / piastre*, un incremento della capacità portante anche nel ramo secondario, a causa della presenza di vincoli sui bordi che forniscono un aiuto alla risposta strutturale;
- per *sistemi a superficie curva, quali i gusci*, il ramo secondario è in genere notevolmente inclinato verso il basso, producendo nel sistema imperfetto un evidente degrado della capacità portante; è nota in letteratura la discrepanza fra carichi di biforcazione previsti teoricamente ed i valori notevolmente inferiori trovati sperimentalmente nel caso dei gusci cilindrici uniformemente compressi.

Va sottolineato ancora che tale distinzione va presa come indicativa, potendosi sempre trovare controesempi significativi, dei quali il Progettista attento deve essere cosciente.

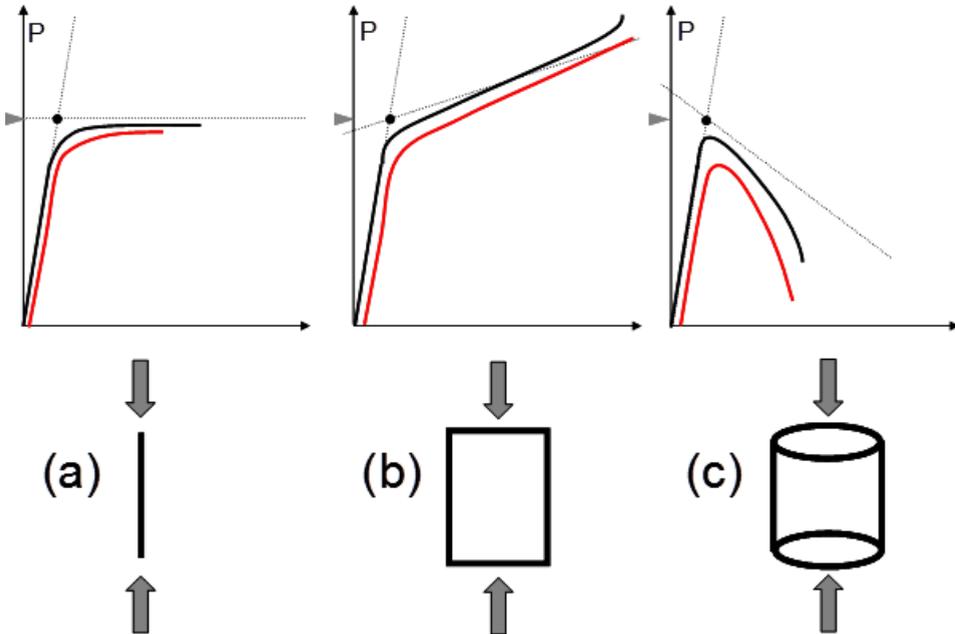


Figura 8. Sensibilità alle imperfezioni della risposta strutturale: a) strutture intelaiate, b) strutture piane (lastre-piastre), c) strutture a guscio.

5. INSTABILITÀ

In termini generali, qualsiasi sistema strutturale, qualsiasi elemento all'interno del sistema, e qualsiasi parte all'interno di un elemento strutturale, che risulti compresso, può manifestare fenomeni di instabilità. Tali fenomeni, avranno di conseguenza carattere globale o locale secondo quanta parte della struttura sia coinvolta.

La Figura 9 illustra a sinistra il caso di un telaio soggetto ad un fenomeno di instabilità globale, che interessa complessivamente la struttura, mentre, a destra, è mostrata una situazione locale in cui si instabilizza un solo elemento, ad esempio perché più debole. Va osservato che anche in presenza di una struttura simmetrica e simmetricamente caricata, il carico critico avviene con lo sviluppo di uno sbandamento asimmetrico della struttura.

La Figura 10 illustra invece le possibilità di instaurarsi dell'instabilità locale all'interno di un elemento nelle parti compresse di una trave semplicemente inflessa:

a seconda dei rapporti di rigidezza, si possono avere instabilità nell'ala compressa o nell'anima che pure soggetta principalmente a taglio, presenta almeno una direzione principale di compressione.

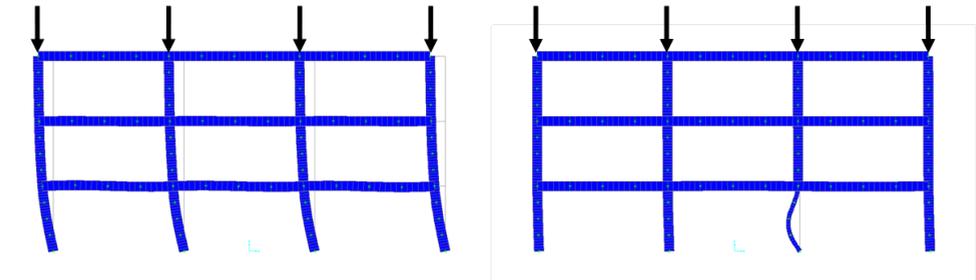


Figura 9. Instabilità globale (a sinistra) e locale (a destra) per un edificio intelaiato.

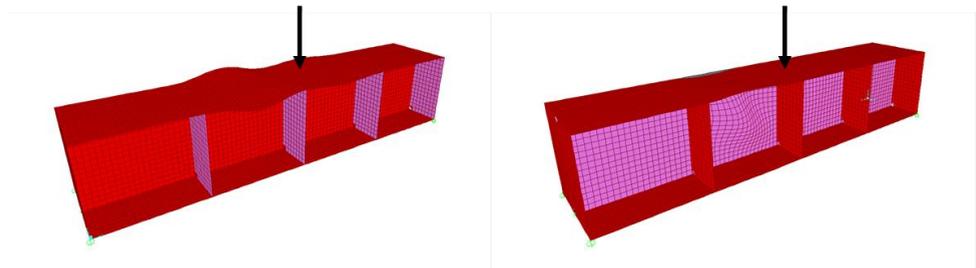


Figura 10. Instabilità locali in una trave: a sinistra, nell'ala compressa, a destra, in un pannello d'anima.

L'instabilità è una condizione in cui si verifica la crisi di una parte strutturale soggetta a compressione, anche se il livello di sforzo si mantiene in ogni sezione al di sotto della capacità portante del materiale valutata tramite un calcolo a rottura. Come visto precedentemente, il fenomeno dell'instabilità di un elemento compresso è associato alla presenza nel percorso di equilibrio di un punto di biforcazione per cui si ha la crisi strutturale per un valore del carico sensibilmente inferiore alla resistenza del materiale, tanto più quanto maggiore è la snellezza dell'elemento. La crisi dell'elemento strutturale non si raggiunge per la trasformazione dell'elemento in meccanismo a seguito della formazione di una o più cerniere plastiche, bensì per l'instabilità dell'equilibrio in corrispondenza di un valore del carico (carico critico) inferiore a quello di trasformazione in meccanismo.

Ritornando al caso riportato a destra nella Figura 9, l'instabilità di una sola asta può condurre successivamente all'instabilità di altri elementi (si pensi le aste accanto) o allo sviluppo di cerniere plastiche, risultando quindi da innesco per un meccanismo più ampio.

Per chiudere questo richiamo sui fenomeni di instabilità è opportuno considerare una situazione che può essere ricorrente e che considera un caso di instabilità non euleriano, ovvero di instabilità che si verifica quando la struttura ha già mostrato delle non linearità.

Si considera l'elemento di Figura 11: tale elemento può essere rappresentativo di una semplice copertura a due falde con bassa inclinazione per permettere lo smaltimento dell'acqua piovana. Nella situazione 1, si è indicato il possibile livello di carico che provoca l'abbassamento Δ_1 : tale scenario di carico può essere dovuto ad esempio ad un corretto funzionamento del sistema di smaltimento dell'acqua. Se la rigidità dell'elemento di copertura non è adeguato, questo provoca un incremento del carico e porta successivamente all'abbassamento Δ_2 , che a sua volta comporta un incremento di carico e un ulteriore abbassamento.

Si tratta chiaramente di un *fenomeno di autoeccitazione dell'intensità del carico*, noto in letteratura come *ponding effect*, che può portare ad una forma di instabilità non elementare progressiva, che si presenta anche nel caso della neve, e che va studiata in particolare nel caso di coperture di grande superficie e contrastata con adeguata rigidità ed opportune pendenze di deflusso.

L'undici dicembre del 2010 è crollata per questo motivo la copertura del *Minneapolis Metrodome* negli USA (Figura 12), come il 17 gennaio 1985 erano crollati a Milano il Palazzetto dello Sport (Figura 13) e il Velodromo Vigorelli (Figura 14).

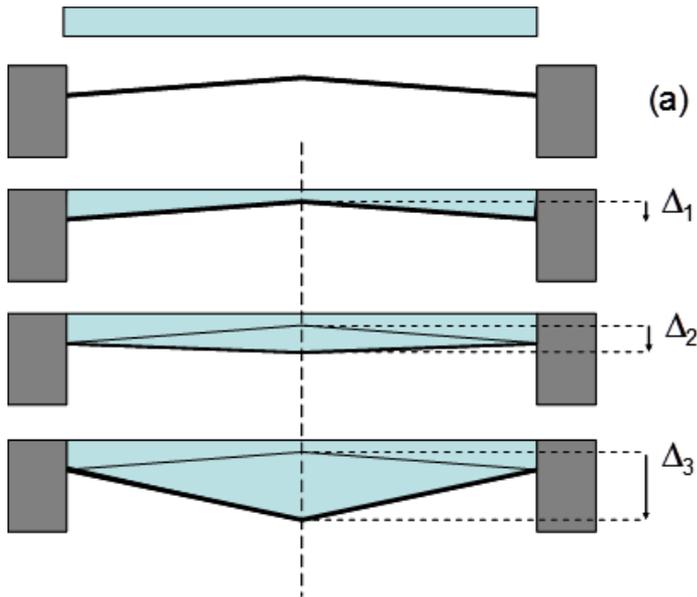


Figura 11. Schema elementare di accumulo dei carichi su un elemento orizzontale come una copertura ribassata.



Figura 12. Minneapolis Metrodome Collapse.

(https://en.wikipedia.org/wiki/Hubert_H._Humphrey_Metrodome#/media/File:2010-1213-DomeCollapse1.JPG).

L'ANNIVERSARIO

Gennaio 1985, ore 2,00: crolla il palazzetto sotto la neve. Addio al tempio dello sport

Cede sotto il peso la tensostruttura. Dan Peterson lo definirà «The Black Thursday»

di Fabio Monti

f t g+
225 0

2 La follia dell'acqua calda

< Scheda 2 di 11 >
INDIETRO AVANTI

Ma le grondaie ostruite, i tentativi di ridurre il carico di neve gettando acqua calda sul tetto (che subito diventa ghiaccio) e alzando la temperatura interna all'edificio peggiorano la situazione. Due settimane dopo, il Palasport, dove già si erano esibiti i Queen (14-15 settembre 1984) avrebbe dovuto ospitare il primo concerto degli U2 in Italia.

A black and white photograph showing the collapse of the Palazzetto dello Sport in Milan. The structure is heavily damaged, with large sections of the roof and walls falling away, surrounded by a thick layer of snow. Several people are visible in the foreground, some appearing to be working or observing the site.

Figura 13. Il Palazzetto dello Sport di Milano crollato per accumulo di neve.

(<http://milano.corriere.it/cronaca/cards/gennaio-1985-ore-200-crolla-palazzettosotto-neve-addio-tempio-sport/10-ottobre-1976-basket.shtml>).

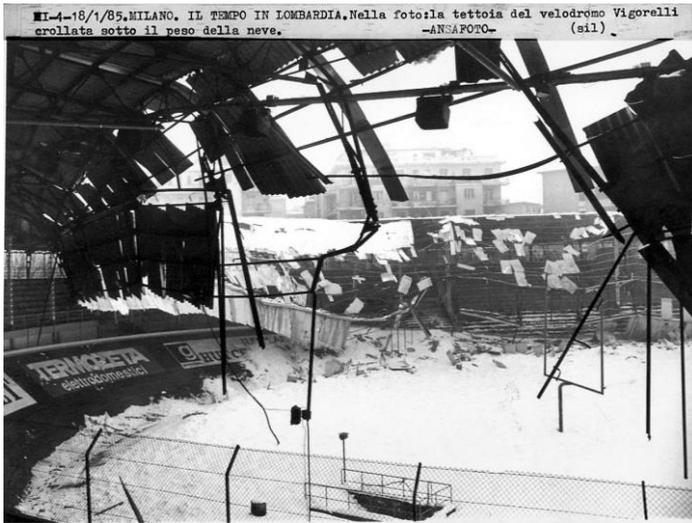


Figura 14 – Il Velodromo Vigorelli di Milano crollato per accumulo di neve.

(http://milano.corriere.it/foto-gallery/cronaca/16_giugno_27/coppi-moser-led-zeppelin-football-americano-storia-vigorelli-30-immagini-6a3febb4-3c37-11e6-9ec4-cc8bddb9414f.shtml).

6. ALCUNI ASPETTI DELLE IMPERFEZIONI STRUTTURALI

Uno degli aspetti essenziali per la ricostruzione di un incidente strutturale è la comprensione delle ipotesi che stanno alla base del problema strutturale: l'adozione di queste ipotesi, ad esempio in fase di progettazione, può non essere valida.

Un caso emblematico è ricordare quelle che sono le ipotesi alla base della trattazione del fenomeno di instabilità nella sua forma più semplice, ovvero nel caso di instabilità euleriana. Questo è un caso ideale, in cui l'instabilità avviene su un sistema perfetto in campo lineare per un valore del carico che si può indicare con P_{cr} . In effetti, a differenza di questo caso ideale, nella realtà si ha che:

- i. le aste non sono perfette dal punto di vista geometrico, ovvero non sono prodotte perfettamente rettilinee e con sezione costante; inoltre, non sono posizionate in maniera perfettamente verticale, sia singolarmente sia inserite nell'organismo strutturale complessivo; la Figura 15 illustra le imperfezioni globali, ovvero relative alla linea d'asse dell'elemento strutturale, che tipicamente si riscontrano nelle aste industriali anche per come sono inserite negli organismi strutturali; parimenti, la Figura 16 illustra imperfezioni locali all'elemento, ovvero riferite alla sezione; in termini generali, imperfezioni minori, ovvero tolleranze di produzione e di assemblaggio più strette, si possono ottenere solo a prezzo di costi di produzione e di assemblaggio più gravosi, spesso impossibili da sostenere;

- ii. le aste reali sono costituite da acciaio che pur presentando ottime caratteristiche meccaniche, è solo approssimativamente e limitatamente un materiale elastico lineare, presentando in particolare uno sforzo di snervamento ed un valore massimo di resistenza; inoltre, ai processi di produzione industriali delle aste sono associate imperfezioni di tipo meccanico legate a disomogeneità di caratteristiche meccaniche all'interno della sezione e da distribuzioni di autotensioni ovvero sforzi iniziali causate dai fenomeni di raffreddamento dell'elemento strutturale in acciaieria; la Figura 17 illustra schematicamente questi aspetti; inoltre, le varie parti di cui è costituita la sezione non hanno caratteristiche meccaniche uguali, essendo le parti più sottili caratterizzate da un limite di snervamento più alto del valore nominale, al contrario di quelle più spesse caratterizzate da un valore più basso;
- iii. il carico P non è perfettamente allineato sull'asse verticale dell'asta, ovvero esistono altre azioni esterne secondarie che rendono lo stato di sollecitazione differente da quello di una compressione centrata;
- iv. lo sbandamento a seguito del fenomeno di instabilità può avvenire in qualsiasi piano, ovvero è un fenomeno con caratteristiche spaziali.

La corretta considerazione di tutti questi aspetti è essenziale per la ricostruzione di un collasso strutturale.

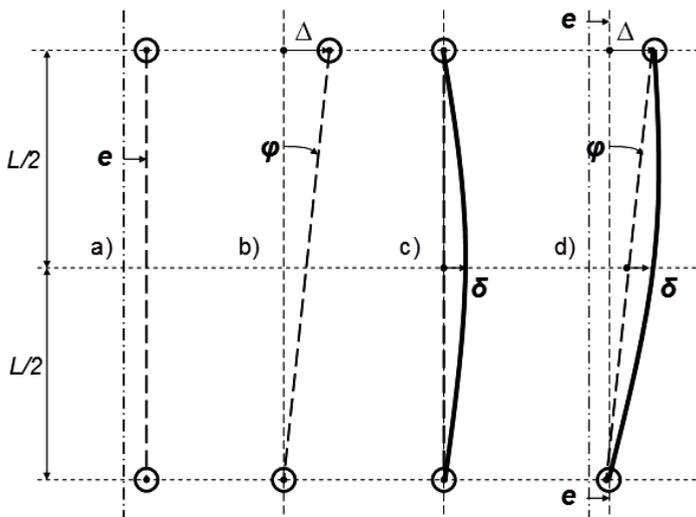


Figura 15. Imperfezioni globali, ovvero riferite alla linea d'asse, di un elemento strutturale: a) disallineamento, ovvero eccentricità di asse, e ; b) mancanza di verticalità, ovvero inclinazione accidentale φ e conseguente fuori piombo $\Delta=L\varphi$; c) incurvamento della linea d'asse con freccia massima δ ; d) situazione complessiva i cui i tre tipi di imperfezione si possono sommare.

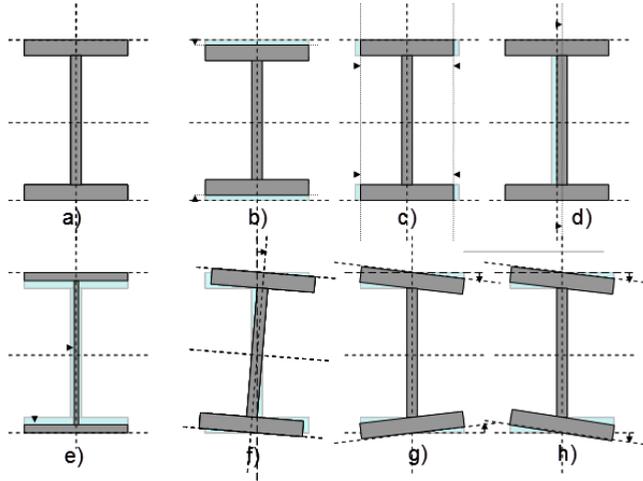


Figura 16. Imperfezioni locali, ovvero riferite alla sezione di un elemento strutturale: a) sezione perfetta; b) e c) imperfezioni sull'altezza e sulla larghezza della sezione; d) imperfezione sul posizionamento dell'anima rispetto alle ali; e) imperfezioni sugli spessori delle ali e dell'anima; f) torsione iniziale della sezione; g) e h) difetti di squadratura.

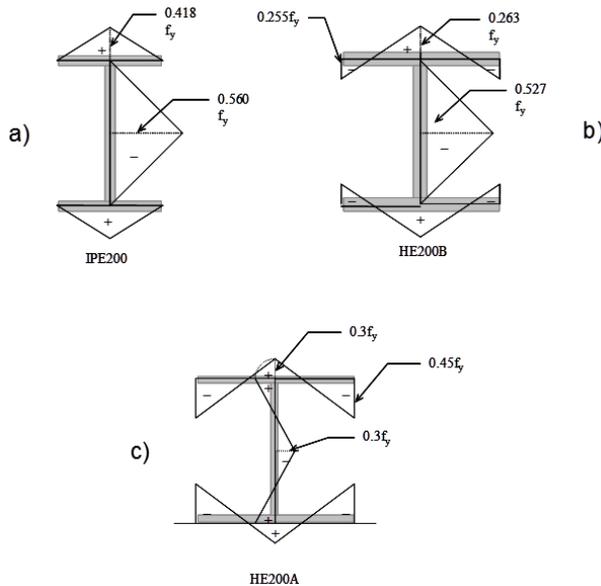


Figura 17. Andamento delle autotensioni presenti nei profilati laminati a caldo ad I: a) IPE 200; b) HE200; c) HE200A. Con il segno + si indicano autotensioni di trazione, con il segno - autotensioni di compressione. Sono esplicitati valori indicativi di queste tensioni residue al processo di laminazione e successivo raffreddamento del profilato.

7. MODELLAZIONE DELLE IMPERFEZIONI STRUTTURALI

Occorre ricordare che gli effetti instabilizzanti si presentano a tre livelli:

- I. livello globale, attraverso lo sbandamento complessivo della struttura: questo spostamento è lo svio dell'intera struttura, ovvero lo svio fra un livello e l'altro, ed è responsabile dell'effetto $P\Delta$; va ricordato, in particolare, che da questo livello si ottiene la valutazione della lunghezza libera di inflessione della generica asta inserita nel sistema intelaiato;
- II. livello locale, attraverso l'incurvamento della linea d'asse dell'elemento, si produce l'effetto $P\delta$;
- III. livello sezionale-materiale, attraverso la presenza di imperfezioni meccaniche, quali disomogeneità di geometria della sezione e di caratteristiche meccaniche e presenza di autotensioni.

Il procedimento di verifica basato sui domini di resistenza come calcolati correntemente e sull'inserimento delle sollecitazioni di progetto (M_{sd}, N_{sd}), riesce in generale ad approssimare correttamente solo i livelli II e III, ovvero gli aspetti locale e sezionale-materiale.

Vale la pena valutare quindi fino a che livello questo procedimento indiretto possa essere applicato: questo è d'altra parte anche utile al Progettista, perché così ci si può rendere conto quando la struttura in esame presenta comportamenti delicati.

Seguendo Horne, si considera in Figura 18 la generica struttura ad un livello: quanto si vedrà può essere comunque generalizzato ad edifici a più livelli.

L'edificio è soggetto ad un carico verticale che è sopportato dalle colonne sottostanti che complessivamente vale P . Si suppone che avvenga uno spostamento laterale Δ del livello fino a che sia raggiunto una condizione di equilibrio: in tale situazione,

- a) il carico verticale P per lo spostamento Δ sviluppa un momento ribaltante,
- b) la forza di richiamo F dovuta alla traslazione Δ , produce un momento di richiamo $F \cdot h$; la forza F è prodotta dalle colonne e/o dagli elementi di controvento presenti.

Si può vedere la situazione, scrivendo per il momento resistente l'espressione:

$$M_R = F \cdot h - P \cdot \Delta$$

in cui il termine $P \cdot \Delta$ appare come un degrado della capacità di *restoring*.

Considerando la forza F prodotta da una molla generalizzata di rigidità lineare k , si può scrivere:

$$M_R = k \cdot \Delta \cdot h - P \cdot \Delta$$

La condizione critica si ha ovviamente, quando il momento di restoring M_R si annulla, ovvero quando:

$$M_R = k \cdot \Delta \cdot h - P \cdot \Delta = 0 \quad \rightarrow \quad P_E = k \cdot h$$

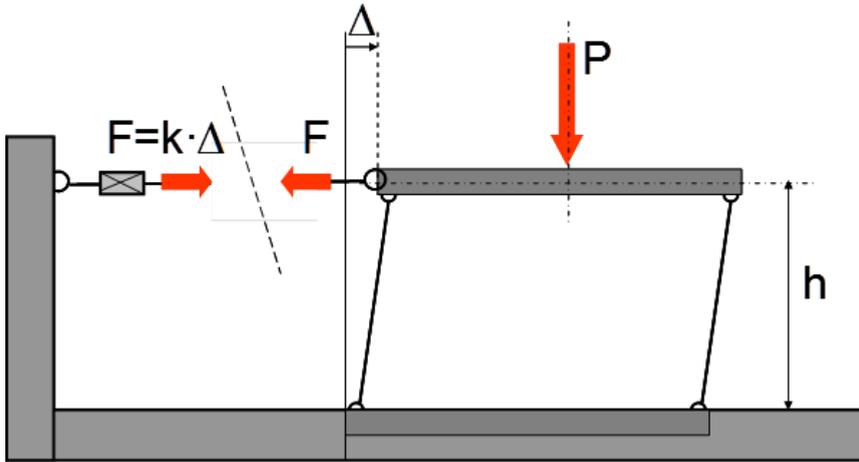


Figura 18. Schema elementare di un edificio ad un livello.

Si può anche scrivere:

$$P_E = \lambda_E \cdot W = k \cdot h \rightarrow \lambda_E = k \cdot h / W$$

dove W è la somma delle azioni assiali di tutte le colonne e λ_E è il moltiplicatore del carico quando si produce instabilità.

La rigidezza k del livello può essere espressa come rapporto fra una forza orizzontale H e lo spostamento u conseguente:

$$k = H / u$$

Se si sceglie idealmente $H = W$, si può ottenere:

$$\lambda_E = k \cdot h / W = (H / u) \cdot h / W = (W / u) \cdot h / W \rightarrow \lambda_E = h / u = 1 / \Phi$$

ovvero il moltiplicatore critico del carico può essere visto come inverso dell'*indice di deformabilità trasversale* Φ .

L'indice di deformabilità trasversale Φ può essere valutato attraverso un'analisi elastica lineare, assumendo ad esempio come carico orizzontale $H = 1\% W = W/100$. In questo caso,

$$\lambda_E = h / (100 \cdot u) = 0,01 / \Phi$$

Normalmente, si possono trascurare gli effetti geometrici, quando risulta

$$\lambda_E > 10$$

ovvero per

$$h / (100 \cdot u) = 0,01 / \Phi > 10 \rightarrow \Phi > 1000$$

Fino a questi limiti, il procedimento indiretto può essere corretto. Oltre questi limiti, per tenere conto del livello I, occorre sviluppare un'analisi globale non lineare che tenga conto dell'effetto P- Δ ovvero un'analisi del II° ordine, da cui ottenere sollecitazioni di progetto (M_{sd} , N_{sd}) da inserire nei domini di resistenza prima introdotti.

Per lo sviluppo di un'analisi globale non lineare, occorre introdurre opportunamente le imperfezioni: nel seguito si considerano, ad esempio, le indicazioni di EC3.

A livello I, globale, è necessario introdurre una mancanza di verticalità, ovvero un fuori piombo, come illustrato in Figura 19. Si introduce a questo proposito l'angolo φ_G così espresso:

$$\varphi_G = \varphi_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m$$

dove

- $\varphi_0 = \frac{1}{200}$ rappresenta il valore base, che è corretto i coefficienti di seguito riportati per tener conto della combinazione statistica delle imperfezioni dei singoli livelli e delle singole colonne;
- $\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}}$, con $\frac{2}{3} \leq \alpha_h \leq 1$ è un fattore di riduzione legato all'altezza h della costruzione espressa in metri;
- $\alpha_m = \sqrt{\frac{1}{2} \left(1 + \frac{1}{m} \right)}$ è un fattore di riduzione, $\frac{1}{\sqrt{2}} \leq \alpha_m \leq 1$, legato al numero m di colonne principali presenti.

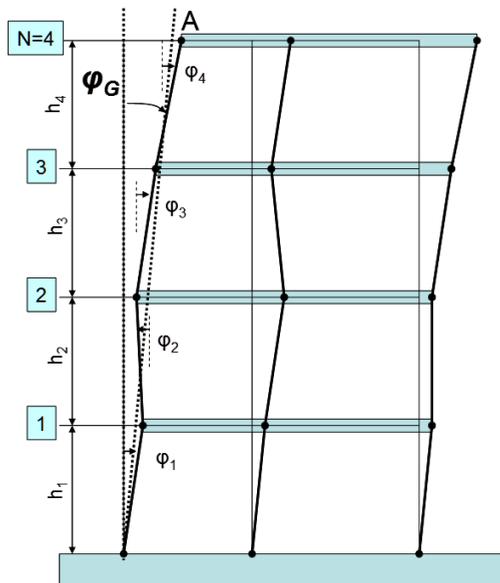


Figura 19. Imperfezione globale di un edificio: fuori piombo.

A livello II, locale, si considerano le incurvatures delle singole aste fornite dai rapporti L/e_0 riportati in Tabella 1: al solito, la incurvatura è assunta di forma sinusoidale di ampiezza massima pari a e_0 (alias δ) sulla lunghezza L dell'asta.

L'incurvatura locale dell'asta, può essere trascurata, considerando solo imperfezioni globali, quando vale per ciascuna asta la seguente limitazione sulla snellezza ridotta:

$$\bar{\lambda} \leq \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{A \cdot f_{yd}}{N_{sd}}}$$

Coefficiente di imperfezione relativo al fattore χ	Rapporto L/e_0
a	300
b	250
c	200
d	150

Tabella 1. Coefficienti di imperfezione.

Dal punto di vista del calcolo automatico, l'introduzione diretta di queste imperfezioni geometriche può non essere agevole: tra l'altro, vale la pena notare che dovrebbero essere esplorate più configurazioni di imperfezioni, al fine di individuare la situazione peggiore.

In termini generali, gli effetti delle imperfezioni possono essere simulati attraverso l'introduzione di sistemi di carichi fittizi, noti in letteratura come *notional loadings*, come illustrato in Figura 20: i casi a) e b) servono a modellare imperfezioni globali mentre il caso c) serve a modellare imperfezioni locali.

I valori da assumere nei casi b) e c) indicati da EC3 sono i seguenti:

$$\varphi = \varphi_G$$

$$q_\alpha = 8V\delta/L^2$$

In tal modo, si ottiene un tipo di carico in più per ciascuna direzione e per ciascun verso, da combinarsi con gli altri tipi di carico nei vari scenari.

È immediato generalizzare il procedimento ad altre situazioni, quali elementi di controvento o correnti superiori di travature reticolari: occorre però che il Progettista abbia l'accortezza di individuare i possibili scenari di imperfezione.

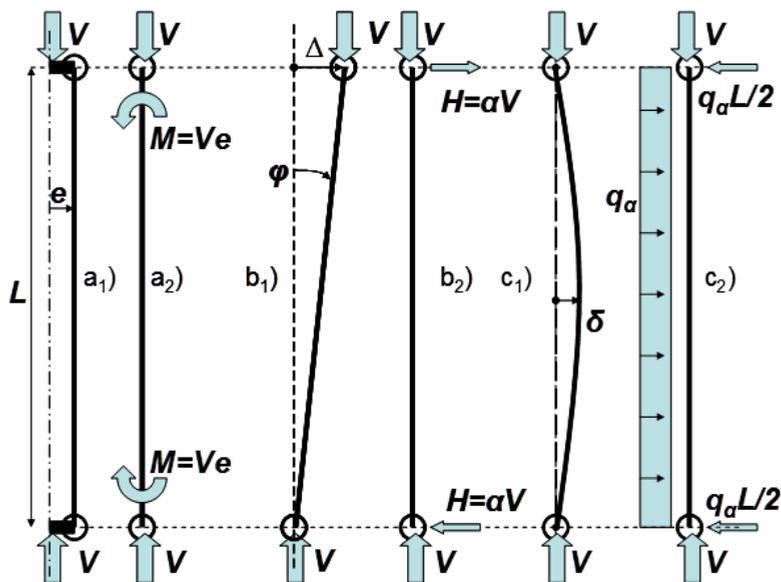


Figura 20. Carichi nominali equivalenti alle imperfezioni delle colonne.

8. SVERGOLAMENTO DELLE TRAVI: INSTABILITÀ FLESSO - TORSIONALE

È istruttivo, ed interessante dal punto di vista operativo, applicare i risultati ottenuti relativamente ad una colonna che si può instabilizzare al caso di una trave inflessa. Va ricordato, che, essendo parte della trave compressa anche se soggetta a puro momento flettente, esiste per questo elemento la possibilità di sbandare in una condizione critica. Proprio la mancata tenuta in conto di questa minaccia, è foriera di condurre ad un collasso strutturale.

La situazione è illustrata in Figura 21: si tratta di una trave, di luce L , sezione ad I, semplicemente appoggiata ed inflessa dal carico applicato in mezzeria e nel piano di simmetria della sezione. Per un certo valore del carico applicato, la trave può abbandonare il suo percorso di equilibrio primario, che prevede solo abbassamenti verticali, per sviluppare uno sbandamento laterale con torsione delle sezioni.

La Figura 22 illustra meglio quest'ultimo effetto, considerando solo metà della trave: lo svergolamento della trave avviene perché l'ala superiore della trave è compressa e sbanda fuori piano, essendo vincolata più rigidamente dall'anima verso il basso; contemporaneamente, ruota la sezione trascinandosi dietro l'ala inferiore tesa.

Proprio per lo svilupparsi di una torsione nelle sezioni della trave, questo tipo di instabilità, oltre a svergolamento, è detto più propriamente *instabilità flessio-torsionale*: a questo tipo di instabilità sono dedicati numerosi eleganti approcci analitici.

Qui interessa, come detto all'inizio del paragrafo, applicare i concetti introdotti relativamente all'instabilità euleriana delle colonne ed ottenere una formula di verifica ingegneristica. A tal fine, la Figura 23 evidenzia il ruolo delle ali: a seguito dello sbandamento, e quindi della torsione della sezione, le ali risultano simultaneamente inflesse nel loro piano.

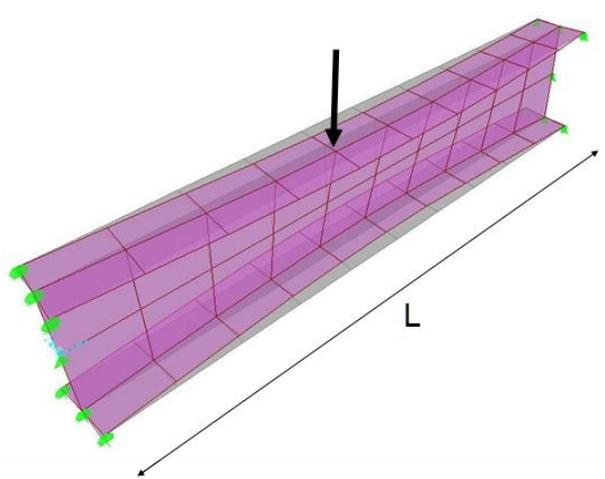


Figura 21. Svergolamento di una trave semplicemente appoggiata ed inflessa.

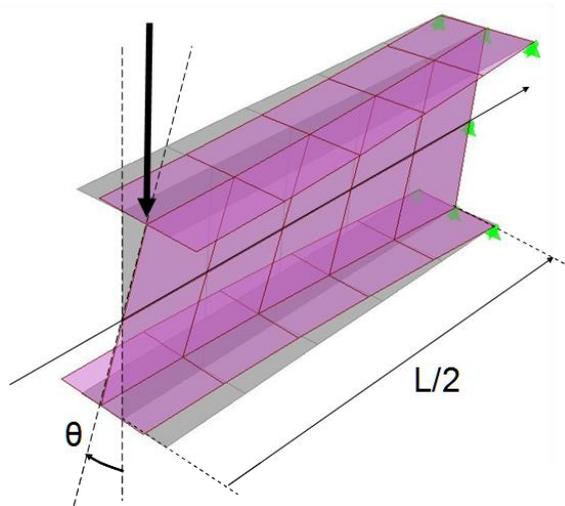


Figura 22. Torsione delle sezioni della trave inflessa a seguito dello svergolamento.

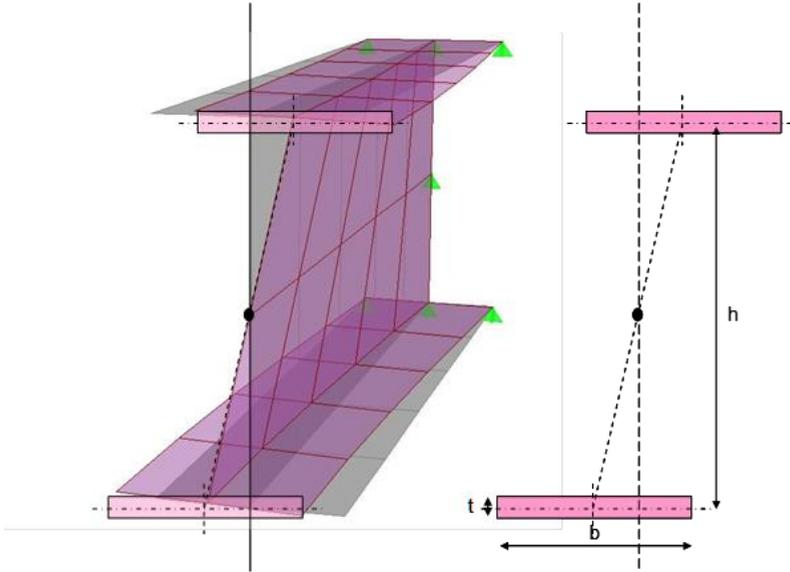


Figura 23. Inflessione dell'ala superiore ed inferiore a seguito dello svergolamento.

Dalla Figura 23, si immagina di estrarre l'ala superiore compressa e di considerarla come una colonna incernierata agli estremi, immaginando che queste sezioni non possano ruotare e che quindi svolgano il ruolo di ritegni torsionali. Per questa ala così considerata, il carico critico è pari a:

$$P_E = C = \pi^2 \frac{E \cdot \left(\frac{t \cdot b^3}{12} \right)}{L^2}$$

dove va notato che si è considerato come momento d'inerzia il momento relativo ad una inflessione dell'ala parallela alla sua lunghezza b . Di conseguenza, il momento critico che comporta questo tipo di instabilità euleriana risulta pari a:

$$M_E = C \cdot h = \pi^2 \frac{E \cdot \left(\frac{t \cdot b^3}{12} \right)}{L^2} \cdot h$$

avendo supposto che il braccio della coppia interna sia pari ad h . In questo modo, ci si è ricondotti pienamente al caso di una colonna euleriana. In particolare, si possono applicare tutte le considerazioni che portano alla valutazione della lunghezza libera di inflessione, che nel caso dell'ala compressa risulta pari alla distanza fra due ritegni torsionali per la sezione della trave, come illustrato in Figura 24.

Si sottolinea ancora una volta l'importanza della compressione meccanica del fenomeno: l'instabilità è un evento fatale se non valutato.

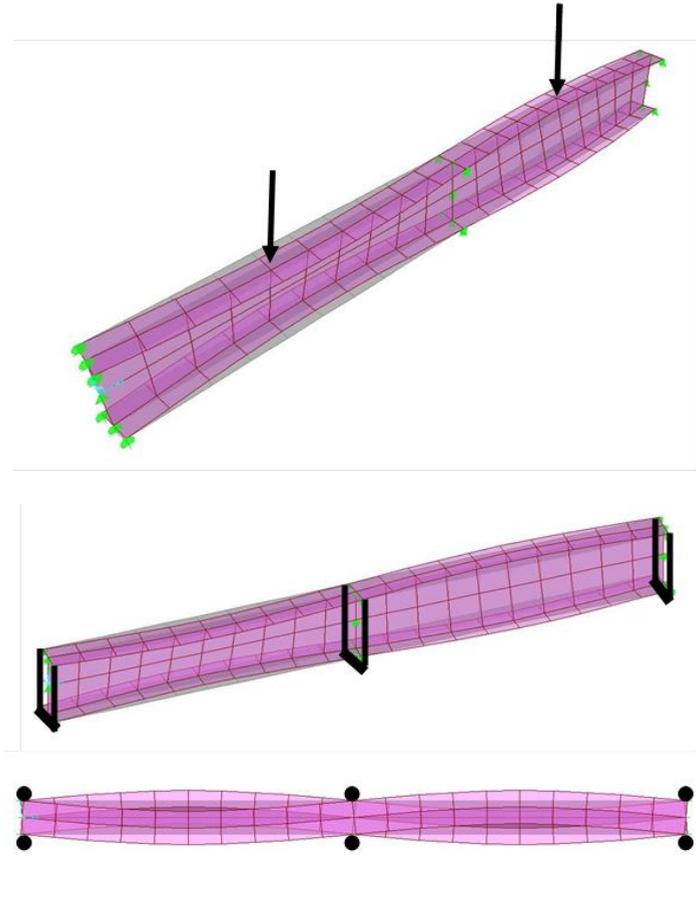


Figura 24. Valutazione della lunghezza libera di inflessione dell'ala superiore ed inferiore a seguito dello svergolamento.

9. QUALITÀ SISTEMICHE

L'aspetto che qualifica come *sistemiche* qualità strutturali come la *durabilità*, la *robustezza* e la *resilienza*, è che per queste è necessario estendere spazialmente e temporalmente l'orizzonte in cui si considera la struttura. Al riguardo, con l'ausilio della Figura 25 si possono introdurre idealmente i principali aspetti del problema:

- sull'asse verticale, è riportata la *integrità strutturale*, intesa, come visto precedentemente, come misura complessiva della abilità di una costruzione di sopportare i carichi a cui è soggetta svolgendo le funzioni per le quali è stata realizzata;

- il piano orizzontale, rappresenta l'*orizzonte temporale*; in effetti, lungo la sua vita, una costruzione esperisce due tipologie di eventi:
 - i primi, hanno luogo con continuità e possono essere rappresentati lungo un asse lungo la cui direzione la costruzione perde naturalmente, se si vuole per ragioni termodinamiche, in continuo qualità: qui le cause di degrado sono *ambientali*, a causa dell'ambiente in cui la struttura è immersa (es. corrosione), o *antropiche*, legate cioè all'uso che si fa della costruzione (es. fatica); in questi casi, si parla di *durabilità*;
 - i secondi eventi, hanno invece natura discreta: si presentano cioè in ben precisi istanti, essendo legati a incidenti, ovvero azioni accidentali; in questi casi, si hanno ben *precise discontinuità* nella qualità strutturali, presentandosi questi eventi come localizzati nel tempo e con caratteristiche speciali; in questi casi, si deve considerare la *robustezza*.

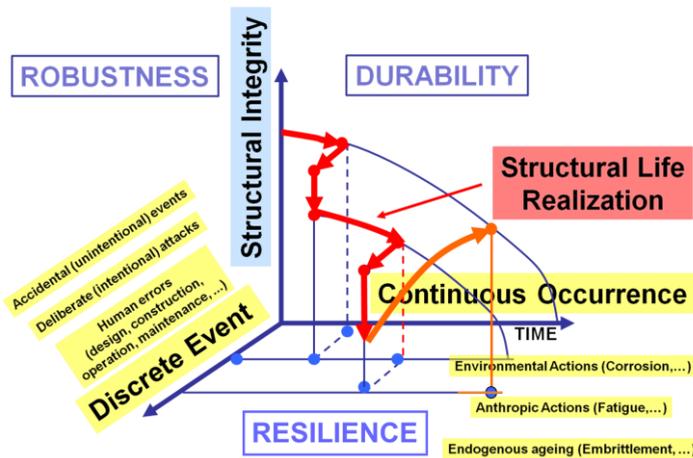


Figura 25. Orizzonte temporale nella vita di una costruzione.

Come si vede dalla Figura 25, la generica costruzione sviluppa nel tempo una precisa traiettoria a seconda degli eventi che la costruzione stessa esperisce. In particolare, lungo la vita della costruzione, si può porre il problema, di dover riportare la integrità della stessa ad un livello accettabile: la capacità di una costruzione di recuperare un livello adeguato di integrità è rappresentato dalla *resilienza*. Questa caratteristica sistemica non verrà approfondita nel seguito, ma è interessante che essa prende spunto dalla definizione che se ne dà in psicologia, ovvero *capacità di un individuo di affrontare e superare un evento traumatico o un periodo di difficoltà*.

10. DURABILITÀ: CAPACITÀ E DOMANDA

Nelle prime fasi della progettazione di una qualsiasi opera ci si trova a definire la sua *vita utile* o *vita nominale*: con quest'ultima, si intende come *il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata*. Si distinguono le opere in classi differenti (opere provvisorie, ordinarie e strategiche) andando ad imporre al Progettista di rispettare una moltitudine di condizioni atte a garantirne la sicurezza e la funzionalità nel tempo.

La Normativa tecnica interviene direttamente in materia di sicurezza amplificando alcune azioni agenti sulla struttura: ad esempio nel caso di progettazione contro eventi naturali quali i terremoti, all'aumentare della vita utile per la quale la costruzione è ideata, aumenterà l'entità delle azioni di progetto che la potrebbero interessare, considerando per queste azioni periodi di ritorno più ampi.

Vi sono altri requisiti che intervengono, seppur indirettamente, in modo incisivo sulle prestazioni di un'opera: in termini di durabilità, ad esempio, la Normativa tecnica impone il rispetto delle classi di esposizione variabili in funzione dell'ambiente in cui un elemento strutturale va a collocarsi. Nel caso del conglomerato armato, una classe di esposizione particolarmente elevata tenderà ad incrementare, ad esempio, la distanza di copriferro e a richiedere l'utilizzo di un calcestruzzo con rapporto acqua/cemento più basso in modo da contribuire a prorogare l'innescò di fenomeni di degrado del materiale che verranno sintetizzati schematicamente nel corso di questo intervento.

Quando si parla invece di costruzioni esistenti si deve procedere a ritroso verificando che in sede di progetto siano stati rispettati i requisiti della Normativa tecnica prevista al momento della realizzazione dell'opera, e controllando soprattutto che vi siano le condizioni per garantire le prestazioni richieste all'opera dal momento della valutazione fino al termine della vita utile prevista.

Considerazioni sulla capacità

Esistono diversi fenomeni che tendono ad intaccare le caratteristiche di resistenza e capacità di un'opera in conglomerato armato (Biondini, Bontempi, Frangopol, Malerba, 2004). Il processo di degrado è caratterizzato da un periodo iniziale stazionario in cui le capacità dei materiali rimangono invariate; superata questa fase iniziale (di incubazione), si ha l'innescò del processo di degrado, che successivamente prosegue con un andamento che è comunemente ritenuto lineare (Figura 26).

Uno dei processi maggiormente delicati da tenere sotto controllo nel conglomerato armato è la carbonatazione. La carbonatazione è un processo chimico di trasformazione dell'idrossido di calcio in carbonato di calcio: di per sé questo fenomeno non è pericoloso per il calcestruzzo non armato, tanto più che la resistenza del conglomerato presenta perfino un leggero incremento, ma lo è per il calcestruzzo armato

poiché determina una diminuzione del pH alcalino che protegge le armature dall'ossidazione. La Figura 27 mostra schematicamente l'evoluzione nel tempo del degrado strutturale in una sezione di calcestruzzo.

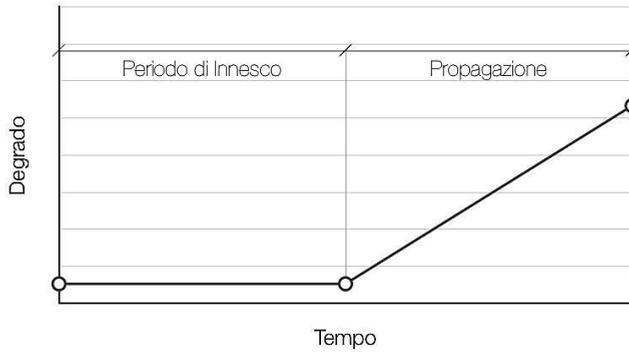


Figura 26. Processo di degrado nel conglomerato armato.

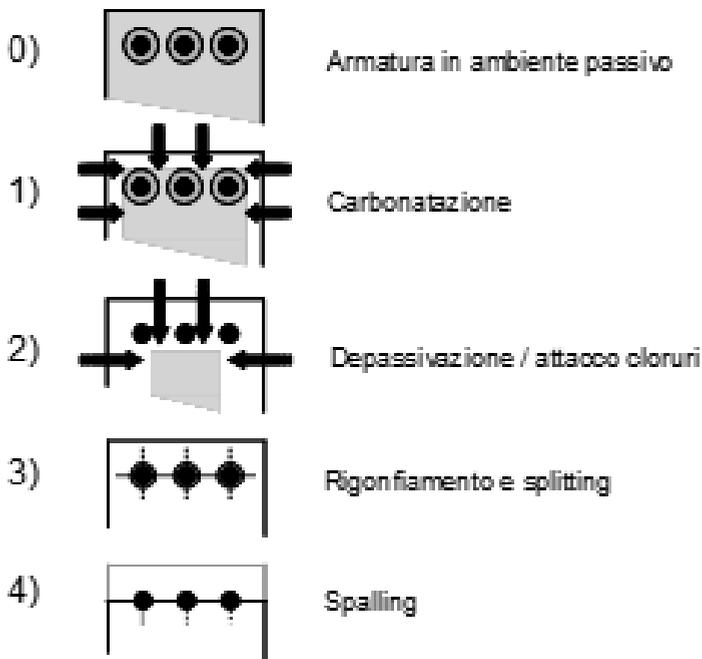


Figura 27. Evoluzione nel tempo del degrado strutturale (carbonatazione e attacco da cloruri).

Nella *fase 0* le armature risultano in ambiente passivo, protette da una pellicola di ossido compatto. Man mano che l'anidride carbonica presente nell'ambiente, penetra all'interno dei pori del calcestruzzo (*fase 1*), l'idrossido di calcio diminuisce

per effetto della carbonatazione e di conseguenza diminuisce il pH. Quando la profondità di carbonatazione ha raggiunto le armature, la pellicola di protezione si indebolisce e l'armatura non risulta più protetta (*fase 2*).

La presenza di cloruri, che si sciolgono facilmente in acqua può inoltre intaccare localmente (anche per pH superiori a 9) la pellicola di protezione, ed innescare una corrosione localizzata (*pitting* o vaiolatura).

In presenza di umidità ed ossigeno, l'armatura, non più protetta dall'ambiente alcalino, si ossida (*fase 3*). Ciò porta ad una riduzione della sezione resistente dell'armatura e ad un rigonfiamento della stessa dovuto alla presenza dei prodotti di ossidazione. Il rigonfiamento dell'armatura causa sforzi di trazione circonferenziali all'asse dell'armatura con conseguente, dopo un certo valore di rigonfiamento, formazione di fessure radiali (*splitting*). In questa fase, il momento resistente della sezione decresce con continuità, a causa della diminuzione della sezione resistente delle armature e della resistenza a compressione del calcestruzzo nella zona interessata dalla fessurazione da *splitting*.

Quando le fessure dovute allo *splitting* si espandono e si uniscono tra loro, può avvenire che una parte della sezione di calcestruzzo si distacchi completamente. Questo fenomeno, definito col termine di *spalling*, è evidenziato dalla *fase 4* riprodotta in Figura 27. In questa fase, oltre ad avere una continua diminuzione di resistenza sezionale per il progredire della corrosione delle armature, si verifica anche un'improvvisa diminuzione della sezione di calcestruzzo.

Un acciaio si ossida con una velocità che dipende dal pH dell'acqua con cui è a contatto. In ambiente alcalino (pH intorno a 12) l'acciaio risulta coperto da una pellicola di ossido molto compatta che lo protegge da un'ulteriore ossidazione. Se però l'ambiente diviene meno basico l'acciaio non è più protetto e può essere ossidato dall'ossigeno dell'aria, purché il calcestruzzo sia umido.

Un processo di corrosione attivo nelle armature comporta una riduzione progressiva della capacità portante dell'opera. Calcolando un dominio di resistenza M-N di una sezione progettata per resistere a sollecitazioni di compressione e flessione, viene simulato un fenomeno corrosivo, riducendo progressivamente il diametro delle barre d'acciaio: ad esempio, in Figura 28 i vari domini di resistenza sono stati costruiti prendendo in considerazione una sezione precisa e riducendo il diametro delle barre di 1 mm ad ogni intervallo temporale.

C'è da tener presente che una progettazione efficiente imporrebbe di costruire una sezione con un dominio che cada quanto più possibile in prossimità dello stato di sollecitazione in modo da sfruttare al meglio il materiale utilizzato: diventa immediato capire come basti una riduzione piccola di questo dominio per far fuoriuscire lo stato di sollecitazione all'esterno del perimetro non rispettando più i criteri di sicurezza.

Considerazioni sulla domanda

In termini generali, la relazione tra la *capacità* di un'opera con la *domanda* richiesta viene rappresentata idealmente con due curve: la capacità di una struttura di resistere alle azioni tende a ridursi nel tempo sempre più velocemente, mentre la domanda contiene invece tutte le azioni per le quali la struttura è stata progettata. Questa domanda è ritenuta correntemente costante nel corso del tempo.

È importante definire con attenzione e con appropriati criteri di sicurezza, il tempo in cui la curva di capacità incontrerà la curva di domanda, affinché questa si collochi oltre la fine della vita utile di un'opera, come illustrato in Figura 29 (Biondini, Bontempi, Frangopol, Malerba, 2006).

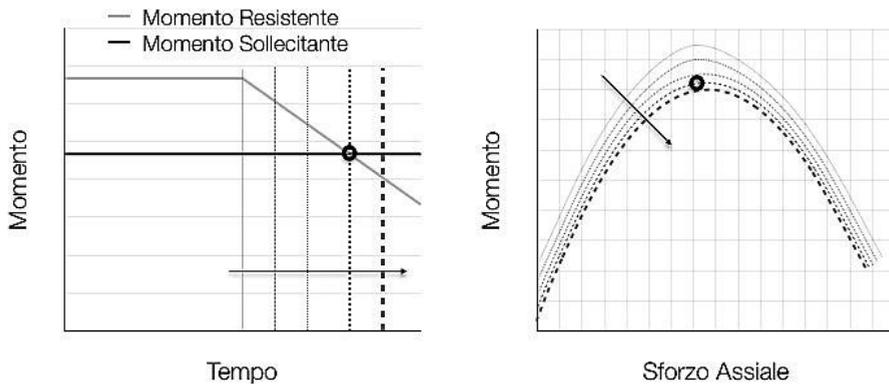


Figura 28. Relazione tra momento resistente e sollecitante in una sezione in c.a.

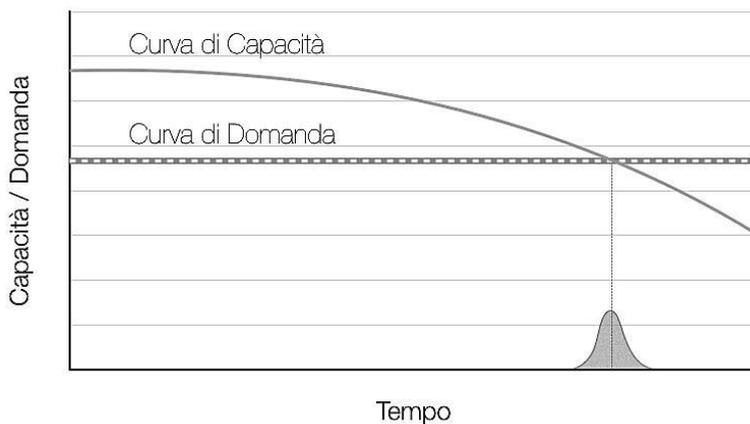


Figura 29. Curva di domanda e curva di capacità.

Focalizzando ora l'attenzione su alcuni tipi di azione in particolare, si deve considerare che non tutte rimangono inalterate nel tempo, ma al contrario come già osservato, per alcune di loro l'intensità cresce all'aumentare della vita utile della struttura in esame.

Considerando un'opera strategica è ovvio osservare che essa può essere contraddistinta da una vita utile particolarmente ampia: pensando ad esempio all'azione sismica, essa dovrà resistere ad esempio a un terremoto con un periodo di ritorno ancor più elevato; allo stesso tempo, un'opera con una vita utile inferiore invece dovrà considerare una statistica di eventi collocati in una finestra temporale ridotta.

Se quindi un'opera progettata per resistere ad un evento con un definito tempo di ritorno dovesse essere valutata, ad esempio, a metà della sua vita utile, è razionale assumere di verificare una sua curva di domanda ridotta in quanto le azioni sollecitanti di riferimento si andrebbero a collocare in una finestra temporale ridotta, con la conseguente riduzione della loro entità.

La Figura 30 illustra questo concetto: per una opera inizialmente progettata con vita utile pari a T_0 , se essa è considerata dopo un periodo T_1 , l'opera deve mantenere la sua integrità strutturale per un orizzonte di tempo residuo pari a $T_{\text{residuo}} = T_0 - T_1$. Questo periodo di tempo appare, razionalmente, da collegarsi con il periodo di ritorno delle azioni variabili da considerare.

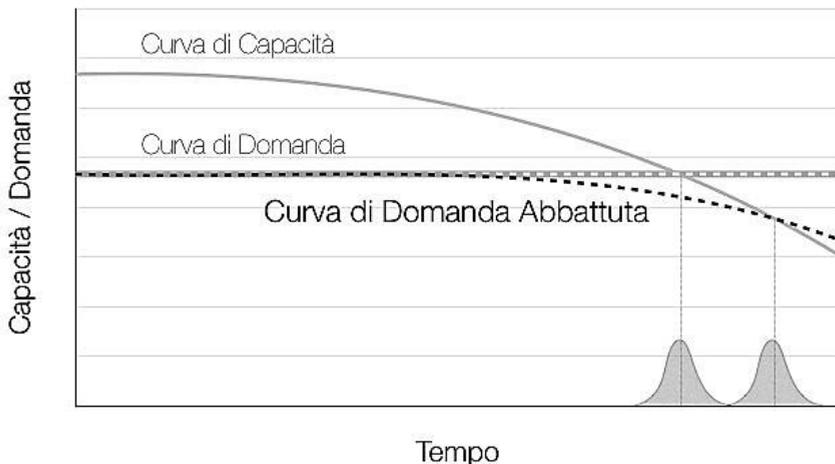


Figura 30. Curva di domanda abbattuta e curva di capacità.

11. AZIONI ACCIDENTALI E ROBUSTEZZA STRUTTURALE

Il riconoscimento della natura specifica delle azioni accidentali e delle relative problematiche è relativamente recente (Atti Convegno 2008). Probabilmente, il punto di partenza è il clamoroso collasso del 16 maggio 1968 dell'edificio di 22 piani *Ronan Point* nella parte orientale di Londra. Qui, a seguito di un'esplosione di gas al 18° piano, si ebbe il collasso di una parte rilevante dell'edificio costruito con l'assemblaggio di grandi pannelli prefabbricati (Figura 31). Questo evento ha permesso alla comunità scientifica e tecnica di riflettere su (Starossek, 2009):

1. il concetto di robustezza strutturale: una struttura ha questa proprietà se mostra un danno proporzionale alla causa che lo ha provocato; nel Ronan Point, una esplosione di intensità limitata ha provocato danni alla struttura sensibilmente estesi: il sistema con assemblaggio di grandi pannelli prefabbricati non è risultato in questo caso robusto;
2. il meccanismo di collasso progressivo: la rottura di un elemento si propaga all'interno della struttura in modo incontrollato, con una modalità che alle volte è denominata effetto domino: nel Ronan Point, il collasso del solaio di un piano, ha provocato il collasso del piano sottostante e così via, fino ad arrivare alla perdita di tutti i solai sottostanti quello dell'appartamento dove è avvenuta l'esplosione;
3. l'impossibilità di prevedere tutte le forme di danneggiamento e quindi la necessità di prevedere forme di difesa, ovvero percorsi di carico, alternativi e ridondanti; in termini generali, tali misure devono preservare l'integrità strutturale;
4. l'importanza dei dettagli costruttivi, in quanto la propagazione del collasso poteva essere, se non evitata, limitata da specifici accorgimenti; questo riguarda in particolare la concezione e il dimensionamento delle connessioni fra i diversi elementi e le differenti parti strutturali.

Queste riflessioni si sono concretizzate dopo qualche mese nel 1970 in un pesante ripensamento normativo in Inghilterra, con l'introduzione di misure per rendere robuste le costruzioni. Infatti, il cosiddetto "*fifth amendment*" delle U.K. Building Regulations in 1970, recita:

[it] applies to all buildings over four stories and requires that under specified loading conditions a structure must remain stable with a reduced safety factor in the event of a defined structural member or portion thereof being removed. Limits of damage are laid down and if these would be exceeded by the removal of a particular member, that member must be designed to resist a pressure of 34 kN/m² (51 lb/in²) from any direction. Of special importance in relation to load bearing wall structures is that these conditions should be met in the event of a wall or section of a wall being removed, subject to a maximum length of 2.25 times the story height...

È interessante notare che nel corso di circa venti anni, la definizione di robustezza strutturale si è allargata includendo - accanto ad azioni accidentali quali fuoco, esplosioni e impatti - anche gli effetti legati all'*errore umano* (Bontempi, 2006). Infatti, nelle basi degli Eurocodici negli anni '90, si trova la definizione:

"Robustness is the ability of a structure to withstand events like fire, explosions, impact or the consequences of human error, without being damaged to an extent disproportionate to the original cause."

Inoltre, vale la pena sottolineare che la robustezza strutturale richiede, dal punto di vista *intensivo*, una perdita di capacità portante che sia regolare e proporzionale alla causa, mentre, dal punto di vista *estensivo*, una limitata diffusione del danno nella struttura.



Figura 31. Collasso Roman Point (<http://www.failedarchitecture.com/the-downfall-of-british-modernist-architecture/>).

In Italia, dal punto di vista normativo, solo nel 2005, nel cosiddetto Testo Unico delle Norme Tecniche delle Costruzioni di cui al D.M. 14 settembre 2005, per la prima volta nel Capitolo 2 - Sicurezza, Prestazioni attese, Azioni sulle costruzioni, è stato introdotto il concetto di robustezza e, contemporaneamente, nel Capitolo 3, le azioni accidentali.

Successivamente, tali concetti sono stati ripresentati nelle Norme Tecniche delle Costruzioni del 2008, in cui le *azioni accidentali* sono state rinominate *azioni eccezionali*. Questo cambio letterale, dovuto al fatto di voler evitare ambiguità con la consuetudine italiana per la quale i carichi accidentali erano i carichi non permanenti che possono gravare su di una struttura (per es., per un ponte, il carico dovuto al transito dei pedoni e dei veicoli, mentre è permanente il carico relativo al peso proprio del ponte), denota una certa improprietà concettuale. Infatti, il termine *eccezionale* dovrebbe denotare una situazione in cui una azione si presenta con un valore inusuale (ad es. una precipitazione nevosa di un metro in Sicilia), mentre l'aggettivo *accidentale* dovrebbe riferirsi ad una situazione che avviene per incidente o con casualità (l'incendio di una autocisterna): il termine eccezionale dovrebbe fare, quindi, riferimento all'*intensità dell'azione*, mentre il termine accidentale al *meccanismo intrinseco dell'azione*. Occorre anche riflettere che, mentre la nevicata di un metro in Sicilia in effetti è statisticamente improbabile (*outlier*), l'incendio di un'autocisterna è più frequente, ma avviene con modalità spesso uniche.

In effetti, questa riflessione può essere approfondita considerando la Figura 32: qui è considerato come può essere analizzata una azione di cui esista una base statistica: questo può essere il caso di azioni ambientali - come vento, neve, variazioni termiche fino ad arrivare al sisma - o antropiche - come il carico negli edifici per le varie destinazioni d'uso. L'eccezionalità si riferisce dunque ad un valore estremo di questa statistica. Il caso di azioni come l'incendio, che presentano meccanismi di sviluppo specifici, non può essere al contrario trattato in questo modo. È proprio la mancanza di una base statistica che distingue le azioni accidentali come l'incendio: in effetti, la dinamica di tali eventi si presenta sempre con specifiche caratteristiche di singolarità e unicità.

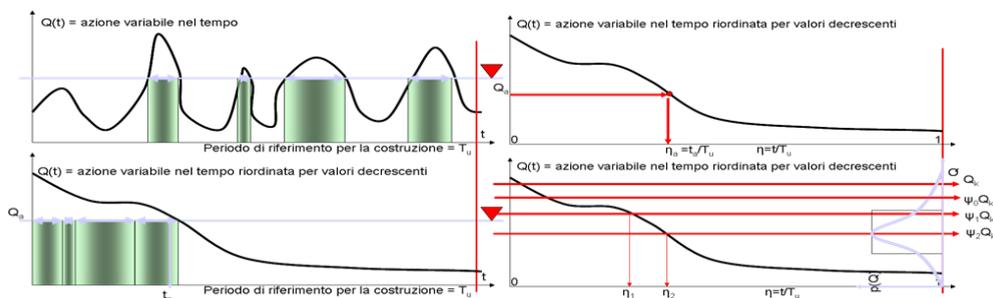


Figura 32. Analisi statistica di una azione variabile nel tempo.

Su questo punto, in letteratura si trovano distinte due categorie di eventi che possono interessare le strutture:

1. eventi HP-LC (*High Probability – Low Consequences*), ovvero situazioni che si presentano ripetutamente sulle costruzioni e che, normalmente, hanno basse conseguenze;
2. eventi LP – HC (*Low Probability – High Consequences*), situazioni al contrario che si presentano raramente ma che possono avere gravi conseguenze.

La Tabella 2, sintetizza a grandi linee, le peculiarità delle due categorie di eventi:

- le prime tre righe considerano le quantità di energia, rotture e persone che possono essere coinvolte;
- le successive tre righe descrivono le problematiche in termini di analisi dell'evento;
- le ultime due, fanno riferimento alla facilità o difficoltà di previsione della dinamica dell'evento.

Proprio l'intrinseca natura degli eventi LP – HC, può condurre a sviluppi con effetti a cascata, in cui catene di circostanze si susseguono in modo imprevedibile, dando luogo alla cosiddetta situazione di *run-away* come illustrata in Figura 33: l'effetto dell'azione esce dai limiti del quadro di prevedibilità. È proprio questa caratteristica, questa possibile escalation dell'evento che può portare a situazioni catastrofiche.

Eventi	HP - LC	LP - HC
Rilascio di energia	Basso	Alto
Numero di rotture	Basso	Alto
Numero di persone coinvolte	Basso	Alto
Comportamento meccanico/strutturale	Lineare	Non lineare
Interazioni	Lasche	Strette
Incertezza	Bassa	Elevata
Scomponibilità dell'evento	Alta	Bassa
Prevedibilità dell'evento	Alta	Bassa

Tabella 2. Caratteristiche principali degli eventi HP – LC e LP – HC.

In questa considerazione di eventi imprevisi e effetti imprevedibili, si è aggiunto recentemente il tema dei cosiddetti *Black-Swan Events* (Taleb, 2007). Questi eventi sono caratterizzati:

- I. dall'essere *eventi singolari*, al di fuori della normale aspettativa in quanto nulla della passata esperienza ha prefigurato la loro possibilità;
- II. dall'aver un *impatto estremo*;
- III. dall'essere, a dispetto della loro non previsione e inatteso accadimento, una volta avvenuti, *retrospettivamente spiegabili e prevedibili*.

È quest'ultima affermazione, che porta a pesanti cambiamenti nella comunità scientifica e tecnica, come quello avvenuto a seguito dell'attentato al World Trade Center del settembre 2001.

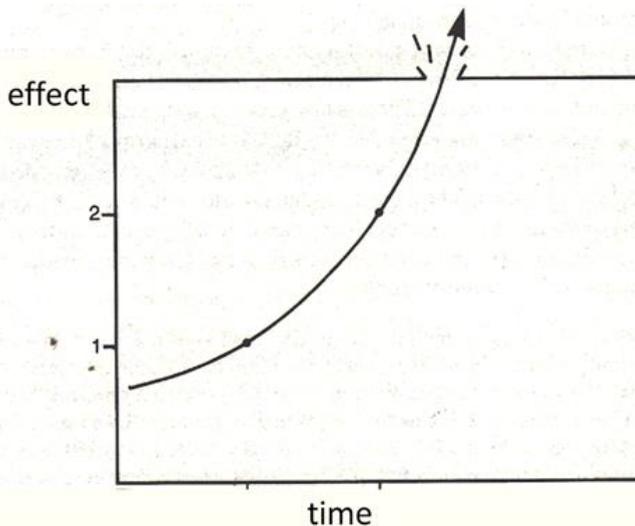


Figura 33. Run-away nel tempo in caso di evento LP - HC.

Con tutto ciò indicato, appare evidente che l'impostazione dell'analisi strutturale e delle conseguenti verifiche di sicurezza di costruzioni in caso di azioni accidentali, prima fra tutte l'incendio, non possano essere compiutamente eseguite con impostazioni analoghe ai casi di azioni legate al normale utilizzo o alle normali condizioni ambientali e naturali.

Un aspetto specifico per la disciplina dell'Ingegneria Forense è la prevedibilità di una certa situazione agente su una struttura (si ritorni alla discussione del capitolo precedente sulle teorie condizionalistiche ...). In caso di collasso sotto certe condizioni di carico, deve essere valutata la prevedibilità di tale condizioni al fine di individuare eventuali responsabilità.

Nel caso di azioni accidentali, in particolare, è dunque necessario superare il tradizionale concetto di combinazione dei carichi, per arrivare ad una definizione diversa di contesto in cui una situazione è soggetta ad azioni diverse. Si deve infatti riflettere su quanto illustrato in Figura 34:

1. lungo l'asse orizzontale è riportata in maniera ideale la complessità del problema, che cresce in funzione delle incertezze, delle non linearità e delle interazioni presenti (come da Tabella 1);
2. lungo l'asse verticale sono posizionati i due possibili approcci - deterministico / probabilistico - per l'impostazione e la soluzione del problema strutturale.

È evidente come, mentre nei casi più semplici si possano avere impostazioni deterministiche (anche semplicemente qualitative), si passa poi a situazioni in cui l'approccio probabilistico sia capace di mettere in evidenza risultati più ricchi. Al crescere però della complessità (ovvero *non linearità* – *interazioni* – *incertezze*), in particolare anche per la mancanza di basi statistiche, è necessario ricorrere ad un approccio pragmatico, con assunzione deterministica dei vari parametri del problema.

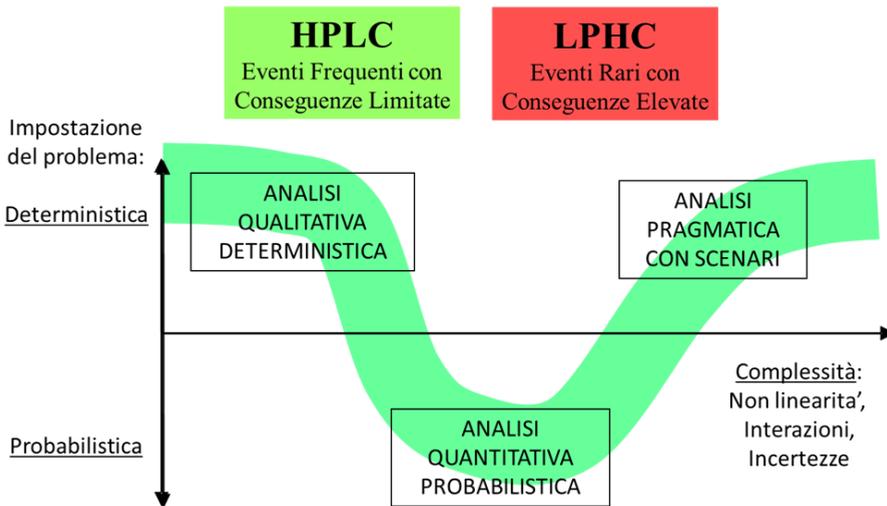


Figura 34. Differenti impostazioni dell'analisi strutturale e delle verifiche di sicurezza al crescere della complessità del problema.

Riprendendo sempre nel D.M. 14 settembre 2005, qui è comparsa per la prima volta nel quadro normativo italiano la definizione di scenario: in particolare, il punto 2.6.5. COMBINAZIONI DELLE AZIONI E SCENARI DI CONTINGENZA prevedeva:

Il Progettista, a seguito della classificazione e della caratterizzazione delle azioni, deve individuare le possibili situazioni contingenti in cui le azioni possono cimentare l'opera stessa.

A tal fine, è definito:

- lo scenario: un insieme organizzato e realistico di situazioni in cui l'opera potrà trovarsi durante la vita utile di progetto;*
- lo scenario di carico: un insieme organizzato e realistico di azioni che cimentano la struttura;*
- lo scenario di contingenza: l'identificazione di uno stato plausibile e coerente per l'opera, in cui un insieme di azioni (scenario di carico) è applicato su una configurazione strutturale.*

Per ciascuno stato limite considerato devono essere individuati scenari di carico (ovvero insiemi organizzati e coerenti nello spazio e nel tempo di azioni) che rappresentino le combinazioni delle azioni realisticamente possibili e verosimilmente più restrittive.

In particolare, nel caso di incendio ma non solo, è rilevante lo *scenario di contingenza*, che considera le diverse configurazioni in cui una costruzione può trovarsi: si devono quindi tenere presenti situazioni transitorie, come quelle legate alla manutenzione straordinaria, ovvero quelle in cui parte dei sistemi impiantistici (ad esempio rilevazione e spegnimento) sono parzialmente o totalmente inefficienti. È esperienza comune che proprio le situazioni transitorie sono quelle che più frequentemente favoriscono l'evento incendio.

La Figura 35, tratta dal Technical Report ISO 13387 sulla *Fire Safety Engineering*, evidenzia gli aspetti operativi della definizione degli scenari nel caso di incendio: si vede qui come, in funzione di differenti fattori, il numero degli scenari possibili cresca combinatorialmente. In effetti, è dunque necessaria una precisa valutazione sulla plausibilità e sulla rappresentatività di questi scenari, al fine di selezionarne un campione limitato.

Inoltre, dovrebbe essere data attenzione anche a scenari di *azioni accidentali concatenate* ovvero *scenari a cascata* (es. sisma -> esplosione -> incendio, ovvero impatto -> incendio, dalle norme europee e italiane non preventivati, ma realmente successi (Crosti et al., 2008).

CONCLUSIONI

In questo capitolo si sono riportati i concetti alla base della valutazione dal punto di vista strutturale delle qualità di una costruzione.

Si sono considerati i seguenti concetti:

- le diverse condizioni di esercizio, ultime, estreme;
- l'integrità strutturale,
- le qualità strutturali elementari e sistemiche;
- il giudizio ponderato che si deve dare ai collassi locali, parziali, globali;
- la risposta strutturale in termini di percorso di equilibrio e l'influenza dell'instabilità e delle imperfezioni s di esso;
- l'importanza di valutare le ipotesi alla base del progetto e dei calcoli.

Particolare attenzione è stata data ai fenomeni di instabilità, che risultano fatali se non anticipati, e alla natura delle situazioni in cui può trovarsi una costruzione; in quest'ultimo caso, la prevedibilità o la eccezionalità di uno scenario di carico può influire sulla attribuzione delle responsabilità.

BIBLIOGRAFIA

Minneapolis Metrodome Collapse, <http://www.bbc.com/news/world-us-canada-11980078>

<http://milano.corriere.it/cronaca/cards/gennaio-1985-ore-200-crolla-palazzetto-sotto-neve-addio-tempio-sport/principale.shtml>

Biondini F., Bontempi F., Frangopol D. M., Malerba P.: Cellular Automata Approach to Durability Analysis of Concrete Structures in Aggressive Environments, *Journal of Structural Engineering*, 130(11), 2004, pp. 1724-1736.

Biondini F., Bontempi F.; Frangopol D. M., Malerba P.: Probabilistic Service Life Assessment and Maintenance Planning of Concrete Structures, *Journal of Structural Engineering*, 132(5), 2006, pp. 810-825.

Norme Tecniche delle Costruzioni 2008 (NTC 2008), D.M. 14/01/2008.

Sgambi L., Malerba P.G., Gotti G. & Ielmini D. (2012): The influence of degradation phenomena on collapse modes in prestressed concrete beams. *International Journal of Lifecycle. Performance Engineering*, 1(1), 2012, pp. 41-63.

Tuutti, K.: *Corrosion of steel in concrete*. Swedish Cement and Concrete Research Institute. Stockholm, 1982.

Bontempi F.: Robustezza strutturale. *Atti: Crolli e affidabilità delle strutture civili*. vol. 1, p. 3-24, Dario Flaccovio Editore, ISBN: 9788877587497, Messina, 20-22 Aprile 2006.

Bontempi F., Arangio S., Sgambi L.: *Tecnica delle Costruzioni: basi della progettazione. Elementi intelaiati in acciaio.* vol. 1, p. 1-389, Carocci, ISBN: 9788843044566, 2008.

Atti del Convegno GLI EUROCODICI PER LA PROGETTAZIONE STRUTTURALE ANTINCENDIO, 18 settembre 2008, ISA Roma, F. Bontempi, C. Crosti, L. Giuliani, "LA ROBUSTEZZA STRUTTURALE NEI CONFRONTI DELLE AZIONI ACCIDENTALI", http://www.vigilfuoco.it/asp/download_file.aspx?id=4830

https://en.wikipedia.org/wiki/Ronan_Point

Starossek, U. (2009). *Progressive Collapse of Structures.*, Thomas Telford Publishing, London, July 2009.

Bontempi F., "Robustezza strutturale", Relazione ad invito, Atti del Convegno CRASC'06, Università degli Studi di Messina, Messina, 20-22 aprile 2006, Dario Flaccovio.

Taleb, Nassim Nicholas (April 2007), "The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable." (1st ed.). London: Penguin. p. 400. ISBN 1-84614045-5.

Crosti C., Olmati P., Gentili F., (2012), "Structural response of bridges to fire after explosion", IABMAS2012, Stresa, Lake Maggiore, Italy, July 8-12

ISO/TR 13387-1:1999 - Fire Safety Engineering.

Bontempi F., Crosti C., Giuliani L., (2008), "Il ruolo delle strutture nella protezione passiva contro l'incendio". *Rivista Antincendio*, Agosto 2008.

https://en.wikipedia.org/wiki/Swiss_cheese_model

S. Arangio, F. Bontempi, "Basis of the analysis and design for fire-induced collapses in structures.", *International Journal of Lifecycle Performance Engineering (IJLCPE)*, Vol.1, No 2, 2013.

LE FALLACIE NELLE RELAZIONI TECNICHE E GLI ERRORI NELLE ANALISI NUMERICHE

F. Bontempi

Università degli Studi di Roma "La Sapienza"

SOMMARIO

Nel presente capitolo si presentano gli aspetti che indirizzano e influenzano le valutazioni qualitative e quantitative delle costruzioni. Mentre nel capitolo precedente si sono richiamati i concetti strutturali e le qualità delle costruzioni che sono ricercati nella fase di progettazione e che, evidentemente sono mancate nei fallimenti strutturali, qui si vogliono introdurre i punti critici che possono presentarsi nelle modellazioni strutturali, relazioni di calcolo e nelle verifiche con particolare riferimento a quanto oggi è possibile fare con il calcolo automatico.

1. INTRODUZIONE ALLE ANALISI NUMERICHE

Un processo di analisi di un problema, e quindi anche il processo di analisi strutturale, può essere descritto come un flusso di attività che parte dalla fissazione dei dati di partenza del problema, svolge delle calcolazioni e arriva a dei risultati: questo flusso lineare è schematizzato sulla sinistra della Figura 1. In effetti, in questo schema, i singoli passi - *dati / calcolo / risultati* - sono complessi di operazioni non elementari: una prima esplicitazione di questo fatto, si trova sulla destra della stessa Figura 1.

La fase di collezione dei dati del problema è in particolare un'operazione delicata e non ovvia, indicata con il termine di *pre-processing*. Qui devono essere fissati:

- A. lo schema globale e le caratteristiche locali della struttura devono essere univocamente definite in termini geometrici;
- B. le caratteristiche meccaniche dei materiali con i relativi limiti di resistenza assegnati;
- C. le condizioni al contorno, in termini di condizione di vincolo e di carico, che devono essere puntualmente comprese e specificate.

È necessario osservare che nel caso di un'analisi di una struttura esistente, ovvero di una struttura collassata, la definizione dei dati di partenza è tutt'altro che ovvia. Infatti:

- le costruzioni hanno schemi globali da individuare, non solo in termini geometrici, ma anche e soprattutto in funzione dei meccanismi resistenti che si sviluppano;
- i materiali reali necessitano di un inquadramento entro modelli che ne rappresentano solo parzialmente ed imperfettamente le caratteristiche e di cui

vanno decisi i limiti di resistenza; in termini generali, il criterio di crisi di una costruzione non è univocamente definito;

- le condizioni al contorno, vanno interpretate, assumendo decisioni in termini di vincoli e di carico.

La fissazione dei dati di partenza per le analisi strutturali, risultano quindi un'assunzione di ipotesi delicatissima, che influenza intrinsecamente i risultati e la cui fondatezza occorre verificare puntualmente.

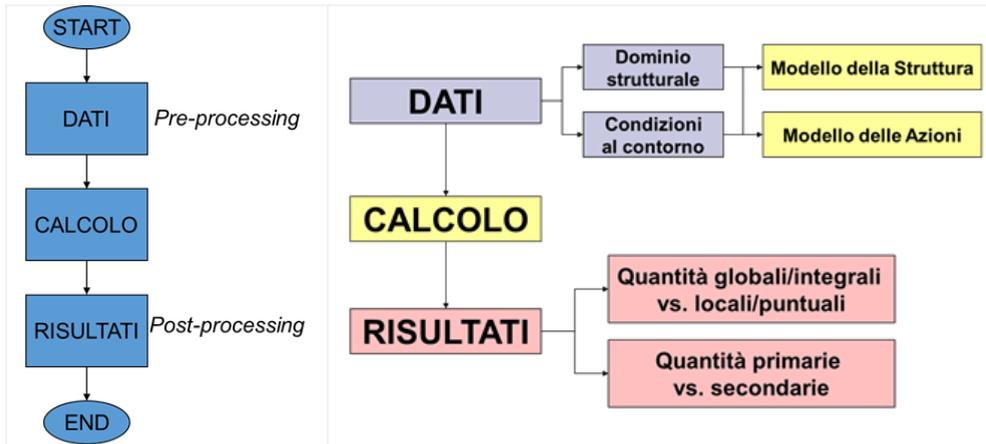


Figura 1. Diagramma di flusso di un processo di analisi.

Allo stesso modo, l'ordinamento dei risultati, è un insieme di attività non elementare, denominata come *post-processing*. L'aspetto principale della valutazione dei risultati, riguarda il fatto che essi sono gerarchici. Infatti, ad esempio, si devono ordinare:

I. Aspetti qualitativi e quantitativi globali:

- a. Deformata complessiva (spostamenti globali, rispetto dei vincoli, simmetrie - antisimmetrie);
- b. Quantità statiche globali (peso proprio, risultanti complessive, reazioni vincolari);
- c. Risposta strutturale complessiva come curva carico-spostamento, ovvero percorso di equilibrio;

II. Aspetti qualitativi e quantitativi locali:

- a. Sollecitazioni (momenti, azione assiale, taglio) e risultanti sezionali (o di una parte di struttura);
- b. Comportamenti e risposte locali;
- c. Deformazioni e sforzi;
- d. Fessurazioni, danneggiamento, ...

Come si nota, in questo modo sono già messi in evidenza gli aspetti da controllare per verificare la correttezza della soluzione, a partire dagli aspetti qualitativi più immediati come le simmetrie/antisimmetrie e quelli quantitativi più ovvi come le risultanti globali o parziali.

Allo stesso modo, il passo indicato in Figura 1 come *CALCOLO*, in effetti contiene un mondo. In generale, si possono individuare i seguenti tipi di calcolo:

1. statico: senza effetti inerziali (masse presenti solo come fonti di carichi gravitazionali e incognite cinematiche solo gli spostamenti);
2. dinamico: con effetti inerziali (masse fonte di forze inerziali e incognite cinematiche spostamenti, velocità e accelerazioni);
3. quasi-statico: senza effetti inerziali ma con evoluzione nel tempo dei carichi o della struttura in termini di configurazione (costruzione per fasi, ...) o delle sue caratteristiche (degrado, comportamento termo-plastico, ...).

I calcoli, ovvero le analisi strutturali, possono essere svolte nei seguenti campi:

- lineare, dovendo valere le seguenti condizioni:
 - i. il materiale è elastico lineare;
 - ii. gli spostamenti sono piccoli;
 - iii. i vincoli sono perfetti e bilateri;
 - iv. non ci sono stati di sforzo iniziale.

In questo caso, con riferimento alla Figura 2:

- la soluzione esiste sempre;
- la soluzione è sempre unica;
- vale la sovrapposizione degli effetti.

Se cade anche una sola delle ipotesi i, ii, iii, iv, il problema risulta non lineare. In questo caso, come riportato in Figura 3:

- la soluzione può non esistere (collasso);
- la soluzione può non essere unica;
- non vale la sovrapposizione degli effetti.

La non linearità di un problema strutturale richiede, in particolare, la necessità di:

- 1) sviluppare per ogni combinazione di carico un'analisi specifica (non valendo il principio di sovrapposizione degli effetti);
- 2) seguire la risposta strutturale al crescere del carico dalla condizione iniziale scarica fino al valore finale voluto o al collasso.

Per esplicitare quest'ultima necessità, in Figura 4 si considera, ad esempio, il dominio di rottura di una sezione soggetta a momento flettente M e azione assiale N : sulla sinistra, si vede che il dominio può assumere una forma non convessa (se è presente un ramo di softening nei materiali che compongono la sezione), per cui anche un percorso di carico radiale che fa crescere proporzionalmente M e N , può, partendo

dalla situazione scarica, passare per i punti A, B, C, D, dove il punto B è già di collasso, risultando esterno al dominio di rottura. Il punto C, che si potrebbe ottenere considerando solo una situazione di carico corrispondente, in effetti non è raggiungibile, dato che la struttura passerebbe appunto per B, cedendo prima.

In maniera duale, sulla destra della Figura 4, è mostrato il caso di un dominio convesso, tipico di comportamento materiale senza softening, ma in questo caso il percorso dei carichi può essere non lineare (a causa tipicamente di effetti geometrici): anche qui, il punto D non è raggiungibile, perché al crescere del carico dall'origine si passa per A, poi per B e si incontra la crisi nel punto C che è esterno al dominio di resistenza.

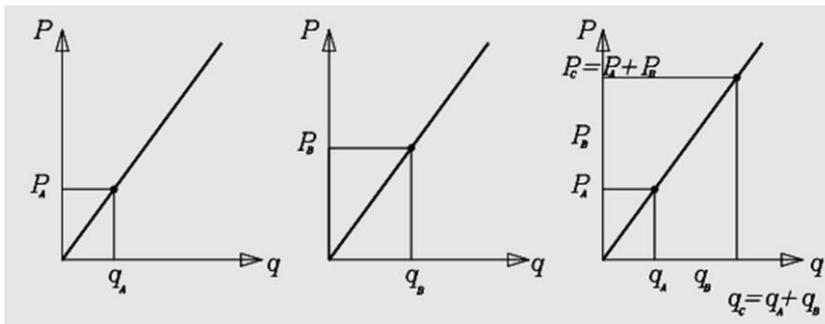


Figura 2. Linearità di un problema strutturale e principio di sovrapposizione degli effetti.

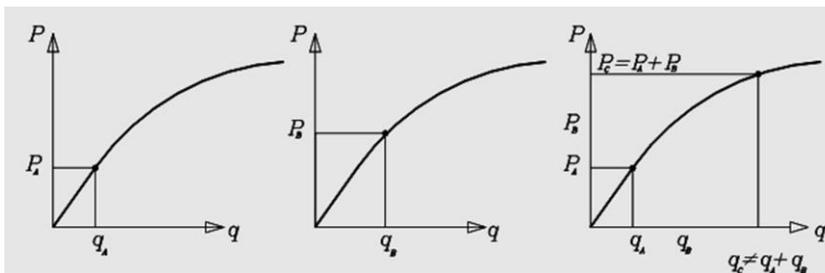


Figura 3. Non linearità di un problema strutturale e invalidità della sovrapposizione degli effetti.

Da quanto detto, appare evidente che in campo non lineare, avendo da considerare più condizioni di carico e le rispettive combinazioni, e non potendo più applicare il principio di sovrapposizione degli effetti, ogni fissata combinazione deve essere studiata con un'analisi specifica. Questo comporta un impegno computazionale notevole, per cui un modello strutturale efficiente dovrà essere in grado di cogliere gli aspetti meccanici essenziali, evitando l'introduzione di parametri incogniti inutili ai fini della rappresentazione che si vuol dare della struttura. Questo impone un principio di sobrietà nella modellazione strutturale (Bontempi, 2005)

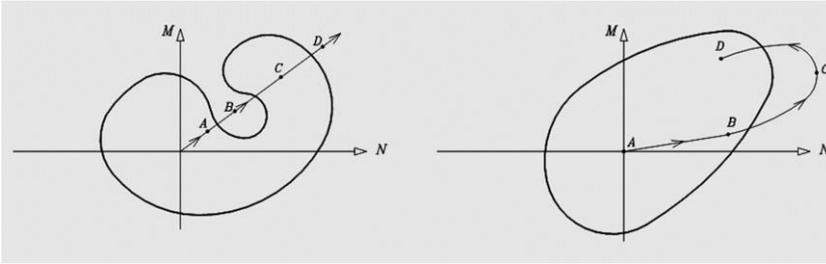


Figura 4. Valutazione della risposta strutturale facendo crescere il carico da zero fino al valore scelto.

Infine, in termini di verifiche strutturali, è importante riconoscere il quadro illustrato in Figura 5: esistono, anche in base a tradizioni, tre differenti livelli a cui si può operare una verifica di sicurezza. Considerando, infatti, ad esempio una struttura intelaiata, si possono condurre verifiche a:

- I. a livello puntuale, controllando il valore raggiunto dallo sforzo in una fibra della struttura; una volta questo livello era specifico delle tensioni ammissibili;
- II. a livello sezionale, vedendo se si esce dal dominio di rottura della generica sezione; questo è il livello comunemente associato alla verifica agli stati limite ultimi;
- III. a livello globale, considerando se si è raggiunta la massima capacità portante della struttura.

Considerando un comportamento lineare, i tre livelli di verifica sono equivalenti. Viceversa, in caso di non linearità, i tre livelli di analisi conducono a valutazioni diverse, risultando quella a livello globale, ovviamente, quella più realistica e comprensiva.

Tipo di verifica →	Verifica puntuale: sullo sforzo	Verifica sezionale: sulle azioni interne	Verifica globale: sui carichi
Carico applicato	F_A	F_A	F_A verifica: $A= F_A < F_R = R?$
Analisi strutturale	↓	↓	↑
Azione interna	S_A	S_A verifica: $A= S_A < S_R = R?$	S_R
Analisi sezionale	↓	↑	↑
Sforzo puntuale	T_A verifica: $A= T_A < T_R = R?$	T_R	T_R

Figura 5. Livelli di verifica.

2. ANALISI A CARICO IMPOSTO E A SPOSTAMENTO IMPRESSO

Le strutture possono essere sollecitate da azioni dirette, ovvero quantità statiche come carichi concentrati o distribuiti, e da azioni indirette, quali cedimenti o distorsioni. Nel primo caso, si opera a carico imposto, nel secondo si opera a spostamento impresso (Bontempi et al., 2008).

Per chiarire questo aspetto, si considera una trave a due campate illustrata in Figura 6. Si suppone di studiare la trave in due configurazioni differenti:

- 1) nella prima, semplicemente appoggiata, agisce direttamente una forza concentrata F verticale, applicata nella sezione di estremità A ; conseguentemente, la sezione A si abbassa di q ;
- 2) nella seconda, nella sezione A è presente un ulteriore vincolo, un carrello con piano di scorrimento orizzontale che subisce un cedimento verticale pari a c ; in conseguenza, nel carrello si sviluppa una reazione verticale V .

È immediato riconoscere che se $q=c$ allora $F=V$ e viceversa: questo può essere verificato direttamente nel caso di travi con comportamento elastico-lineare attraverso l'analisi del problema con la linea elastica.

In termini concreti, ad esempio pensando di voler realizzare un collaudo o di voler effettuare una prova in laboratorio per valutare le caratteristiche dell'elemento strutturale, la situazione a carico imposto può considerarsi realizzata assoggettando la trave a pesi via via più grandi. La situazione a spostamento impresso può invece essere materializzata pensando di avere un dispositivo meccanico che abbassa l'estremo della trave, ad esempio un martinetto ancorato ad un punto fisso.

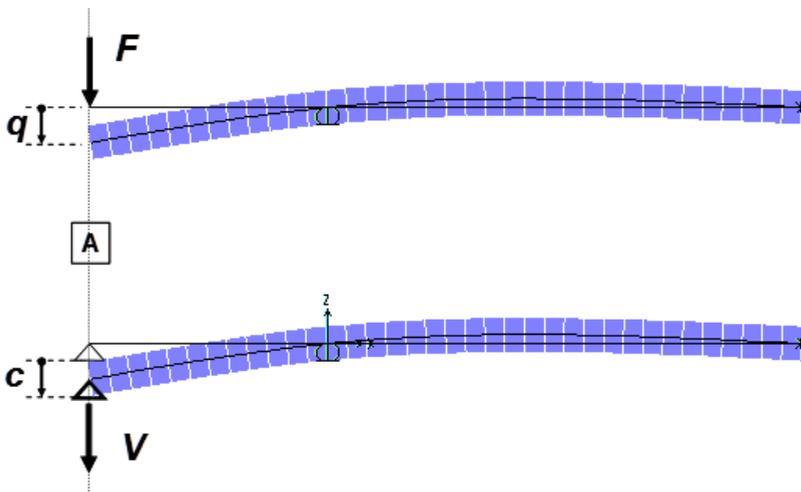


Figura 6. Procedimento a carico imposto (sopra) e spostamento impresso (sotto) su una trave.

Mentre in campo lineare si ha una perfetta corrispondenza tra le due situazioni di cimento della trave, si hanno possibilità differenti entrando in campo non lineare. Per meglio dire, la Figura 7 permette di osservare che la corrispondenza fra risultati ottenuti a carico imposto (punto A) e a spostamento impresso (punto B) è biunivoca fino a che si rimane nel tratto pre-critico della risposta strutturale.

Appena è superata la capacità portante massima della struttura, infatti, la Figura 8 fa vedere come operando a carico imposto non si ottiene alcuna intersezione con la risposta strutturale: non esiste dunque una soluzione equilibrata per la struttura sotto quel carico, e questo è indicativo del collasso della struttura. Operando invece a spostamento impresso si riesce a tracciare la risposta strutturale anche nel tratto post-critico (punto C), fino ad arrivare alla lacerazione della struttura quando la resistenza cade praticamente a zero.

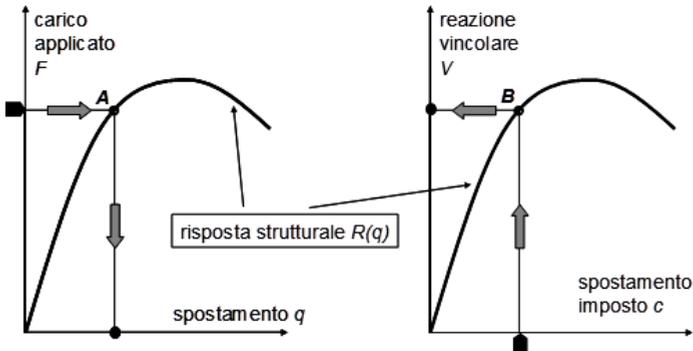


Figura 7. Tracciamento della risposta strutturale a carico imposto (a sinistra) e per spostamento impresso (destra).

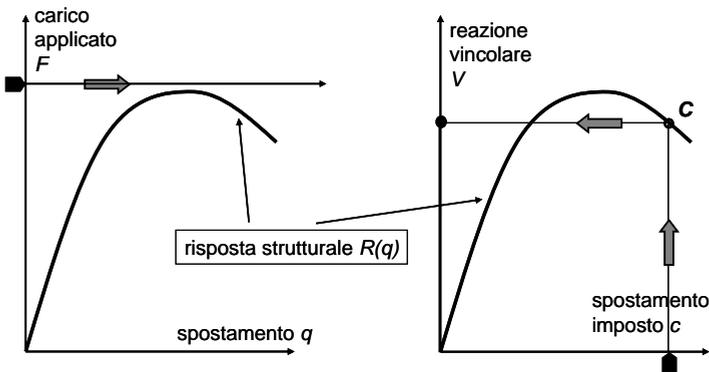


Figura 8. Assenza di soluzione sotto applicazione diretta del carico (sinistra) e tracciamento del ramo post-critico sotto spostamento impresso (a destra).

È importante sottolineare che queste due modalità di analizzare una costruzione rappresentano quello che si realizza nella realtà, ad esempio, nel caso del collaudo del ponte di Figura 9 (carico imposto) o in laboratorio con una macchina a controllo di spostamento come in Figura 10 (spostamento impresso).

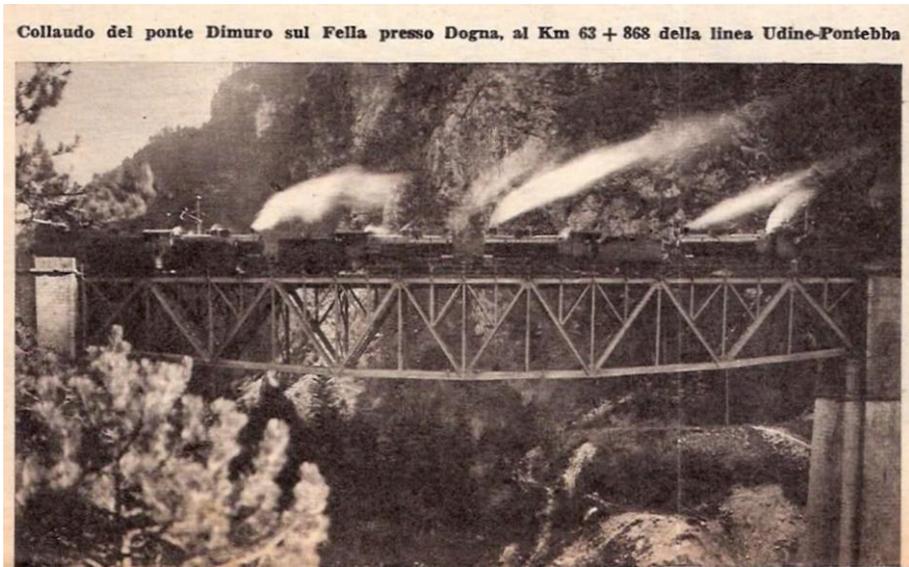


Figura 9. Collaudo di un ponte ferroviario come esempio di struttura soggetta a carico imposto.



Figura 10. Macchina di prova a controllo di spostamento in laboratorio.

Ancora, si possono considerare condizioni in cui una struttura è soggetta a carico imposto o a spostamenti impressi: questa distinzione essenziale è esplicitata in Figura 10, dove si considera come tipica situazione a carico imposto l'azione del vento, mentre la tipica situazione di spostamento imposto è rappresentata dall'azione sismica.

Dal punto di vista numerico, considerando un problema statico non lineare, risulta più facile ottenere la risposta sviluppando una analisi a spostamento imposto di una a carico imposto: considerazioni specifiche sono riportate altrove (Bontempi, 1996)

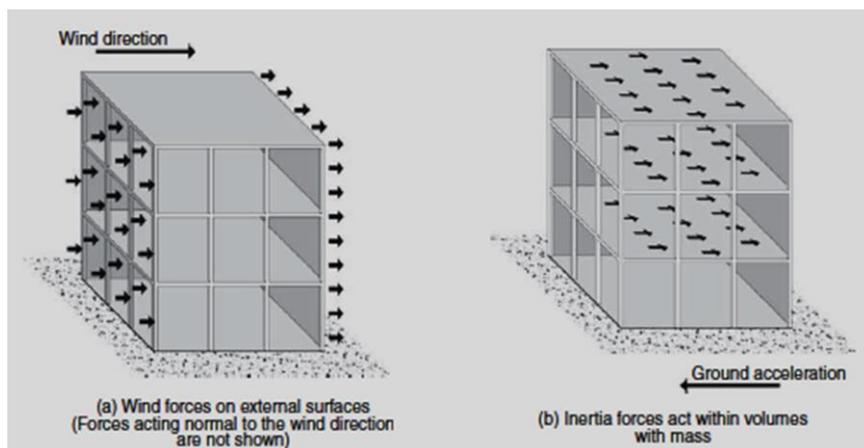


Figura 10. Collaudo di un ponte ferroviario come esempio di struttura soggetta a carico imposto.

3. STRATEGIE NELLE ANALISI NUMERICHE

Fermo restando la complessità dei procedimenti numerici, in particolare in fase di investigazione e ricostruzione di un incidente, è importante tenere in mente che tutte le analisi stesse possono essere governate da tre attività. Queste attività, vere e proprie strategie, sono:

- I. analisi di sensitività;
- II. delimitazione della soluzione;
- III. ridondanza.

Per esplicitare queste attività, è opportuno interpretare, in termini generali, i risultati ottenuti dal modello strutturale come valori di una funzione: la Figura 11, in alto, esplicita questo concetto, pensando la risposta strutturale espressa come funzione y di due variabili, x_1 e x_2 .

Queste due variabili, possono essere intese come parametri da cui dipende la risposta strutturale: è fondamentale capire come la soluzione, ovvero il risultato delle analisi e anche la risposta strutturale, dipendano da queste variabili.

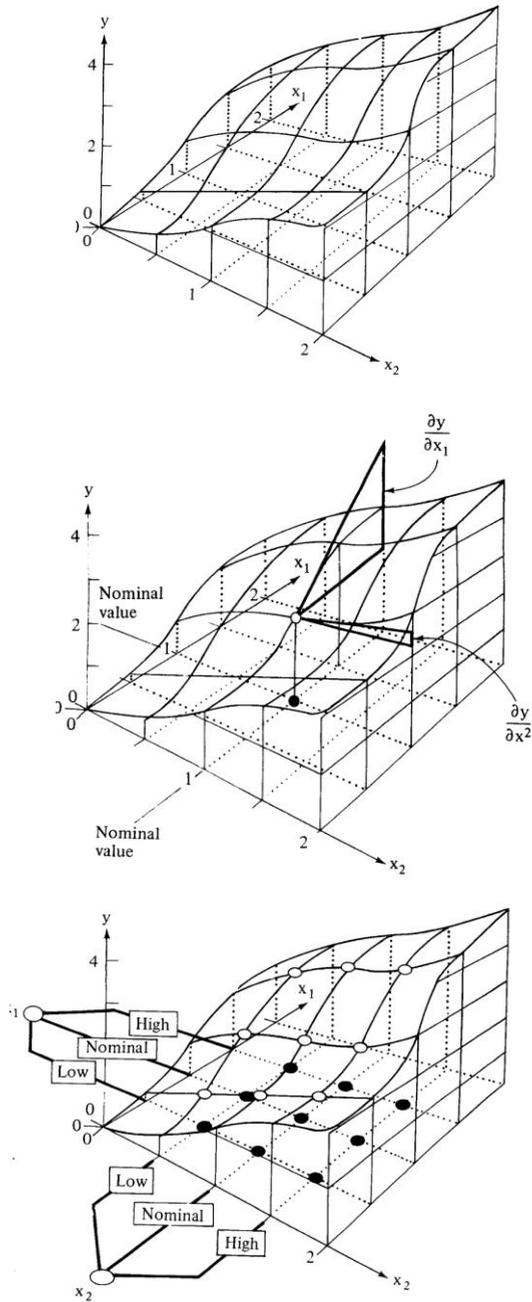


Figura 11. In alto, rappresentazione della risposta strutturale come ottenuta dal modello numerico; di seguito, sotto: analisi di sensitività e delimitazione della risposta.

La Figura 11 può servire ad illustrare questo aspetto. Infatti, sotto la rappresentazione della risposta strutturale $y(x_1, x_2)$, si trovano rispettivamente:

- come varia la funzione y in funzione di variazioni di x_1 e di x_2 , rappresentate dalle derivate lungo queste due direzioni (secondo la strategia I);
- come delimitare la risposta y rispetto a intervalli delle due variabili x_1 e x_2 , ottenuti considerando dei valori *massimi-medi-minimi* per ciascuna di queste (secondo la strategia II).

Vale la pena sottolineare che le derivate che si considerano al punto a) possono essere approssimate comunque bene da *differenze finite* mentre i valori delle variabili che si scelgono in b) servono a definire degli intervalli di variabilità nell'ottica dell'*experimental design*.

Per l'analista strutturale, è essenziale appropriarsi di questi concetti, che dovrebbero del resto essere patrimonio comune dell'ingegnere strutturista. Si consideri, ad esempio, il telaio in c.a. rappresentato in Figura 12. Per questa struttura elementare, un aspetto critico risulta circoscrivere il regime statico in funzione dei vincoli alla base dei pilastri: infatti, in funzione di questi si potrebbero avere i diagrammi dei momenti riportati in Figura 13. La delimitazione della risposta strutturale dovrebbe quindi essere condotta considerando l'involuppo dei diagrammi dei momenti a) e b), essendo il comportamento c) non ragionevole per la presenza di un carrello.

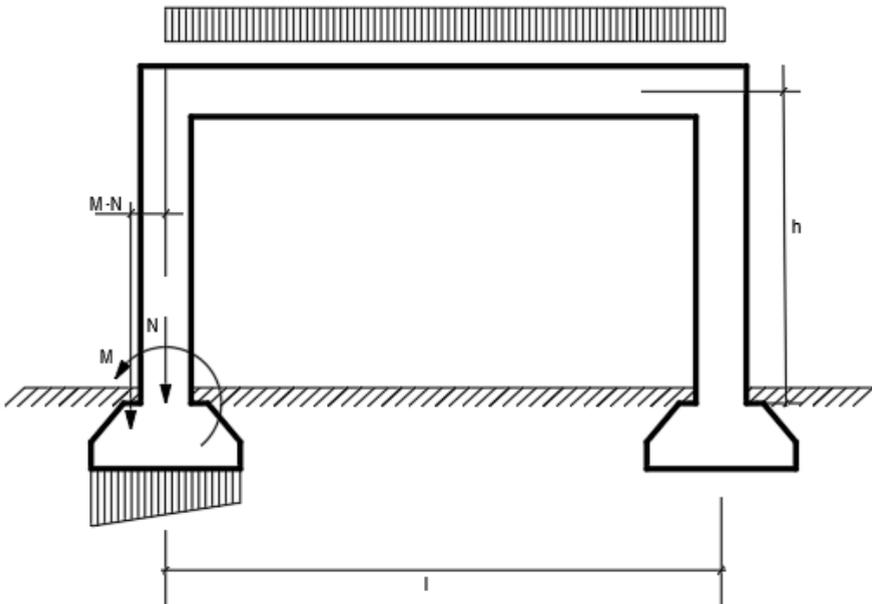


Figura 12. Esempio di telaio in c.a..

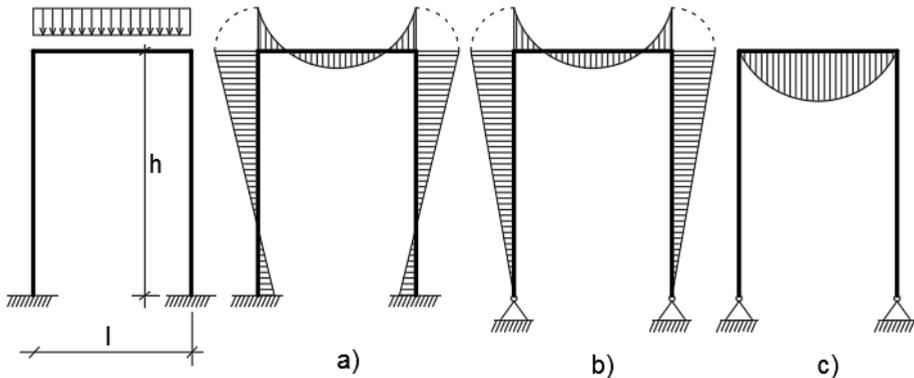


Figura 13. Diagramma dei momenti per il telaio di Figura 12 in funzione del tipo di vincolo.

Un'altra situazione critica riguarda la compressione dei reali vincoli della struttura. Si consideri ad esempio la trave in c.a.p. rappresentata in Figura 14, soggetta a due carichi simmetrici Q : in dipendenza dei vincoli di estremità, carrelli in (a) o cerniere in (b), ovvero della possibilità o impossibilità di traslazioni laterali dell'asse della trave, si hanno quadri fessurativi differenti, con ovvie differenze di risposta complessiva. In particolare, i vincoli che impediscono l'allungamento della fibra media della trave (caso b), innescano un significativo meccanismo arco che, da una parte, può incrementare la capacità portante della struttura, e, dall'altra, può ridurne la duttilità. La reale disposizione dei vincoli, influenza quindi grandemente il comportamento delle strutture, alterandone finanche i meccanismi resistenti.

La strategia III prevede di risolvere il problema in modo ridondante. Questa è l'unica strategia capace di contrastare l'*errore umano*: infatti, con riferimento alla Figura 14, si può notare come sia necessario alle volte considerare due (o più) solutori che affrontino il problema e propongano in maniera indipendente la loro soluzione. Questo set di soluzioni, sarà ulteriormente soppesato, individuando la soluzione ritenuta più corretta.

Vale la pena osservare che la *ridondanza* deve essere intesa sia *diversità di strumenti di analisi* (codici di calcolo e finanche teorie), sia *diversità di analisti* (persone).

Infine, si deve porre l'attenzione sull'esistenza di problemi la cui soluzione è intrinsecamente di difficile individuazione: in Figura 15 è illustrato il caso canonico della previsione dello spostamento finale di una trave soggetta ad un impulso di pressione come risulta da una molteplicità di solutori (Symonds 1991). L'incertezza sullo spostamento non è tanto sul valore, ma sul segno!

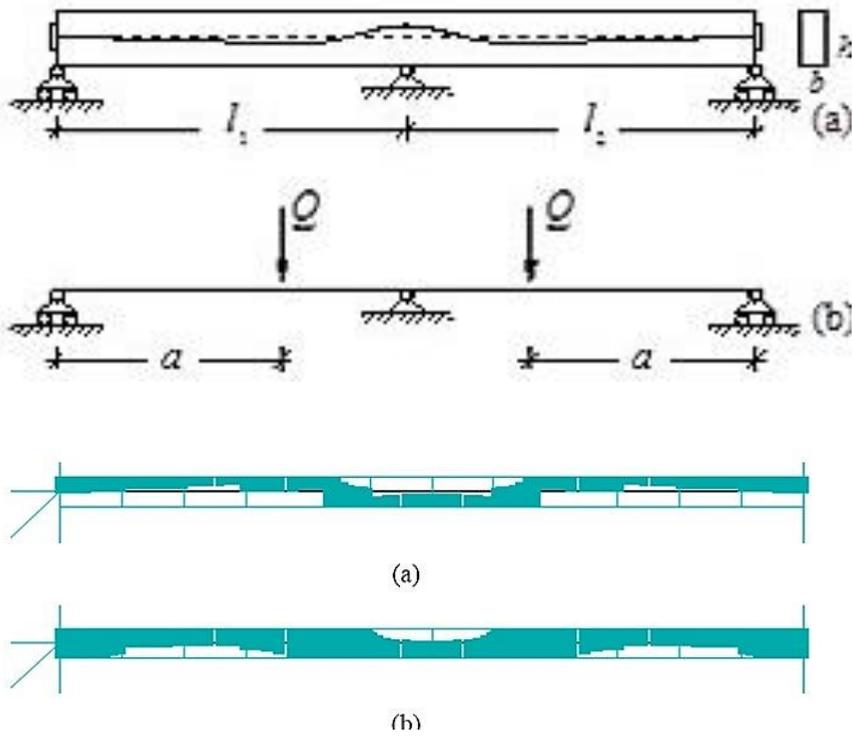


Figura 14. Trave in c.a.p. soggetta a due carichi simmetrici Q : parzializzazione in caso di carrelli all'estremità (a), o di cerniere (b).

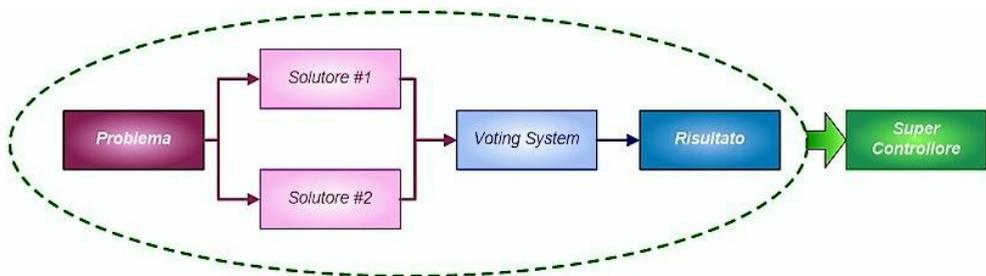


Figura 14. Schema con ridondanza per la soluzione di un problema.

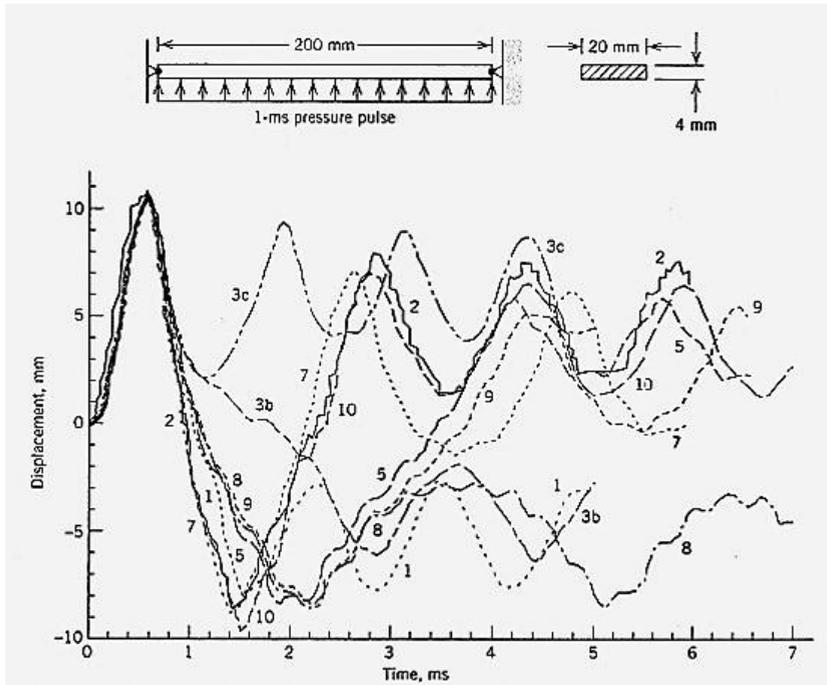


Figura 15. Problema intrinsecamente di difficile soluzione (da Symonds, 1991).

4. COMPRESIONE DEL SISTEMA STRUTTURALE

Nell'impostazione delle analisi strutturali, il punto di partenza è, naturalmente, la corretta comprensione del comportamento strutturale, alle diverse scale.

Una costruzione è, in effetti, un sistema strutturale ordinato gerarchicamente: la Figura 16 definisce i termini di un sistema, con differenti livelli di funzione. Si devono quindi considerare aspetti globali, intermedi e locali, per avere una corretta comprensione del sistema stesso.

Se questa idealizzazione è valida per qualsiasi sistema, nel caso di sistemi strutturali è necessario considerare ulteriormente la scomposizione di Figura 16: qui sono illustrati i sottosistemi relativi a:

1. raccolta dei carichi (usualmente attraverso elementi di superfici come pareti e orizzontamenti);
2. trasmissione dei carichi verticalmente (attraverso colonne di acciaio, pilastri in c.a. o pareti)
3. stabilizzazione del sistema, ovvero equilibrio dei carichi orizzontali, attraverso elementi di controventamento (pareti).

La mancata comprensione della suddivisione delle parti strutturali ora elencate, ovvero la mancata individuazione delle stesse nella costruzione entrata in crisi, è foriera di pesanti ripercussioni sulla corretta investigazione strutturale.

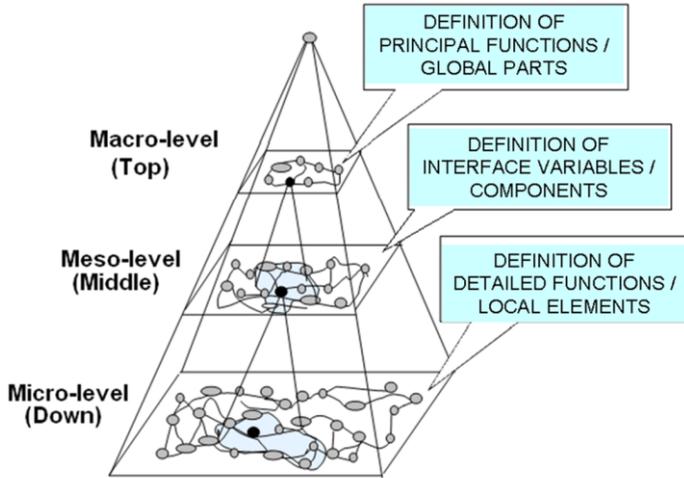


Figura 16. Definizione gerarchica di un sistema.

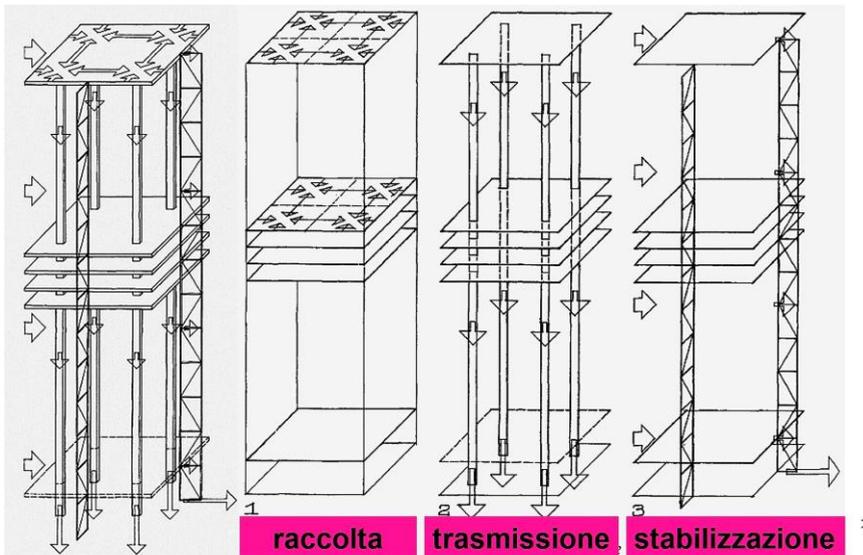


Figura 16. Scomposizione di un sistema strutturale.

5. COMPRESIONE DEL COMPORTAMENTO STRUTTURALE ELEMENTARE

Allo stesso modo con cui è necessaria una corretta comprensione dell'intero sistema strutturale, all'altro estremo è necessaria una adeguata comprensione del comportamento meccanico dell'elemento strutturale principe in una costruzione: la trave, rappresentata nella Figura 17.

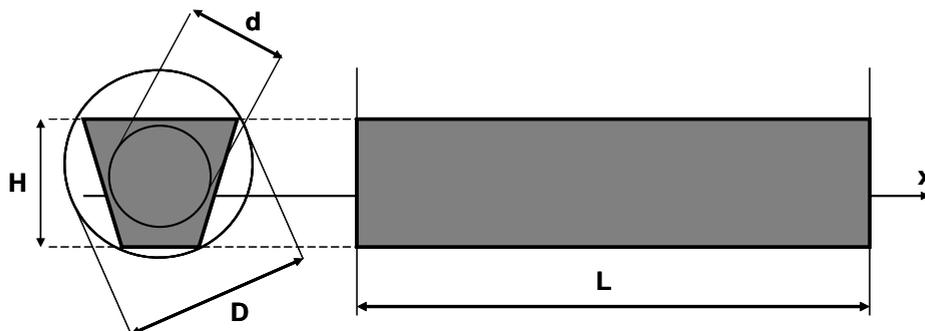


Figura 17. Morfologia di una trave.

Dal punto di vista della conformazione esterna, ovvero della morfologia, questo elemento strutturale fondamentale può essere definito dai seguenti aspetti.

A. SEZIONE COMPATTA

La sezione può essere circonscritta da una circonferenza di diametro D : tale misura è rappresentativa della dimensione massima della sezione; tale grandezza è generalmente simile a quella fornita dalla altezza H della sezione. D'altra parte, la dimensione minima caratteristica della sezione può essere ottenuta disegnando all'interno della sezione la circonferenza di diametro massimo d .

La sezione può essere definita compatta se il rapporto di forma D/d è minore di circa 5: questo limite è indicativo, non rappresentando una discriminazione netta come spesso accade in campo ingegneristico.

La Figura 18 considera il caso particolare ma frequente dal punto di vista applicativo, di sezioni semplici o composte a partire da rettangoli. Nel caso della sezione rettangolare, la dimensione maggiore può essere approssimata con l'altezza H della sezione, mentre quella minore con la base b : in tal caso il rapporto di forma risulta H/b . Nel caso di sezione ottenuta dalla composizione di più rettangoli, il rapporto può essere approssimato da quello fra l'altezza H e il minore degli spessori dei rettangoli, ovvero il minore fra b e t .

La Figura 19 illustra, invece, sezioni non compatte, propriamente dette profili sottili: in questi casi, il rapporto di forma è dato dal rapporto fra dimensione massima della sezione e spessore delle parti e varia da 20 a 100.

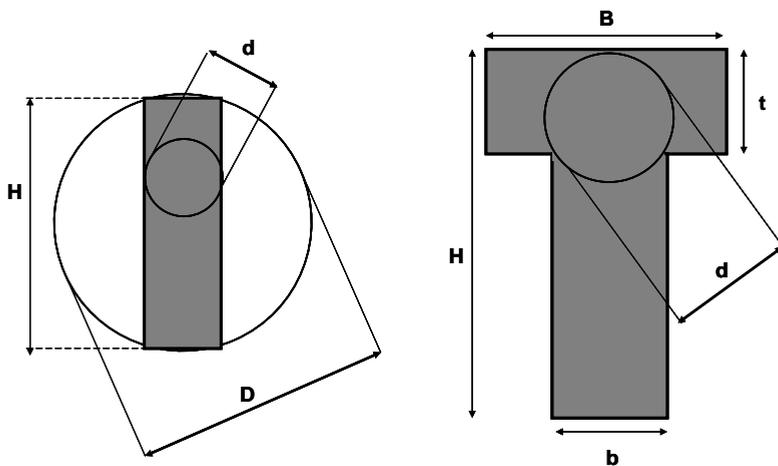


Figura 18. Sezioni compatte semplici o composte rettangolari.

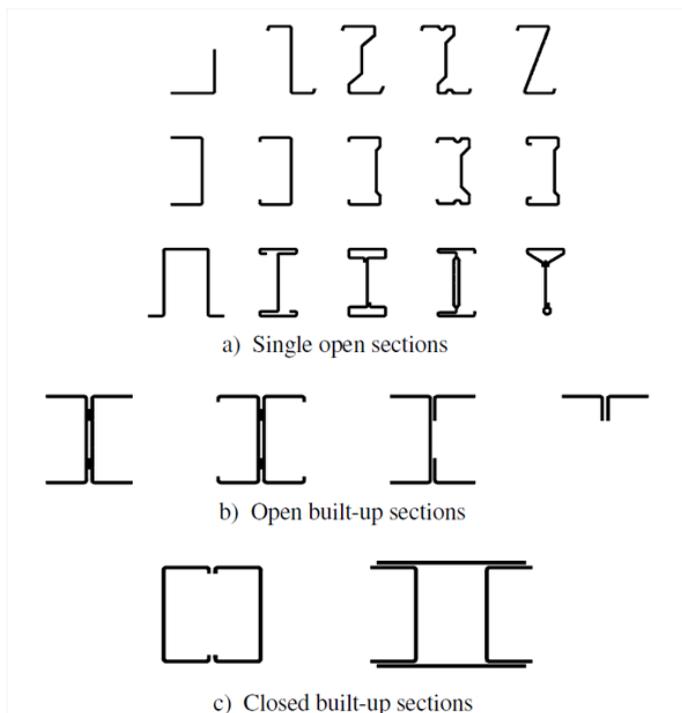


Figura 19. Sezioni non compatte: profili sottili.

B. ALLUNGAMENTO

Si fa riferimento alla Figura 20 dove sono rappresentati tre componenti strutturali, ciascuno che si sviluppa lungo un asse con una sezione compatta, per semplicità scelta pari ad un rettangolo di base B ed altezza H : tale dimensione, come visto, può essere considerata pari alla dimensione maggiore della sezione. Si definisce *allungamento geometrico* il rapporto $A_l = H/L$.

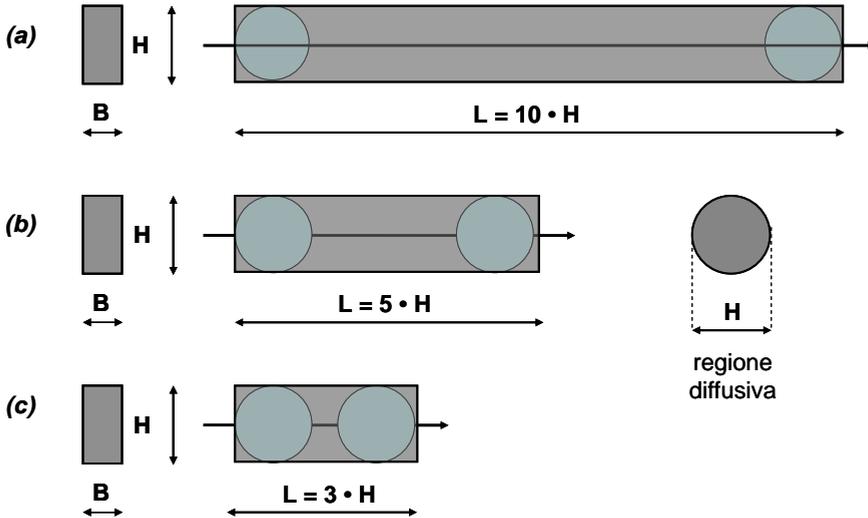


Figura 20. Allungamento geometrico per tre componenti:
 a) $A_l=10$, b) $A_l=5$, c) $A_l=3$.

Lo schema seguente classifica dal punto di vista ingegneristico i componenti strutturali in base all’allungamento geometrico: per ogni categoria, è richiamata la teoria strutturale che deve essere utilizzata per la descrizione analitica del componente stesso.

<i>Allungamento geometrico:</i>	<i>Categoria componente:</i>	<i>Teoria strutturale:</i>
$A_l < 3$	Travi alte – Lastre	Stato Piano di Sforzo (Teoria 2D dell’Elasticità)
$3 \leq A_l < 5$	Travi spesse	Teoria della Trave di Timoshenko
$5 \leq A_l < 20$	Travi	Teoria della Trave di Bernoulli-Navier
$A_l \geq 20$	Travi snelle	Teorie della Trave che tengano conto dell’elevata deformabilità del componente

Tabella 1. Classificazione dei componenti strutturali in base all’allungamento geometrico A_l .

Come si può intravedere dalla Tabella 1, la caratterizzazione geometrica del generico componente strutturale, in termini di compattezza della sezione ed allungamento geometrico, si intreccia con la formulazione analitica necessaria a descriverne il comportamento meccanico.

In altre parole, a seconda della morfologia del componente, si devono usare teorie differenti: nello specifico, la teoria relativa alla trave di Bernoulli-Navier risulta quella più elementare e semplice, imponendo una cinematica deformativa (distribuzione di deformazioni) essenzialmente lineare.

Dal punto di vista meccanico, si devono considerare, inoltre, i seguenti punti.

C. PRINCIPIO DI SAINT VENANT

Nella Figura 5 si considera un corpo solido generico. Si immagina che su una parte di superficie del corpo, caratterizzata da una dimensione significativa D , agisca il sistema di carichi A; alternativamente, si suppone che agisca il sistema di carichi B.

Il Principio di Saint Venant afferma che, ipotizzati i sistemi di carichi A e B staticamente equivalenti, al di fuori di una regione perturbata che ha grandezza approssimativa pari ad una sfera di diametro D , il corpo si trova nelle stesse condizioni di sforzo e deformazione.

In altre parole, se i sistemi A e B hanno le stesse risultanti globali, al di fuori di una regione diffusiva la cui dimensione massima è pari a circa D , il corpo non risente di variazioni nello stato di sforzo e deformazione complessivo.

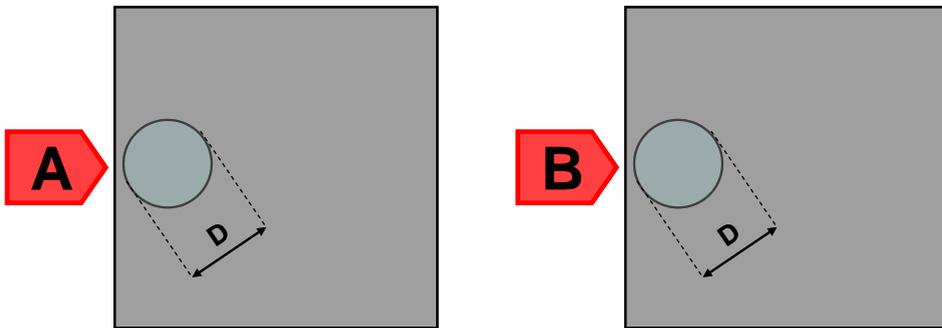


Figura 5. Principio di Saint Venant: sistemi di carichi A e B, staticamente equivalenti, applicati alternativamente su un generico corpo solido.

L'applicazione di questo principio alle travi è fatta con riferimento alla Figura 6: la stessa trave è soggetta al sistema A, composto da una coppia di forze uguali e contrarie di intensità F poste a distanza b ; il sistema B è invece costituito da un momento $C = F \cdot b$; entrambi i sistemi agiscono sulla faccia sinistra estrema della trave.

Essendo i due sistemi di carichi staticamente equivalenti, esternamente alla regione diffusiva che può essere assunta estesa per una distanza D pari all'altezza H della trave, la distribuzione degli sforzi e delle deformazioni è la stessa, come evidenziato dalla sezione a distanza $x > D$.

Per lo stesso principio, il sistema di carichi esterni C autoequilibrato, ovvero staticamente equivalente al sistema nullo, al di fuori della regione diffusiva non produce effetti.

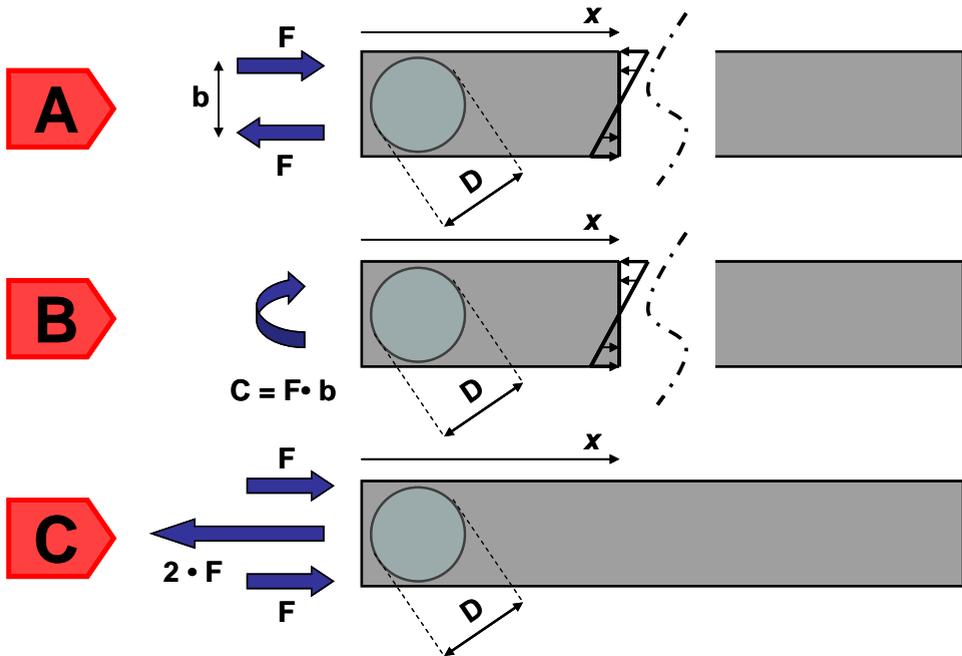


Figura 6. Sistemi di carichi A e B applicati alternativamente su un generico corpo solido per il Principio di Saint Venant.

Ritornando alla Figura 4, si può a questo punto osservare che per allungamenti minori di 3÷5 esiste lungo un componente strutturale una significativa estensione degli effetti diffusivi delle azioni applicate nelle sezioni estreme del componente stesso.

Tale regime diffusivo, estremamente complesso, non permette l'instaurarsi in una porzione significativa del componente di un regime statico semplice, coerente con modelli strutturali sintetici come quelli alla base delle varie teorie delle travi.

In fase di verifica strutturale, ovvero nell'esame di un fallimento strutturale, il riconoscimento della presenza di stati deformativi e, quindi, tensionali, non semplici, risulta uno dei punti importanti per la ricostruzione dell'accaduto.

D. REGIONI NODALI

In termini generali, il volume di una trave può essere suddiviso in due classi di regioni, così denominate mutuando termini anglosassoni:

<i>D-regions</i>	regioni diffuse, ovvero porzioni di volume del componente, le cui grandezze sono determinate in funzione della dimensione maggiore della sezione del componente, in cui esiste un regime statico e deformativo complesso, inquadrabile solamente all'interno della meccanica del continuo, con caratteristiche tridimensionali o, almeno, bidimensionali.
<i>B-regions</i>	porzioni di volume del componente in cui esiste un regime statico e deformativo semplice, che può essere inquadrato all'interno di una teoria strutturale della trave; la lettera B deriva da Bernoulli.

Estendendo il ragionamento, con il termine di nodo strutturale si può individuare in termini generali una zona della struttura in cui si ha un regime statico e deformativo complesso, perché:

- sono applicati carichi concentrati;
- sono applicati vincoli (che forniscono reazioni che appaiono alla struttura come carichi concentrati);
- esistono cambiamenti nella geometria della struttura, sia a) come discontinuità della sezione, sia b) come variazione della linea d'asse del componente;
- esistono cambiamenti di caratteristiche dei materiali.

In altri termini, all'interno del sistema strutturale, con il termine nodo si individua una zona di singolarità per la struttura stessa, sia in termini di presenza di azioni statiche sia in termini di discontinuità di caratteristiche.

In tali singolarità, il regime statico e deformativo risulta complesso, ed appare perturbato rispetto a conformazioni semplici coerenti con le varie teorie strutturali.

In termini progettuali, tali zone risultano quindi più complicate da definire, non essendovi formulazioni di modelli semplici di analisi. Questa mancanza di semplicità nell'analisi comporta che anche i modelli di progetto non saranno univocamente definibili: le regioni nodali sono dunque difficili da progettare.

E. REGIONI DIFFUSIVE E REGIONI DI BERNOULLI

Preliminare a qualsiasi valutazione analitica, deve essere impostata una valutazione qualitativa dell'organismo strutturale. Si consideri ad esempio il semplice telaio piano, tipico di un edificio adibito ad uso industriale, illustrato in Figura 7.

In tale figura, nella parte superiore, si possono riconoscere i componenti strutturali principali:

- elemento verticale (1) di sinistra, *colonna* in acciaio, dotata di una *mensola corta* (7) al fine di permettere l'appoggio della rotaia di scorrimento della ruota sinistra del carroponete (8);
- elemento verticale (2) destro, detto *colonna a baionetta*, a causa del cambio di sezione per poter appoggiare la rotaia di destra del carroponete (8);
- *traverso* (3), costituito da una trave a sezione costante nella parte sinistra e a sezione rastremata nella parte destra: più precisamente, la parte superiore della trave (*estradosso*) è orizzontale, mentre la parte inferiore (*intradosso*) risulta inclinata con un aumento dell'altezza della sezione del traverso;
- angolo rinforzato (6), tra la colonna di sinistra ed il traverso;
- plinto di sinistra (4) e plinto di destra (5).

A parte la trave del carroponete (8), che a causa della presenza dei fori presenta caratteristiche peculiari (*trave alveolare*), nel resto del sistema strutturale si possono individuare le seguenti regioni nodali che segmentano il sistema stesso:

- il nodo (A) ed il nodo (H) che individuano lo spiccatto delle colonne, sinistra e destra, dall'estradosso dei relativi plinti;
- il nodo (B) in cui si innesta la mensola corta ed il nodo (G) in cui è presente il cambio di sezione della colonna a baionetta;
- i nodi (C) ed (F) estremi del traverso;
- il nodo (E) in cui termina il tratto costante del traverso ed inizia il tratto rastremato;
- il nodo (D) in cui è applicato un carico concentrato sul traverso.

Come visto precedentemente, con *nodo* si intende identificare ogni zona strutturale che presenta delle singolarità dal punto di vista del dominio strutturale in termini di geometria e materiale, oppure in termini di condizioni al contorno, sia vincoli o carichi concentrati.

Individuate così le zone nodali, nella parte inferiore della Figura 7 è illustrato come procedere alla delimitazione delle regioni diffusive all'interno del sistema strutturale. Infatti, partendo dalle sezioni strutturali evidenziate con linee tratteggiate, si possono marcare le aree circolari che risultano *D-regions* (*regioni diffusive*): il resto del volume strutturale risulta essere composto in maniera complementare da *B-regions* (*regioni di Bernoulli-Navier*).

Va osservato che ciascuno dei plinti opera come regione di diffusione doppia: da una parte, diffonde lo stato tensionale delle colonne di acciaio alla massa di conglomerato armato che costituisce il plinto stesso; dall'altro, questo stato di sforzo è diffuso al terreno sottostante. Le dimensioni globali dei vari componenti strutturali rispecchiano i differenti tassi di lavoro consentiti dai diversi materiali costituenti.

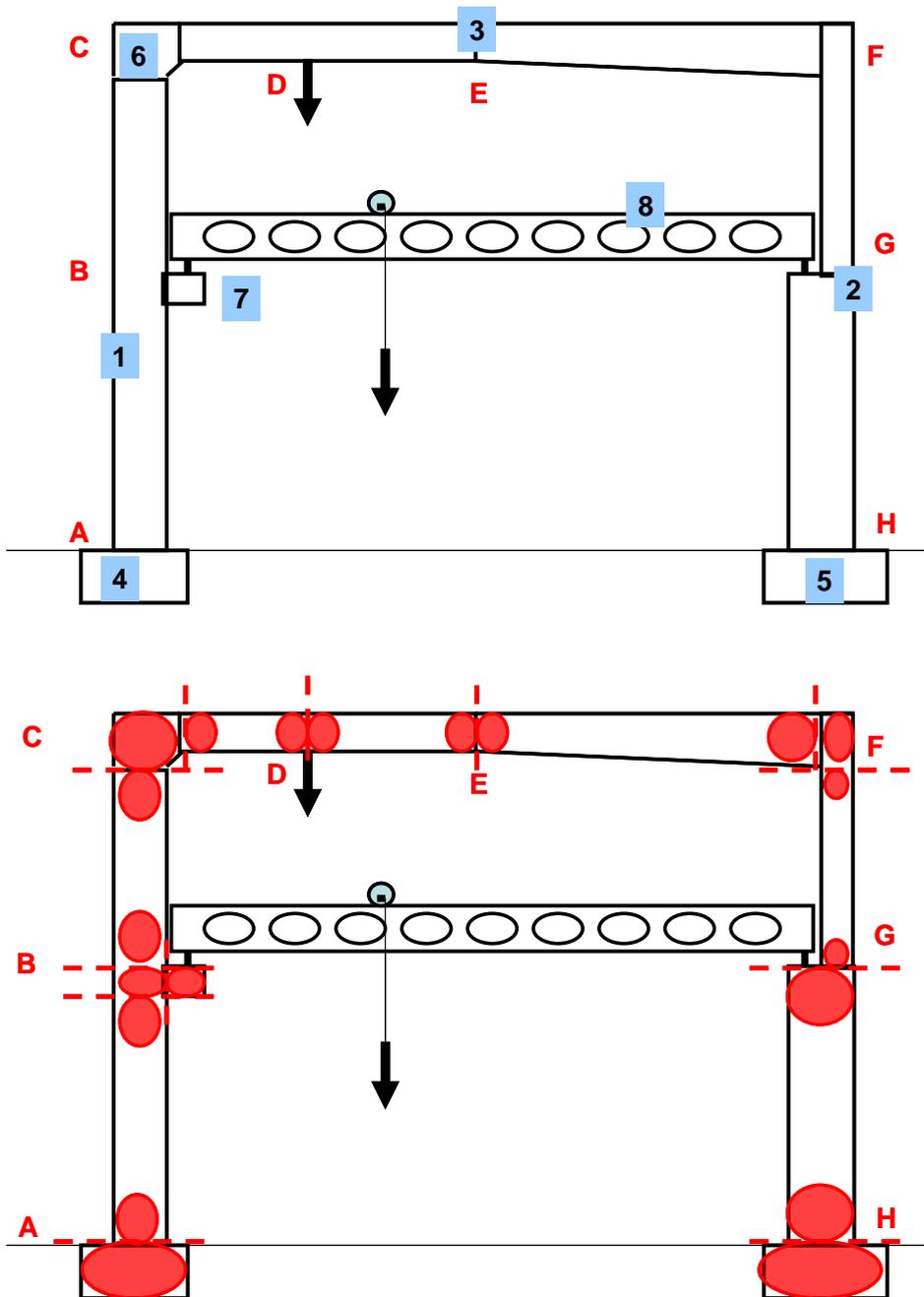


Figura 7. Individuazione delle regioni nodali (*D-regions*) e delle regioni di Bernoulli-Navier (*B-regions*) per un telaio piano.

CONCLUSIONI

In questo capitolo, si sono sintetizzati gli aspetti essenziali che possono essere utili a capire sia un sistema strutturale sia a poterne interpretare le relazioni di calcolo. Il tema richiederebbe ben più ampia trattazione: qui sono riassunti solo, alla luce dell'esperienza, pochi fatti fondamentali.

Questi punti, sono quelli che guidano l'esame di documentazioni di progetto e relazioni di calcolo costituite spesso da risme di carta, stampate fronte/retro con carattere punto 6. (Figura 8): questi documenti risultano parecchie delle volte, solo oggetti strumentali a perorare valutazioni sostanza fallacie perché basate su assunzioni inattendibili, metodi di calcolo improbabili, verifiche artificiose.

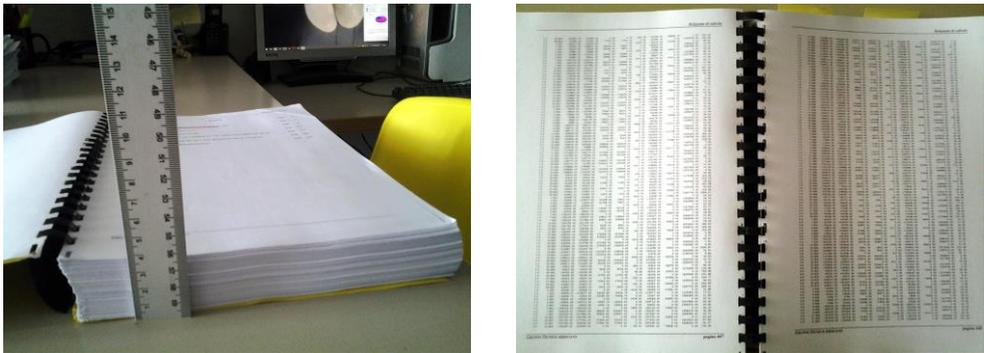


Figura 8. Relazione di calcolo.

Una valutazione corretta di una struttura deve essere:

1. impostata correttamente, con giustificazioni adeguate sui dati di partenza, i metodi di calcolo, e il giudizio dei risultati ottenuti;
2. se sono presenti valutazioni non lineari, queste devono essere impostate in maniera sobria e devono essere sviluppate per intero, partendo dalla configurazione scarica della struttura, seguendone il percorso di carico reale;
3. deve essere capito il meccanismo di sviluppo dell'azione, per carico imposto o per spostamento impresso;
4. devono essere adottate le strategie di I) analisi di sensibilità ai parametri, di II) delimitazione della soluzione, di III) ridondanza; quest'ultima è forse la più delicata, oltre ad essere la più costosa in termini di risorse: sono tutti i controlli necessari a prevenire errori;
5. le condizioni al contorno, risultano spesso le più difficili da comprendere e ricostruire;
6. a priori, deve esserci una solida comprensione del sistema strutturale, con la

individuazione delle parti che raccolgono, trasmettono e stabilizzano i carichi;

7. infine, a comprensione di comportamenti elementari, come quello di trave, e il riconoscimento di regioni diffusive, permette di individuare le criticità maggiori.

Vale la pena osservare che esistono indicazioni in letteratura su come compilare documenti tecnici, sia nella sostanza sia nella forma (Forzano e Castagnam 1998; Lesina, 2009): questi testi devono essere tenuti ben presenti.

Nell'ottica della disciplina dell'Ingegneria Forense, tutta la buona condotta che porta a un successo, se non trovata applicata nel caso in esame, può aver condotto al fallimento strutturale che si sta cercando di spiegare.

Partire osservando nella documentazione cosa di ordinato e corretto non si è fatto o capito, è dunque un ottimo inizio.

BIBLIOGRAFIA

Bontempi F.: Frameworks for structural analysis. In: *Proceedings of The Tenth International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing (CC05)*. Civil-Comp Press, ISBN: 9781905088027, Rome (Italy), 30 August - 2 September 2005.

Bontempi F., Arangio S., Sgambi L.: *Tecnica delle Costruzioni: basi della progettazione. Elementi intelaiati in acciaio*. vol. 1, p. 1-389, Carocci, ISBN: 9788843044566, 2008.

Bontempi F, Malerba P.G., Il controllo della formulazione tangente per la soluzione di problemi strutturali non lineari, STUDI E RICERCHE - Scuola di Specializzazione "F.lli Pesenti.", Politecnico di Milano, 1996.

Symonds P.S., Special cases in study of anomalous dynamic elastic-plastic response of beams by a simple model., *International Journal of Solids and Structures*, Volume 27, Issue 3, 1991, Pages 299-314.

Engel, H., *Structure Systems* 3rd Edition.

Forzano P., Castagna P., *Dal disegno di grafi all'analisi strutturata di problemi*, Franco Angeli, 1998.

Lesina R., *Il nuovo manuale di stile. Guida alla redazione di documenti, relazioni, articoli, manuali, tesi di laurea.*, Zanichelli, 2009.

Bontempi F.: *Basis of Design and expected Performances for the Messina Strait*

Bridge. *Proceedings of the International Conference on Bridge Engineering – Challenges in the 21st Century*, Hong Kong, 1-3 November, 2006.

PROCEDIMENTI E RUOLI DAL PUNTO DI VISTA TECNICO NEL CONTESTO CIVILE

Gabriella Parlante
Milano

1. INTRODUZIONE

Diversi sono i ruoli che un professionista può trovarsi a dover ricoprire nell'ambito di procedimenti giudiziari civili ordinari o alternativi (ADR).

Nel seguito si è volontariamente escluso il caso in cui si possa essere parte, non essendo tale ruolo correlato alla trattazione presente.

Il processo civile è uno strumento giuridico atto a dirimere controversie aventi ad oggetto il diritto privato. Si basa sui principi del diritto processuale civile contenuti per gran parte nel codice di procedura civile e può essere di vari tipi: cognizione, esecuzione, concorsuali e cautelare.

Altri procedimenti di tipo civile sono quelli relativi alle procedure concorsuali e al contenzioso tributario.

Tuttavia, accanto alla giustizia ordinaria, si ricorre sempre più - volontariamente o perché obbligati per legge - alla risoluzione alternativa delle controversie (ADR) di cui meglio si dirà in un successivo capitolo.

Si definiscono nel seguito, sia pur sinteticamente, i procedimenti in cui i professionisti possono trovarsi a svolgere un ruolo attivo.

2. PROCEDIMENTI

2.1 Procedimenti cognitivi

Il processo di cognizione è la tipologia di processo civile principale, i cui protagonisti sono:

- l'Attore, (colui che avvia il processo e deve esporre le sue ragioni);
- il Convenuto (il soggetto che avrebbe arrecato un torto ai danni dell'Attore);
- il Giudice (colui che dopo aver sentito le ragioni dell'attore e le obiezioni del convenuto emette la sentenza).

Il contenuto delle domande che le parti (attore, convenuto, terzi intervenuti o terzi chiamati nel processo) rivolgono al Giudice costituiscono l'oggetto del processo (ovvero oggetto della decisione): è richiesta una esplicita pronuncia con sentenza idonea a passare in giudicato (cioè idonea a divenire incontrovertibile una volta

esperiti tutti i mezzi di impugnazione concessi dall'ordinamento o una volta spirati i relativi termini di legge).

Il processo cognitivo è costituito da molteplici fasi che non si ritiene di riportare per economia di esposizione.

Nella fase istruttoria, nel caso in cui il Giudice - *peritum peritorum* - lo ritenga necessario ed opportuno, può nominare quale proprio ausiliario un consulente tecnico, chiamato Consulente Tecnico di Ufficio (CTU). Le parti, a loro volta, possono nominare un proprio consulente, chiamato Consulente Tecnico della Parte (CTP).

Dunque in tali procedimenti il professionista può svolgere il ruolo di consulente del Giudice (CTU) o delle parti (CTP).

2.2 Procedimenti cautelari

La Legge 80/2005 ha portato ampie modifiche al Codice di procedura civile e, in materia di procedimenti cautelari, ha modificato l'art.696 c.p.c. (*"accertamento tecnico ed ispezione giudiziale"*) ed ha introdotto ex novo l'art.696 bis c.p.c., (*"consulenza tecnica preventiva ai fini della composizione della lite"*). I due istituti pure con diversi fini e funzioni, sono stati sistematicamente collocati dal legislatore nello stesso capo (III) e titolo (IV) del libro del c.p.c. intitolato *"dei procedimenti cautelari"* e significativamente nella sezione IV titolata *"dei procedimenti di istruzione preventiva"*.

2.2.1 Art. 696 c.p.c.: Accertamento tecnico e ispezione giudiziale

"Chi ha urgenza di far verificare, prima del giudizio, lo stato di luoghi o la qualità o la condizione di cose può chiedere, a norma degli articoli 692 e seguenti, che sia disposto un accertamento tecnico o un'ispezione giudiziale.

L'accertamento tecnico e l'ispezione giudiziale, se ne ricorre l'urgenza, possono essere disposti anche sulla persona dell'istante e, se questa vi consente, sulla persona nei cui confronti l'istanza è proposta. L'accertamento tecnico di cui al primo comma può comprendere anche valutazioni in ordine alle cause e ai danni relativi all'oggetto della verifica.

Il presidente del tribunale, il pretore o il giudice di pace provvede nelle forme stabilite negli articoli 694 e 695, in quanto applicabili, nomina il consulente tecnico e fissa la data dell'inizio delle operazioni."

La norma in esame risponde all'esigenza di raccogliere la prova prima dell'instaurazione del processo di merito ed in vista di questo. Inoltre, il Legislatore ha ampliato l'ambito dell'indagine preventiva dalla semplice verifica dello stato dei luoghi o della condizione delle cose alla valutazione in ordine alle cause e ai danni relativi all'oggetto della verifica.

Presupposti indefettibili per l'accertamento, posti dalla norma, anche così modificata, restano il c.d. "*periculum in mora*" e il c.d. "*fumus boni juris*". Non è dunque possibile concedere la raccolta preventiva in assenza di ragioni cautelari.

Per quanto attiene alla natura dell'accertamento tecnico una recente sentenza della Suprema Corte ha osservato che "*se è pur vero che l'accertamento tecnico preventivo non è un mezzo di prova, essendo finalizzato principalmente a far verificare, prima del giudizio, lo stato dei luoghi o la qualità o la condizione di cose, che, suscettibili di mutamenti o alterazioni nel tempo, vanno accertati e documentati per essere portati poi alla cognizione del giudice prima che ciò possa accadere, per consentirgli di decidere sulla base delle prospettazioni e deduzioni fatte con riferimento a quelle condizioni ed a quello stato, è altrettanto vero che dagli accertamenti e rilievi compiuti in fase preventiva il giudice può trarre utili elementi che, apprezzati e valutati unitamente e nel contesto delle altre risultanze processuali, possono concorrere a fondare il suo convincimento in ordine alla fondatezza dell'uno o dell'altro assunto.*"¹

2.2.2 Art.696 bis c.p.c.: Consulenza tecnica preventiva ai fini della composizione della lite

"L'espletamento di una consulenza tecnica, in via preventiva, può essere richiesto anche al di fuori delle condizioni di cui al primo comma dell'articolo 696, ai fini dell'accertamento e della relativa determinazione dei crediti derivanti dalla mancata inesatta esecuzione di obbligazioni contrattuali o da fatto illecito. Il giudice procede a norma del terzo comma del medesimo articolo 696. Il consulente, prima di provvedere al deposito della relazione, tenta, ove possibile, la conciliazione delle parti.

Se le parti si sono conciliate, si forma processo verbale della conciliazione.

Il giudice attribuisce con decreto efficacia di titolo esecutivo al processo verbale, ai fini dell'espropriazione e dell'esecuzione in forma specifica e per l'iscrizione di ipoteca giudiziale.

Il processo verbale è esente dall'imposta di registro.

Se la conciliazione non riesce, ciascuna parte può chiedere che la relazione depositata dal consulente sia acquisita agli atti del successivo giudizio di merito.

Si applicano gli articoli da 191 a 197, in quanto compatibili."

¹ Sent. Cass.Civ., II Sez., n.2800 del 06-02-2008.

Tale istituto si inserisce fra gli altri mezzi di conciliazione previsti dal Codice di procedura civile, quali gli artt. 198, 199 e 200, che già prevedevano la possibilità per il consulente tecnico nominato di tentare la conciliazione delle parti, ovvero l'art. 322 c.p.c. che prevede la conciliazione in sede non contenziosa davanti al Giudice di Pace, o, ancora, l'art. 185 c.p.c. che disciplina il tentativo di conciliazione nel processo ordinario quale naturale sbocco per l'interrogatorio libero delle parti dinanzi al Giudice. E, infine, l'art. 410 c.p.c. che, in sede di processo del lavoro, prevede l'esperibilità del tentativo obbligatorio di conciliazione come condizione di procedibilità della causa di merito.

Tutti questi strumenti, e quindi anche la consulenza tecnica di cui all'art. 696 bis c.p.c., sono stati introdotti dal Legislatore per la necessità di deflazionare il carico del contenzioso dei Giudici civili.

Nell'art. 696 bis c.p.c. scompaiono i presupposti di "*periculum in mora*" e "*fumus boni juris*", fondamentali nell'art. 696 c.p.c., consentendo così di domandare la consulenza tecnica preventiva anche laddove non vi sia urgenza di verifica.

In tali procedimenti, i Professionisti possono ricoprire il ruolo di Consulente Tecnico d'Ufficio del Giudice (CTU) o di Consulente delle Parti (CTP).

2.3 Procedure esecutive

Il processo esecutivo è rivolto alla soddisfazione dell'interesse del creditore, che deve ottenere ciò che gli è dovuto nel quadro e con le garanzie dell'ordinamento giuridico, nei limiti di quanto la Legge o il Giudice stabilisce.

Il processo esecutivo presuppone l'esistenza di un valido titolo esecutivo. Tra i processi esecutivi occorre innanzitutto distinguere l'*espropriazione forzata*, mediante la quale viene soddisfatta una pretesa del creditore avente ad oggetto una somma di danaro, dall'*assegnazione forzata*, in cui il bene o il credito è trasferito al creditore istante, attraverso l'intervento giudiziale, dall'*esecuzione in forma specifica*, avente ad oggetto la consegna o il rilascio di beni mobili o immobili determinati oppure un obbligo di fare o di non fare.

L'espropriazione forzata, a sua volta, può avere ad oggetto beni mobili, beni immobili o crediti del debitore. Il primo atto dell'espropriazione forzata è il *pignoramento*, ossia un atto mediante il quale il creditore, anche per tramite dell'Ufficiale Giudiziario, imprime un vincolo di indisponibilità sui beni del debitore. Dopodiché si procede alla vendita forzata o all'assegnazione dei beni pignorati e, infine, alla distribuzione della somma ricavata in favore del creditore precedente e dei creditori intervenuti.

Ai fini della vendita forzata, il Giudice dell'Esecuzione nomina un esperto per la valutazione del cespite oggetto di pignoramento, cui è demandata una attività di *due diligence*, ai sensi degli artt. 173 bis, 568 e 569 c.p.c.:

Art. 173 bis c.p.c. - Contenuto della relazione di stima e compiti dell'esperto

L'esperto provvede alla redazione della relazione di stima dalla quale devono risultare:

- 1) l'identificazione del bene, comprensiva dei confini e dei dati catastali;*
- 2) una sommaria descrizione del bene;*
- 3) lo stato di possesso del bene, con l'indicazione, se occupato da terzi, del titolo in base al quale è occupato, con particolare riferimento alla esistenza di contratti registrati in data antecedente al pignoramento;*
- 4) l'esistenza di formalità, vincoli o oneri, anche di natura condominiale, gravanti sul bene che resteranno a carico dell'acquirente, ivi compresi i vincoli derivanti da contratti incidenti sulla attitudine edificatoria dello stesso o i vincoli connessi con il suo carattere storico-artistico;*
- 5) l'esistenza di formalità, vincoli e oneri, anche di natura condominiale, che saranno cancellati o che comunque risulteranno non opponibili all'acquirente;*
- 6) La verifica della regolarità edilizia e urbanistica del bene nonché l'esistenza della dichiarazione di agibilità dello stesso previa acquisizione o aggiornamento del certificato di destinazione urbanistica previsto dalla vigente normativa.*

L'esperto prima di ogni attività controlla la completezza dei documenti di cui all'articolo 567, secondo comma, del codice, segnalando immediatamente al giudice quelli mancanti o inidonei.

L'esperto, terminata la relazione, ne invia copia ai creditori procedenti o intervenuti e al debitore, anche se non costituito, almeno quarantacinque giorni prima dell'udienza fissata ai sensi dell'articolo 569 del codice, a mezzo posta ordinaria o posta elettronica, nel rispetto della normativa, anche regolamentare, concernente la sottoscrizione, la trasmissione e la ricezione dei documenti informatici e teletrasmessi.

Le parti possono depositare all'udienza note alla relazione purché abbiano provveduto, almeno quindici giorni prima, ad inviare le predette note al perito, secondo le modalità fissate al terzo comma; in tale caso l'esperto interviene all'udienza per rendere i chiarimenti.

Art. 568 c.p.c.

Agli effetti dell'espropriazione il valore dell'immobile è determinato dal giudice avuto riguardo al valore di mercato sulla base degli elementi forniti dalle parti e dall'esperto nominato ai sensi dell'articolo 569, primo comma.

Nella determinazione del valore di mercato l'esperto procede al calcolo della superficie dell'immobile, specificando quella commerciale, del valore per metro quadro e del valore complessivo, esponendo analiticamente gli adeguamenti e le correzioni della stima, ivi compresa la riduzione del valore di mercato praticata per l'assenza della garanzia per vizi del bene venduto, e precisando tali adeguamenti in maniera distinta per gli oneri di regolarizzazione urbanistica, lo stato d'uso e di manutenzione, lo stato di possesso, i vincoli e gli oneri giuridici non eliminabili nel corso del procedimento esecutivo, nonché per le eventuali spese condominiali insolute².

Art. 569 c.p.c.

A seguito³ dell'istanza di cui all'articolo 567 il giudice dell'esecuzione, entro quindici giorni dal deposito della documentazione di cui al secondo comma dell'articolo 567, nomina l'esperto che presta giuramento in cancelleria mediante sottoscrizione del verbale di accettazione e fissa l'udienza⁴ per la comparizione delle parti e dei creditori di cui all'articolo 498 che non siano intervenuti [disp. att. 175]⁵. Tra la data del provvedimento e la data fissata per l'udienza non possono decorrere più di novanta giorni. All'udienza le parti possono fare osservazioni circa il tempo e le modalità della vendita⁶, e debbono proporre, a pena di decadenza, le opposizioni agli atti esecutivi, se non sono già decadute dal diritto di

² Articolo così modificato dal D. L. 27 giugno 2015, n. 83, convertito, con modificazioni, nella L. 6 agosto 2015, n.132.

³ Tale articolo è stato così modificato dal D.L. 35/2005, dalla Legge 263/2005 con decorrenza dal 1 marzo 2006, dal D.L. 29-12-2009 n. 193, convertito nella Legge 22-02-2010 n. 24 e infine dal D.L. 12 settembre 2014, n. 132, convertito, con modificazioni, dalla L. 10 novembre 2014, n. 162, e da ultimo modificato dal D. L. 27 giugno 2015, n. 83, convertito, con modificazioni, nella L. 6 agosto 2015, n.132.

⁴ Tale articolo è stato così modificato dal D.L. 35/2005, dalla legge 263/2005 con decorrenza dal 1 marzo 2006, dal D.L. 29-12-2009 n. 193, convertito nella Legge 22-02-2010 n. 24 e infine dal D.L. 12 settembre 2014, n. 132, convertito, con modificazioni, dalla L. 10 novembre 2014, n. 162, e da ultimo modificato dal D. L. 27 giugno 2015, n. 83, convertito, con modificazioni, nella L. 6 agosto 2015, n.132.

⁵ I creditori titolari di un diritto di prelazione, i quali erano stati destinatari dell'avviso di cui all'art. 498 del c.p.c., partecipano all'udienza di cui alla norma in esame in quanto la vendita purga le ipoteche. Infatti, l'omessa comunicazione del decreto che fissa l'udienza per l'audizione, o un suo vizio, determinano una nullità che può essere sanata dalla comparizione dei destinatari della comunicazione.

⁶ Durante tale udienza le parti possono formulare osservazioni in ordine al tempo e alla modalità della vendita, finalizzate a migliorare lo svolgimento del procedimento. Queste osservazioni si caratterizzano per avere un'efficacia meramente indicativa, non vincolando in nessun modo l'operato del Giudice.

*proporle*⁷.

Nel caso in cui il giudice disponga con ordinanza la vendita forzata, fissa un termine non inferiore a novanta giorni, e non superiore a centoventi, entro il quale possono essere proposte offerte d'acquisto ai sensi dell'articolo 571. Il giudice con la medesima ordinanza stabilisce le modalità con cui deve essere prestata la cauzione, se la vendita è fatta in uno o più lotti, il prezzo base determinato a norma dell'articolo 568, l'offerta minima, il termine, non superiore a centoventi giorni dall'aggiudicazione, entro il quale il prezzo dev'essere depositato, con le modalità del deposito e fissa, al giorno successivo alla scadenza del termine, l'udienza per la deliberazione sull'offerta e per la gara tra gli offerenti di cui all'articolo 573. Quando ricorrono giustificati motivi, il giudice dell'esecuzione può disporre che il versamento del prezzo abbia luogo ratealmente ed entro un termine non superiore a dodici mesi. Il giudice provvede ai sensi dell'articolo 576 solo quando ritiene probabile che la vendita con tale modalità possa aver luogo ad un prezzo superiore della metà rispetto al valore del bene, determinato a norma dell'articolo 568.

*Con la stessa ordinanza, il giudice stabilisce, salvo che sia pregiudizievole per gli interessi dei creditori o per il sollecito svolgimento della procedura, che il versamento della cauzione, la presentazione delle offerte, lo svolgimento della gara tra gli offerenti e, nei casi previsti, l'incanto, nonché il pagamento del prezzo, siano effettuati con modalità telematiche, nel rispetto della normativa regolamentare di cui all'articolo 161-ter delle disposizioni per l'attuazione del presente codice*⁸.

Se vi sono opposizioni il tribunale le decide con sentenza e quindi il giudice dell'esecuzione dispone la vendita con ordinanza.

Con la medesima ordinanza il giudice fissa il termine entro il quale essa deve essere notificata, a cura del creditore che ha chiesto la vendita o di un altro autorizzato, ai creditori di cui all'articolo 498 che non sono comparsi.

Nelle procedure esecutive non è generalmente prevista la presenza dei CTP, anche se le parti possono presentare osservazioni alla relazione dell'Esperto entro 15 giorni dalla data fissata per la comparizione delle parti.

⁷ Le opposizioni di cui alla norma in esame sono solamente quelle che riguardano il regolare svolgimento degli atti esecutivi, oltre che l'osservanza dei presupposti generali del processo, ovvero quelle di cui all'art. 617 del c.p.c.. Pertanto, non potranno essere proposte se è decorso il termine perentorio di venti giorni dal loro compimento.

⁸ Comma modificato così dal D. L. 3 maggio 2016, n. 59, in vigore dal 4 maggio 2016, convertito con modificazioni dalla L. 30 giugno 2016, n. 119.

2.4 Procedure concorsuali

Sono le procedure giudiziali cui è assoggettata un'impresa commerciale che sia

- insolvente,
- in possesso dei requisiti di cui all'art. 1 comma 2 della Legge Fallimentare⁹ (attivo patrimoniale, ricavi lordi, debiti).

Una volta accertata l'esistenza dei due requisiti, le procedure concorsuali disciplinano il rapporto tra il soggetto insolvente ed i suoi creditori con la presenza di un'autorità pubblica ed altri soggetti, che variano a seconda della procedura e valutano la possibilità di prosecuzione dell'attività d'impresa, ovvero la liquidazione del patrimonio.

Esistono diversi tipi di procedure concorsuali e tutte hanno la caratteristica di privare il soggetto che vi è sottoposto di una parte della sua *autonomia*. Infatti, con la procedura concorsuale, all'imprenditore vengono sottratte le disponibilità sui suoi beni oppure si nomina un soggetto che supervisiona e controlla l'attività di gestione dell'impresa.

In ogni caso si tratta di procedure generali e collettive, nel senso che coinvolgono l'intero patrimonio dell'imprenditore e coinvolgono tutti i creditori dell'imprenditore. Le procedure concorsuali vogliono salvaguardare la *par condicio creditorum*, ovvero il trattamento paritario di tutti i creditori, per questo motivo le ordinarie tutele del creditore, ovvero le azioni cautelari e le azioni esecutive individuali, sono sostituite da queste procedure, che sono forme di tutela collettiva. Le procedure concorsuali attualmente regolate dalla legge italiana sono:

- il fallimento,
- il concordato preventivo,
- la liquidazione coatta amministrativa,
- l'amministrazione straordinaria delle grandi imprese in stato d'insolvenza,
- l'amministrazione straordinaria speciale.

In tali procedure, il Professionista può essere nominato Perito, incaricato della stima del patrimonio immobiliare e/o dell'azienda oppure, nell'eventualità di cause promosse o intentate contro il fallimento, può essere nominato Consulente del Fallimento, con ruolo di CTP.

⁹ Legge Fallimentare (Regio Decreto 16 marzo 1942, n. 267) aggiornata con le modifiche apportate dal D.L. 27 giugno 2015, n. 83, convertito, con modificazioni, dalla L. 6 agosto 2015 n. 132, dal D.Lgs. 16 novembre 2015 n. 180 e con le ultime modifiche apportate dal D.L. 3 maggio 2016 n. 59, convertito con modifiche, dalla L. 30 giugno 2016, n. 119, entrata in vigore dal 3 luglio 2016.

2.5 Contenzioso tributario

È un procedimento giurisdizionale che ha per oggetto le controversie di natura tributaria tra il Contribuente e l'Amministrazione finanziaria; il ricorrente (di solito il cittadino) si rivolge alla Pubblica Amministrazione per ottenere la rimozione di atti ritenuti illegittimi.

La competenza spetta alla Commissione Tributaria. Il contenzioso tributario può instaurarsi solo a seguito dell'impugnazione di uno degli atti tassativamente prescritti dall'articolo 19 del Decreto Legislativo n. 546/1992. Gli atti avverso i quali può essere proposto ricorso sono:

1. l'avviso di accertamento del tributo;
2. l'avviso di liquidazione del tributo;
3. il provvedimento che irroga le sanzioni;
4. il ruolo e la cartella di pagamento;
5. l'avviso di mora;
6. l'iscrizione di ipoteca sugli immobili;
7. il fermo di beni mobili registrati;
8. gli atti relativi alle operazioni catastali;
9. il rifiuto espresso o tacito della restituzione di tributi, sanzioni pecuniarie ed interessi o altri accessori non dovuti;
10. il diniego o la revoca di agevolazioni o il rigetto di domande di definizione agevolata di rapporti tributari;
11. ogni altro atto per il quale la legge ne preveda l'autonoma impugnabilità davanti alle commissioni tributarie.

Il processo è informato al cosiddetto *principio dispositivo* ovvero le parti devono indicare nei loro atti di causa le prove di cui intendono avvalersi per supportare le proprie ragioni. Tuttavia in casi eccezionali, le commissioni possono esercitare i poteri concessi agli uffici dalle singole leggi d'imposta per acquisire dati e notizie. Possono altresì disporre consulenze tecniche, quando la complessità della causa lo renda opportuno (art. 7). In ogni caso non è ammesso il giuramento.

In tali procedimenti i professionisti possono ricoprire dunque il ruolo di consulenti di ufficio o delle parti. È invece loro interdetto per Legge¹⁰ il ruolo di Giudice Tributario.

2.6 Arbitrati

L'arbitrato (dal latino *arbitratus*, cioè *giudizio*) è un metodo alternativo di risoluzione delle controversie (cioè senza ricorso a un procedimento giudiziario) per risolvere liti in materia civile e commerciale mediante l'affidamento di un apposito

¹⁰ Decreto Legislativo 545/1992 smi.

incarico a un soggetto terzo rispetto alla controversia, detto arbitro, o a più soggetti terzi, che formano il cosiddetto collegio arbitrale¹¹, i quali giudicano la controversia ed emettono una pronuncia, detta lodo arbitrale, che contiene la soluzione del caso ritenuta più appropriata.

L'istituto dell'arbitrato è previsto dal Codice di procedura civile¹². È fatto divieto di ricorrere all'arbitrato per materie relative al diritto di famiglia e per quelle “*che non possono formare oggetto di transazione*” ovvero nel caso di diritti indisponibili e quindi per la mancanza di capacità negoziale sugli stessi.

Si rimanda al capitolo specifico per i dettagli.

In ogni caso, in tale tipo di procedimenti, i professionisti possono svolgere il ruolo di arbitro, di CTU dell'arbitrato e/o di CTP delle parti.

Similmente, in caso di arbitraggio - in cui è l'esecuzione di una parte del contratto ad essere messa in discussione ma non vi è vertenza insorta tra le parti - il professionista può ricoprire il ruolo di arbitratore o di consulente delle parti.

In entrambi i casi non è obbligatoria l'iscrizione del professionista ad una Camera Arbitrale ma è sufficiente l'iscrizione all'albo professionale.

2.7 Mediazione

La mediazione civile è l'attività professionale svolta da un terzo imparziale e finalizzata ad assistere due o più soggetti sia nella ricerca di un accordo amichevole per la composizione di una controversia, sia nella formulazione di una proposta per la risoluzione della stessa.

Due o più parti, assistite dai rispettivi avvocati (l'assistenza di un legale è obbligatoria quando la mediazione è condizione di procedibilità in giudizio e consigliata negli altri casi), si incontrano presso un Organismo di Mediazione accreditato dal Ministero della Giustizia per cercare un accordo attraverso il fondamentale intervento del mediatore.

Anche nel caso della mediazione - volontaria, delegata o obbligatoria - o dei procedimenti simili di conciliazione e negoziazione, il professionista può svolgere il ruolo di mediatore¹³ o di consulente delle parti.

¹¹ Normalmente formato da tre arbitri, di cui due scelti da ciascuna delle parti e il terzo nominato da una persona al di sopra delle parti, quale, per esempio, il Presidente di un Tribunale o di un Ordine Professionale o di una Camera Arbitrale.

¹² Libro IV, titolo VIII, artt. 806-840.

¹³ In tal caso il professionista deve essere iscritto ad apposito Organismo di Mediazione previa opportuna formazione professionale e successivo aggiornamento continuo.

3. RUOLI

Dall'esame di quanto esposto precedentemente, i ruoli che possono essere assunti dai professionisti sono:

- Consulente del Giudice (CTU) o Perito o Esperto, in funzione del procedimento;
- ausiliario del CTU;
- Consulente delle parti (CTP);
- Arbitro /arbitratore;
- Mediatore / conciliatore / negoziatore.

Può essere interessante analizzare la figura e la genesi del Consulente d'Ufficio, anche perché, come diceva Cicerone, "*chi non conosce il proprio passato non ha alcun futuro avanti a sé*".

La figura di CTU dei nostri giorni trae origine dal Codice di procedura civile del 1940: è un soggetto che non si limita a osservare e rispondere ma affianca e collabora con il Giudice (e in alcuni casi decide sostanzialmente una frazione della controversia). Anche l'etimologia - dal latino *consulere* - sta ad indicare l'attività di consigliare e/o suggerire, tant'è che il codice parla di ausiliario o di esperto.

Alcuni ritengono che l'espressione *judex arbiterve* del diritto romano debba essere così intesa: nei casi ordinari, il giudizio era rimesso al *judex*; nel caso di questioni che esigessero cognizioni speciali allora il giudizio era rimesso ad un *arbiter*¹⁴. Dunque, una persona in possesso di cognizioni speciali o tecniche, di cui già si parla nelle dodici tavole per i giudizi divisorii e la determinazione dei confini¹⁵.

Ben presto all'*arbiter* successe l'*agrimensor*. Gli studi di formazione per sostenere gli esami abilitanti alla professione comprendevano molteplici campi disciplinari: tecniche di misurazione, matematica, geometria, fisica terrestre, astronomia e diritto. Nozioni necessarie a comprendere quale intervento era possibile, se a cura del Giudice o dell'*agrimensor*¹⁶.

Successivamente, nel Medioevo, con l'avvento dei tribunali consolari, i consoli erano affiancati dai *legum periti*, necessari per colmare l'ignoranza dei giudici comunali di allora, esperti di politica, di guerra e di diplomazia ma non di diritto.

Tra il XII e il XIII secolo, i consoli furono sostituiti dai podestà: anche in tale epoca gli agrimensori continuarono ad avere una grande importanza sociale per l'applicazione della giustizia, gestendo le liti e le conflittualità nascenti tra le proprietà. Avevano l'obbligo di svolgere la propria attività previo giuramento da prestarsi all'inizio dell'anno.

¹⁴ Saredo G. - Istruzioni di procedura civile precedute dall'esposizione dell'ordinamento giudiziario italiano, vol. I, Pellas, 1873.

¹⁵ Lo Bianco A. - La pratica della perizia e dell'arbitrato, Hoepli, 1925.

¹⁶ In ogni caso era l'*agrimensor* a tracciare fisicamente il confine.

Si deve al Codice Napoleonico l'introduzione della figura del *perito* nel quadro del regolamento delle controversie civili. Si apprende come la relazione dovesse essere svolta da tre periti, a meno che le parti non convenissero concordemente per uno solo.

Nel 1865, con l'entrata in vigore del Codice di procedura civile del Regno di Italia, i principi regolatori delle perizie potevano così riassumersi:

- la perizia era un mezzo di prova;
- l'ammissione della perizia era rimessa al prudente apprezzamento del Giudice;
- non vi erano periti ufficiali tra i quali il Giudice dovesse scegliere;
- tutti potevano essere periti con l'esclusione di coloro che la legge dichiarava ricusabili dalle parti;
- le conclusioni dei periti non legavano la coscienza del Giudice.

Il perito era inteso come quella *persona dell'arte, scelta dalle parti o dal magistrato, cui riconoscendone l'idoneità, si affidava l'incarico di fornire gli elementi tecnici al Giudice al fine di amministrare la giustizia con illuminato criterio.*

Interessante notare che l'art.259 prevedeva che “... quando (i periti) ne facciano domanda, (il Giudice) determina la somma da depositarsi in cancelleria anticipatamente per le spese”. In tal caso, l'accettazione dell'incarico da parte del perito - che aveva chiesto il versamento dell'acconto prima di aver prestato il giuramento - poteva essere subordinato all'effettivo versamento della somma.

Inoltre, il perito non era tenuto ad annotare o registrare i dati ricavati sui luoghi, nei verbali di accesso, visto che del proprio lavoro avrebbe dovuto dare conto solo nel rapporto peritale; similmente, non era obbligato a manifestare il suo parere in relazione ai rilievi avanzati dalle parti, anzi “... il perito deve astenersi da qualunque giudizio che potrebbe lontanamente manifestare la propria opinione su qualunque oggetto che abbia attinenza con la perizia, se non nella sua relazione”¹⁷.

La norma prevedeva, inoltre, che la relazione dei tre periti fosse unica e in caso di divergenza di pareri si indicassero le diverse motivazioni senza associarle ai nomi di coloro che le avevano espresse: si riteneva, infatti, che la vera importanza consisteva nelle ragioni addotte dai periti e nella bontà del giudizio espresso e non nelle qualità personali degli stessi.

Importante appare il richiamo al perito “a evitare, nella redazione della perizia, l'inutile sfoggio - a proposito o a sproposito - di scienza, di teorie e principi che non hanno alcun legame con i quesiti posti né servono a chiarire le deduzioni ma servono solo a fare crescere il volume della relazione con grave pregiudizio della semplicità e della brevità, per giustificare le esagerate pretese di compensi. Ciò non è serio.”⁹

¹⁷ Lo Bianco A. - La pratica della perizia e dell'arbitrato, Hoepli, 1925.

Infine, dalla prescrizione imperativa della contemporanea sottoscrizione della perizia avanti al Cancelliere - *quando tutti i periti sappiano scrivere* - si deduce come le parti o il Giudice potessero nominare quali periti anche persone umili e appartenenti al basso cetto sociale ma in possesso delle conoscenze e competenze tecniche necessarie.

In conclusione, la centralità e la responsabilità della figura del consulente d'ufficio è rimasta inalterata nei secoli: forse, a ben esaminare, alcuni aspetti propedeutici a tale attività si sono persi lungo la via.

In sede civile, il Giudice o il Collegio Arbitrale può farsi assistere in una o più fasi del procedimento da uno o più consulenti (CTU) con particolare competenza tecnica, ai sensi dell'art.61 c.p.c., scelti usualmente tra le persone iscritte in particolari albi formati secondo le disposizioni di attuazione del codice civile.

In fase di giuramento - o meglio già in fase di ricezione dell'ordinanza di nomina in cui è previsto sia contenuto il quesito posto al consulente - il Tecnico designato è tenuto a verificare la propria competenza, richiedendo eventualmente la nomina di un ausiliario specialista di un particolare settore, a pena di essere valutato quantomeno imprudente. Non vanno, infatti, dimenticate le responsabilità civili e penali legate a tale ruolo, come stabilite dai codici vigenti, né le possibili conseguenti azioni sanzionatorie o disciplinari, comminate dal Presidente del Tribunale o dal proprio Ordine professionale.

L'*imparzialità* e l'*indipendenza* sono requisiti essenziali dei Consulenti di Ufficio, che devono agire con etica e deontologia professionale; aspetti, questi ultimi che non possono valere meno per i Consulenti di parte che, pur nell'espletamento del loro mandato, non possono né devono dimenticarli, come meglio si vedrà nel capitolo dedicato a questo argomento.

Uno degli aspetti fondamentali nell'attività del CTU è il rispetto del contraddittorio: occorre che le parti siano a conoscenza dell'inizio delle operazioni peritali - se tale data non è stata comunicata in sede di giuramento - nonché di quanto avviene nel corso delle operazioni peritali, tramite lettura del verbale redatto del CTU e controfirmato dai presenti.

Non devono essere effettuate comunicazioni unilaterali ad una delle parti senza che l'altra ne sia a conoscenza: è, pertanto, consigliabile evitare comunicazioni telefoniche, prediligendo l'uso di comunicazioni scritte (ormai via messaggi di posta elettronica) da inviare contestualmente alle parti - rappresentate dagli avvocati - ed ai consulenti delle parti.

Nella maggior parte dei procedimenti visti, il legislatore ha previsto, tra l'altro, che il CTU provveda all'invio della bozza della relazione alle parti affinché queste - o meglio i loro CTP - possano esprimere eventuali osservazioni.

Occorre precisare che la bozza deve essere la versione completa ed esaustiva della relazione che si trasforma in relazione definitiva con la sola integrazione delle eventuali osservazioni delle parti e delle relative brevi repliche.

Non è possibile che ad una parte dei quesiti il CTU risponda solo in fase finale.

Un ultimo aspetto riguarda il rispetto della privacy: il garante per la protezione dei dati personali ha emanato *Linee guida in materia di trattamento di dati personali da parte dei consulenti tecnici e dei periti ausiliari del Giudice e del pubblico Ministero*¹⁸.

Nel caso in cui il CTU non abbia specifica, puntuale competenza su uno o più aspetti che occorre esaminare ai fini di rispondere al quesito peritale, può richiedere al Giudice, che l'autorizza, la nomina di uno o più ausiliari, cultori di una specifica materia, per svolgere attività strumentale rispetto ai quesiti posti al CTU con l'incarico.

La due diligence dovuta dall'ausiliario dovrà essere tanto più puntuale quanto più "grave" sarà l'aspetto da esaminare.

Prendiamo ad esempio il caso, nell'ambito di una procedura esecutiva, della valutazione di un immobile soggetto a pignoramento che ha subito danni da sisma. È evidente che una errata valutazione dei danni prodotti dal sisma sull'immobile e dei costi per il ripristino potrebbero influire sostanzialmente sulla individuazione del valore del bene da porre a base d'asta.

Le parti, a loro volta possono farsi assistere da un consulente di fiducia (**Consulente Tecnico di Parte** o **CTP**) che ha essenzialmente un doppio ruolo: collaborazione con il CTU (per fornirgli il punto di vista tecnico della parte) e controllo tecnico dell'operato del CTU (fase di osservazioni alla bozza di relazione). Anche per i CTP vale il richiamo alla responsabilità come valore fondante della professione, senza dimenticare che la consulenza infedele è punita dal codice penale¹⁹.

Può essere interessante osservare che la credibilità di un CTP potrebbe essere distorta dalle seguenti azioni poste in essere dalla parte:

- nominare il CTP qualche ora prima dell'inizio delle operazioni peritali;
- destinare solo un piccolo budget per l'attività del CTP;
- convincere il proprio esperto a fare assunzioni non supportate o riscontrabili;
- esporre il proprio esperto all'influenza della parte che potrebbe renderlo strabico;
- trascurare i suggerimenti del CTP nella preparazione della causa e nella successiva fase istruttoria;
- non tenere conto delle possibili esigenze del CTP nella fase istruttoria;

¹⁸ Deliberazione del 26-6-2008, n.46 - G.U. n.178 del 31-7-2008.

¹⁹ Artt.380-381-383 Codice penale.

- richiedere al CTP di esprimersi su argomenti che non appartengono alla sua conoscenza professionale;
- fornire informazioni parziali o incomplete al CTP.

Non dimentichiamo che il rapporto con il Committente deve essere basato su lealtà e correttezza e caratterizzato da un *rapporto fiduciario*, anche se ha come obiettivo un risultato da raggiungere: dunque, il Professionista non è un dipendente o qualcuno a cui il Committente possa imporre la propria volontà.

Per l'Arbitro o arbitratore, valgono le considerazioni su esposte relative alla verifica etica della propria competenza ed alle responsabilità civili e penali connesse a tale ruolo, oltre agli aspetti fondamentali di indipendenza e imparzialità.

A ciò si aggiunge la necessità che, in special modo, l'Arbitro possieda conoscenze giuridiche necessarie ad una corretta impostazione del procedimento arbitrale e soprattutto per la pronuncia del lodo. Può suggerirsi, anche nel caso di arbitrati non amministrati, di avvalersi dell'ausilio di un avvocato che assuma il ruolo di Segretario al fine di verificare gli aspetti giuridici dell'attività dell'arbitro e/o del collegio arbitrale.

Per il Mediatore, oltre alle considerazioni su competenza, responsabilità civili e penali, indipendenza e imparzialità, occorre una formazione specifica che renda l'attività del professionista efficace: tattiche, possibili barriere e aspetti psicologici sono parte del bagaglio di un buon mediatore.

Simili considerazioni possono essere esposte anche con riferimento alle figure del Conciliatore e/o del Negoziatore.

4. IL CONTRATTO CON IL COMMITTENTE E I CONTENUTI DEL DISCIPLINARE D'INCARICO

Al Committente che vuole affidargli un incarico, il Professionista deve comunicare tempestivamente l'accettazione o la rinuncia (per non danneggiarlo con temporeggiamenti che non gli consentirebbero di rivolgersi, per tempo, ad altri professionisti).

In caso di accettazione, il Professionista deve chiarire subito quali azioni, tempi e costi comporti l'incarico.

Il contratto con il Committente è il primo atto che il Professionista deve compiere per fornire una prestazione. Non è solo un atto che regola la prestazione ma coinvolge anche il contesto sociale e civile in cui si agisce, oltre che elemento essenziale e determinante per un corretto svolgimento dell'attività professionale.

Il codice deontologico è, sostanzialmente e culturalmente, un contratto che il Professionista ha già stipulato con la Società, con i cittadini, con i colleghi, con l'Ordine e con la professione stessa.

In base alla Legge 27/2012 il contratto deve contenere i necessari dettagli su mansioni affidate, complessità, costo stimato dell'opera (se del caso) e tutti i costi ed oneri connessi, il / i compensi professionali, le condizioni al contorno, etc.

Il contratto deve essere sottoposto dal Professionista al Committente in forma scritta: se il Committente non lo sottoscrive, o non è disponibile, è importante poter dar prova inequivocabile di averlo trasmesso allo stesso, ottenendone relativo riscontro, potendosi considerare assolto l'obbligo deontologico, anche se il Committente non lo sottoscrive.

Ove il Professionista non intenda eseguire direttamente tutte le prestazioni affidategli (es: per collaboratori, altri professionisti o società), deve informare il Committente. In ogni caso, chiunque sia coinvolto è comunque sotto la sua responsabilità e direzione.

Per garantire una corretta informazione e trasparenza, è opportuno che, ove vi siano stati chiarimenti verbali con il Committente, si provveda subito a inviargli una comunicazione scritta (anche e-mail) con il riassunto delle decisioni prese, le modifiche, gli extra, ...

Nel caso in cui il compenso concordato non copra più le spese, occorre informare subito per iscritto il Committente, richiedendo una nuova contrattazione.

L'obbligatorietà del contratto scritto può dare una mano al professionista a superare le tergiversazioni del Cliente, potendo affermare che in mancanza di ciò, si è passibili di sanzioni disciplinari, di mancate coperture assicurative, di sanzioni con il fisco, di problemi con i soci, ecc...

Il Contratto è composto da:

- disciplinare: il documento che descrive in dettaglio il compito affidato;
- preventivo: il calcolo dettagliato del compenso.

L'accordo economico stabilito con il Committente diventa in sostanza "la tariffa" che regola quello specifico incarico.

Ma esistono casi in cui non si deve firmare o si deve recedere dal contratto?

Non si deve accettare l'incarico quando si possa desumere che la propria attività concorra ad operazioni illecite o illecittime (quindi non solo situazioni evidenti): infatti, se il Committente può non essere al corrente che una data cosa non si può fare, il Professionista è obbligato nel proprio campo a conoscere tutte le Leggi, norme, disposizioni.

Altra circostanza in cui bisogna rinunciare all'incarico si verifica, ad esempio, quando non si condividono più i termini dell'incarico per diverse condizioni, scaturite nel corso della trattativa (tempi di realizzazione, diverso grado di complessità) oppure se ci si accorgesse, anche ad incarico avviato, di non avere specifica competenza oppure adeguata capacità per rispondere a specifiche esigenze (o adeguata struttura dello studio).

Poiché la competenza si acquisisce operativamente con l'esperienza, all'inizio della professione è possibile non possederla: è opportuno allora richiedere di essere

affiancati da altro professionista o sostituiti.

Ancora, non si deve proseguire con l'incarico qualora ci siano circostanze o vincoli che possano *condizionare l'autonomia di giudizio*, ad esempio quando il Committente interferisce o si mette d'accordo direttamente con l'altra parte.

In caso di rinuncia per qualsiasi motivo, il professionista deve dare un congruo preavviso, per non danneggiare sia il committente sia gli eventuali colleghi (in caso di più incarichi) e per garantire continuità all'opera; ove il Committente fosse irreperibile, è opportuno inviare una notifica scritta A/R all'ultimo indirizzo conosciuto.

5. TIPOLOGIE DI INCARICHI E COMPENSI

Possiamo dunque distinguere tra:

- Consulenze professionali (su incarico di un Cliente)
 - Consulenza extragiudiziale
 - Consulenza tecnica di parte
 - Ausiliario del CTU
- Consulenze Tecniche di Ufficio (su incarico del Tribunale o di un Collegio Arbitrale)
 - Consulenza tecnica
 - Accertamento tecnico preventivo

Schematicamente, quando insorge una controversia tra due o più parti, si attiva un percorso del tipo indicato in Figura 1.

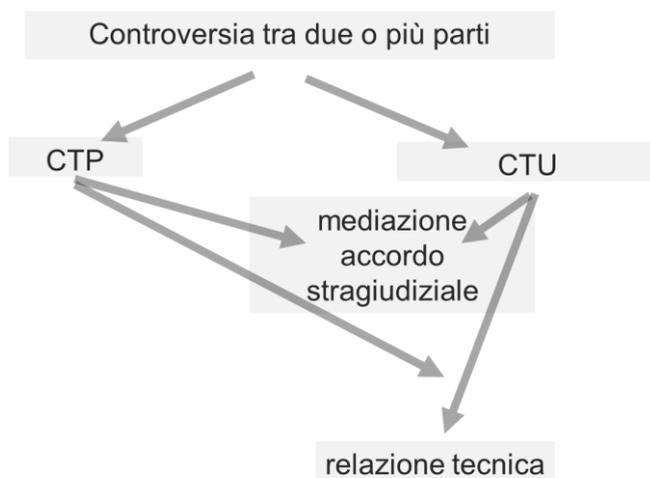


Figura 1. Percorso nel caso di controversia.

Le tempistiche correlate possono mediamente indicarsi pari a:

- per le consulenze professionali: legata alle esigenze del cliente;
- per le consulenze tecniche di ufficio: nel caso di ATP (30-60 gg.) e nel caso di CTU (60-90-120 gg.);
- per le consulenze tecniche di parte: nel caso di ATP (20-30 gg. di cui 7-12 effettivi) e nel caso di CTU (40-60 gg. di cui 10-20 effettivi).

Pur se non direttamente rilevante per gli argomenti trattati, appare utile e opportuno elencare sia pure sinteticamente le metodologie di calcolo dei compensi per i consulenti di ufficio e per i consulenti di parte.

Per le attività stragiudiziali, l'argomento è trattato nel capitolo specifico.

5.1 Consulenti Tecnici d'Ufficio

Le competenze del CTU si dividono in compensi fissi, variabili e a tempo.

La Legge 8/7/1980 n.319²⁰ ha definito:

Art.3 - Applicazione analogica degli onorari fissi e variabili

Gli onorari fissi e quelli variabili si applicano anche per le prestazioni analoghe a quelle espressamente previste nelle tabelle.

Art. 4 - Onorari commisurati al tempo

Per le prestazioni non previste nelle tabelle e per le quali non sia applicabile l'articolo precedente gli onorari sono commisurati al tempo impiegato e vengono determinati in base alle vacanze. La vacanza è di due ore. L'onorario per la prima vacanza è di euro 14,68 e per ciascuna delle successive è di euro 8,15.

Nell'Allegato a tale legge sono presenti le tabelle di cui all'art.3.

Nella maggior parte dei casi, i professionisti, di solito, usano gli onorari variabili, in speciale modo quelli degli artt.11-12-13 della tariffa giudiziaria:

Art. 11.

Per la perizia o la consulenza tecnica in materia di costruzioni edilizie, impianti industriali, impianti di servizi generali, impianti elettrici, macchine isolate e loro parti, ferrovie, strade e canali, opere idrauliche, acquedotti e fognature, ponti, manufatti isolati e strutture speciali, progetti di bonifica agraria e simili, spetta al perito o al consulente tecnico un

²⁰ Compensi spettanti ai periti, ai consulenti tecnici, interpreti e traduttori per le operazioni eseguite a richiesta dell'autorità giudiziaria. (pubblicata nella Gazzetta Ufficiale n. 192 del 15 luglio 1980). Il testo di tale Legge è stato modificato ed integrato ai sensi del D.P.R. 27-07-1988, n° 352 (Gazzetta Ufficiale n. 193 del 18 agosto 1998), del D.M. 05-12-1997 Gazzetta Ufficiale n. 37 del 14 febbraio 1998), e del D.M. 30-05-2002 (Gazzetta Ufficiale n. 182 del 5 agosto 2002).

onorario a percentuale calcolato per scaglioni:
fino a euro 5 164,57, dal 6,5686% al 13,1531%;
da euro 5 164,58 e fino a euro 10 329,14, dal 4,6896% al 9,3951%;
da euro 10 329,15 e fino a euro 25 822,84, dal 3,7580% al 7,5160%;
da euro 25 822,85 e fino a euro 51 645,69, dal 2,8106% al 5,6370%;
da euro 51 645,70 e fino a euro 103 291,38, dall'1,8790% al 3,7580%;
da euro 103 291,39 e fino a euro 258 228,45, dallo 0,9316% all'1,8790%;
da euro 258 228,46 fino e non oltre euro 516 456,90, dallo 0,2353% allo 0,4705%.

È in ogni caso dovuto un compenso non inferiore a euro 145,12.

Art. 12.

Per la perizia o la consulenza tecnica in materia di verifica di rispondenza tecnica alle prescrizioni di progetto e/o di contratto, capitolati e norme, di collaudo di lavori e forniture, di misura e contabilità di lavori, di aggiornamento e revisione dei prezzi, spetta al perito o al consulente tecnico un onorario da un minimo di euro 145,12 ad un massimo di euro 970,42.

Per la perizia o consulenza tecnica in materia di rilievi topografici, planimetrici e altimetrici, compresi le triangolazioni e poligonazione, la misura dei fondi rustici, i rilievi di strade, canali, fabbricati, centri abitati e aree fabbricabili spetta al perito o al consulente tecnico un onorario minimo di euro 145,12 ad un massimo di euro 970,42.

Art. 13.

Per la perizia o la consulenza tecnica in materia di stima spetta al perito o al consulente tecnico un onorario a percentuale calcolato per scaglioni sull'importo stimato:

fino a euro 5 164,57, dall'1,0264% al 2,0685%;
da euro 5 164,58 e fino a euro 10 329,14, dallo 0,9316% all'1,8790%;
da euro 10 329,15 e fino a euro 25 822,84, dallo 0,8369% all'1,6895%;
da euro 25 822,85 e fino a euro 51 645,69, dallo 0,5684% all'1,1211%;
da euro 51 645,70 e fino a euro 103 291,38, dallo 0,3790% allo 0,7579%;
da euro 103 291,39 e fino a euro 258 228,45, dallo 0,2842% allo 0,5684%;
da euro 258 228,46 fino e non oltre euro 516 456,90, dallo 0,0474% allo 0,0947%.

Nel caso di stima sommaria spetta al perito o al consulente tecnico un onorario determinato ai sensi del comma precedente e ridotto alla metà; nel caso di semplice giudizio di stima lo stesso è ridotto di due terzi.

È in ogni caso dovuto un compenso non inferiore a euro 145,12.

Successivamente il D.P.R. 30/5/2002 n.115, agli art.49-56²¹ ha fornito ulteriori indicazioni.

Art. 49 - (Elenco delle spettanze)

1. Agli ausiliari del magistrato spettano l'onorario, l'indennità di viaggio e di soggiorno, le spese di viaggio e il rimborso delle spese sostenute per l'adempimento dell'incarico.

2. Gli onorari sono fissi, variabili e a tempo.

Art. 52 - (Aumento e riduzione degli onorari)

1. Per le prestazioni di eccezionale importanza, complessità e difficoltà gli onorari possono essere aumentati sino al doppio.

2. Se la prestazione non è completata nel termine originariamente stabilito o entro quello prorogato per fatti sopravvenuti e non imputabili all'ausiliario del magistrato, per gli onorari a tempo non si tiene conto del periodo successivo alla scadenza del termine e gli altri onorari sono ridotti di un terzo²².

Art. 53 - (Incarichi collegiali)

1. Quando l'incarico è stato conferito ad un collegio di ausiliari il compenso globale è determinato sulla base di quello spettante al singolo, aumentato del quaranta per cento per ciascuno degli altri componenti del collegio, a meno che il magistrato dispone che ognuno degli incaricati deve svolgere personalmente e per intero l'incarico affidatogli.

Art. 55 - (Indennità e spese di viaggio)

1. Per l'indennità di viaggio e di soggiorno, si applica il trattamento previsto per i dipendenti statali. L'incaricato è equiparato al dirigente di seconda fascia del ruolo unico, di cui all'articolo 15 del decreto legislativo 30 marzo 2001, n.165. È fatta salva l'eventuale maggiore indennità spettante all'incaricato dipendente pubblico.

2. Le spese di viaggio, anche in mancanza di relativa documentazione, sono liquidate in base alle tariffe di prima classe sui servizi di linea, esclusi quelli aerei.

3. Le spese di viaggio con mezzi aerei o con mezzi straordinari sono rimborsate se preventivamente autorizzate dal magistrato.

²¹ "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di spese di giustizia. (Testo A)" pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* n. 139 del 15 giugno 2002 - Supplemento Ordinario n. 126 (*Rettifica G.U. n. 286 del 6 dicembre 2002*) - Titolo VII Ausiliari del magistrato nel processo penale, civile, amministrativo, contabile e tributario.

²² Le parole: "di un quarto" sono state così sostituite dalla L. 18-6-2009, n.69.

Art. 56 - (Spese per l'adempimento dell'incarico)

1. Gli ausiliari del magistrato devono presentare una nota specifica delle spese sostenute per l'adempimento dell'incarico e allegare la corrispondente documentazione.

2. Il magistrato accerta le spese sostenute ed esclude dal rimborso quelle non necessarie.

3. Se gli ausiliari del magistrato sono stati autorizzati ad avvalersi di altri prestatori d'opera per attività strumentale rispetto ai quesiti posti con l'incarico, la relativa spesa è determinata sulla base delle tabelle di cui all'articolo 50.

4. Quando le prestazioni di carattere intellettuale o tecnico di cui al comma 3 hanno propria autonomia rispetto all'incarico affidato, il magistrato conferisce incarico autonomo.

Infine il Decreto 20 luglio 2012 n. 140²³ ha fornito indicazioni quantitative e qualitative all'organo giurisdizionale che deve liquidare il compenso dei professionisti per le prestazioni professionali forensi, siano esse stragiudiziali e/o giudiziali.

5.2 Ausiliari del CTU

Il compenso si calcola, generalmente, in base alle tabelle di cui all'art.50 del D.P.R. 115/200224.

5.3 Consulenti Tecnici di Parte

Con l'abrogazione delle tariffe professionali, appare sempre più opportuna e necessaria la redazione di una disciplinare di incarico in cui siano indicati oggetto, tempistica e importo delle competenze.

È possibile fare riferimento ad un costo orario valutando il tempo che si ritiene possa essere necessario, inserendo eventualmente la postilla che ove fosse necessario un impegno di tempo e quindi professionale supplementare a quanto concordato, si procederà a concordare una integrazione di disciplinare.

²³ Regolamento recante la determinazione dei parametri per la liquidazione da parte di un organo giurisdizionale dei compensi per le professioni regolarmente vigilate dal Ministero della Giustizia, ai sensi dell'articolo 9 del Decreto Legge 24 gennaio 2012, n. 1, convertito, con modificazioni, dalla Legge 24 marzo 2012, n. 27. (12G0161) (G.U. Serie Generale n.195 del 22-8-2012).

²⁴ L'art.50 fa riferimento alle tabelle di cui all'Allegato del D.M. 30-5-2002 che distingue onorari fissi, variabili, a percentuale e a tempo.

In alcuni Ordini professionali, con la collaborazione delle Commissioni ivi istituite, sono stati deliberati alcuni criteri, a puro titolo di orientamento, per la formulazione dei preventivi previsti dall'art. 9 del D.L. 24/01/2012 n.1²⁵

In alternativa, si può trarre spunto dalle tariffe contenute in:

- D.M. 140/2012 - Regolamento recante la determinazione dei parametri per la liquidazione da parte di un organo giurisdizionale dei compensi per le professioni regolarmente vigilate dal Ministero della giustizia. In tema di parametri per i compensi professionali, è stato concepito per fornire al giudice un riferimento di calcolo nell'ambito della risoluzione di contenziosi relativi a prestazioni tecniche. Viene applicato in via residuale dal Giudice, solo in mancanza di accordo, che comunque può discostarsene essendo solo delle linee guida di supporto al Giudice.
- D.M. 143/2013 - Determinazione dei corrispettivi da porre a base di gara nelle procedure di affidamento di contratti pubblici dei servizi relativi all'architettura ed all'ingegneria.²⁶ Si riferisce a parametri di calcolo che devono essere utilizzati dalle Amministrazioni pubbliche per la determinazione dei compensi delle prestazioni tecniche da porre a base di gara negli appalti pubblici.

In base ai chiarimenti forniti dal CNI, tramite le circolari 313 e 388 del 2014:

- il sistema dei compensi del professionista è basato sulla libera contrattazione delle parti e solo in mancanza di accordo viene demandato alla liquidazione ad opera del Giudice;
- il criterio e i parametri del D.M. 140 sono utilizzabili solamente come un libero riferimento per la determinazione della pattuizione contrattuale;
- deve essere rispettato il criterio dell'art. 2233 del c.c., "adeguatezza del compenso in base all'importanza dell'opera e al decoro della professione".

Gli onorari vengono prevalentemente valorizzati a percentuale, a forfait o su base oraria.

Si ribadisce che è fatto divieto sia ai professionisti sia agli Ordini territoriali, di fare espresso riferimento alle abrogate tariffe professionali (o altra tariffa), come parametro per la valutazione della congruità dei compensi.

²⁵ Disposizioni urgenti per la concorrenza, lo sviluppo delle infrastrutture e la competitività. (G.U. Serie Generale n.19 del 24-1-2012 - Suppl. Ordinario n. 18).

Decreto-Legge convertito con modificazioni dalla L. 24 marzo 2012, n. 27 (in S.O. n. 53, relativo alla G.U. 24-03-2012, n. 71).

²⁶ Decreto del Ministero di Giustizia del 31 ottobre 2013, n. 143, e relativo regolamento del 20 dicembre 2013.

Non è però vietata una esplicitazione numerica dei compensi che siano calcolati in base alle vecchie tariffe nazionali, internazionali o territoriali, purché in questo caso i valori ottenuti costituiscano pattuizione fra le parti.

Una volta venuto meno il sistema vincolante della tariffa, ci si trova con maggiori gradi di libertà nella determinazione dei compensi ma, d'altro canto, vi è la necessità di far subito chiarezza con il Committente essendo illegittimi i riferimenti espliciti o taciti ad un qualsivoglia sistema tariffario.

Questa mancanza è un'occasione per poter valorizzare il contenuto di ogni fase dell'incarico, senza essere vincolati da una schematizzazione tariffaria: si è liberi di suddividere la prestazione in svariate fasi, attribuendo pesi diversi, secondo la propria valutazione. Il preventivo può essere redatto con riferimento ai costi/impegno di lavoro oppure ad uno standard di ore necessarie per ogni fase.

In ogni caso nel contratto si deve esplicitare il compenso: si suggerisce di evitare di indicare un forfait fisso; consigliabile invece, esplicitare, una serie di valori per le varie fasi, per poter meglio fronteggiare situazioni future, interruzioni, riduzioni, ampliamenti, ritardi, etc...

Sarebbe quindi opportuno stabilire con chiarezza quale è il costo di produzione, cioè l'impegno "quantitativo" che il Professionista deve affrontare, per l'espletamento dell'incarico.

Questo impegno o quantificazione di lavoro, rimane quantomeno in evidenza in contratto, indipendentemente dagli importi di compenso concordati.

Ad ogni importo (compenso) può corrispondere un diverso criterio di calcolo.

Le eventuali variazioni del compenso devono scaturire da cause imprevedibili, tali da modificare le pattuizioni contrattuali.

Il Professionista è tenuto, inoltre, a rendicontare le spese sostenute e gli anticipi e acconti ricevuti.

La rinuncia totale o parziale al compenso è ammissibile solo in casi specificati: se si offrono prezzi per prestazioni, oggettivamente inferiori al costo della loro produzione, è da considerarsi concorrenza sleale e distorsiva del normale equilibrio del mercato.

Sono legittime le richieste di:

- ANTICIPI = anticipazioni di danaro per spese che il professionista prevede di sostenere e che dovrà documentare in seguito;
- ACCONTI = anticipazioni dell'onorario concordato.

Per il calcolo delle competenze, vi sono diversi software concepiti per il calcolo del compenso con i parametri giudiziali del D.M. 140/12:

- COMPINT (elaborato con le Commissioni della Consulta lombarda);
- BLUMATICA;
- Ordine architetti, Google, ...

Il compenso per la prestazione professionale «CP» è determinato, di regola, dal prodotto tra il valore dell'opera «V», il parametro «G» corrispondente al grado di complessità delle prestazioni e alle categorie dell'opera (compresa, di regola, tra un livello minimo, per la complessità ridotta, e un livello massimo, per la complessità elevata, secondo quanto indicato nella tavola Z-1 allegata al D.M.), il parametro «Q» corrispondente alla prestazione o alla somma delle prestazioni eseguite, e il parametro «P», secondo l'espressione che segue:

$$CP=V \times G \times Q \times P$$

In considerazione, altresì, della natura dell'opera, pregio della prestazione, dei risultati e dei vantaggi, anche non economici, conseguiti dal Cliente, dell'eventuale urgenza della prestazione, l'organo giurisdizionale può aumentare o diminuire il compenso di regola fino al 60 per cento rispetto a quello altrimenti liquidabile.

Le prestazioni si articolano nelle seguenti fasi:

- a) definizione delle premesse, consulenza e studio di fattibilità;
- b) progettazione;
- c) direzione esecutiva;
- d) verifiche e collaudi.

Le prestazioni attengono alle seguenti categorie di opere, specificate nella tavola Z-1 allegata al D.M.:

- a) edilizia;
- b) strutture;
- c) impianti;
- d) viabilità;
- e) idraulica;
- f) tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT);
- g) paesaggio, ambiente, naturalizzazione;
- h) agricoltura e foreste, sicurezza alimentare;
- i) territorio e urbanistica.

Ad ogni singola prestazione effettuata, corrisponde un valore specifico del parametro «Q», distinto in base alle singole categorie componenti l'opera come indicato nella tavola Z-2 allegata al D.M..

Il compenso per le prestazioni non comprese nelle fasi di cui al comma 1, e nelle categorie di cui al comma 2, è liquidato per analogia.

Un ultimo aspetto da tenere in conto è la possibilità di contenzioso con il Committente. Avviene quasi sempre a causa della mancanza del disciplinare di incarico o di un insufficiente dettaglio nella descrizione delle prestazioni e dei compensi.

In caso di contenzioso, il Professionista non deve chiedere un compenso maggiore di quello pattuito. Ciò non vale se si sono praticati sconti per un cumulo di

prestazioni che poi vengono interrotte, donde l'utilità di frazionare le prestazioni e relativi compensi in contratto.

L'art. 1, sesto comma, del D.M. n.140/2012 dispone che "*L'assenza di prova del preventivo di massima (di cui all'articolo 9, comma 4, terzo periodo, del decreto-legge 24 gennaio 2012, n. 1, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 marzo 2012, n. 27), costituisce elemento di valutazione negativa da parte dell'organo giurisdizionale per la liquidazione del compenso*".

Si è in presenza di una previsione di "sfavore" per il Professionista che non abbia comunicato al Cliente un preventivo di massima per la misura del compenso, come imposto dall'art.9, comma 4.

L'intento del Legislatore è chiaro: si vuole sollecitare il Professionista a fornire sempre un preventivo di massima, pena le possibili negative ricadute, in chiave sanzionatoria, in sede di liquidazione giudiziale.

La normativa vigente valorizza l'autodeterminazione delle parti (accordo), che ha assunto un ruolo predominante nella predisposizione del contenuto economico del disciplinare di incarico e, quindi, anche dei criteri da seguire nel giudizio di congruità che possa essere richiesto all'Ordine di appartenenza.

La gerarchia tra i criteri, nella determinazione dei compensi, trova conferma anche nella disciplina della liquidazione giudiziale, ai sensi art. 2233 c.c. /D.M. 140/2012, in cui i criteri "normativi" (i parametri) trovano applicazione solo "in difetto di accordo tra le parti".

Si riporta nel seguito, a titolo esemplificativo, un esempio di calcolo delle competenze relative a due differenti tipologie di incarico, a favore di un CTU e di un CTP.

ATP per infiltrazioni di acqua – competenze

<u>in qualità di CTU</u>	<u>in qualità di CTP</u>
valutazione a vacazione D.M. Giustizia 30 maggio 2002 (liquidazione da parte del Giudice)	valutazione a discrezione
tempo concesso: 30 gg.	tempo concesso: 20 gg. tempo effettivo: 5 gg.
Onorario richiesto: $(14,68 + 3 \times 8,15) \times 20 =$ € 782,60 Onorario massimo richiedibile: $(14,68 + 3 \times 8,15) \times 20 =$ € 1 173,90 Difficoltà: art.52: magg. fino al 100%	Onorario richiesto: € 1 500,00
Spese: documentate a piè di lista	Spese: incluse

**Valutazione di un immobile (Provincia di Milano) –
valore immobile: € 103 291,38**

<u>in qualità di CTU</u>	<u>in qualità di CTP</u>
valutazione a percentuale D.M. Giustizia 30 maggio 2002 (liquidazione da parte del Giudice)	valutazione a percentuale D.M. parametri 140/2012 difficoltà = 1; stima analitica
Onorario: € 1 146,56 art.13, per scaglioni	Onorario: € 2 127,19
Indennità verifica conformità edilizia: € 250,00	€ 1 500,00
Spese forfetarie: € 310,00	Spese (secondo accordi): € 659,15 30%

LE VALUTAZIONI ELEMENTARI SULLE STRUTTURE: MODELLAZIONE DI ASPETTI CRITICI DI COSTRUZIONI IN MURATURA E IN C.A

L. Giresini
Università di Pisa

SOMMARIO

L'Ingegnere Forense ha il compito di ricostruire le cause che hanno condotto ad un determinato evento dannoso, tramite tecniche scientifiche proprie dell'Ingegneria, che rivestono dunque carattere di oggettività. Tra tali tecniche, impiegabili nei procedimenti giudiziari civili, uno strumento di essenziale importanza è rappresentato dalla modellazione strutturale, che risulta in grado di confortare le assunzioni dell'Analista ed eventualmente prevedere altri fenomeni in presenza di condizioni al contorno variate. L'obiettivo di individuare le cause che hanno generato una situazione anomala in una struttura può essere quindi efficacemente supportato da una sua appropriata modellazione. Numerose criticità intervengono in tale processo, partendo dalla fase di input, in cui viene definito il modello geometrico e meccanico, per terminare in quella di output, in cui occorre fornire un'interpretazione ragionata dei risultati per mettere in luce le modalità che hanno innescato il fenomeno e definire le conseguenti responsabilità. Nel presente contributo si offrono degli spunti per una corretta modellazione di strutture in muratura e in calcestruzzo armato, riferendosi sia ad analisi locali che globali. La maggiore complessità e grado di incertezza che affliggono questi materiali consentono di trarre delle considerazioni di natura generale applicabili anche ad altri materiali costruttivi. Vengono illustrati diversi casi applicativi in cui la modellazione si avvale di tecniche di back analysis o di semplificazione di modelli complessi, discutendo per ciascuno la tipologia di modellazione più adatta e le modalità di interpretazione dei risultati.

1. INTRODUZIONE

Per le costruzioni esistenti, lo scopo precipuo delle applicazioni di Ingegneria Forense è relativo alla sistematica e puntuale ricostruzione degli eventi passati subito dalla struttura; le modalità con cui si svolge tale processo acquistano un ruolo cruciale nella definizione delle responsabilità individuali. Infatti, come esplicitamente sottolineato dall'attuale apparato normativo (NTC, 2008; CIRC, 2009), le costruzioni esistenti possono essere analizzate attraverso modelli complessi non prima di aver condotto approfondite indagini dedicate alla ricostruzione della vita dell'edificio.

Tra le diverse configurazioni della struttura, la condizione “as built” (ossia come l’opera è costruita con le sue imperfezioni di diversa natura) e quella dell’“as failed” (collasso parziale o globale) devono naturalmente orientare la figura del professionista nella valutazione critica della catena di eventi che ha causato il collasso. Tale condizione è chiaramente più rilevante dell’“as designed” (ossia l’opera come è stata progettata) per costruzioni esistenti, per le quali spesso i disegni originali e i dati tecnici non sono disponibili o sono parziali.

Una corretta identificazione dell’“as built” rappresenta pertanto il punto di partenza per una sistematica valutazione del danno. L’individuazione delle debolezze intrinseche della struttura apre la strada per l’appropriata interpretazione del ruolo che le azioni esterne hanno rivestito nell’evoluzione del collasso o del fenomeno di danneggiamento.

Il presente contributo vuole proporre delle tecniche elementari di valutazione del comportamento delle strutture in muratura e in c.a., toccando i punti critici che emergono nella modellazione di questi complessi materiali costruttivi. Tali tecniche costituiranno quindi uno strumento attendibile per la ricerca delle cause di collassi strutturali, interessando per lo più strutture esistenti, da applicare nel campo dell’Ingegneria Forense.

2. ASPETTI CRITICI NELLA MODELLAZIONE DI STRUTTURE

Tra le tecniche a disposizione dell’Ingegnere Forense, uno strumento di essenziale importanza è rappresentato dalla modellazione strutturale in grado di confortare le sue assunzioni ed eventualmente prevedere altri fenomeni di danno in presenza di condizioni al contorno variate. Un modello consiste, nell’ambito dell’Ingegneria Strutturale, nella rappresentazione materiale di un sistema costruttivo per studiare il comportamento di certe grandezze fisiche o simulare risposte strutturali. La costruzione reale, ad esempio un tradizionale edificio multipiano in acciaio, viene così “alleggerita” di tutti gli elementi non strutturali che agiscono come masse equivalenti, se l’obiettivo è valutarne la risposta strutturale. La struttura così semplificata (in Figura 1 un telaio composto da travi, pilastri e controventi) contiene gli elementi necessari e sufficienti per essere analizzata sotto diversi scenari di carico.

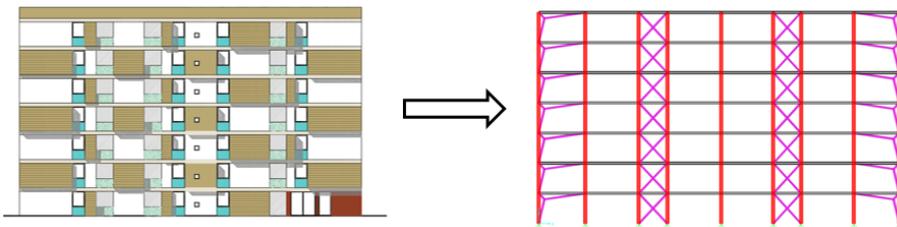


Figura 1. Passaggio dalla costruzione reale ad un modello di struttura intelaiata in acciaio.

Per organismi complessi quali le strutture di Ingegneria Civile, con rare eccezioni, non esistono soluzioni in forma chiusa dei problemi connessi al modello; è pertanto necessario adottare sistemi discreti che modellano la struttura e possono risolversi per via **numerica**. Un modello strutturale è compiutamente definito una volta che lo siano gli elementi aventi funzione strutturale, le condizioni di vincolo rispetto al suolo o con strutture eventualmente interagenti, gli scenari di carico da esaminare. Per arrivare ad una completa definizione degli elementi essenziali occorre dedicare adeguate energie nella cosiddetta **fase di conoscenza** del manufatto, di cui è necessario ricostruire la storia con un'indagine storico-critica (CIRC, 2009).

Questo aspetto, come già sottolineato nell'Introduzione, è particolarmente delicato nel caso di costruzioni esistenti in muratura, ma riguarda in generale tutti i materiali costruttivi. Acquisiscono così enorme importanza dati riguardanti non solo il progetto originario, ma anche modifiche intervenute durante la vita dell'opera che ne abbiano variato il comportamento strutturale. Tra queste, degne di nota sono la sostituzione di solai esistenti con orizzontamenti di diversa rigidità e/o massa, sopraelevazioni, superfetazioni, aggiunta o modifiche di elementi non strutturali, etc. Naturalmente, l'attenzione del Tecnico deve essere orientata tanto al comportamento globale che a quello locale, estremamente importante per le costruzioni esistenti per le quali, spesso, le connessioni tra elementi verticali o tra elementi orizzontali non sono adeguate a sostenere le azioni di progetto.

Vi sono numerosi aspetti critici che caratterizzano il processo di modellazione delle strutture, a partire dalla fase di conoscenza. Supponendo che la conoscenza sia tale da realizzare un modello affidabile, in modo da risalire con un sufficiente grado di attendibilità alle cause che hanno generato il crollo o il problema, nella fase di input sussistono incertezze relative al:

- modello geometrico e meccanico;
- comportamento del materiale ovvero legami costitutivi e criteri di resistenza;
- tipo di analisi da adottare, dipendente dalle azioni in gioco.

Per ciascuno di questi punti, nella Sezione 8 verranno discusse delle applicazioni per mettere in luce le scelte a disposizione dell'Analista che voglia affrontare il problema della modellazione tenendo conto di questi aspetti critici.

Anche nella fase di analisi vera e propria si nascondono problemi che potrebbero portare a soluzioni non attendibili. Ad esempio, non sono infrequenti errori numerici insiti nel processo di soluzione del metodo a elementi finiti sotto carichi statici nonché errori nella soluzione delle equazioni differenziali del moto per analisi dinamiche. Per individuare questi aspetti occorre avere un'idea preliminare dell'output da ottenere, e confrontare l'output ottenuto con quello atteso, al fine di escludere errori macroscopici. Naturalmente, è necessario avere ben chiaro quali parametri di output rivestono maggiore importanza: ad esempio, in fase di esercizio di un ponte canale in c.a. l'interesse sarà focalizzato sulle tensioni

che possono generare rottura per trazione del materiale calcestruzzo. Per una fondazione a platea su un terreno compressibile potrebbe rivestire interesse lo stato di deformazione della struttura. In genere, il processo di interpretazione della risposta è tanto più efficace quanto maggiore è la confidenza dell'analista con il problema strutturale in esame, ma è possibile definire delle situazioni tipiche per determinare, in base alla situazione, delle indicazioni da seguire. La fase di output e la sua interpretazione dialogano costantemente con la fase di input, in quanto il modello può essere raffinato in base ai risultati attesi se questi ultimi evidenziano delle criticità che potrebbero orientare l'attenzione dell'Analista su una modellazione più specifica di una parte della struttura (Figura 2). Inoltre, un eventuale sconfinamento in campo post-elastico potrebbe richiamare la necessità di adottare un legame costitutivo non-lineare qualora in principio ne sia stato assunto uno lineare, o variarlo in base ad un comportamento rilevato nella fase di output.

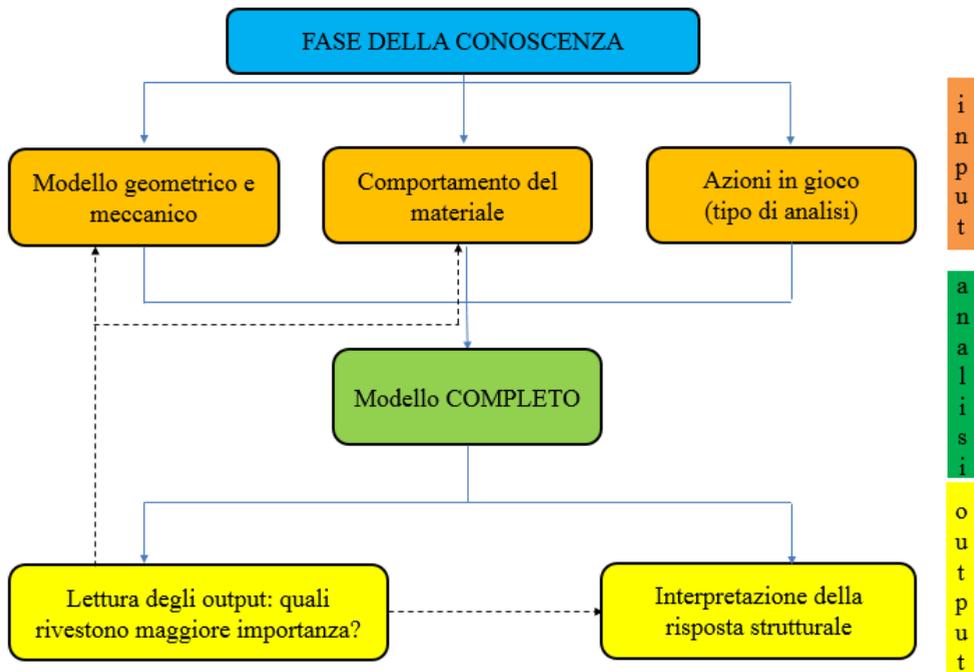


Figura 2. Aspetti critici nella modellazione di strutture.

Ecco, quindi, che l'output può innescare un processo a ritroso per cui, per successivi tentativi, si va ad affinare il modello di input. Definiti compiutamente quest'ultimo e i risultati da analizzare, la fase cruciale consiste nell'elaborazione degli stessi, in modo da ricostruire il fenomeno da indagare in maniera compiuta ed attendibile, comunque la più realistica possibile.

3. STRUTTURE IN MURATURA: MECCANISMI DI DANNO E TECNICHE DI MODELLAZIONE

La caratteristica predominante delle strutture civili in muratura è data dall'elevato grado di incertezza che affligge la loro modellazione. Tale aspetto influenza le opere murarie da un duplice punto di vista: microscopico e macroscopico. Il primo riguarda l'eterogeneità intrinseca del materiale, che per sua natura è composto da almeno due componenti (blocchi o mattoni e malta) fortemente diversi in termini di resistenza e rigidità. Il secondo è relativo al grado di ambiguità che caratterizza la struttura dal punto di vista globale, ovvero la difficoltà di identificare correttamente le reali connessioni tra elementi verticali o tra elementi orizzontali e verticali, nonché l'interazione tra orizzontamenti e strutture portanti. In questo ambito, ulteriori incertezze possono sorgere qualora la struttura muraria sorga in aggregato, ovvero sia adiacente ad altre costruzioni. I gradi di vincolo divengono incognite aggiuntive e modellabili ingegneristicamente con un certo grado di complessità.

Il fatto che ogni costruzione civile sia a sé stante è più evidente nel caso di costruzioni in muratura piuttosto che per costruzioni in c.a. o in misura ancora maggiore in acciaio. La struttura in muratura è il manufatto per eccellenza, e la costruzione realizzata dall'uomo amplifica gli errori e le incertezze insite nell'eterogeneità intrinseca del materiale. Ancora oggi, la letteratura scientifica propone modelli talora completamente diversi per rappresentare il comportamento strutturale di un'opera muraria, muovendo da ipotesi di base simili. Talvolta, i risultati derivanti da questi modelli non sono comparabili e portano a delle conclusioni antitetiche. Tecniche di analisi più o meno raffinate sono in grado di cogliere fenomeni diversi, ma non sempre quelle più sofisticate sono adatte per identificare una corretta risposta della struttura. Livelli di dettaglio eccessivi sono spesso superflui se non dannosi per una valutazione veritiera del collasso. È pertanto di primaria importanza conoscere le tecniche di modellazione e i campi di applicabilità di ciascuna.

In aggiunta, la normativa attuale sulle costruzioni in muratura (NTC 2008), specialmente esistenti, appare deficitaria nella proposta di modelli che sappiano cogliere alcune risposte della struttura, specialmente in campo dinamico. Si rileva un'eccessiva attenzione nei dettagli costruttivi e una pericolosa latenza di un quadro globale che premi l'importanza della concezione strutturale.

Anche per le costruzioni in muratura, è possibile adottare un approccio che riconosca diversi livelli di crisi strutturale: **(i)** livello puntuale (tensioni ammissibili), **(ii)** livello di meccanismo di crisi (stati limite) del singolo maschio e/o fascia muraria, **(iii)** livello di collasso di un macro-elemento (moti rigidi). Mentre il punto **(i)** è valido per tutti gli altri materiali costruttivi, in maniera precipua c.a., acciaio e legno, i punti **(ii)** e **(iii)** sono caratteristici delle costruzioni in muratura date le loro peculiarità discusse nel seguito. Gli aspetti essenziali di un organismo murario, infatti, considerando ad esempio gli edifici costituiti da maschi (elementi verticali) e

fasce (elementi orizzontali che connettono i maschi) sono da individuarsi in specifici quadri di danneggiamento che rispondono a criteri diversi:

- meccanismi di crisi per taglio e pressoflessione (risposta nel piano dell'elemento murario);
- moti rigidi di macro-elementi (risposta fuori dal piano).

I meccanismi di crisi per taglio e pressoflessione, riconosciuti come stati limite di resistenza, riproducono tipici comportamenti di maschi e fasce murarie (Figura 3).

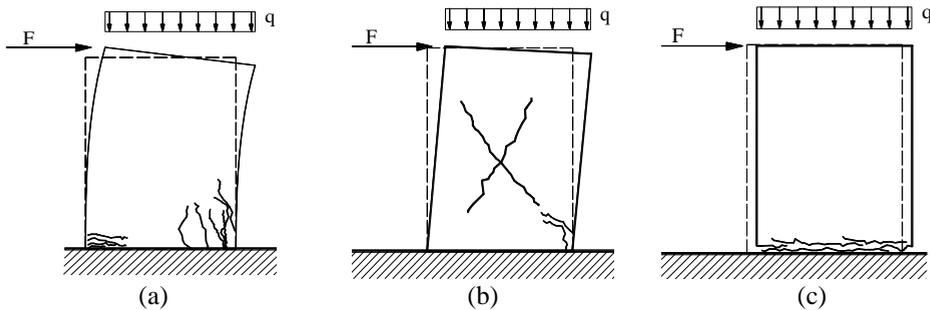


Figura 3. Meccanismi di crisi per pressoflessione (a), taglio per fessurazione diagonale (b), taglio per scorrimento (c) (Pantò et al., 2015).

In genere, a maggiori livelli del rapporto carico normale/azione orizzontale applicati corrispondono rotture per pressoflessione (Figura 3a). Al ridursi di tale rapporto interviene dapprima la rottura per fessurazione diagonale (Figura 3b) e successivamente quella per scorrimento (Figura 3c). Le rotture per taglio (b, c) possono interessare i blocchi o la malta, a seconda del rapporto di resistenza tra i singoli componenti e gli spessori. Il carico ciclico causa delle fessurazioni simmetriche rispetto al caso di carico monotono (Figura 4).

Questo inquadramento sistemico – risposta nel piano e fuori piano - permette l'individuazione, ad esempio, di elementi critici o di zone che possono svolgere un ruolo sacrificale per determinate soglie di azione statica o sismica.

Per riconoscere i diversi livelli di crisi di un elemento strutturale – puntuale o di macro-elemento nel piano e fuori piano - occorre precisare le linee generali di modellazione delle strutture in muratura. Per nessun altro materiale costruttivo la letteratura scientifica è così ricca di modelli disparati che si devono applicare a seconda dell'obiettivo da raggiungere. L'esperienza e l'intuizione dell'analista rivestono dunque un'importanza primaria nella determinazione di un efficace modello strutturale.

A seconda della direzione, un pannello in muratura – supposto per semplicità pieno - esibisce diverse proprietà meccaniche in virtù della sua anisotropia (Hilsdorf, 1969). Il carattere composito da cui essa deriva suggerisce di assumere tre grandi categorie di modellazione: micro-modellazione dettagliata, semplificata e macro-modellazione.

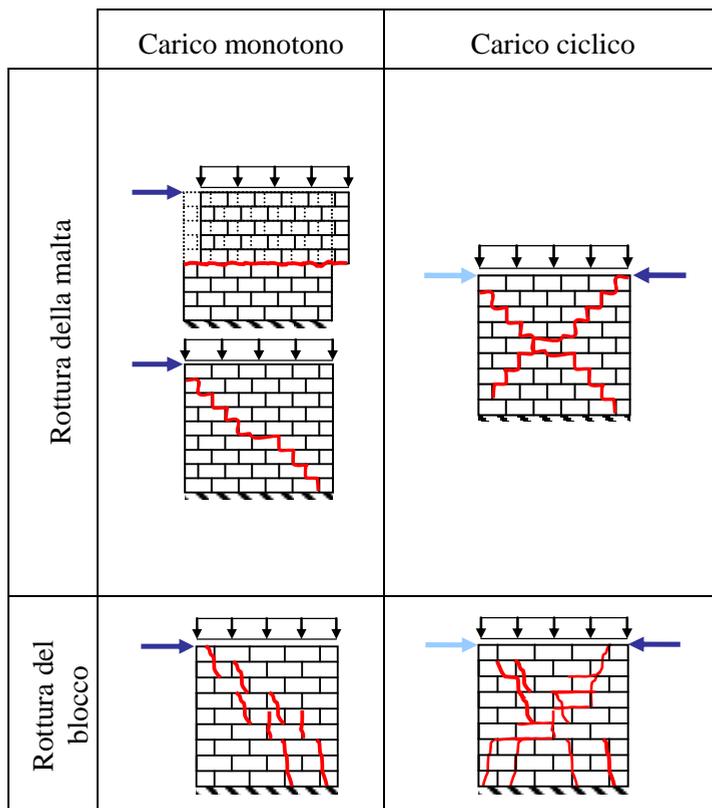


Figura 4. Meccanismi di rottura della malta e del blocco in presenza di azioni orizzontali, con carico monotono o ciclico.

Una micro-modellazione dettagliata vede elementi che rappresentano i blocchi in pietra/laterizio e altri che rappresentano lo strato di malta separatamente. Di solito, tale modellazione, essendo molto onerosa sia nella fase di preparazione del modello sia nella fase di interpretazione dei risultati, non è impiegata nella pratica professionale o comunque limitata a dettagli strutturali. Una micro-modellazione semplificata vede la modellazione della muratura come un continuo, in cui gli elementi finiti rappresentano l'interazione tra elementi in pietra/laterizio e giunti di malta (Figura 5a, b, (Lourenço, 1996)). Infine, la macro-modellazione inquadra diversi elementi strutturali in senso macroscopico, in base alla loro funzione nella parete o nell'organismo strutturale. La macro-modellazione più immediata è quella basata sull'utilizzo di elementi finiti dotati di caratteristiche meccaniche che sintetizzano quelle dei materiali costituenti attraverso opportune tecniche di omogeneizzazione del materiale (Lourenço, 1997; Lourenço, Rots, Blaauwendraad, 1998).

Un'altra macro-modellazione classica riguarda la suddivisione in maschi murari (elementi verticali) e fasce di piano (elementi orizzontali) che vengono modellati rispettivamente come pilastri e travi equivalenti (Figura 5c).

Gli elementi di nodo, ovvero le connessioni tra pilastri e travi, sono rigidi (Magenes, 2000), come sarà discusso nel § 5. Diversi sono i contributi in letteratura in tal senso, come discusso nel seguito. Una macro-modellazione innovativa, rimanendo nell'ambito dei meccanismi di piano, consiste nell'adottare macro-elementi collegati gli uni agli altri da molle con comportamento elasto-plastico che riproducono i tipici meccanismi di rottura della muratura (pressoflessione, taglio e scorrimento) (Caliò, Marletta, Pantò, 2012).

Per quanto concerne i comportamenti fuori piano, invece, un approccio tipico e riconosciuto nella norma è quello che vede un pannello come un elemento rigido soggetto ad un cinematicismo, analizzabile tramite analisi limite (CIRC, 2009; Livesley, 1978). Un approccio ancora allo stato di ricerca è rappresentato dalle analisi dinamiche del blocco rigido, che non trascurano l'evoluzione del moto nel tempo (Makris, Konstantinidis, 2003a; Sorrentino, Masiani, Decanini, 2006; Al Shawa, De Felice, Mauro, Sorrentino, 2012; Kounadis, Papadopoulos, 2016). Un'ulteriore tecnica vede una parete composta da elementi discreti rigidi collegati da molle e smorzatori (metodo DEM (Lemos, 2007)), che si può studiare anch'essa mediante analisi dinamiche.

Un quadro delle analisi associati a queste categorie è mostrato in Figura 5. Una prima distinzione individua analisi nel piano (ovvero nel piano di massima inerzia) e analisi fuori dal piano. È noto che le seconde siano in genere più critiche per strutture in muratura ove il grado di connessione tra strutture verticali e orizzontali non sia adeguato. Per le analisi fuori piano i modelli sono basati sull'analisi limite, per la quale si valuta il carico di collasso relativo ad un dato meccanismo. La deformabilità della struttura in fase elastica e post-elastica è trascurata. Questo aspetto è di contro considerato nelle analisi nel piano, dove possiamo avere tre tipi di modelli: (i) a telaio equivalente, (ii) a elementi finiti e (iii) con macro-elementi. Per ogni tipo di modello vengono specificati i tipi di analisi ad esse associabili.

I livelli di crisi strutturale, da puntuale a globale, sono a questo punto definibili e confortati dalle analisi condotte. La Figura 7 indica un esempio dei primi due livelli ottenuti per una parete modellata con elementi finiti e soggetta ad analisi nel piano e ad azione orizzontale. Il controllo a livello puntuale consente di monitorare la tensione in una qualsivoglia direzione di interesse (Figura 7a) e confrontarla con la resistenza corrispondente.

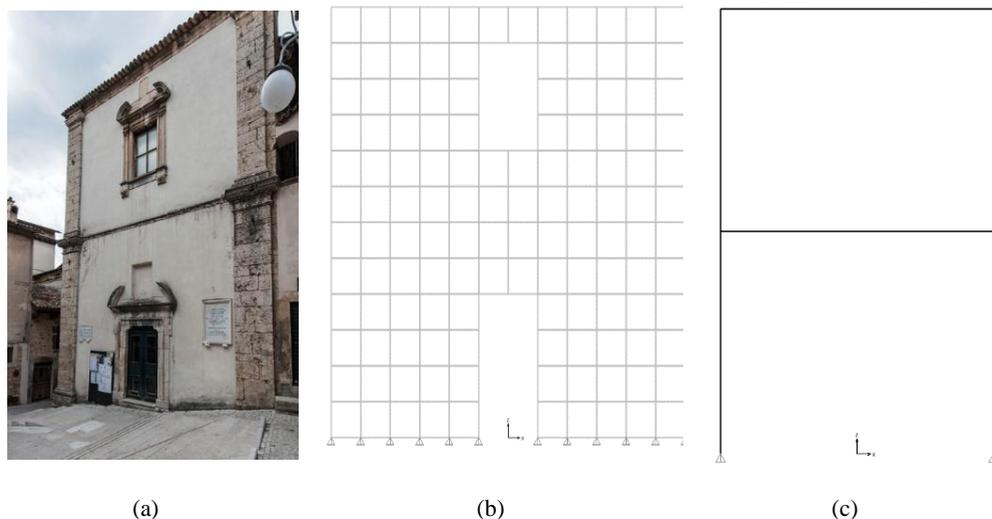


Figura 5. Parete di una chiesa in muratura (a) con modello a elementi finiti (b) e a telaio equivalente (c).

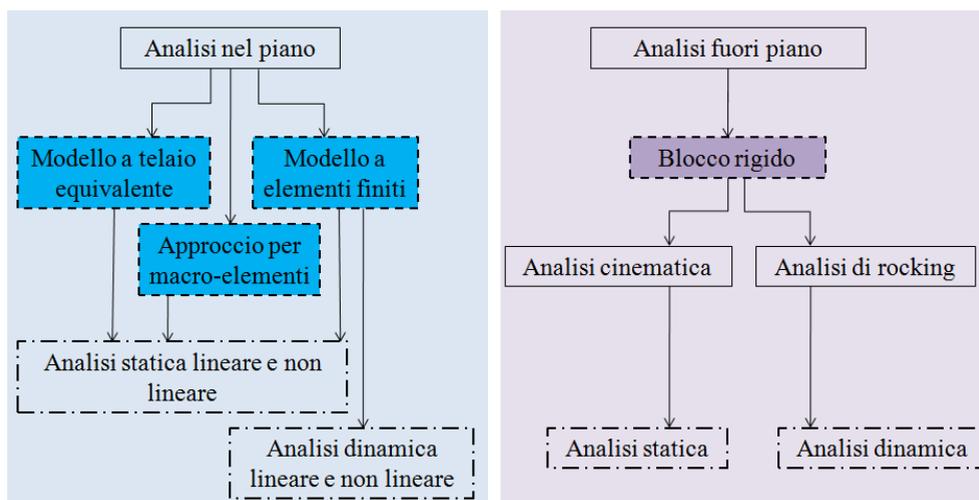


Figura 6. Tipologie di analisi per costruzioni in muratura.

Questo approccio per costruzioni in muratura modellate tramite micro-modellazione semplificata non è particolarmente significativo, in quanto il modello è già affetto da incertezze di rappresentazione del materiale eterogeneo quale materiale omogeneo.

Inoltre, il valore di tensione in un punto non è significativo del meccanismo di crisi che interessa la parete muraria. È necessaria una visione più ampia, che si concretizza nello studio di meccanismi di danno tipici. La Figura 7b mostra, ad esempio, delle fessurazioni diagonali avvenute per raggiungimento della resistenza a trazione nella direzione ortogonale alle fessure.

Tale meccanismo può evolversi e avvenire prima o dopo meccanismi analoghi che interessano la fascia muraria. Se il maschio fosse più snello, una rottura per pressoflessione potrebbe precedere una rottura per taglio.

Nella ricostruzione del dissesto richiesta all'Ingegnere Forense, un preciso inquadramento delle azioni esterne nonché delle criticità insite nell'oggetto murario di indagine è indispensabile per una ricerca efficace delle cause.

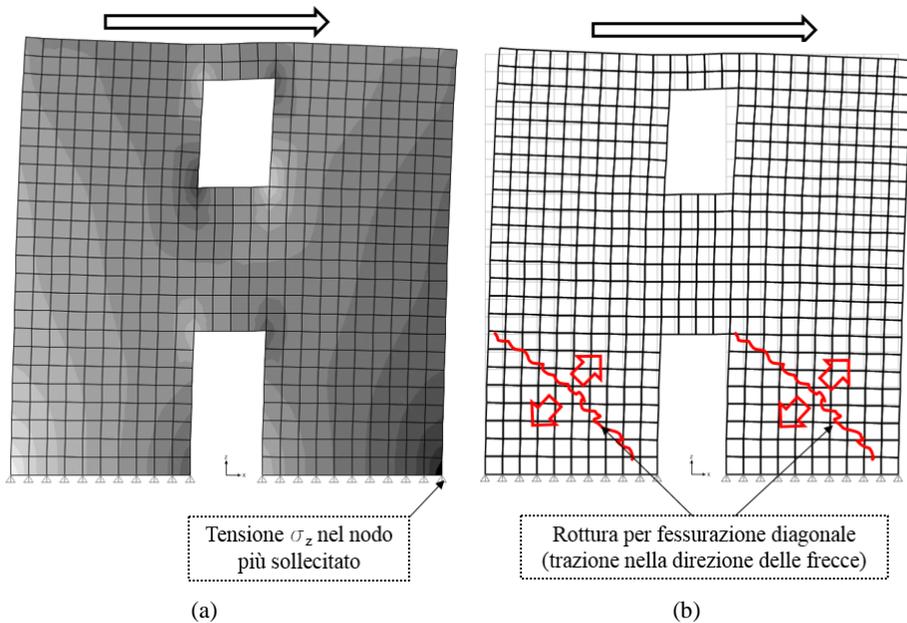


Figura 7. Differenti crisi di livello strutturale: tensioni a livello puntuale (a) e a livello di elemento maschio murario (b).

4. MODELLI A ELEMENTI FINITI

I modelli a elementi finiti sono applicabili qualora la muratura abbia un comportamento monolitico, ovvero la tessitura muraria non sia tale da generare lesioni locali quali disgregazioni del materiale. Questi modelli sono estremamente precisi per riprodurre il comportamento di manufatti particolari quali, ad esempio, edifici storici in muratura. La loro configurazione complessa in pianta ed in elevazione rende il metodo ad elementi finiti un efficace strumento per valutare il comportamento di insieme della struttura. D'altro canto, tali enormi potenzialità si traducono in insidie che minano la significatività dei modelli. Queste ultime sono legate a:

- errori di modellazione del materiale non lineare;
- mesh non adeguata;
- condizioni di vincolo, specialmente con edifici adiacenti, non opportune.

Ciò in relazione alle fasi di preparazione del modello prima dell'analisi, passo fondamentale per l'attendibilità dei risultati. Solitamente, la maggiore difficoltà risiede nell'erronea attribuzione del legame costitutivo della muratura, ovvero delle sue proprietà meccaniche. Sovente, nella pratica professionale, si attribuisce alla muratura un comportamento lineare, trascurando completamente la più precipua caratteristica del materiale: la non linearità. Assumere per la muratura un comportamento lineare è accettabile unicamente quando, a parere dell'Autrice, si conduca un'analisi modale, finalizzata a cogliere la risposta dinamica in termini di frequenze e modi propri di vibrare. L'analisi modale è per sua natura applicabile solo a sistemi lineari. In modelli tridimensionali porge informazioni preliminari utili ad individuare le zone dinamicamente più eccitate o incipienti meccanismi fuori piano.

La mesh può essere più o meno fitta a seconda del grado di precisione richiesto all'output. Se è sufficiente cogliere i meccanismi macroscopici, quali fessurazioni diagonali o rotture per pressoflessione, una mesh con dimensioni maggiori è adeguata (Figura 8a), mentre se occorre controllare le tensioni a livello puntuale in zone d'angolo o in corrispondenza delle aperture è necessario infittire la mesh in questi punti o, se l'onere computazionale non diventa eccessivo, preferire la regolarità della mesh ed adottare la stessa dimensione per tutti gli elementi (Figura 8b).

Le aperture costituiscono degli indebolimenti per le pareti murarie. Il flusso delle tensioni è costretto a deviare per farsi strada nelle parti "piene" del pannello. Questo comporta delle concentrazioni di tensione in corrispondenza delle aperture nelle zone d'angolo che, confrontate con la resistenza, possono giustificare l'eventuale comparsa di lesioni o schiacciamenti da compressione (Figura 9).

I modelli ad elementi finiti, sia piani sia tridimensionali, possono essere soggetti ad analisi statiche equivalenti lineari e non lineari, o ad analisi dinamiche lineari e non lineari.

L'enorme pregio di questo modello, laddove applicabile, è quindi rappresentato dalla possibilità di monitorare l'evoluzione del danno punto per punto considerando la geometria reale della costruzione. È tuttavia opportuno precisare che il materiale omogeneo equivalente può essere definito con sufficiente attendibilità unicamente in presenza di muratura con tessitura regolare e qualora siano ben note le proprietà meccaniche dei materiali costituenti.

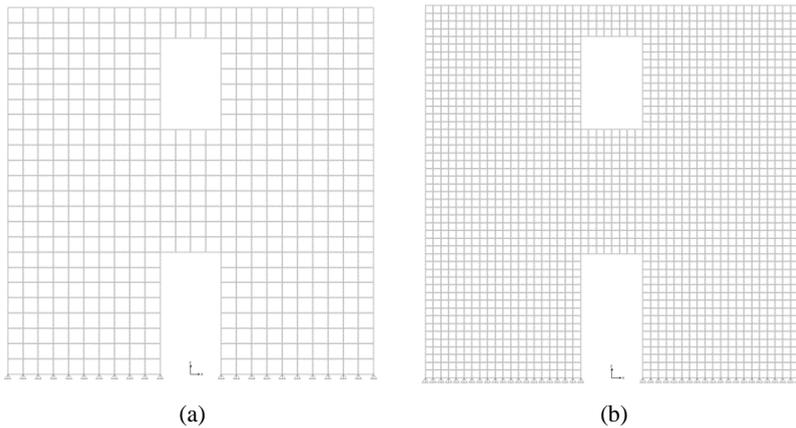


Figura 8. Dimensione della mesh di una parete di altezza 6 m di circa 12 cm (a) e di circa 25 cm (b).

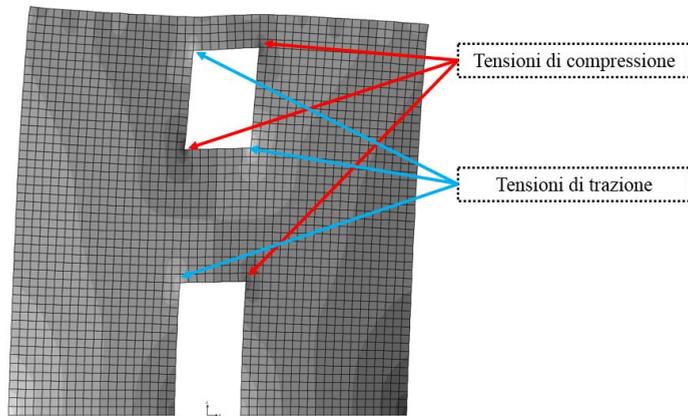


Figura 9. Tensioni di trazione e compressione in corrispondenza delle aperture.

5. MODELLI A TELAIO EQUIVALENTE

I modelli a telaio equivalente si basano sulla discretizzazione della struttura in maschi murari (i pilastri del telaio) e in fasce (le travi) connesse da nodi rigidi (Figura 10). Tale concetto deriva dall'osservazione dei danni da sisma avvenuti in strutture in muratura, che sono appunto localizzati in questi elementi. In altre parole, è raro che il danneggiamento si presenti in corrispondenza delle zone di nodo. I maschi murari portano i carichi verticali e le azioni orizzontali, mentre le fasce collegano i maschi e possono schematizzarsi come bielle (cerniere alle estremità) o incastri a seconda del grado di connessione che realisticamente può assumersi per la situazione in esame.

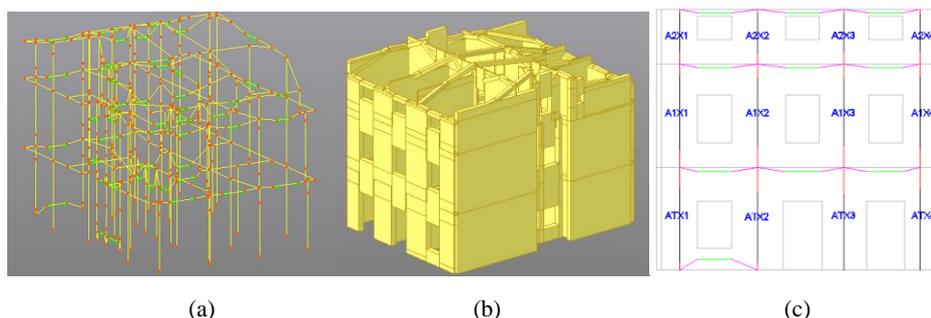


Figura 10. Modello 3D di edificio in muratura rappresentato con modello a telaio equivalente (a, b) e suddivisione di una facciata esterna in maschi, fasce e nodi (c).

L'idea di modello a telaio equivalente nasce a fine anni '70 con il cosiddetto metodo POR (Tomaževic, 1978), dove i maschi murari sono gli unici elementi deformabili mentre le fasce sono rigide. Nel metodo POR l'unica possibilità di danneggiamento del maschio murario è del tipo tagliante per fessurazione diagonale. Sono evidenti le limitazioni di questo metodo nei riguardi dell'individuazione del comportamento della scatola muraria che si discosti da una configurazione semplice con diaframmi rigidi.

Uno step successivo, che colma queste lacune, è rappresentato dal telaio equivalente, dove la deformabilità è ammessa anche per le fasce murarie (Magenes, Calvi, 1997). Attribuendo a maschi e fasce un comportamento non lineare e sottoponendo la struttura ad analisi push-over, è possibile cogliere l'evoluzione e la distribuzione del danno nella struttura, differenziando rotture per taglio e per pressoflessione (Figura 11). Questo metodo, noto con l'acronimo SAM (Simplified Analysis Method) è anche riconosciuto nella attuale Normativa Italiana.

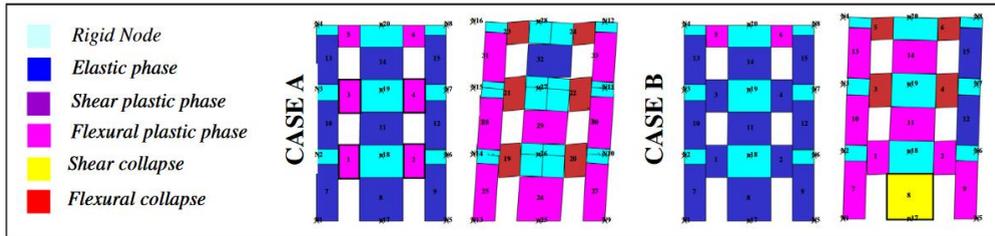


Figura 11. Maschi e fasce murarie collegate da nodi rigidi, soggetti a differenti configurazioni di danno sotto analisi statica non lineare (Lagomarsino, 2013).

Gli elementi del telaio equivalente sono elementi con plasticità concentrata: tali cerniere plastiche sono descritte da legami forza-spostamento (per taglio) e momento-curvatura (per momento flettente) dipendenti dal tipo di muratura. La Norma italiana impone uno spostamento massimo per rottura a taglio pari a 0.4% e 0.8% nel caso di rottura per pressoflessione. La zona di plasticizzazione viene concentrata in un punto, all'estremità o al centro dell'elemento a seconda che la plasticizzazione avvenga per flessione o per taglio rispettivamente.

I pregi di un simile modello sono il ridotto onere computazionale e la significatività del risultato pur non trascurando la non linearità del materiale. D'altro canto, quest'ultima è cristallizzata nella scelta delle cerniere plastiche che non è agevole specialmente laddove – come quasi sempre accade – non sono disponibili prove sperimentali in grado di determinare le reali leggi costitutive richieste nella definizione del materiale. Il fatto che la plasticità sia concentrata non rende possibile la conoscenza della distribuzione delle linee di frattura. Inoltre, la parzializzazione della sezione del generico maschio murario non può essere colta.

Per quanto riguarda la geometria, i modelli a telaio equivalente rappresentano efficacemente edifici regolari sia in pianta sia in altezza. In quest'ultimo caso, analisi push-over con azioni orizzontali distribuite secondo le indicazioni della Normativa – proporzionali alle masse o proporzionali all'altezza – costituiscono una procedura di valutazione dell'edificio in relazione alla sua capacità sismica molto efficace. Tra l'altro, la curva di capacità della struttura nella sua globalità consente di determinare in maniera molto più attendibile il fattore di struttura q , altrimenti da considerarsi forfettariamente pari a 1.5 (valore minimo) per costruzioni esistenti in muratura.

6. MODELLI A MACRO-ELEMENTI

6.1 Concetto di macro-elemento per analisi nel piano

La struttura in muratura vista come una serie di elementi macroscopici contigui si è affermata a partire dal lavoro di (D'Asdia, Viskovic, 1995). La procedura consiste nel rappresentare la muratura come elementi finiti di forma variabile.

All'aumentare delle azioni orizzontali, che crescono in modo monotono, la forma degli elementi cambia eliminando le parti in trazione – non resistenti – mediante un'opportuna traslazione dei nodi.

Una strategia analoga proposta in anni recenti è quella che rappresenta i pannelli murari come dei quadrilateri connessi tra loro tramite molle con comportamento non lineare (Caliò, Marletta, Pantò, 2012). Il quadrilatero articolato è vincolato internamente da due molle diagonali che simulano, raggiunta una certa deformazione, una rottura per fessurazione diagonale.

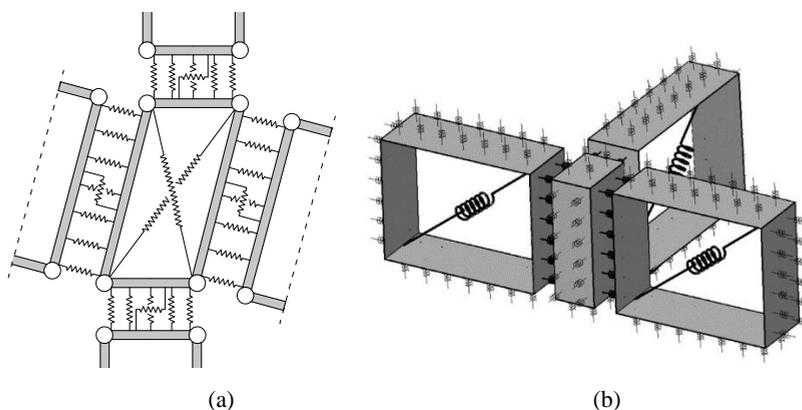


Figura 12. Configurazione deformata del macro-elemento nel proprio piano (a) e macro-elemento con più file di molle lungo lo spessore della muratura per rappresentare la risposta fuori-piano (b) (Pantò, Cannizzaro, Caddemi, Caliò, 2016).

Tra un quadrilatero e l'altro, una ulteriore serie di molle modella eventuali rotture per pressoflessione (molle tese e compresse ortogonali ai lati del pannello) nonché rotture per scorrimento (molle parallele ai lati del pannello), come rappresentato in Figura 12a. Il pregio di questo macro-elemento consiste nella possibilità di studiare anche il comportamento fuori piano con l'inserimento di più file di molle attraverso lo spessore del muro (Figura 12b). Naturalmente sussiste la difficoltà nel rappresentare correttamente il legame costitutivo di tali molle, che avviene in maniera automatizzata a partire dalle caratteristiche meccaniche della muratura.

La Figura 13 rappresenta qualitativamente i tre tipi di meccanismi associati alla configurazione delle molle del macro-elemento.

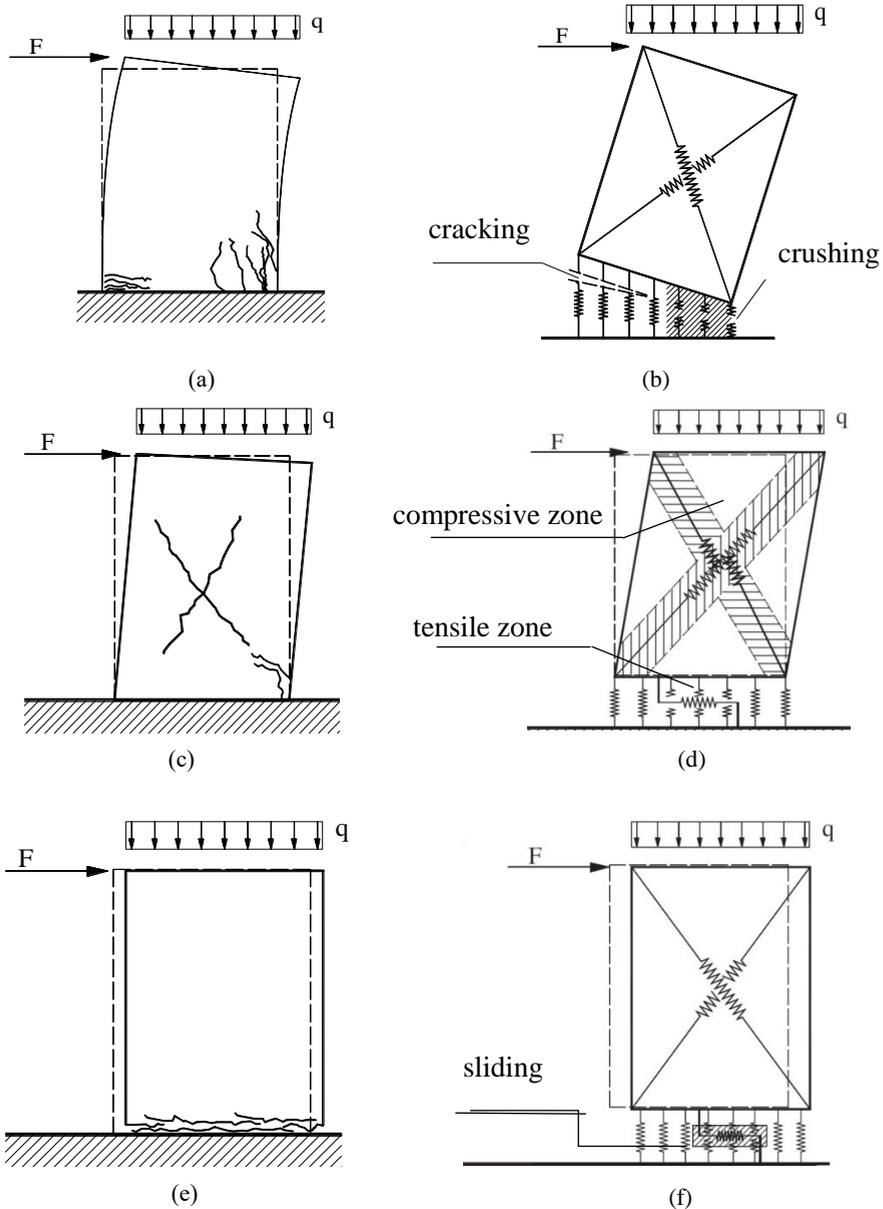


Figura 13. Rappresentazione qualitativa e corrispondente funzionamento del macro-elemento per meccanismi di pressoflessione (a, b), taglio per fessurazione diagonale (c, d), scorrimento (e,f) (Pantò, Raka, Cannizzaro, Camata, Caddemi, Spacone, Caliò, 2015).

Il comportamento flessionale è simulato da molle di interfaccia calibrate tramite un approccio semplificato che contempla modelli a fibre. Le molle hanno un comportamento elastico-perfettamente plastico con limitata resistenza a trazione. Ciò che caratterizza tale legame costitutivo è quindi racchiuso nei seguenti elementi (Figura 14a):

- E : modulo elastico;
- f_t : resistenza a trazione;
- f_c : resistenza a compressione;
- ε_t : deformazione ultima a trazione;
- ε_c : deformazione ultima a compressione.

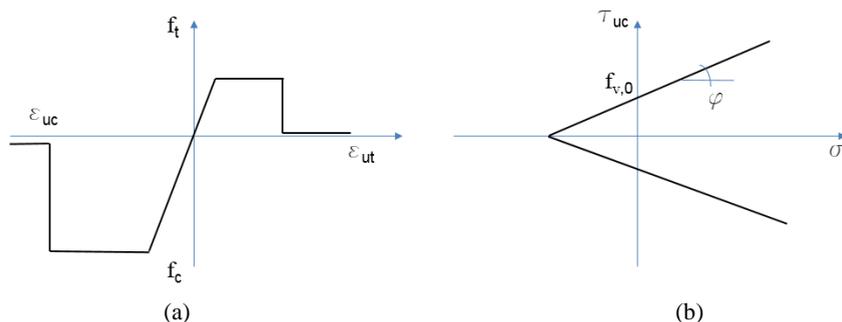


Figura 14. Legami costitutivi a presso/tenso-flessione (a) e taglio per scorrimento (b) adottati dal modello a macro-elementi.

Il comportamento è di tipo fessurativo (cracking): attinta la resistenza a compressione, si ha rottura per schiacciamento, mentre se è raggiunta la resistenza a trazione il materiale non può più sopportare sforzi di trazione ma può portare azioni di compressione quando il comportamento a compressione è riattivato (Figura 15). Il comportamento a taglio è governato da un criterio di resistenza di tipo Mohr-Coulomb (Figura 14b):

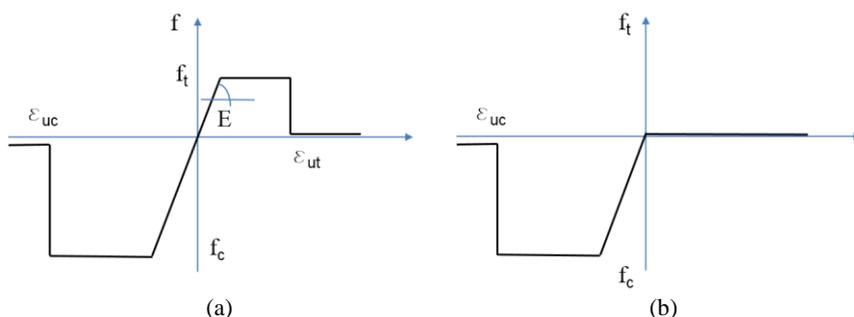


Figura 15. Comportamento tipo cracking della muratura: non danneggiato (a) e danneggiato (b).

In questo caso i parametri dei legami costitutivi che giocano un ruolo nel comportamento a taglio sono i seguenti:

- G : modulo di rigidezza a taglio;
- $f_{v,0}$: resistenza a taglio in assenza di azioni normali;
- φ : coefficiente di attrito;
- γ_u : deformazione ultima a taglio.

La resistenza ultima per taglio T_u è data da:

$$f_{vu} = f_{v,0} + \sigma\varphi;$$

$$T_u = f_{vu} \cdot A,$$

dove σ è la compressione media agente sul pannello di area trasversale A .

Le molle con comportamento non lineare vengono quindi automaticamente determinate dal software (3D Macro o HySTRA) in base alle proprietà meccaniche della muratura fornite da prove sperimentali o da tabelle (Circolare NTC08 per costruzioni esistenti) o da valori nominali qualora si debba procedere al progetto di una nuova struttura. Si realizza così il modello in input (Figura 16a) che, soggetto ad azioni di push-over orizzontali, fornisce una chiara evoluzione del danno distinguendo tra le varie tipologie di fessurazione per taglio (aperta o chiusa), pressoflessione e scorrimento (Figura 16b).

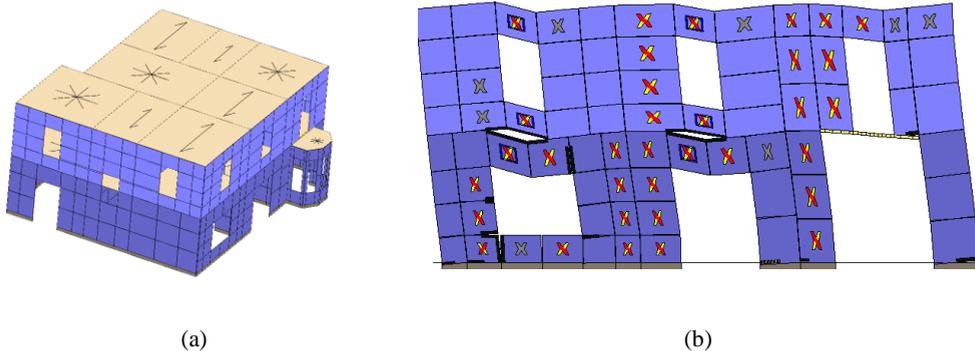


Figura 16. Esempio di modello in input a macro-elementi (a) e stato di danneggiamento di una parete interna ad un determinato livello di carico (b).

6.2 Coerenza di risposta tra un modello semplice a elementi finiti e uno con macro-elementi

Viene proposto il confronto tra un modello a elementi finiti ed un modello con macro-elementi per una muratura in laterizio e malta di calce, tipica di edifici storici in muratura. Il modello è costituito da un muro isolato, per evidenziare le differenze e il ruolo dei parametri in gioco con una geometria il più semplice possibile. Il modello è incastrato ai nodi di base e libero in sommità con dimensioni di

$150 \times 300 \times 30 \text{ cm}^3$ (larghezza \times altezza \times spessore). Il peso specifico assunto per la muratura è di 18 kN/m^3 , con un peso del pannello di 24.3 kN . Le caratteristiche meccaniche del materiale, quali modulo elastico, resistenza a compressione e a trazione, energia di frattura in compressione e in trazione, modulo di elasticità tangenziale, sono riportate in Tabella 1. Per quanto riguarda il modello a elementi finiti, il materiale è caratterizzato da un comportamento del tipo Concrete Damaged Plasticity (Lubliner, Oliver, Oller, Oñate, 1989; Lee, Fenves, 1998).

E [MPa]	f_c [MPa]	f_t [MPa]	g_c [N/mm]	g_t [N/mm]	G [MPa]
1200	2.40	0.1	Illimitata	Modello 1: 0.015 Modello 2: 0.15	480

Tabella 1. Parametri meccanici assunti per il modello a elementi finiti e con macro-elementi: muro isolato.

L'analisi parametrica consiste nel variare, per i due modelli, l'energia di frattura in trazione, che è un parametro spesso determinante nella risposta della muratura in fase post-elastica.

Il primo modello (denominato *Modello 1*) è caratterizzato da un'energia di frattura g_t di 0.015 N/mm , mentre il secondo (*Modello 2*) ha un'energia di frattura di un ordine di grandezza superiore (Tabella 1). La Figura 17 presenta la risposta di un'analisi statica in cui viene imposto uno spostamento ai nodi sommitali.

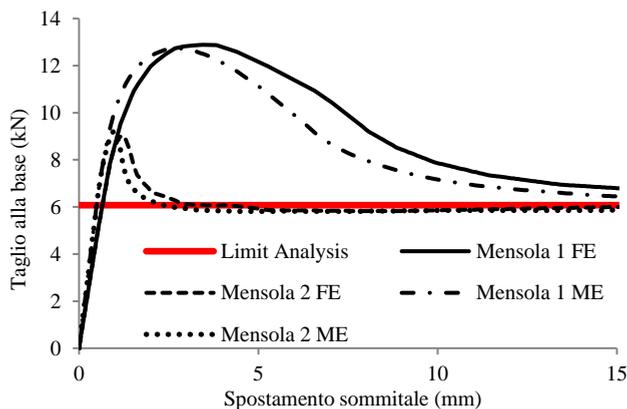


Figura 17. Risposta di una mensola soggetta a spostamento orizzontale imposto crescente con diversi valori di energia di frattura: modello a elementi finiti (FE) e con macro-elementi (ME).

Si osserva un'ottima corrispondenza tra la risposta del modello a elementi finiti (FE) e quella del modello a macro-elementi (ME). In particolare, i modelli con energia di frattura maggiore attingono una resistenza a taglio di circa il 40% maggiore della resistenza che compete al Modello 1 ($g_t = 0.015 \text{ N/mm}$). Peraltro, tutti i casi tendono al valore di resistenza a taglio fornita dall'analisi limite ($F = \frac{b}{2h} P = \frac{1.5}{2 \cdot 3.0} P = 6.08 \text{ kN}$).

7. MODELLI PER MECCANISMI FUORI PIANO: ANALISI CINEMATICHES E ANALISI DI ROCKING

7.1 Analisi di cinematiche e di rocking per edifici in muratura

Le analisi cinematiche sono al momento le analisi riconosciute dalla Normativa italiana per definire la sicurezza di costruzioni esistenti in muratura nell'ambito dei meccanismi locali, ovvero quelli relativi a porzioni della struttura (Figura 18). Esse si basano sull'identificazione di catene cinematiche ad un grado di libertà cui corrispondono specifiche accelerazioni di attivazione del meccanismo. Un tale processo, noto sotto il nome di analisi limite, definisce per via iterativa – tramite la variazione della catena cinematica ovvero la posizione della/e cerniere tra blocchi rigidi – il minimo moltiplicatore di collasso che rappresenta la capacità del sistema. La capacità può essere espressa in termini di accelerazione (analisi cinematica lineare) o di spostamento (non lineare). La capacità, caratteristica della struttura in esame, deve essere maggiore della domanda in accelerazione affinché l'elemento risulti in sicurezza. La domanda in accelerazione dipende invece essenzialmente dalle caratteristiche del sito di costruzione. Le verifiche riguardano sia Stati Limite di Danno, relativi all'insorgenza di fessurazioni (analisi cinematica lineare), sia Stati Limite di Salvaguardia della Vita. Quest'ultimo, inteso come Stato Limite Ultimo, può essere verificato sia mediante una verifica semplificata con fattore di struttura q (analisi cinematica lineare), sia mediante un'analisi cinematica non lineare in termini di spostamenti.

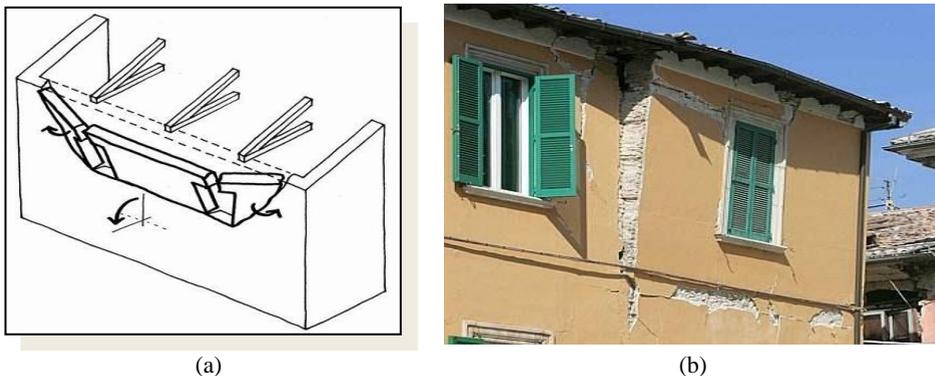


Figura 18. Esempio di meccanismo fuori piano di ribaltamento composto (a) e moto fuori piano di pannello murario a seguito del terremoto de L'Aquila (2009) (b).

La determinazione della domanda in accelerazione parte dall'assunzione che la parete muraria sia assimilabile ad un oscillatore equivalente. Infatti, la domanda si riferisce a spettri di risposta in accelerazione e spostamento. La ricerca recente su costruzioni in muratura propone invece di considerare il blocco rigido come blocco in *rocking* (dondolamento), la cui concezione è fortemente diversa dall'oscillatore equivalente.

Tali differenze saranno discusse nel paragrafo successivo. Le analisi di rocking su strutture in muratura consistono nell'applicare una storia in accelerazione nel tempo sul blocco rigido e monitorarne la risposta nel tempo. In genere, la risposta analizzata è la storia di rotazione del blocco, comunque vincolato, normalizzata rispetto al rapporto di snellezza α , dato dall'arcotangente del rapporto spessore/altezza del blocco (Figura 19). Quest'ultimo parametro geometrico, assieme alla semi-diagonale R (raggio vettore che collega il baricentro al centro di istantanea rotazione O od O'), definisce i parametri di input per un'analisi di rocking, insieme al peso del pannello stesso. Eventuali condizioni al contorno possono arricchire il blocco libero: vincoli orizzontali, quali ad esempio dispositivi anti-sismici, spinte di coperture, carichi sommitali aggiuntivi, etc. La risposta del blocco è ottenuta mediante risoluzione dell'equazione del moto. È possibile ottenere una soluzione in forma chiusa del solo blocco libero soggetto ad accelerazioni sinusoidali o con forze costanti, mentre in presenza di accelerazioni con diversi contenuti in frequenza l'integrazione è risolta per via numerica. Come diretta applicazione ingegneristica di un'analisi di rocking, si pone l'attenzione su un output in termini di rotazione normalizzata: quando il blocco è stabile si attinge un valore di rotazione generalmente sotto l'unità (ma nel caso dinamico si possono attingere anche valori maggiori), mentre si ha ribaltamento nel caso limite di rotazione pari a 90° (Figura 21). In aggiunta, si possono definire degli stati limite atti a definire dei valori soglia di rotazione normalizzata, per un controllo maggiore della risposta in rocking. Valori proposti nella recente letteratura sono pari a 0 (stato limite di danno, incipiente rocking), 0.1 (rocking limitato), 0.4 (stato limite di salvaguardia della vita), 1.0 (collasso). Tuttavia tali valori sono soltanto ipotetici e dovrebbero essere specializzati per le strutture di volta in volta considerate, analizzando gli effetti in base al tipo di blocco rigido considerato.

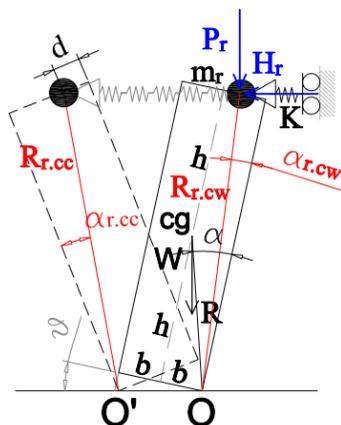


Figura 19. Blocco in rocking con vincolo orizzontale in sommità, massa superiore e spinta orizzontale.

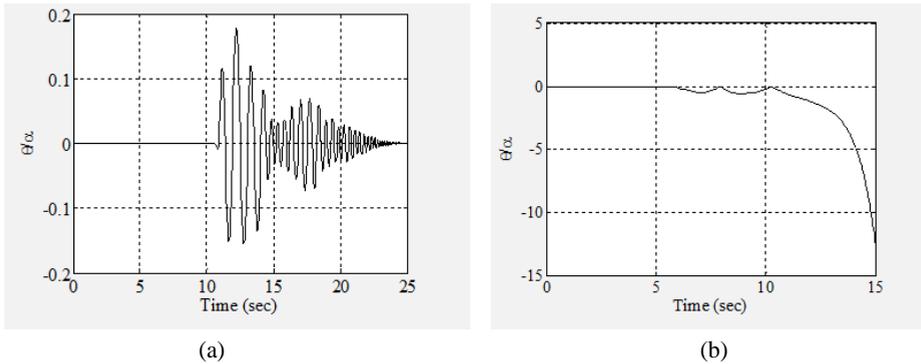


Figura 20. Esempio di output di blocco in rocking: (a) risposta stabile; (b) ribaltamento (rotazione θ tendente a 90°).

7.2 Differenze tra analisi cinematiche e analisi di rocking

Le analisi cinematiche e di *rocking* (dondolamento) sono finalizzate a valutare il comportamento fuori piano dei pannelli murari. Le analisi cinematiche trascurano completamente il carattere transiente del moto, determinante in una valutazione affidabile della risposta, nonché i fenomeni dissipativi che avvengono nelle cerniere di rotazione. Assumere, inoltre, il pannello nel suo comportamento fuori piano unicamente quale oscillatore equivalente desta non poche perplessità. Infatti, come sperimentalmente osservato, una volta che si forma la cerniera e dunque il cinematicismo, il blocco non risponde più da oscillatore equivalente ma da blocco in rocking. Come diffusamente spiegato in letteratura (e.g. (Makris, Konstantinidis, 2003b)), una delle notevoli differenze stanti tra l'oscillatore equivalente ad un grado di libertà e il blocco in rocking è il fatto che il comportamento dinamico viene nell'ultimo caso valutato nel tempo. Le analisi di rocking sono della analisi dinamiche – e quindi transienti – non lineari di un sistema a uno o più gradi di libertà.

Qualunque siano le condizioni al contorno – superficie con o senza attrito, corpo libero o vincolato, capacità di scorrimento e/o rimbalzo o rocking puro – l'aspetto essenziale è rappresentato dalla natura dinamica del problema. Se si parla di terremoti, l'azione sismica, che è una azione random contenente un treno di impulsi di frequenza e ampiezza estremamente variegato, non può essere trascurata e “relegata” ad un semplice punto di uno spettro di risposta peraltro ottenuto per via numerica. Questo è solo il primo dei punti per i quali un'analisi di rocking dovrebbe quantomeno affiancare le classiche analisi cinematiche nella valutazione della sicurezza sismica di edifici esistenti in muratura. Le stesse considerazioni si applicano a elementi assimilabili a corpi rigidi e soggetti a moti del suolo.

Le altre principali differenze tra le due analisi sono schematicamente mostrate in Figura 21. In primo luogo la pulsazione propria dell'oscillatore equivalente è costante ed è funzione della rigidezza e della massa del sistema.

La dissipazione di energia viene collegata ad uno smorzamento viscoso equivalente, e il legame forza-spostamento è lineare. Ciò significa che l'oscillatore risponde elasticamente e uno spostamento infinitamente vicino allo zero corrisponde ad una forza anch'essa praticamente nulla. Il funzionamento del blocco in rocking è profondamente diverso.

La pulsazione propria del sistema o, analogamente, il periodo di vibrazione, ha un legame non lineare con lo spostamento: infatti, dipende dall'ampiezza del moto (Housner, 1963). Il periodo proprio cambia quindi in funzione sia dell'ampiezza di moto sia del tipo di azione applicata al blocco. Possono manifestarsi delle condizioni di risonanza allorché il blocco vibra secondo la pulsazione della forzante. Inoltre il blocco in rocking ha una relazione forza-spostamento generalizzati, ossia momento-rotazione, tale per cui all'insorgere della rotazione ($\theta \neq 0$) il momento associato al blocco libero è pari alla coppia stabilizzante $mgR \sin \alpha$.

All'aumentare della rotazione del blocco si assiste ad una riduzione del momento stabilizzante dovuta alla riduzione del braccio della forza peso che consente il ricentraggio del blocco stesso. Il valore ultimo della rotazione è pari al rapporto di snellezza α , inteso come l'arcotangente del rapporto spessore/altezza dell'elemento. Housner, nel suo lavoro che ha aperto la strada allo studio del fenomeno del rocking, ha identificato un effetto scala per cui tra due blocchi aventi lo stesso rapporto di snellezza, quello di maggiori dimensioni – identificato con un raggio R maggiore (Figura 21) è più stabile.

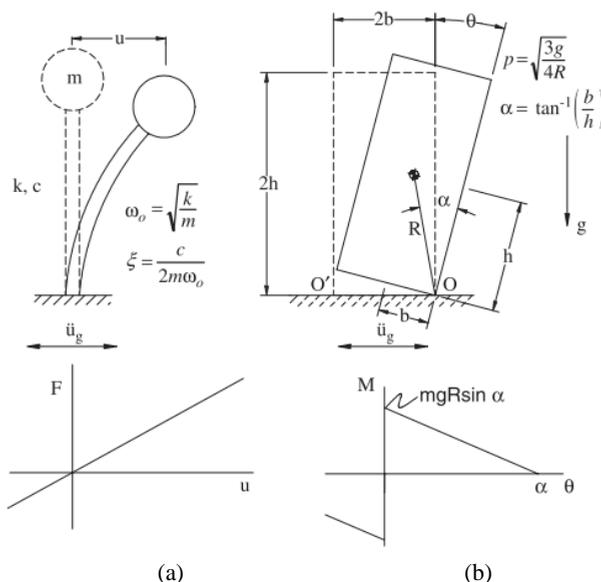


Figura 21. Principali differenze tra oscillatore equivalente (a) e blocco libero in rocking (b), con corrispondenti relazioni forza / spostamento (in termini generalizzati) (Makris and Konstantinidis, 2003b).

Nelle analisi di rocking è la gravità che gioca un ruolo dominante nella capacità di ricentraggio del sistema. Un ulteriore rilevante aspetto delle analisi di rocking che le differenzia rispetto alle analisi cinematiche lineari è rappresentato da come il fenomeno dissipativo durante la fase di scuotimento sismico viene modellato. È stato già sottolineato che, mentre per l'oscillatore equivalente si considera uno smorzamento viscoso equivalente, che racchiude in sé tutti i fenomeni dissipativi che nei meccanismi fuori piano di pannelli in muratura possono aver luogo, per il blocco in rocking la dissipazione di energia è concentrata nei punti dove avviene l'impatto del blocco su una superficie.

Tale superficie, su cui in fase di riposo è appoggiato il blocco, è il piano di base soggetta all'azione sismica qualora il sistema sia ad un grado di libertà. Supponendo che la cerniera si formi alla base del pannello in corrispondenza dei giunti di malta, e quindi il meccanismo generato sia di ribaltamento semplice, la dissipazione di energia è concentrata in questa zona. Assumendo che vi sia una conservazione del momento della quantità di moto immediatamente prima ed immediatamente dopo l'impatto rispetto al punto di rotazione (uno dei due spigoli O od O' di Figura 21), si può a tal proposito determinare il coefficiente di restituzione. Il coefficiente di restituzione e , compreso tra 0 e 1, riduce la velocità di rotazione subito dopo l'urto $\dot{\vartheta}^+$ rispetto a quella subito prima dell'urto $\dot{\vartheta}^-$ secondo la semplice relazione:

$$\dot{\vartheta}^+ = e \cdot \dot{\vartheta}^- \quad (1)$$

Se il coefficiente di restituzione è 0, si ha un urto perfettamente anelastico, mentre se il valore è unitario tutta l'energia prima dell'urto viene conservata dal sistema, risultando in un urto perfettamente elastico. Tale coefficiente può essere messo in relazione con la snellezza del blocco secondo la seguente espressione proposta da Housner:

$$e = 1 - \frac{3}{2} \sin^2 \alpha \quad (2)$$

Per cui blocchi più snelli dissipano meno energia. La risposta in rocking di un generico blocco è estremamente dipendente da questo parametro di dissipazione di energia. Per sistemi a più gradi di libertà occorre discutere in modo più approfondito il problema. In questo caso, un sistema a n blocchi appoggiati, può assumere N configurazioni che potenzialmente possono condurre all'instabilità del blocco:

$$N = 3^n - 1 \quad (3)$$

con un numero corrispondente di equazioni differenziali pari a $N \cdot n$ (Kounadis, 2015).

8. APPLICAZIONI E SCHEMI INTERPRETATIVI DELLE MODELLAZIONI

8.1 Modelli a elementi finiti

In questo paragrafo vengono proposte delle analisi su modelli a elementi finiti che esplorano la sensitività della risposta ai parametri meccanici e ai dati di input del modello geometrico.

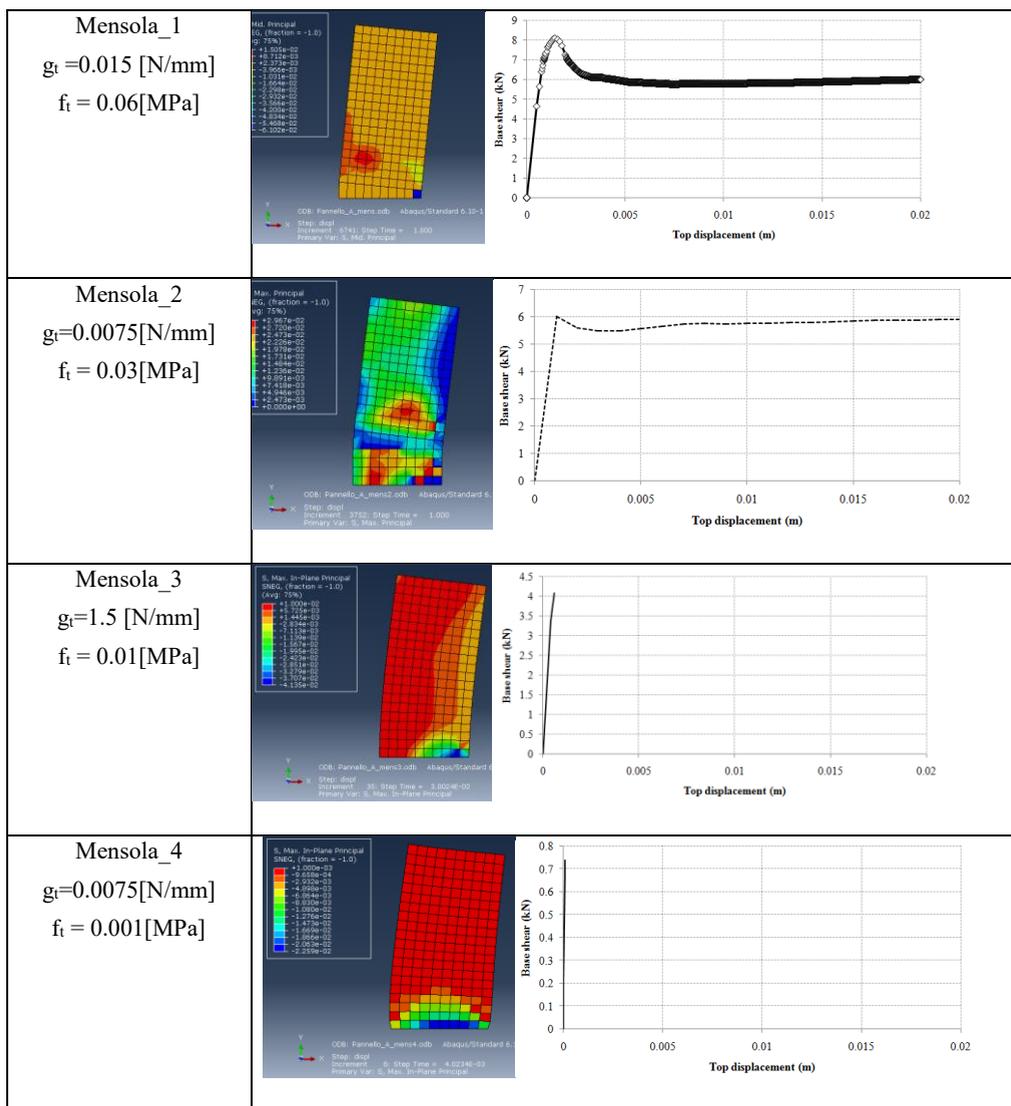


Figura 22. Analisi parametrica di pannelli a elementi finiti con diversi valori di energia di frattura e di resistenza a trazione.

8.1.1 Sensibilità della risposta di un pannello isolato alla variazione delle proprietà meccaniche della muratura

Si consideri il pannello descritto nel § 6, soggetto ad uno spostamento imposto in sommità e caratterizzato da un comportamento del tipo Concrete Damaged Plasticity (Lubliner, Oliver, Oller, Oñate, 1989). I parametri che maggiormente influenzano la risposta sono l'energia di frattura g_f e la resistenza a trazione f_t . L'analisi parametrica viene pertanto condotta variando tali parametri, secondo quanto riportato in Figura 22.

Il valore teorico suggerito dall'analisi limite, pari a circa 6 kN, viene raggiunto nel caso delle mensole con resistenza a trazione maggiore (> 0.03 MPa). Resistenze a trazioni minori impediscono che tale valore venga raggiunto, causando un comportamento fragile del pannello, che non ha tempo di evolvere in campo post-elastico (mensole 3-4). Le analisi di sensitività hanno mostrato che se si aumenta la duttilità (ovvero la deformazione ultima a compressione) non cambia la curva e spesso insorge prima la non convergenza. Inoltre, il parametro g_f influisce praticamente solo sulla convergenza e non anche sulla tipologia di curva. In presenza di un caso reale, ove, come accade nella maggioranza dei casi, non siano note le caratteristiche dei materiali, sarebbe opportuno procedere con una back analysis, ovvero assegnare delle proprietà variabili ai materiali e confrontare la risposta del modello con quella reale, in modo da risalire alla definizione dei materiali stessi.

8.1.2 Modellazione per la valutazione delle cause di crollo di un tratto di strada

Un caso di modellazione a elementi finiti che è stata necessaria in un caso di Ingegneria Forense è quella relativa ad un crollo avvenuto dopo un'intensa pioggia in Sardegna nel novembre del 2013. Un tratto di strada provinciale è crollato per collasso del tombino stradale dovuto probabilmente a scarsa manutenzione dello stesso. Il tombino, costituito da un corrugato di diametro medio di circa 1.5 m, ha subito fenomeni di corrosione ed erosione che hanno causato una drastica riduzione di materiale, giungendo ad instabilità della struttura.

Per arrivare alla valutazione dell'influenza dell'erosione sul collasso, un'analisi di sensitività è stata condotta con un modello a elementi finiti. I fenomeni combinati di erosione e corrosione sono stati fisicamente simulati rimuovendo elementi finiti dal modello e riducendo lo spessore del tubo gradualmente. Inoltre, è stato valutato l'effetto delle condizioni al contorno del corrugato (terreno adiacente) sulla stabilità del sistema.

Per ragioni di simmetria, il modello a elementi finiti può considerarsi quello di Figura 24, soggetto al carico del terreno sovrastante nella sezione più sollecitata e alla spinta attiva del terreno.



(a)



(b)



(c)

Figura 23. Tratto della strada provinciale di Olbia-località Monte Pinu crollato (a); ostruzione (b) ed erosione dovuta a corrosione del corrugato (c).

Le costolature possono essere modellate così come sono, incrementando però notevolmente il tempo di preparazione del modello, di analisi e di lettura dell'output, oppure adottando uno spessore e un modulo di elasticità normali equivalenti per il tubo, secondo una procedura espressa da (El Taher, 2009). Per il calcolo delle proprietà equivalenti, riportate in Tabella 2, si rimanda a (Giresini, Puppio, Sassu, 2016).

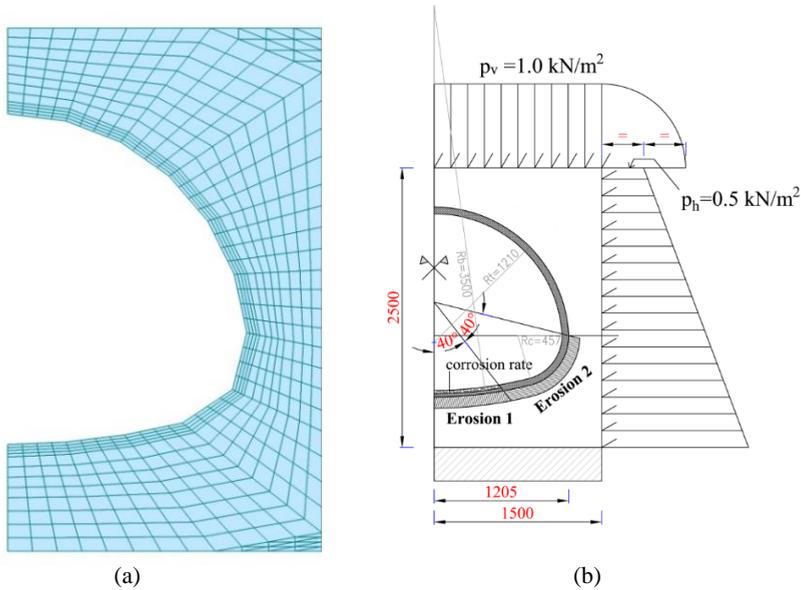


Figura 24. Modello a elementi finiti (a); condizioni di carico di metà corrugato (dimensioni in mm) (b).

$L_p \left(\frac{mm}{mm} \right)$ - lunghezza equivalente	1.24
$A_p \left(\frac{mm^2}{mm} \right)$ - area del corrugato	0.27
$I_p \left(\frac{mm^4}{mm} \right)$ - momento di inerzia	80.15
$t_{eq} (mm)$ - spessore equivalente	59.43
$E_{eq} (MPa)$ - modulo elastico equivalente	916.29

Tabella 2. Caratteristiche geometriche del tubo corrugato (Giresini et al., 2016).

Sono stati analizzati due scenari di corrosione: (i) area di erosione ER1 (Figura 24b), la parte inferiore del flusso d'acqua e (ii) area di erosione 2, ER2, da 40° a 80° rispetto all'asse di simmetria verticale. A partire dalla configurazione originaria del tubo, si sono ridotti gradualmente gli spessori equivalenti per simulare il processo di corrosione in un'analisi di sensitività.

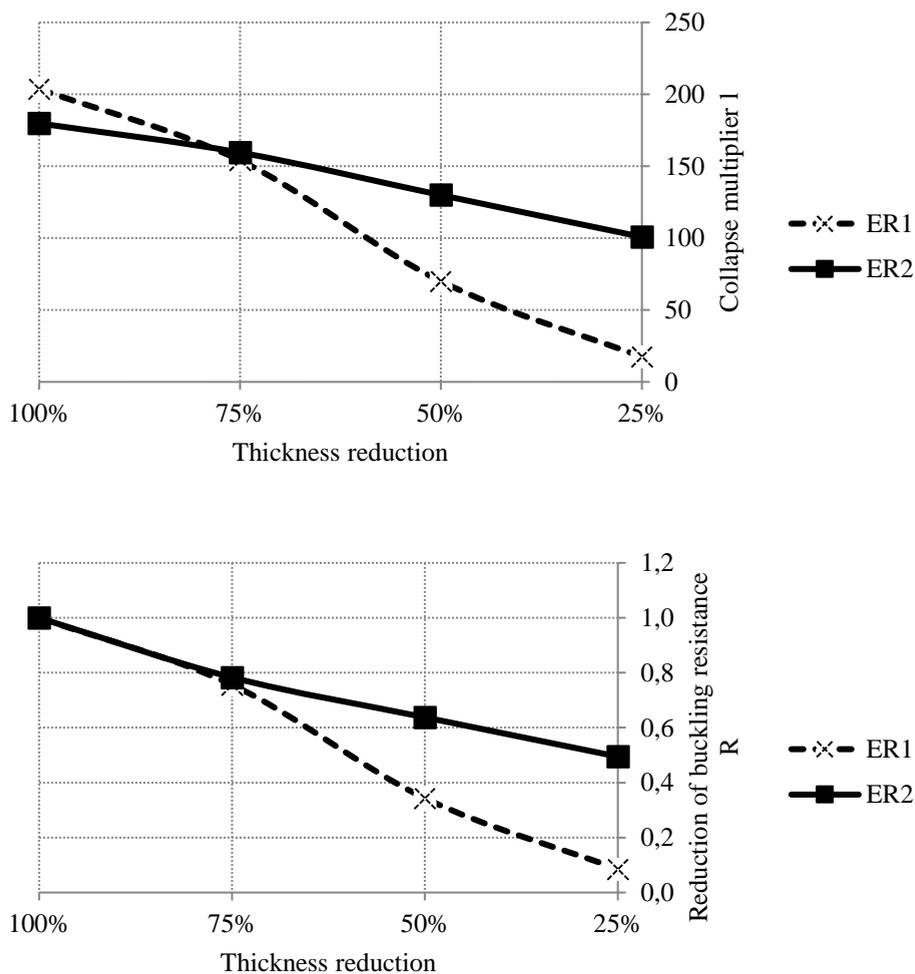


Figura 25. Analisi di sensitività per il calcolo del moltiplicatore di collasso di buckling.

In particolare, si individuano 4 indici di riduzione: 1 (spessore non corrosivo), 0.75, 0.5 e 0.25. L'ultimo valore riproduce meglio la situazione osservata. Il modulo elastico equivalente è invece stato mantenuto costante. L'analisi parametrica è stata finalizzata a determinare il moltiplicatore di collasso per instabilità per ogni scenario considerato.

L'analisi di buckling (instabilità) si è quindi condotta definendo un parametro di controllo R espresso nella seguente forma:

$$R = \frac{\lambda}{\lambda_0}$$

dove λ è il moltiplicatore di collasso variabile con lo scenario e λ_0 il valore di riferimento corrispondente all'assenza di corrosione ovvero all'iniziale valore di spessore.

Il tubo è più sensibile in termini di resistenza di buckling allo scenario ER1, ovvero per un distacco del terreno nella porzione più bassa del tubo. Infatti, la resistenza residua è circa l'8% in ER1 mentre è il 50% nello scenario ER2. Tuttavia, il moltiplicatore di collasso iniziale è più alto di circa il 10% per ER1 rispetto a ER2. Con una riduzione del 75% dello spessore iniziale, i due scenari risultano in circa lo stesso moltiplicatore di collasso (154 e 159.5 rispettivamente, Figura 25).

Queste considerazioni consentono di concludere che gli interventi nella porzione inferiore permetterebbero una migliore risposta al fenomeno di buckling. Tra l'altro, la parte inferiore è quella più soggetta al processo di corrosione per il suo più prolungato contatto con l'acqua.

8.1.3 Scelta tra analisi nel piano o tridimensionali: il caso di un ponte canale in c.a.

Si presenta il caso di un ponte canale in c.a., avente una sezione ad omega rovescia (Figura 26) e costruito in calcestruzzo armato gettato in opera (per la soletta) e da pareti prefabbricate. Si analizza un modello a elementi finiti considerando il solo calcestruzzo, ipotizzando la struttura come appoggiata in corrispondenza dei piloni che si collegano alle travi di fondazione. I modelli sono costituiti da elementi finiti tipo shell da cui si ottengono le caratteristiche della sollecitazione, tensioni e deformate da impiegarsi per le verifiche a stato limite ultimo e di esercizio. Uno dei vari aspetti da considerare per verificare questa struttura ed eventualmente risalire a delle cause che hanno determinato delle fessurazioni diffuse nel calcestruzzo è il tipo di analisi da usare, se nel piano (2D) o in 3D.

In questo caso si è ritenuto necessario adottare entrambe le modellazioni, ciascuna finalizzata ad ottenere un determinato output. Ad esempio è significativa l'analisi nel piano della sezione trasversale (in condizioni di sezione completamente bagnata per le massime tensione nei punti di variazione della linea d'asse), ma anche un'analisi globale per la risposta dinamica (modi propri di vibrare in caso di azioni sismiche o azioni dinamiche dell'acqua), come rappresentato in Figura 27.

Un ulteriore modello piano descrive il comportamento delle pareti longitudinali, caricate fuori dal proprio piano dalla spinta dell'acqua. I modelli piani hanno il pregio di ridurre drasticamente sia il tempo di modellazione sia l'onere computazionale, facilitando peraltro notevolmente la lettura dell'output.

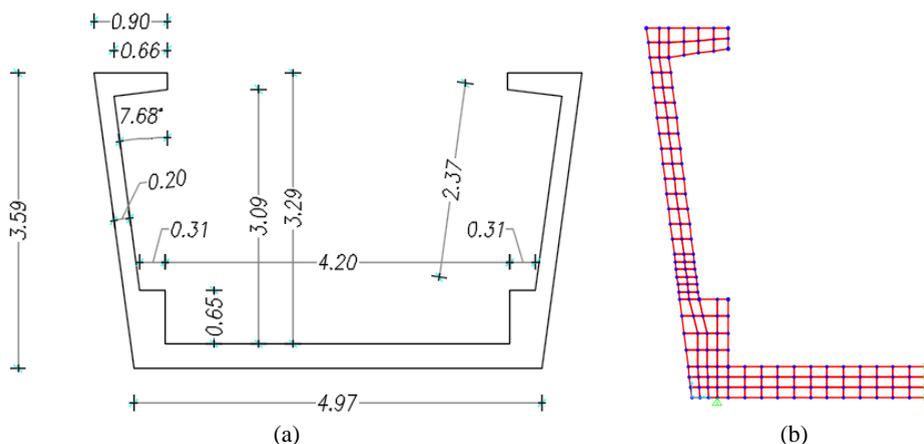


Figura 26. Dimensioni della sezione in m (a) e mesh con elementi finiti tipo shell (b).

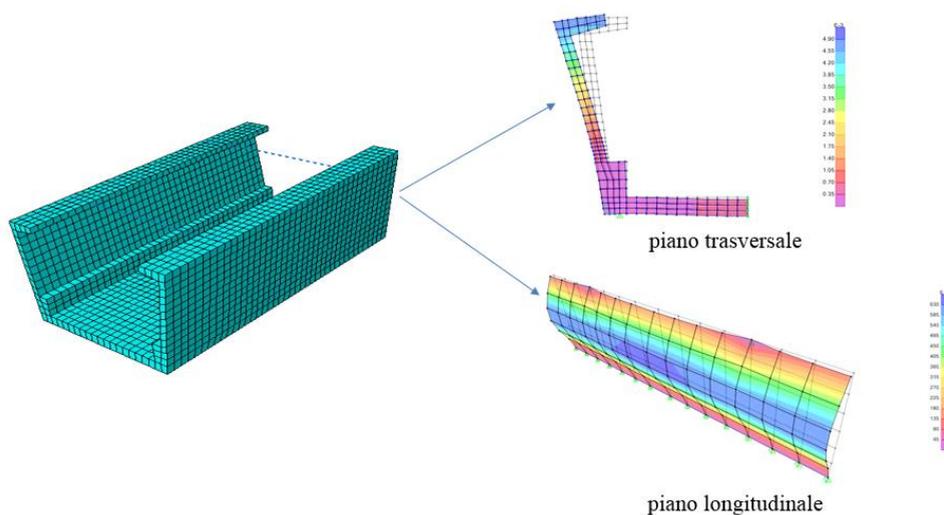


Figura 27. Modello tridimensionale a elementi finiti tipo brick e modelli 2D della sezione trasversale e longitudinale di un ponte canale in c.a..

Il modello piano di Figura 27 si presta ad essere impiegato in una procedura di *back analysis*, per determinare ad esempio la resistenza a trazione del calcestruzzo da fessurazioni presenti in precedenza. Infatti, variando opportunamente le caratteristiche del materiale sotto condizioni di carico prefissate, si individua il tipo di calcestruzzo qualora questo non sia noto, oppure se il materiale è definito, si individuano facilmente gli scenari di carico che porterebbero alcuni punti della sezione a sconfinare in campo post-elastico (fessurazioni).

Le condizioni al contorno della sezione possono essere varie, partendo dal più semplice appoggio (vincolo perfetto) come rappresentato in Figura 26b arrivando ad un vincolo cedevole, considerando la deformabilità della pila di fondazione (Figura 28).

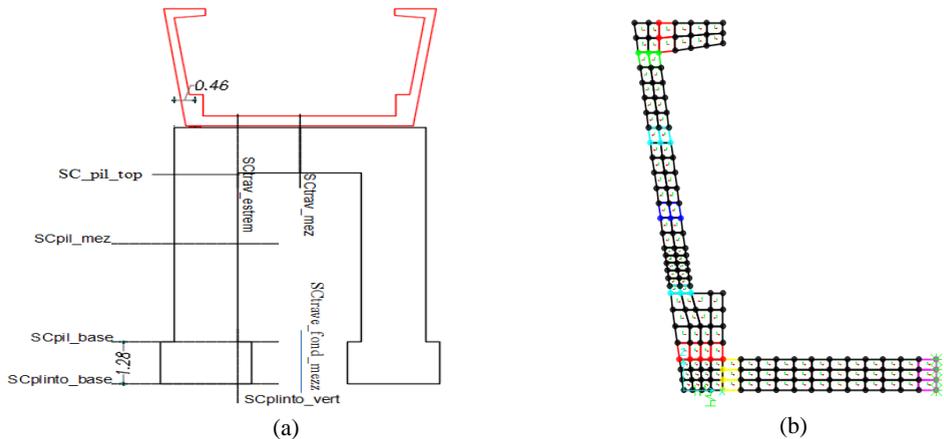


Figura 28. Appoggio del ponte canale sul pilone di fondazione, misure in m (a) e modello con vincolo cedevole (b).

8.1.4 Esempio di tecnica di semplificazione di un modello complesso

Un altro esempio di modellazione ad elementi finiti è quello relativo a geometrie complesse, ad esempio volte in muratura. Un primo aspetto da discutere è rappresentato dalla tipologia di elementi con cui la volta viene rappresentata. In letteratura sono disponibili diversi modelli per costruire superfici complesse di elementi voltati in muratura, e.g. (Milani, Tralli, 2008). Supponendo di trattarle con elementi finiti classici, previa omogeneizzazione del materiale (macro-modellazione), è stato recentemente proposto un metodo per rappresentare tali elementi complessi con schemi semplificati, in modo da valutarne il loro ruolo su edifici di culto soggetti ad azioni sismiche (Giresini 2016). Una generica volta può essere assimilata come un set di bielle equivalenti, la cui rigidezza si trova imponendo degli spostamenti in opportune direzioni e monitorando la risposta in termini di reazioni vincolari. Il comportamento lineare o non lineare che ne consegue, a seconda della legge costitutiva assegnata agli elementi finiti, consente di determinare la rigidezza di una biella equivalente (Figura 29). Questo approccio può essere utile quando si voglia valutare il miglioramento della risposta sismica dopo l'inserimento di catene metalliche atte a limitare gli spostamenti relativi degli appoggi delle volte. Anche le catene metalliche, infatti, possono essere assimilabili a bielle.

L'insieme di elementi equivalenti può quindi essere funzionale ad un'analisi globale riducendo drasticamente il numero di gradi di libertà dell'intero modello, alleggerendo peraltro la fase di output e lettura dei risultati (Figura 30). Naturalmente, semplificazioni di questo tipo sono giustificate qualora si raffronti il modello complesso con il modello semplificato per una vasta gamma di scenari, sia di azioni che di leggi caratterizzanti il materiale. Nel caso delle volte equivalenti, sono state condotte analisi lineari dinamiche dei due modelli, completo (Figura 30a) e semplificato (Figura 30b), monitorando la storia nel tempo degli spostamenti relativi tra la sommità di due colonne della navata laterale in direzione trasversale, sotto un dato terremoto (espresso come time-history in accelerazione). Si osserva una buona corrispondenza tra i due modelli, pertanto la validazione conferma l'attendibilità del modello semplificato (Figura 31).

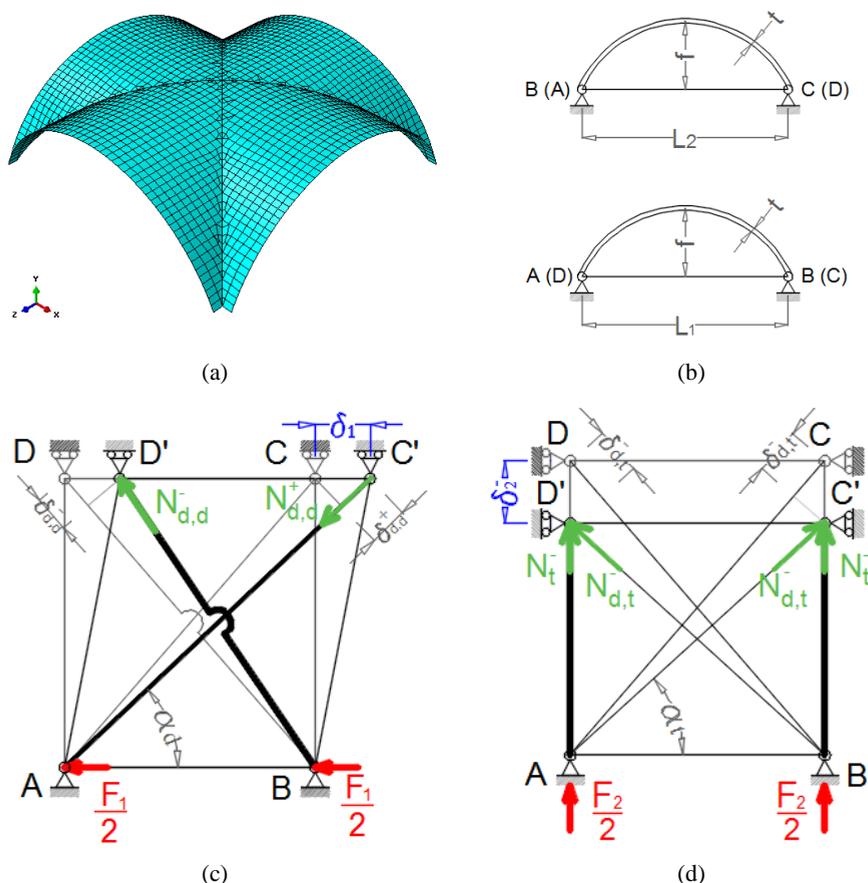


Figura 29. Volta a crociera: modello a elementi finiti (a), dimensioni geometriche (b), determinazione della rigidità equivalente in direzione diagonale (c) e trasversale-longitudinale (d).

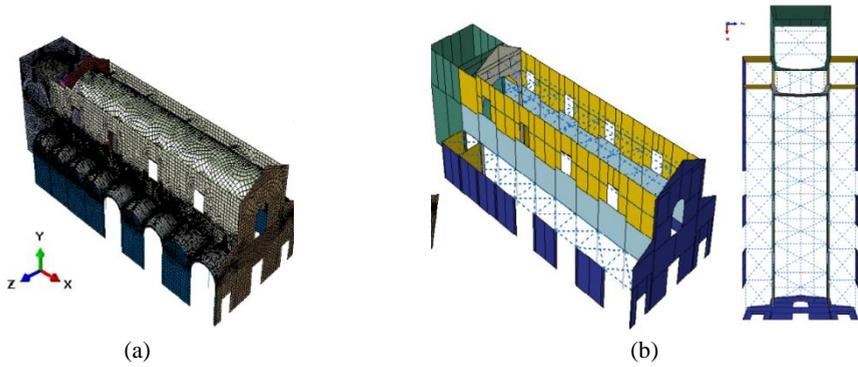


Figura 30. Edificio di culto modellato con elementi finiti (a) e con bielle equivalenti alle volte delle navate laterali e centrale (b).

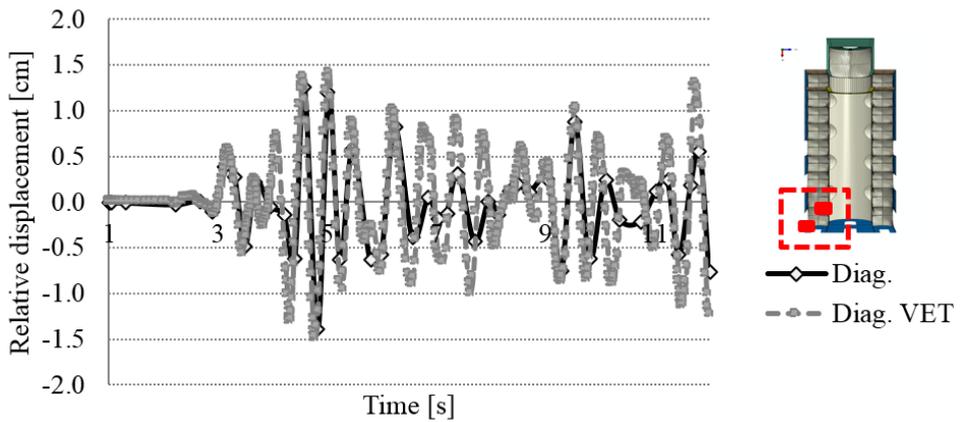


Figura 31. Validazione del modello semplificato con bielle equivalenti rispetto a quello con volte modellate con elementi finiti. Risposta in termini di spostamenti relativi tra la sommità di due colonne della navata laterale in direzione trasversale, sotto un dato terremoto (time-history in accelerazione).

8.2 Analisi cinematiche e di rocking

8.2.1 Un confronto tra analisi cinematica e un'analisi di rocking

Un confronto semplice tra analisi cinematiche e di rocking viene presentato in questo paragrafo con lo scopo di evidenziare le differenze sia dei parametri in input che entrambe richiedono, sia della risposta e sua interpretazione. L'oggetto dell'analisi è l'altare di una chiesa colpita dal terremoto dell'Emilia Romagna nel 2012. La Chiesa della Beata Vergine Annunziata ha al suo interno un altare in muratura che ha probabilmente subito un fenomeno di rocking durante le scosse sismiche del maggio 2012. Questa deduzione è supportata dal rilievo di una evidente fessura che corre orizzontalmente alla base dell'altare (Figura 32), che può essere vista come cerniera di rotazione del blocco prismatico assimilabile, per la sua forma e caratteristiche di muratura monolitica, ad un blocco di Housner.

L'altare ha un'altezza totale di 6 m e uno spessore variabile tra 0.47 e 0.51 m (Figura 33). Essendo anche la larghezza del blocco variabile, si è determinato un blocco equivalente di larghezza 2.4 m e di altezza 2.96 m dalla fessura, con uno spessore equivalente di 0.49 m. Le caratteristiche geometriche del blocco, quindi, sono rappresentate da una semi-diagonale $R = 1.499 \text{ m}$ e un rapporto di snellezza $\alpha = 0.163 \text{ rad}$ (9.34°). Il blocco è stato poi sottoposto alle due principali scosse sismiche che ha subito, ovvero alle registrazioni sismiche delle stazioni di Mirandola (MRN) e Moglia (MOG), in data 29 maggio 2012, anche se queste dovrebbero rigorosamente essere trattate con opportune leggi di attenuazione.

La risposta dell'analisi di rocking è visibile in Figura 34, dove si nota chiaramente che per entrambe le azioni sismiche la risposta del blocco è stabile, e inoltre la massima rotazione normalizzata attinta è pari a 0.18. Il limite teorico di tale rotazione è quello per cui la rotazione del blocco è pari a 90° (ideale, corrispondente al suo ribaltamento).

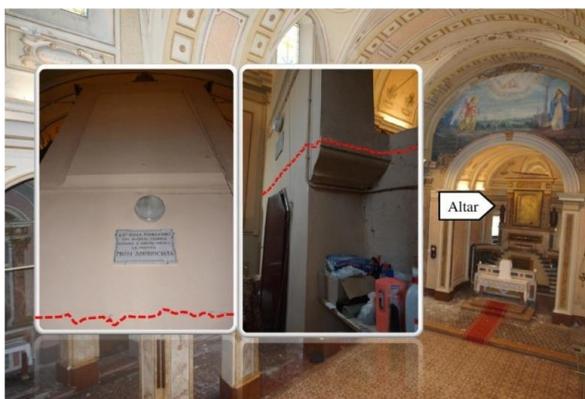


Figura 32. L'altare della chiesa della Beata Vergine (Reggiolo) con la fessura orizzontale alla base.

Infatti, il blocco in rocking può attingere rotazioni anche maggiori del rapporto di snellezza, a differenza dell'approccio statico dove, per il blocco libero, si ha ribaltamento proprio allorché la rotazione è uguale al rapporto di snellezza. Se si conducesse, invece, un'analisi cinematica come suggerisce la Normativa Italiana, lo Stato Limite di Danno sarebbe correttamente raggiunto (Figura 34), poiché effettivamente la fessura si è prodotta. Il valore della domanda di spostamento S_{de} per la seconda verifica, concernente lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita, è presa in corrispondenza di un periodo $T_s = T_1 = 1.09$ s, equivalente al periodo secante ottenuto per la curva di capacità, poiché l'altare è indipendente dai modi propri di vibrare della chiesa.

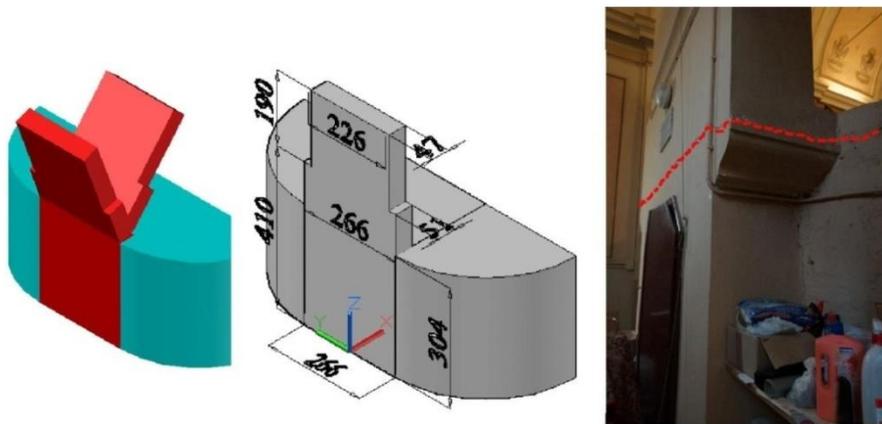


Figura 33. Dimensioni in cm dell'altare e meccanismo di rocking.

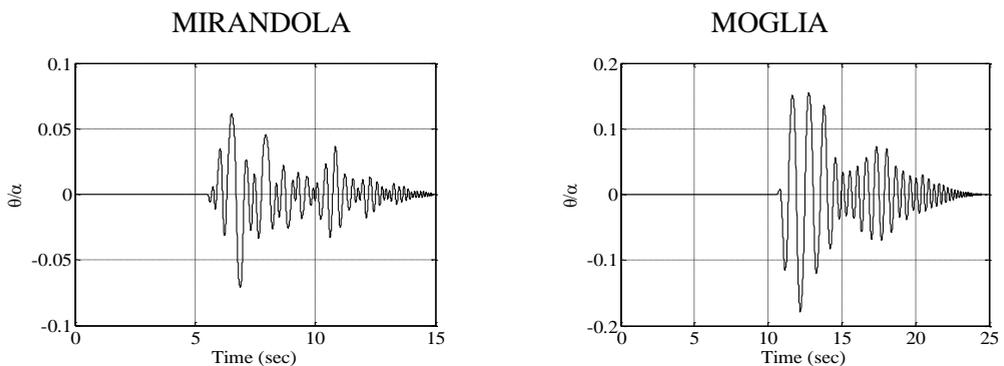


Figura 34. Risposta dinamica dell'altare sotto le registrazioni sismiche di Mirandola e Moglia, con coefficiente di restituzione teorico secondo (Housner, 1963).

Se invece, l'elemento strutturale vibrasse con la struttura, T_1 corrisponderebbe al primo periodo proprio di vibrare della stessa, nella direzione lungo la quale si esplica il moto fuori piano. La seconda verifica non è soddisfatta qualora venga considerato il fatto che l'altezza della cerniera cilindrica sia posizionata a 2.96 m. La Normativa Italiana, infatti, richiede un duplice controllo per elementi la cui cerniera cilindrica non sia a terra: uno in cui lo è, e l'altro in cui la domanda in accelerazione viene ridotta del fattore ψ definito come il primo modo di vibrazione della struttura, eguagliabile al rapporto tra altezza della cerniera e altezza totale della costruzione in assenza di ulteriori indicazioni. È evidente che anche una tale assunzione, relativa ad un modo di vibrare di un oggetto flessibile, ha poco a che fare con il dondolamento di un oggetto rigido.

In definitiva, come spesso dimostrato nella letteratura degli studi di rocking, l'analisi cinematica è sovra conservativa rispetto all'analisi di rocking. Questo aspetto potrebbe non essere accettabile per costruzioni di interesse storico e artistico per le quali un intervento di consolidamento implicherebbe un costo rilevante e si rivelerebbe inutile ai fini della garanzia di sicurezza dell'elemento o della parete.

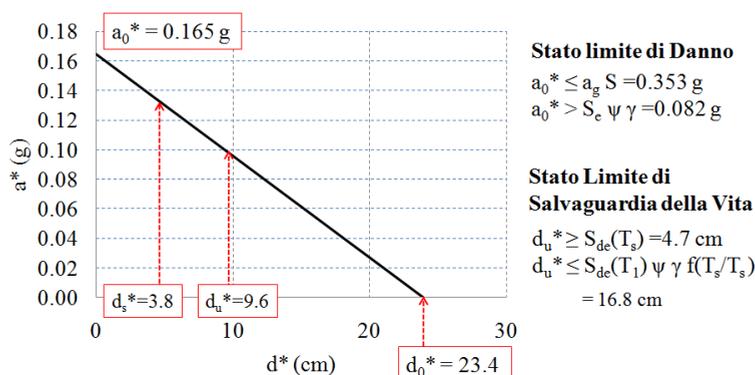


Figura 35. Curva di capacità dell'altare secondo l'analisi cinematica non lineare richiesta dalla Normativa Italiana (azione sismica di Moglia, $\gamma = 1$, $T_s = T_1 = 1.09 \text{ s}$, $\psi = 0.51$).

8.2.2 Effetti di dispositivi di ritenuta in analisi cinematiche e di rocking

Qualora la stabilità del blocco non sia garantita sotto determinate azioni dinamiche, potrebbe essere necessaria la sua messa in sicurezza. Il dispositivo di ritenuta, quale ad esempio il classico tirante in acciaio, che svolge un'azione positiva nei riguardi della stabilità del blocco, può essere simulato da una molla di richiamo con specifica posizione (ad esempio nella sommità dell'elemento), avente rigidezza costante o variabile. Eventuali dispositivi di ritenuta diffusi possono essere modellati tramite letto di molle, che può anche rivestire il ruolo di pareti ortogonali rispetto ad una parete in muratura.

Un possibile strumento per valutare l'efficacia di dispositivi di ritenuta di blocchi rigidi è dato dai cosiddetti spettri in rocking. Gli spettri in rocking sono dei grafici che diagrammano la rotazione normalizzata **massima** del blocco in ordinate (§ 7) e in ascissa la semi-diagonale, assumendo come parametro delle curve la rigidità della molla.

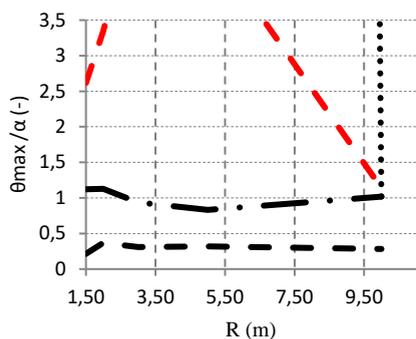
Un'analisi parametrica di blocchi di diverse dimensioni con molle orizzontali in sommità di diversa rigidità può consentire di discutere degli effetti migliorativi nella risposta del blocco dondolante. Tale miglioramento può esprimersi o come stabilizzazione del blocco, che in assenza del tirante ribalta, o consentendo una minore ampiezza di rotazione, ad esempio per rientrare in uno specifico stato limite.

Nel lavoro di Giresini, Fragiaco, Lourenço (2015) sono state analizzate diverse facciate in muratura frequenti nella pratica costruttiva, aventi $R = 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 7, 1 m$ e $\alpha = 0.05, 0.1, 0.15, 0.25$ soggetti ad accelerogrammi registrati (PGA tra 0.055g e 1.345g). Tali blocchi sono stati testati in condizione di pannello libero ($K = 0$), o con molle in sommità ($K = 1E3, 1E4, 1E6 N/m$). Per un raffronto immediato tra tali valori di rigidità e un tirante in acciaio con diametro variabile si osservi la Tabella 3 (lunghezza del tirante pari a 3 m). La larghezza dei muri è pari a 3 m e il peso specifico $\gamma = 18 kN/m^3$.

d (mm)	K (N/m)
2	2.2E + 05
5	1.4E + 06
10	5.5E + 06
20	2.2E + 07
30	4.9E + 07

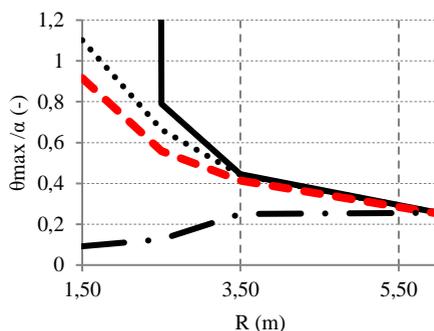
Tabella 3. Valori della molla con rigidità concentrata K che simula un tirante in acciaio alla sommità del pannello, con lunghezza costante pari a 3 m e diametro costante.

Si commentano in questo lavoro soltanto le risposte del pannello più snello (Figura 36). Si nota innanzitutto l'effetto scala per il quale, a parità di snellezza, una parete più grande (R maggiore) è più stabile. Ciò avviene anche in presenza del vincolo orizzontale, con alcune eccezioni (Figura 36a). Naturalmente, una rigidità maggiore determina generalmente una riduzione della rotazione massima del blocco, per cui è immediato per l'Ingegnere determinare l'efficacia del tirante da tali spettri in rocking, eventualmente facendo riferimento a prefissati stati limite.



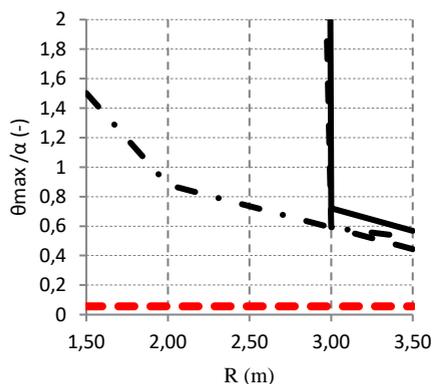
- C_MEND K=1E3 N/m
- - - C_MEND K=1E4 N/m
- • C_MEND K=1E5 N/m

(a)



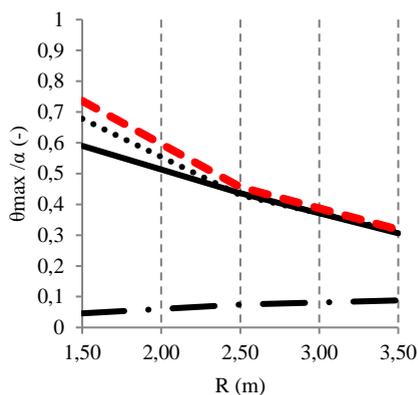
- AQV K=0 N/m
- AQV K=1E3 N/m
- - - AQV K=1E4 N/m

(b)



- MRN K=0 N/m
- - - MRN K=1E3 N/m
- • • MRN K=1E4 N/m
- - - MRN K=1E6 N/m

(c)



- MOG0 K=0 N/m
- • • MOG K=1E3 N/m
- - - MOG K=1E4 N/m
- • • MOG K=1E6 N/m

(d)

Figura 36. Risultati dell'analisi parametrica di rocking su pannelli in muratura, soggetti agli accelerogrammi di Cape Mendocino (a), L'Aquila (b), Mirandola (c) and Moglia (d) per blocco con $\alpha=0.05$ rad (Giresini et al., 2015).

8.3 Modelli semplificati per analisi fuori piano

In alcuni casi non è possibile ricorrere a sofisticati modelli ingegneristici per interpretare problemi oggetto di studio nell'Ingegneria Forense. Casi esemplari sono rappresentati dai crolli di Mura Urbane avvenuti in Toscana tra il 2011 e il 2014 (De Falco, Sassu, 2014). In particolare, le Mura medievali di Pistoia subirono un grave crollo nel 2011 per un tratto di 50 metri: la muratura era caratterizzata da ciottoli di fiume e riempimenti interni, escludendo in toto un comportamento monolitico. Peraltro, il tratto di mura crollato era afflitto da un fuori piombo preesistente e da un'altezza di 11 metri, con una snellezza pari a 10 circa. Il riempimento a sacco interno era caratterizzato da una qualità mediocre del materiale, con assenza di diatoni e due paramenti esterni in pietra.

In aggiunta, la parte crollata mostra alcune singolarità rispetto alla usuale configurazione nei restanti 3 km di mura urbane, facendo immaginare dei crolli precedenti nella stessa zona. Inoltre, una trave cordolo in c.a. sommitale completava il tratto ed era probabilmente stata aggiunta nel secondo dopo guerra per mitigare l'effetto delle acque meteoriche.

Nel caso delle mura di Pistoia il comportamento del muro non è monolitico, come si osserva chiaramente in Figura 37, pertanto le analisi cinematiche o quelle di rocking sono poco utili. Possono invece acquisire interesse qualora si ipotizzi un intervento di consolidamento – provvisorio – con tiranti e puntoni per impedire il ribaltamento del muro una volta che ci si assicuri il comportamento monolitico della parte rimanente.

Un semplice controllo è anche costituito dal calcolo delle tensioni di trazione lungo lo spessore murario (Figura 38) secondo quanto riportato in (De Falco, Giresini, Ruschi, Sassu, 2012).

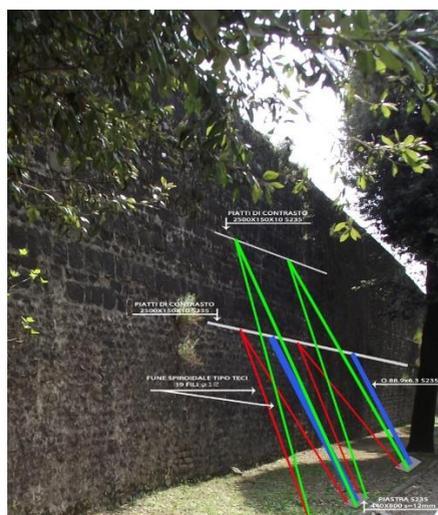
Anche la documentazione fotografica del crollo avvenuto nelle Mura di Volterra (2014) fra presumere dei crolli precedenti. Il fenomeno, che fortunatamente non ha causato morti, è consistito nello scivolamento a valle di un tratto di lunghezza di circa 35 metri ed altezza di circa 9.5 metri di forma trapezoidale. Anche qui il muro, avente una snellezza di circa 9 (altezza 9 m, spessore 1 m), è stato oggetto di diversi scenari di carico succedutisi nel tempo: aggiunta di edifici e infiltrazioni idriche che hanno presumibilmente ridotto la coesione del terreno retrostante il muro. La stabilità al ribaltamento del muro in sé non era garantita, con un equilibrio reso possibile unicamente dalla coesione del terrapieno (le cosiddette sabbie di San Giusto).

Questo aspetto è naturalmente desumibile da un modello semplice di blocco rigido valutabile tramite analisi cinematica lineare. Un incremento della spinta orizzontale riduce il carico di collasso che può così determinarsi ex-post. Da tale analisi è immediato dedurre il valore minimo di spinta (delle infiltrazioni idriche) che ha causato il ribaltamento del muro, nell'assunzione che quest'ultimo si sia comportato in maniera monolitica.

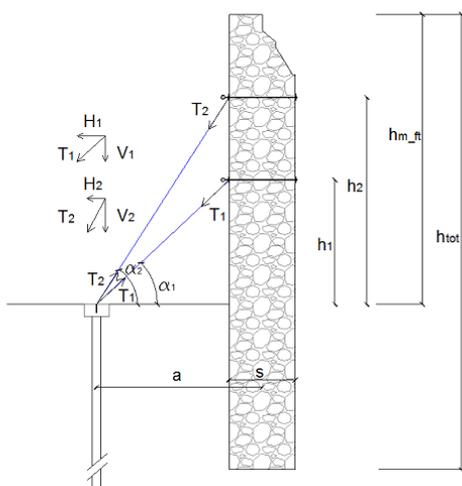
Possono essere adottati modelli più sofisticati, che considerino la superficie di rottura nella sua forma “a cucchiaio”, considerando anche l’attrito della muratura, ma in questi casi una semplice verifica evidenzia già le criticità suddette e suggerisce un intervento tempestivo atto ad impedire il distacco.



Figura 37. Il crollo delle mura urbane di Pistoia visto dalla parte esterna alla città lungo il torrente Brana (Settembre 2011).



(a)



(b)

Figura 38. Ipotesi di consolidamento del tratto di Mura con sistema di tiranti (linee verdi e rosse) e puntone tubolari (linee azzurre) (a); schema di calcolo (b).



(a)

(b)

Figura 39. Il crollo delle mura urbane di Volterra (a) e infiltrazioni idriche dedotte da diverso colore del paramento murario (b) (Gennaio 2014).

CONCLUSIONI

Il lavoro ha presentato alcuni aspetti critici relativi al processo di modellazione di strutture esistenti, che si afferma come valido strumento per ricostruire le cause che hanno realizzato un crollo o un dissesto. Sono state discusse le criticità che sussistono nella fase di conoscenza, di input e di output, principalmente riguardanti il modello geometrico e meccanico, l'assunzione del comportamento del materiale e criteri di resistenza nonché il tipo di analisi da adottare, dipendente dalle azioni in gioco. Sono state descritte tecniche di modellazione tradizionali ed avanzate di costruzioni in muratura, mettendo in luce per ciascuna l'applicabilità, vantaggi e svantaggi. Infine, sono stati proposti diversi casi applicativi relativi ad analisi di sensitività della risposta di un pannello murario in base al materiale adottato, tecniche di semplificazione di un modello voltato complesso, modelli simulanti l'instabilità di tombini stradali, analisi dinamiche e statiche di blocchi rigidi. Infine, sono state discusse analisi semplificate per oggetti di particolari caratteristiche quali le Mura Urbane di Pistoia e Volterra, la cui risposta è difficilmente inquadrabile in uno schema di modellazione classica.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il gruppo RELUIS-DPC 2016 che ha in parte supportato la ricerca dei temi affrontati in questo contributo.

BIBLIOGRAFIA

Caliò I., Marletta M., Pantò B.: A new discrete element model for the evaluation of the seismic behaviour of unreinforced masonry buildings. *Eng Struct*, vol.40, p. 327–338, doi: 10.1016/j.engstruct.2012.02.039, 2012.

CIRC 2009 - Circolare 2 Febbraio 2009 n. 617 Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni".

D'Asdia P., Viskovic A.: Analyses of a masonry wall subjected to horizontal actions on its plane, employing a non-linear procedure using changing shape finite element. *Trans Model Simul*, vol.10, p.519–26, doi: 10.2495/CMEM950571, 1995.

De Falco A., Giresini L., Ruschi P., Sassu M.: Il crollo delle mura urbane di Pistoia: cause e possibili interventi. In: *II Convegno di Ingegneria Forense V Convegno su CRolli, Affidabilità Strutturale, Consolidamento*, Pisa, 15-17 Novembre 2012.

De Falco A., Sassu M.: Recenti Crolli Di Mura Urbane Monumentali: Un Problema Culturale. In: *SAFE Monuments*. Firenze, 2014.

El Taher M.: The Effect Of Wall And Backfill Soil Deterioration On Corrugated Metal Culvert Stability. Queen's University, Kingston, Ontario, Canada, 2009.

Giresini L.: Energy-based method for identifying vulnerable macro-elements in historic masonry churches. In: *Bulletin of Earthquake Engineering*, vol. 14, p. 919-942, 2016.

Giresini L., Fragiaco M., Lourenço P.B.: Comparison between rocking analysis and kinematic analysis for the dynamic out-of-plane behavior of masonry walls. *Earthq Eng Struct Dyn*, vol.44, p. 2359–2376. doi: 10.1002/eqe.2592, 2015.

Giresini L., Puppio M.L., Sassu M.: Collapse of corrugated metal culvert in Northern Sardinia: analysis and numerical simulations, *Int. J. of Forensic Engineering*, vol.3, No.1/2, p. 69 - 85. DOI: 10.1504/IJFE.2016.075991, 2016.

Hilsdorf H.K. : Investigation into the failure mechanism of brick masonry loaded in axial compression. *Des Eng Constr with Mason Prod*, p.34–41, 1969.

Housner G.W. : The behavior of inverted pendulum structures during earthquakes. *Bull Seismol Soc Am*, vol.53, p.403–417. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004, 1963.

Kounadis A.N. : On the rocking complex response of ancient multispondyle columns: a genius and challenging structural system requiring reliable solution. *Meccanica*, vol.50, p.261–292. doi: 10.1007/s11012-014-9928-7, 2015.

Kounadis A.N., Papadopoulos GJ : On the rocking instability of a three-rigid block system under ground excitation. *Arch Appl Mech*, vol.86, 957–977. doi: 10.1007/s00419-015-1073-9, 2016.

Lee J., Fenves G.L.: Plastic-Damage Model for Cyclic Loading of Concrete Structures. *J Eng Mech*, vol.124, p.892–900. doi: 10.1061/(ASCE)0733-9399(1998)124:8(892), 1998.

Lemos J.V.: Discrete Element Modeling of Masonry Structures. *Int J Archit Herit*, vol.1, p.190–213. doi: 10.1080/15583050601176868, 2007.

Livesley R.K. : Limit analysis of structures formed from rigid blocks. *Int J Numer Methods Eng*, vol.12, p.1853–1871, 1978.

Lourenço P.B.: Computational strategies for masonry structures. PhD dissertation, Delft University of Technology, 1996.

Lourenço P.B.: An anisotropic plasticity model for quasi-brittle composite shells. In: Computational plasticity: fundamentals and applications. *Pinteridge Press*, London, p. 1192–1199, 1997.

Lourenço P.B., Rots J.G., Blaauwendraad J.: Continuum model for masonry: parameter estimation and validation. *J Struct Eng*, vol.124 p.642–652. doi: 10.1061/(ASCE)0733-9445(1998)124:6(642), 1998.

Lubliner J., Oliver .J, Oller S., Oñate E. : A plastic-damage model for concrete. *Int J Solids Struct* 25:299–326. doi: 10.1016/0020-7683(89)90050-4, 1989.

Magenes G.: A Method for Pushover Analysis in Seismic Assessment of Masonry Buildings. In: *12th World Conference on Earthquake Engineering*. Auckland, p Paper 1866, 2000.

Magenes G., Calvi G.M.: In-plane seismic response of brick masonry walls. *Earthq Eng Struct Dyn*, vol.26, p.1091–1112. 6, 1997.

Makris N., Konstantinidis D.: The rocking spectrum and the limitations of practical design methodologies. *Earthq Eng Struct Dyn*, vol.32, p.265–289. doi: 10.1002/eqe.223, 2003.

Milani E., Milani G., Tralli A.: Limit analysis of masonry vaults by means of curved shell finite elements and homogenization. *Int J Solids Struct*, vol.45, p.5258–5288. doi: 10.1016/j.ijsolstr.2008.05.019, 2008.

NTC 2008 - DM 14 Gennaio 2008: “Norme tecniche per le costruzioni” (Testo Unico 2008).

Pantò B., Cannizzaro .F, Caddemi S., Calì I.: 3D macro-element modelling approach for seismic assessment of historical masonry churches. *Adv Eng Softw*, vol.97, p.40–59. doi: 10.1016/j.advengsoft.2016.02.009, 2016.

Pantò B., Raka E., Cannizzaro F., Camata G., Caddemi S., Spacone E, Calì I.:

Numerical Macro-Modeling of Unreinforced Masonry Structures: A Critical Appraisal. In: *Proceedings of the Fifteenth International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing*, J. Kruis, Y. Tsompanakis and B.H.V. Topping, (Editors), Civil-Comp Press, Stirlingshire, Scotland, 2015.

Shawa O., De Felice G, Mauro A, Sorrentino L : Out-of-plane seismic behaviour of rocking masonry walls. *Earthq Eng Struct Dyn*, vol.41, p.949–968. doi: 10.1002/eqe.1168, 2012.

Sorrentino L., Masiani R., Decanini L.D.: Overturning of rocking rigid bodies under transient ground motions. *Struct Eng Mech*, vol.22, p.293–310. doi: 10.12989/sem.2006.22.3.293, 2006.

Tomaževic M.: The computer program POR, 1978.

UN NUOVO APPROCCIO PROGETTUALE E PERITALE NELLA DIFESA DEI PICCOLI PONTI

M. Sassu

Università degli studi di Cagliari

SOMMARIO

Si prende in esame il problema della sicurezza dei piccoli ponti stradali in presenza di eventi climatici estremi. La numerosità degli attraversamenti viari italiani è stimata a partire da un bacino imbrifero toscano, emblematico di un'area frequente nel territorio nazionale: da questa si stima che oltre 400 000 siano le opere d'arte viarie minori presenti in Italia. Le mutate condizioni climatiche sono tali da produrre piogge di forte intensità in ridotte aree con cadenze più frequenti del passato: astraendo dalle cause ambientali che le originano, nel secondo paragrafo si illustrano alcuni recenti esempi di crolli che hanno interessato piccoli ponti, rappresentativi di varie tipologie di insuccesso strutturale; si constata che questi sono avvenuti in carenza di concezione progettuale, in termini di insufficiente scenario preso in considerazione nel dimensionamento costruttivo del manufatto.

Nel terzo paragrafo si illustrano in dettaglio possibili scenari di danno, con altrettanti strumenti di calcolo progettuale, dedotti dalle esperienze precedentemente descritte e non contemplati in modo esplicito nelle vigenti normative tecniche. Da ciò si traggono indicazioni su un possibile approccio progettuale per la realizzazione di nuove opere o di azioni manutentive per l'adeguamento di quelle esistenti. Allo stesso modo si forniscono indicazioni peritali per favorire una più articolata interpretazione di crolli o danneggiamenti di attraversamenti viari minori.

1. INTRODUZIONE

L'accadimento di molti eventi climatici estremi nel territorio europeo non può più essere considerata un fenomeno transitorio o casuale. E le conseguenze che questi hanno sui manufatti presenti sul territorio si è rivelata di primaria importanza per il mantenimento di condizioni di sicurezza ed efficienza il territorio urbano ed extra urbano. La stessa Comunità Europea ha deciso, nel programma quadro Horizon 2020, di dedicare una specifica linea di supporto alle ricerche applicate in questo ambito (ved. Calls su Disaster Resilience, 2013). Gli effetti riguardano temi interdisciplinari su scala mondiale (es. FHWA – USA, 2011) (De Bruin et al, 2009) (Rozlan et al, 2004), riferiti sia opere infrastrutturali principali, sia quelle minori (Ikpong Bagchi, 2015) (Wardhana and Hadipriono, 2003).

La opportunità di introdurre metodologie di monitoraggio per i ponti (Arangio e Bontempi, 2010) (Arangio et al, 2011) risulta essere di grande interesse, tenuto conto della crescente complessità delle reti viarie e la necessità di poterle controllare con modalità remote.

In questo lavoro si considera il fenomeno della salvaguardia di attraversamenti viari di modesta entità, ubicati in reti stradali secondarie. La presenza dei piccoli ponti nel territorio nazionale è più elevata di quanto i tecnici progettisti ed i decisori politici possano a prima vista sospettare. Una recente indagine svolta su un'area nei dintorni di Pisa, (il bacino imbrifero del fiume Era, affluente del fiume Arno con sbocco nella città di Pontedera) si è basata su un monitoraggio sistematico tramite data base GIS fornito dalla competente autorità di bacino. L'indagine ha mostrato che su una superficie di circa 595 km² sono presenti ben 862 attraversamenti (Paladini, 2016), ovvero circa 1.45 attr./km². Di questi, solo 49 riguardano veri e propri ponti stradali su corsi d'acqua principali, 379 sono relativi a corsi di secondo livello (affluenti di corsi d'acqua principali) e 435 di terzo livello (fossi o corsi solo saltuariamente con presenza d'acqua). Nei bacini delle Colline Metallifere (GR) (fiumi Ombrone, Pecora, Cornia, Bruna e Cecina), meno ricchi di strade e di popolazione, si ricavano 292 intersezioni su circa 490 km², ovvero 0.60 attr./km². I numeri sopra esposti, relativi a due esempi seppur alquanto rappresentativi, fanno preconizzare che il territorio italiano, pari a oltre 300 000 km², contenga circa 400 000 intersezioni, di cui 180 000 di secondo livello e 200 000 di terzo livello.

Il monitoraggio sui bacini del fiume Era e delle Colline Metallifere sono stati possibili grazie ai recenti strumenti di catalogazione del territorio, basati su tecniche GIS. L'operazione è relativamente semplice: per il censimento automatico degli attraversamenti viari è infatti sufficiente effettuare l'intersezione tra il reticolo viario e quello idrografico. Ogni punto di intersezione tra questi due reticoli rappresenta, infatti, un conflitto tra flussi (quello viario con quello idrico) che deve essere risolto con un attraversamento: di norma è data la precedenza a quello idrico e quindi è l'attraversamento viario che presenta una singolarità, quasi sempre in elevato, talvolta a raso (i cosiddetti guadi) solo raramente in sotterraneo (Figura 1).

Il conflitto tra le due reti può essere risolto in molti modi: dal classico ponte a travata o ad arco con tutte le varianti che la tecnica delle costruzioni ci mette a disposizione, all'uso di tombini, tubolari, scatolari o altre forme che incanalano la via d'acqua. O infine, nei casi di corsi d'acqua minori, accettando che la via idrica sorregga quella viaria degli episodi di piena, tramite i guadi. In tal senso nel secondo esempio di censimento automatico, riportato in Figura 2 (porzione nord occidentale di bacino delle Colline Metallifere – GR) è possibile individuare (punti circolari) le intersezioni tra viabilità e reticolo idraulico, comparando tale mappa con quella di pericolosità idraulica, che mette in luce le zone maggiormente soggette a fenomeni di esondazione.

Nel caso illustrato sono stati messi in evidenza alcune intersezioni risolte con semplici guadi, ovvero opere di pressoché nullo contenuto strutturale, ma sulle quali si può comunque immaginare l'accadimento di fenomeni che espongono a rischio l'incolumità degli utenti, oltre a costituire punti di interruzione del reticolo viario.

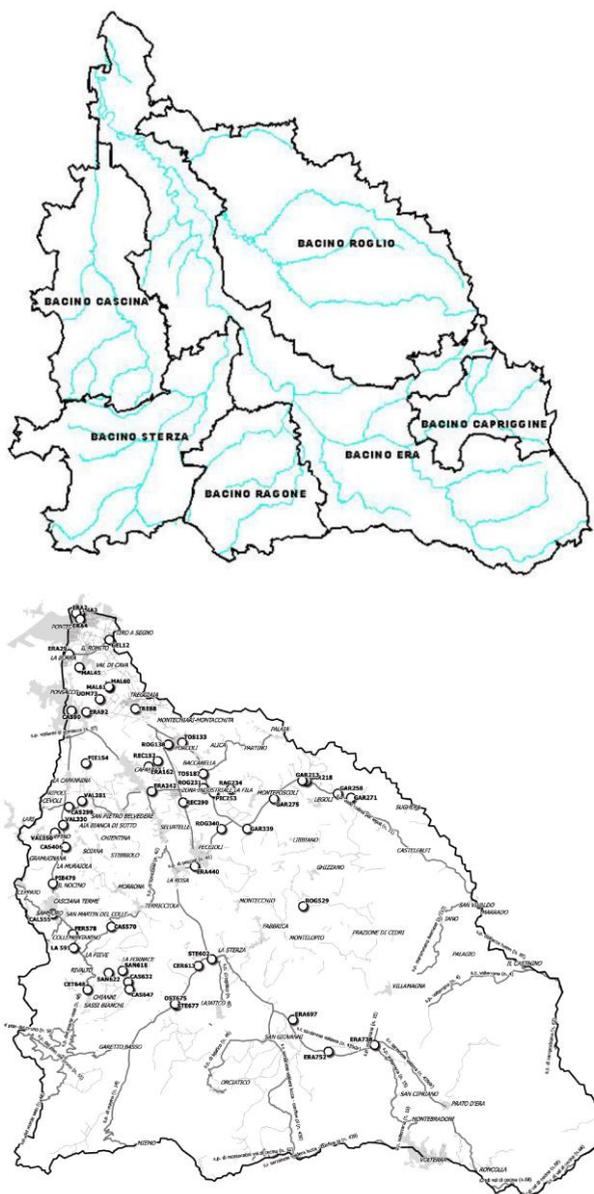


Figura 1. Bacino del fiume Era e selezione di attraversamenti viari (Paladini, 2016).

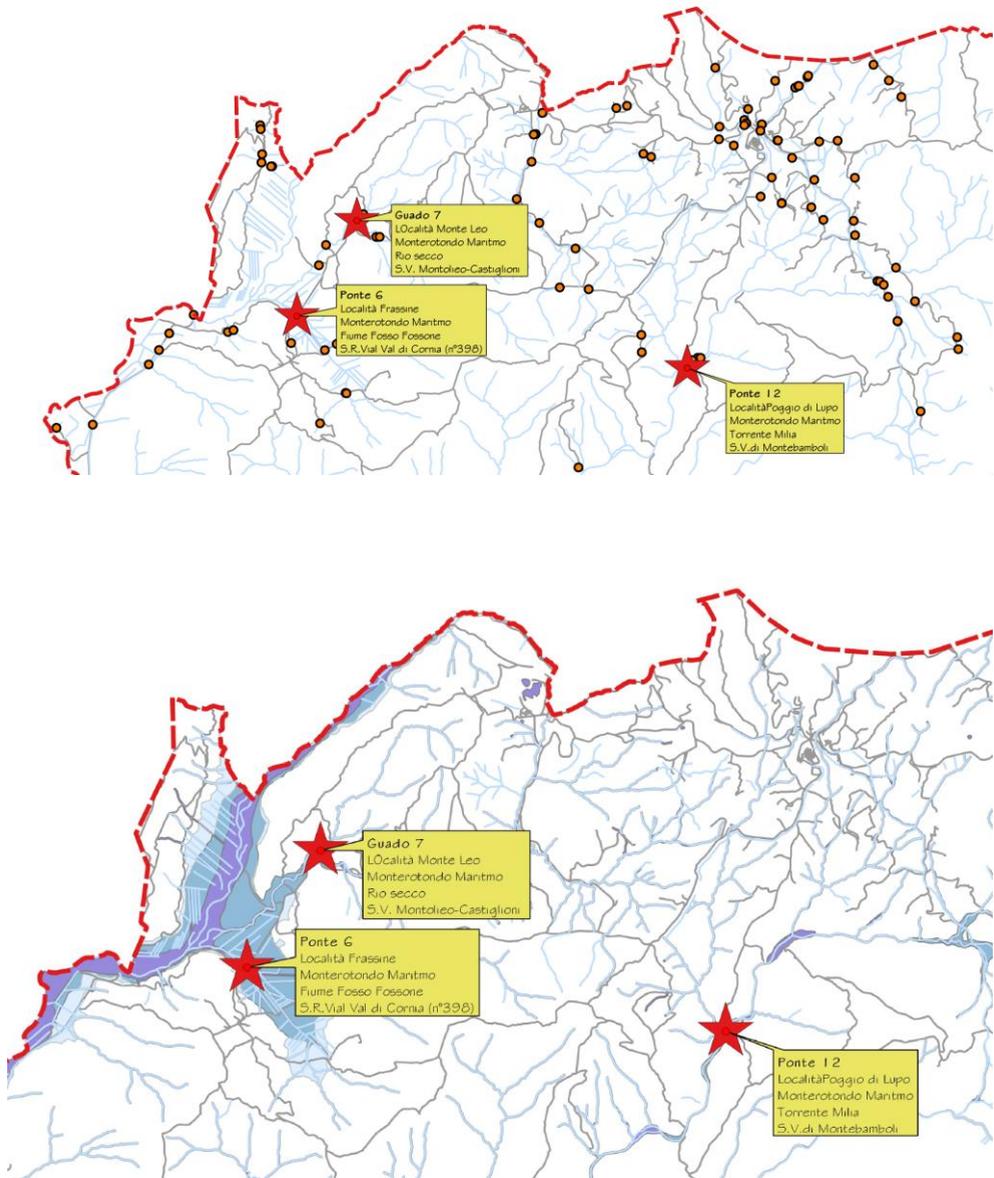


Figura 2. Estratto dal bacino delle Colline Metallifere (GR) con selezione automatica di attraversamenti viari (in alto) e mappa di pericolosità idraulica (in basso).

Per quanto attiene la definizione costruttiva degli attraversamenti viari, l'attenzione dei progettisti è quasi sempre orientata alla sola progettazione strutturale, con particolare riferimento agli attraversamenti viari più importanti. Grandi risorse intellettuali e professionali sono comprensibilmente dedicati a questi attraversamenti che richiedono luci libere di decine, se non centinaia, di metri, convogliando sforzi in soluzioni strutturali spesso brillanti, talvolta geniali. Nei grandi attraversamenti, del resto, il problema principale è quello di assicurare un sicuro e affidabile trasferimento dei carichi agenti sul piano viabile al terreno, assicurando requisiti di fruibilità e manutenzione soddisfacenti.

Molta minore attenzione è dedicata alla soluzione degli attraversamenti secondari, in molti casi costituiti da opere di luce modesta, spesso minore di 10 metri, prive di complessità strutturale. Come se il progettista, privo degli stimoli prodotti dal dover risolvere uno schema strutturale "ardito" o comunque di entità rilevante, debba derubricarsi ad un'attività routinaria, addirittura non meritevole di uno sforzo progettuale. Spesso si sottovaluta che, per essi, il problema strutturale non è tanto quello di sopportare i carichi provenienti dalle utenze che gravano sul piano viabile, quanto le azioni ambientali che, in situazioni estreme, possono generare carichi o fenomeni fisici di insidiosa individuazione, di non facile predizione e di complessa evoluzione.

In altri casi l'attenzione del progettista è tutta dedicata alla sola soluzione dell'attraversamento in sé, considerando come un "problema d'altri" il contesto attorno al quale il manufatto è realizzato e collocato. Ignorando così eventuali scenari estremi del contesto che possono provocare condizioni di carico del tutto diverse da quelle previste nelle norme tecniche vigenti.

In questo lavoro si riprendono alcuni risultati di una recente ricerca (Sassu et al, 2017), partendo da esempi di crolli o insuccessi costruttivi avvenuti di recente, a seguito di eventi meteorici di forte intensità. Da essi si traggono valutazioni interpretative dei collassi avvenuti con i relativi scenari estremi che si sono manifestati. Si pongono inoltre indicazioni metodologiche di validità generale, applicabili a casi reali assimilabili a quelli esaminati.

2. ALCUNI INSUCCESSI STRUTTURALI DI PICCOLI PONTI

2.1 Aspetti generali

Il territorio nazionale è stato oggetto, nell'ultimo decennio, di un notevole incremento dei fenomeni piovosi di forte intensità, concentrati in aree di ridotta estensione (le cosiddette "bombe d'acqua"). In questa sede si prescinde dall'analisi delle cause di questi fenomeni. Un dato emblematico è fornito dal settore difesa del suolo della Provincia della Spezia, un territorio caratterizzato da un'orografia alquanto articolata. Nel decennio precedente quello attuale, gli interventi in "somma urgenza" di qualsivoglia dimensione per ripristinare le viabilità provinciali, a seguito di frane o alluvioni o fenomeni correlati con le forti piogge, si attestavano attorno alle poche unità per anno; nel decennio attuale questi fenomeni si sono succeduti al ritmo di numerose decine l'anno. Probabilmente il progressivo abbandono manutentivo dei territori extra urbani del territorio italiano ha generato un effetto cumulativo che ha esacerbato gli effetti delle forti piogge ma, in ogni caso, gli effetti sulle viabilità stradali e, in particolare, sui piccoli ponti è stato evidente.

L'osservazione dei danni mostra come, in molti casi, faccia difetto la concezione dell'opera costruttiva, non risultando pensata per sopportare fenomeni non contemplati dal tecnico progettista. Ad esplicitazione di ciò si elencano, di seguito, alcuni recenti esempi di collasso, parziale o totale, di piccoli attraversamenti viari o delle corrispondenti viabilità prodotti da scenari non contemplati dalle vigenti normative e che hanno prodotto la perdita di servizio della viabilità comportando, in qualche caso, la perdita di vite umane.

2.2 Alcuni esempi di collassi strutturali

Esempio n.1 – collasso di rampa di accesso a strada di grande comunicazione FI-PI-LI in località Darsena Toscana (Livorno) - 2008

Ad un'opera strutturale rilevante, costituita da un importante viadotto in sistema misto acciaio-clc che serve una viabilità in doppia carreggiata (la cosiddetta superstrada FI-PI-LI) nel suo tratto terminale che la connette alla Darsena Toscana nel porto industriale di Livorno, è stato accostato un apparentemente innocente tombino realizzato con tubolare corrugato metallico (sezione ellittica di larghezza 7.0 metri, altezza 4.0 metri) per permettere la soluzione dell'attraversamento di un piccolo corso d'acqua. In occasione di un evento meteorico (28 marzo 2008) è avvenuta l'ovalizzazione del tubolare metallico, con formazione di un profondo avvallamento della strada: questa deformazione, dapprima confinata in un breve tratto, si è rapidamente estesa all'intera sezione di una delle due carreggiate, comportando la drastica perdita di servizio di un ampio tratto di viabilità (Figura 3).



Figura 3. Collasso del tubolare metallico in Darsena Toscana FI-PI-LI (da Gioeli, 2009).

Esempio n.2 – crollo sulla strada provinciale Monte Pinu (Olbia) - 2013

Le indagini hanno mostrato una insufficiente qualità del rinfilanco laterale, unitamente ad una ridotta altezza di ricoprimento del tubolare metallico. A distanza di oltre otto anni dall'evento il problema non è ancora stato risolto e la viabilità del viadotto è tutt'oggi penalizzata. Maggiori informazioni sono reperibili in Gioeli (2009). In occasione di una eccezionale precipitazione meteorica che ha investito la Sardegna nord orientale (18 novembre 2013 – 190 mm in 24 ore), si sono verificati alcuni collassi di opere idrauliche ed attraversamenti viari, tra i quali un tubolare corrugato metallico in località “Monte Pinu”, nei pressi di Olbia (OT). L'evento ha purtroppo comportato la perdita di tre vite umane (Figura 4).



Figura 4. Collasso di Monte Pinu e condizioni dei tubolari (da Giresini et al, 2016).

Il crollo ha messo in evidenza la condizione di deficit del tubolare policentrico (larghezza 2.45 metri, altezza 1.8 metri) posto a guardia dell'attraversamento di un corso d'acqua minore: quest'ultimo, per molti mesi pressoché privo di portata, in occasione dell'evento meteorico è probabilmente andato in pressione, producendo il dilavamento del rinfiango adiacente. Unitamente alla sua condizione di degrado per via della corrosione del metallo, il tubolare si è ovalizzato producendo il crollo a valle del terrapieno adiacente fino al piano stradale.

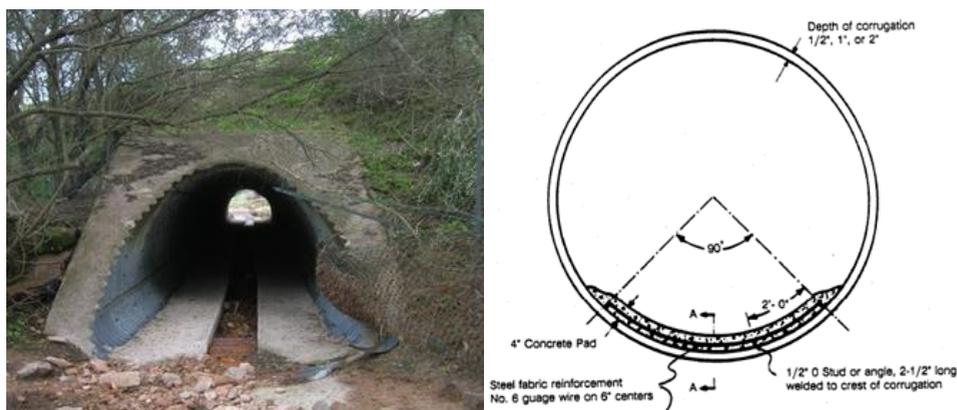


Figura 5. Collasso di Monte Pinu - tubolari con rinforzo (da Giresini et al, 2015).

L'esame sistematico degli altri tubolari sulla medesima strada, effettuato in via precauzionale dopo il crollo in questione, ha mostrato una diffusa condizione di degrado con potenziale rischio del ripetersi dei crolli nei manufatti consimili. Emerge una forte dipendenza della stabilità dei tubolari corrugati, sia dallo stato di consistenza del terreno di rinfiango, sia dalle condizioni manutentive, in particolare dalla corrosione prodotta nelle zone lambite con maggiore frequenza dall'acqua di ruscellamento: il contro-esempio è infatti rappresentato da quei tubolari, dotati di coltre protettiva in calcestruzzo sul lembo inferiore, apparsi in condizioni decisamente migliori (Figura 5) e, una volta sottoposte a verifica numerica, hanno confermato una capacità portante decisamente maggiore (Giresini et al, 2016).

Esempio n.3 – frana sulla SP26 in loc Tellaro (Lerici – prov. La Spezia), 2010

Nel dicembre 2010, dopo una notte di forte pioggia è franato un volume di circa 1000 m³ sulla strada provinciale SP26 a mezza costa che collega la cittadina di Lerici (SP) con la frazione di Tellaro: solo fortunate circostanze hanno evitato danni a persone (Sassu et al 2016). I detriti, per un'altezza massima di circa 4.0 metri, si sono abbattuti sull'opera d'arte che sostiene il piano stradale: la fortunata circostanza che

quest'ultima fosse appoggiata su una sottostante opera di difesa del versante ha impedito che il sovraccarico la facesse crollare. Non altrettanto era stata la progettazione del muro a gravità posto a monte della strada, in parte distrutto e in parte sovrarmontato dai detriti caduti dall'evento franoso (Figura 6). Si constata infatti che la progettazione di attraversamenti viari non contempla, tra gli scenari di progetto, quelli dovuti a possibili detriti provenienti a monte dell'opera, limitandosi a considerare i soli sovraccarichi di esercizio pur con i corretti coefficienti normativi.



Figura 6. Collasso di Tellaro (Lerici – SP) - (da Sassu et al, 2016).

Non è inessenziale osservare che, nella fattispecie dell'esempio citato, si assume anche un tema di natura giuridica, ricorrente in molte situazioni. Difatti il crollo in questione ha riguardato un versante di proprietà privata, posto a monte della viabilità e rispetto al quale l'ente gestore della strada provinciale non ha possibilità di intervenire direttamente. Solo a danno avvenuto, grazie al sequestro operato

dall’Autorità Giudiziaria, è stato possibile compiere le necessarie indagini ed opere di messa in sicurezza. Si osserva altresì (ed è fatto ricorrente in molte vicende di crollo) che una periodica manutenzione del versante, fatta di semplici opere di gestione del verde e delle acque di ruscellamento superficiali, avrebbe con ogni probabilità scongiurato l’evento, con evidenti vantaggi in termini di costi-benefici.

Esempio n. 4 – collasso su fosso Pelagone, Capalbio (GR)

Durante un fortunale notturno abbattutosi nella bassa Maremma, le acque del fosso Pelagone (con una sezione idraulica trapezia di base minore 4 metri, base maggiore 12 metri ed altezza 3.5 m) si sono sollevate in maniera eccezionale, innalzandosi oltre la propria sezione ed invadendo le sponde vicine.



Figura 7. Collasso del fosso Pelagone – Capalbio (GR) - (da Giresini, Pagliara et al, 2015).

In corrispondenza di un attraversamento viario, costituente una strettoia di larghezza 7.2 metri, l'onda di piena ha generato un fenomeno solo apparentemente sorprendente. L'impalcato del piccolo ponte era costituito da una lastra in c.a. con bordi estradossati, per coadiuvare il guard-rail nella protezione del ciglio stradale. Tali bordi erano carenti di cavità o altri accorgimenti significativi per il passaggio dell'acqua (Figura 7). Tale circostanza ha generato, durante l'innalzamento dell'onda di piena, una spinta idrostatica verso l'alto amplificata dalla "bolla d'aria" prodotta dai bordi estradossati, con corrispondente riduzione del carico verticale sulle spalle in muratura. Ciò, in aggiunta alla spinta orizzontale dell'acqua ed alla presumibile azione di dilavamento sulle spalle stesse, ha prodotto una riduzione della portata a taglio della muratura. È infatti noto come questa sia proporzionale al carico verticale in ossequio alla ben nota legge dell'attrito e riportata anche sulle norme tecniche vigenti (DM 14.01.2008 cap.4.5. – EN 1996.1.1.). In tal caso lo scenario progettuale ed il relativo calcolo della spalla si sarebbe dovuto avvalere della previsione di una spinta verso l'alto sull'impalcato del piccolo ponte. Questa, sgravando le spalle di buona parte del carico, ne avrebbe ridotto la loro portata a taglio rendendole più vulnerabili alle azioni orizzontali.

Esempio n. 5 – crollo del parapetto sul fosso Maddalena (Massa Marittima – GR)

Un evento luttuoso è stato provocato da un fenomeno difficilmente preso in considerazione dai progettisti delle protezioni stradali: la circostanza che un automezzo, rimasto bloccato sopra l'attraversamento viario, venga investito da un'onda di piena. E che questa, generando una spinta orizzontale incrementata dall'energia cinetica dell'automezzo possa vincere la portata alle azioni orizzontali della barriera stradale.

Il caso in questione riguarda un minuscolo attraversamento viario in una strada a bassissima percorrenza, nei pressi della cittadina di Massa Marittima. Un "tombino stradale", ovvero un attraversamento di luce 6.5 metri con sottostante un tubolare del diametro di 150 cm assieme ad altri due tubolari minori (diametro 80 cm), peraltro in gran parte inefficaci idraulicamente, è stato investito da un'onda di piena che ha trascinato copiosi detriti dal sovrastante boscaglia (Figura 8). Dalla testimonianza dell'unico sopravvissuto e dalle tracce sull'automezzo coinvolto, si è potuto appurare che l'acqua ha sormontato la strada per circa 80 cm. Ciò è stato sufficiente, sia a far perdere di aderenza l'automezzo (rimasto bloccato sul ponticello durante l'evento), sia a spostarlo fin sulla barriera stradale, peraltro di modesta consistenza, collassarne una parte e trascinare l'automezzo nel fosso per molte centinaia di metri assieme agli altri occupanti (Figura 9).

Si sottolinea che il ponte in sé non ha avuto danni strutturali ma che, comunque, di un collasso di natura strutturale si tratta: il fatto che abbia coinvolto un dettaglio (la barriera stradale) talvolta poco analizzato nei manufatti esistenti non rende meno importante il suo ruolo. E che lo scenario sopra descritto possa ricorrere con frequenza nei piccoli ponti, deve essere tenuto in conto nelle fasi progettuali o peritali.



Figura 8. Collasso del fosso Maddalena – Massa M.ma (GR) - (da Giresini, Pagliara, 2015).



Figura 9. Segnali dell'urto della protezione stradale con l'auto coinvolta sul fosso Maddalena – Massa Marittima (GR) - (da Sassu et al, 2017).

Esempio n. 6 – Collasso sul torrente Perla - Manciano (GR)

L'autunno del 2014 ha prodotto alcune forti piogge nella Maremma centrale che hanno generato onde di piena rilevanti su corsi d'acqua secondari. Questi, esondando in corrispondenza di attraversamenti viari, hanno causato fenomeni erosivi come quello del piccolo ponte sul torrente Perla, in vicinanza della località Saturnia del Comune di Manciano (GR).

Il ponte presentava una trave in c.a. di luce 3.3 metri sorretta da muri d'ala realizzati con blocchi in tufo a doppia testa e contornati da “gabbioni” delle dimensioni circa $2.0 \times 1.0 \times 1.0$ metri. La trave forma un canale a forma rettangolare di altezza 2.7 metri che, durante l'onda di piena è stato completamente intasato con un sormonto di circa 2.1 metri come desumibile dai detriti rimasti impigliati sulla barriera stradale. Quest'ultima, pur deformatasi ha sopportato la spinta orizzontale ed ha permesso lo scorrimento dell'acqua. Ma questa, insinuatasi dietro i gabbioni posti a valle del corso e semplicemente appoggiati ai lati dei muri d'ala, li ha scalzati e trascinati a valle per alcuni metri. Il terrapieno che sostiene la strada si è quindi trovato privo di protezione ed è stato eroso per l'effetto “cascata” prodotto dall'acqua di sormonto. Ciò ha formato due profonde lacune a profilo concavo ai lati del ponte, che ha significativamente ridotto la sezione stradale: l'assenza di veicoli transitanti non ha fortunatamente prodotto conseguenze (Figura 10). In questo caso, benché le travi del ponte non abbiano subito danni, le spalle laterali sono state erose a causa di un inefficace presidio del profilo di valle.

Lo scenario, non frequentemente preso in considerazione dai progettisti, è quello di un'onda di piena che, sormontando il ponte, produce azioni erosive sul profilo di valle, interessando i due terrapieni d'accesso. Il ponte, pur privo di danni, risulta comunque non più utilizzabile per il collasso parziale delle rampe laterali.



Figura 10. Collasso sul torrente Perla– Manciano (GR) - (da Giresini, Pagliara, 2015).

Esempio n. 7 – Collasso sul torrente Rattaiolo - Manciano (GR)

Nel medesimo periodo dell'esempio precedente (autunno 2014) un fenomeno analogo, ma con significative differenze è avvenuto a pochi km di distanza, interessando un piccolo ponte di luce 3.5 metri con una soletta c.a. ad un'altezza di 2.3 metri dal pelo libero.



Figura 11. Collasso sul torrente Rattaiolo– Manciano (GR) - (da Giresini, Pagliara, 2015).

L'onda di piena ha lasciato tracce di detriti sui muretti laterali che fanno ipotizzare un sormonto idraulico sopra il piano stradale di circa 80 cm. Il ponticello sorge su una deviazione del torrente, cosicché una delle due spalle (quella sinistra) è stata soggetta ad una maggiore spinta idraulica. Il crollo della spalla, unitamente ad un'azione erosiva, ha generato una lacuna di forma trapezia sopra il piano stradale dimezzandone la sezione (Figura 11). Non è irragionevole ipotizzare anche in questa vicenda un fenomeno erosivo della parte di ponte sul lato a valle del torrente, per formazione di "cascata" sopra il manto stradale: questa volta l'erosione non ha riguardato le rampe laterali, ma l'impalcato in sé, probabilmente vistosi sollecitare in modo impreveduto dall'evento di piena. Anche questo esempio mostra uno scenario di collasso che, probabilmente, i progettisti non prendono spesso in considerazione. Per contro non è secondario sottolineare che anche quest'ultimo scenario può essere ritenuto verosimile, in presenza di eventi meteorici estremi.

Questi casi di studio appena illustrati, emblematici di collassi di piccoli attraversamenti viari, mettono in evidenza un aspetto tra loro comune. Ovvero che, generalmente, il crollo non è avvenuto per un difetto nei calcoli o nelle valutazioni quantitative o nel modello predittivo utilizzato. E neppure per una negativa azione manutentiva, almeno non come causa principale. I collassi sono avvenuti principalmente per non aver semplicemente preso in considerazione, da parte del progettista o del gestore tecnico del manufatto, lo scenario di danno che ha prodotto il dissesto o l'evento disastroso.

Da ciò si può trarre una lezione preziosa per i progettisti ed i gestori di patrimoni territoriali: è preferibile, nel progettare un piccolo ponte, esaminare il più ampio numero di scenari di collasso possibile, utilizzando anche metodi sommari valutativi, piuttosto che analizzare in modo accurato un ridotto numero di verifiche strutturali. In tal senso limitarsi al pedissequo rispetto delle prescrizioni normative può esporre fianco ad eventi estremi del tutto non inverosimili, anche in considerazione dei cambiamenti climatici in atto.

Di seguito si formulano alcune proposte metodologiche per il progettista, cosicché egli possa inserire nei propri scenari di collasso alcuni dei fenomeni messi in evidenza nei vari esempi appena illustrati. Lo scopo è fornire uno strumento di pratica applicazione per le valutazioni quantitative dei fenomeni, sia in fase di progettazione, sia in fase peritale a danno avvenuto per coadiubarlo nelle fasi di riconoscimento delle cause e dei fenomeni ad esse conseguenti.

3. UNA METODOLOGIA DI VALUTAZIONE PER SCENARI DI DANNO

Si prendano in esame i seguenti tre fenomeni estratti dagli esempi appena esaminati, in quanto comuni a vaste tipologie di piccoli attraversamenti viari:

- Effetto di trascinamento (dragging effect)
- Effetto erosivo (erosion effect)
- Effetto di galleggiamento (floating effect).

3.1 Effetto di trascinamento (dragging effect)

In accordo con le vigenti norme tecniche italiane (§ 5NTC. 2008), le barriere stradali di sicurezza, usualmente utilizzate per le viabilità secondarie, sono progettate per sopportare un'azione orizzontale associate ad un mezzo in svio. L'intensità della forza orizzontale da applicare è pari a 1.5 kN/m , posta ad un'altezza di circa 1.10 m dal piano stradale. Se però si ipotizza uno scenario di sormonto idraulico in cui i detriti trascinati dal corso d'acqua intasino la barriera stradale, si ottiene che la semplice pressione idrostatica corrispondente ad un sormonto di $h = 1.00 \text{ m}$ ammonta a 5 kN/m , e si riduce a 2.5 kN/m per un livello idraulico sopra il piano stradale di 0.5 m. (Figura 12). Ciò è semplicemente dato dalla equazione della spinta idrostatica q_w per unità di lunghezza della barriera stradale:

$$q_w = \frac{1}{2} \rho_w \cdot h^2 \quad (1)$$

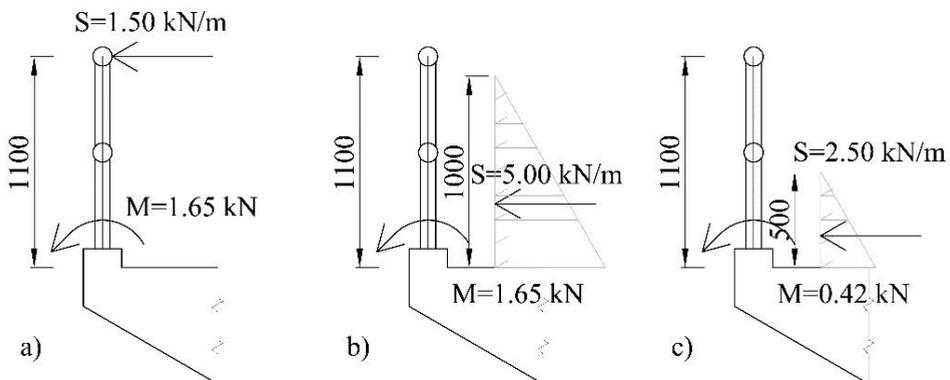


Figura 12. Azioni su guard-rail – a) NTC 2008 b) sormonto di 1 m
c) sormonto di 0.5 m (da Sassu et al, 2017).

Oltre a tale azione occorre però considerare l'evento prodotto dall'impatto di un veicolo presente sul ponte ed investito dall'acqua di sormonto. L'esperienza mostra che un automezzo, a partire da un sormonto di circa 40 cm, è in completa balia delle acque e viene accelerato dalla spinta idraulica verso la barriera stradale, con valori da stabilire in base alla larghezza del ponte ed all'angolo di incidenza del mezzo rispetto all'asse della carreggiata.

Per modellare l'impatto del veicolo contro la barriera stradale, supponiamo che l'automezzo da proteggere si presenti con un angolo d'incidenza α (Figura 13) rispetto all'asse stradale. Il movimento del veicolo contro la barriera è la composizione del suo moto iniziale con quello trasversale dell'acqua che impatta sul veicolo.

In via di prudenza si ipotizza che la forza di impatto che il veicolo esercita sulla barriera stradale sia concentrata su un solo supporto verticale, immaginando che questo si presenti con uno spigolo contro il supporto stesso. Tipicamente le barriere stradali hanno i supporti con un passo p prestabilito (dell'ordine di 1.0 – 2.0 m): si assume che questa sia la lunghezza di applicazione dell'azione q_w , cosicché con questo scenario la spinta S sul singolo supporto (Figura 12) ammonta a:

$$S = q_w \cdot p \quad (2)$$

Affrontiamo ora il calcolo della spinta S sulla barriera stradale in base ad un approccio energetico. Si assumano le seguenti ipotesi:

- i sedimenti trasportati dall'onda di piena ostruiscano completamente la barriera stradale;
- i sedimenti ostruiscano completamente lo spazio sotto il ponte;
- il veicolo sia in condizioni iniziali di velocità nulla.

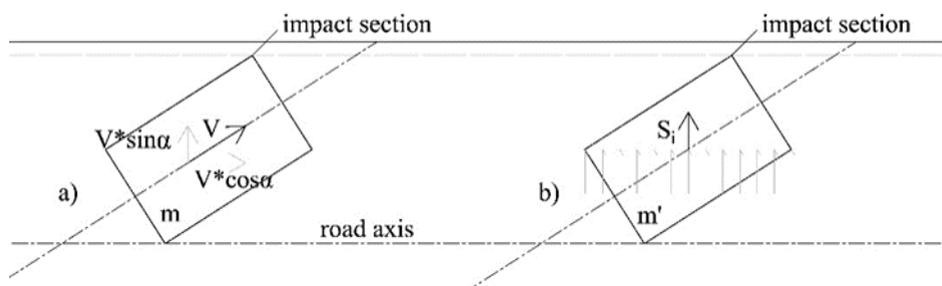


Figura 13. Azioni sul veicolo in svio - planimetria (da Sassu et al, 2017).

Ammettiamo di conoscere i valori limite della portata d'acqua Q_f del torrente e la sua velocità di flusso v_s in base ad informazioni idrologiche dell'area considerata. Dall'altezza dell'onda di piena H e dall'altezza del sormonto h rispetto al piano stradale (Figura 14), la spinta idraulica S_i sul veicolo presente sul ponte è data da:

$$S_i = \rho_w \cdot A \cdot (v_s)^2 \quad (3)$$

dove ρ_w è la massa volumica dell'acqua, A è l'area impattata dall'acqua sul veicolo.

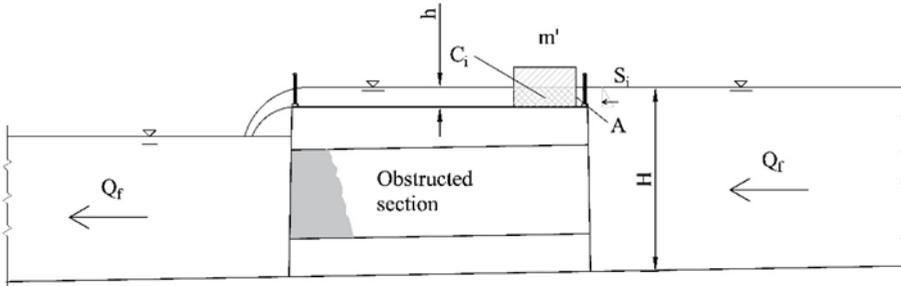


Figura 14. Azioni sul veicolo in svio – sezione verticale (da Sassu et al, 2017).

Se si suppone che la spinta S_i mantenga costante il suo valore, il veicolo è sottoposto ad un'accelerazione uniforme a nel mentre scorre trasversalmente rispetto all'asse della carreggiata. La velocità d'impatto v_i del veicolo sulla barriera, comunque minore o al più uguale a quella del flusso di corrente v_s , dipende dalla sua distanza Δs dalla barriera stessa. Se, in via prudenziale, poniamo Δs pari alla larghezza della carreggiata otteniamo:

$$v_i = \sqrt{2 \cdot a \cdot \Delta s} \quad (4)$$

Per determinare l'accelerazione a è sufficiente considerare la massa m del veicolo depurata dalla massa d'acqua spostata. La massa apparente del veicolo m' è dunque:

$$m' = m - \rho_w \cdot C_i \quad (5)$$

dove C_i è il volume del veicolo immerso in acqua.

A sua volta la classica equazione fondamentale della dinamica porge:

$$a = \frac{S_i}{m'} \quad (6)$$

L'incremento della spinta idraulica S_{ib} prodotta dal moto trasversale del veicolo contro la barriera stradale vale pertanto:

$$S_{ib} = \rho_w \cdot A \cdot (v_i)^2 \quad (7)$$

In definitiva, in condizioni di onda di piena sormontante il piano viabile, sul generico supporto verticale della barriera stradale agisce una spinta S_i prodotta dalla pressione dell'acqua sul veicolo, incrementata da una spinta S_{ib} indotta dalla massa apparente del veicolo che, accelerato dall'acqua, urta contro il supporto.

La progettazione della barriera stradale, in questo scenario di danno, può quindi essere condotta considerando dapprima il ponte, privo di veicoli, ma con barriera stradale completamente intasata dai detriti. Ciò produce una spinta laterale sul singolo supporto S_w data dalla (2). Questa condizione è di tipo statico: la forza sul supporto non agisce in modo impulsivo ma è applicata in modo così lento che si possono trascurare gli effetti d'urto e i conseguenti incrementi dinamici.

La seconda condizione appena descritta, data dall'impatto di uno spigolo dell'autoveicolo in svio contro un supporto della barriera stradale, è invece di tipo dinamico: mentre la spinta S_i che preme sul veicolo cresce lentamente col salire dell'onda di piena ed è quindi di tipo statico, il suo incremento S_{ib} agisce con modalità dinamiche. Il suo effetto sulla barriera stradale può essere analizzato facendo delle ipotesi sulla natura dell'urto del veicolo sulla barriera stradale. Se l'urto è elastico si ha la conservazione dell'energia cinetica del veicolo prima e dopo l'urto. Se invece l'urto è perfettamente anelastico, si ha la conservazione della quantità di moto del veicolo prima e dopo l'urto. In generale la relazione tra i valori assoluti delle velocità del veicolo prima dell'impatto (v_i) e dopo l'impatto (v_0) è data da

$$v_0 = c_r \cdot v_i \quad (7)$$

dove c_r è il cosiddetto coefficiente di restituzione.

La collisione perfettamente anelastica corrisponde a c_r nullo, mentre in caso di collisione elastica si ha un perfetto "rimbalzo" contro la barriera, cui corrisponde c_r pari ad uno. Assumiamo in via di prudenza quest'ultimo scenario. L'energia cinetica Ω di una massa puntiforme m alla velocità v_0 è notoriamente data da:

$$\Omega = \frac{1}{2} m' \cdot v_0^2 \quad (8)$$

Il lavoro di deformazione elastico Φ di un supporto verticale, corrispondente ad uno sbalzo di rigidezza flessionale EJ ed altezza b , a sua volta vale:

$$\Phi = \frac{1}{2} K \cdot w^2 \quad (9)$$

dove K è la sua rigidezza equivalente, pari a $\frac{3EJ}{b^3}$, mentre w è lo spostamento massimo sommitale del supporto elastico.

L'uguaglianza della (8) con la (9) fornisce il valore di w :

$$w = v_0 \sqrt{\frac{b^3 \cdot m'}{3EJ}} \quad (10)$$

La forza statica equivalente F , che sollecita il supporto della barriera stradale per effetto dell'urto elastico, è pertanto:

$$F = \frac{3EJ}{b^3} \cdot w \quad (11)$$

Questo approccio è simile a quelli derivati da norme tecniche nel caso di collisioni di veicoli che impattano su un guard-rail. (AASHTO 2008, EN 1991-2). Nel caso specifico, la progettazione condotta come appena illustrato permette di salvaguardare l'infrastruttura in assenza di veicoli ma con intasamento completo della barriera stradale da detriti: è la situazione che si potrebbe creare, ad esempio, con un sistema semaforico o di sbarramento attivato dall'ente gestore in presenza di allerta meteo. Ma permette di salvaguardare anche il veicolo che, accidentalmente fermatosi sull'attraversamento viario, non sia in grado di ripartire.

La protezione dal trascinamento del veicolo dentro il corso d'acqua deve ovviamente essere estesa anche alle rampe d'accesso ed all'intero tratto di percorrenza della viabilità sopra l'area golenale adiacente l'attraversamento viario. È infatti decisiva l'attenzione del progettista a non limitare la barriera al solo attraversamento viario, poiché esporrebbe il veicolo al rischio di venire "risucchiato" in alveo attraverso i bordi del ponte.

3.2 Effetto erosivo (erosion effect)

Se l'onda di piena sormonta un attraversamento viario è possibile, come visto negli esempi precedenti, la formazione di condizioni erosive delle spalle o dello stesso attraversamento, nella zona a valle del flusso d'acqua. Questo fenomeno è analogo all'erosione prodotta dal sormonto di una diga in terra o di un argine di un fiume (Crosta & Frattini, 2008). Non sempre ad un sormonto idraulico corrisponde un fenomeno erosivo: occorre che l'onda di piena si attivi per un periodo di tempo sufficiente ad innescarlo. Per valutare l'influenza temporale dell'erosione tipicamente applicata negli sbarramenti in terra occorrono approcci di tipo probabilistico (Andreini et al 2016). Ma è possibile applicare, in via semplificata, una procedura recentemente proposta da Chang e Zhang (Chang et al 2009; Zhang et al 2010) per le dighe in terra, estendendola opportunamente ai rilevati stradali o alle opere di attraversamento che dispongono di un riempimento. Si consideri un tratto potenzialmente erodibile ipotizzando che l'erosione si manifesti con forma trapezoidale o semicircolare (Figura 15).

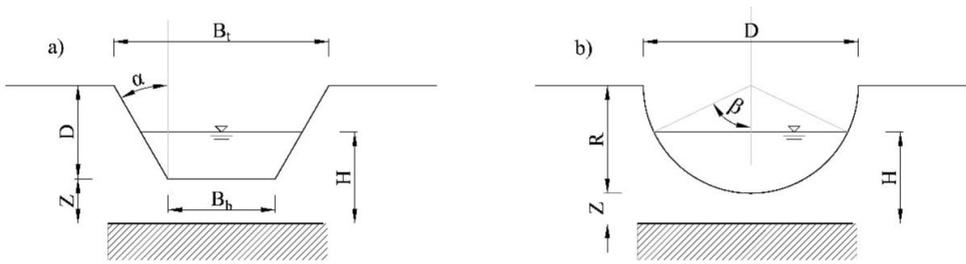


Figura 15. Profili di erosione trapezia (a) o semicircolare (b) (da Sassu et al, 2017).

Si definisce raggio idraulico R_h del profilo di erosione:

$$R_h = \frac{A_w}{p} \quad (12)$$

in cui A_w è l'area della sezione erosa mentre p è il cosiddetto "perimetro bagnato".

Per la sezione trapezoidale di base B_b si ha:

$$R_h = \frac{(H - Z) \sin \alpha + B_b \cos \alpha}{2 (H - Z) + B_b \cos \alpha} (H - Z) \quad (13)$$

in cui H è l'altezza d'acqua dal fondo fisso, Z la sua distanza dal bordo inferiore di erosione ed α l'angolo rispetto alla verticale del bordo di erosione inclinato.

Per la sezione semi-circolare di diametro D ed angolo al centro β si ha:

$$R_h = \left(1 - \frac{\sin \beta}{\beta}\right) \frac{D}{4} \quad (14)$$

Se si riferisce la trattazione di Chang e Zhang al profilo di erosione trapezio, è possibile distinguere tre diverse modalità di evoluzione dell'erosione (Figura 16). Nel caso (a) l'erosione causa l'approfondimento del tratto orizzontale e il conseguente incremento d'inclinazione dei bordi laterali; il caso (b) è caratterizzato dall'erosione dei bordi laterali e il conseguente allargamento del tratto orizzontale; infine il caso (c) prevede l'omotetica erosione dell'intera sezione.

L'erosibilità della sezione dipende dalle proprietà geotecniche del terrapieno che la costituisce. Le equazioni empiriche di Chang e Zhang porgono:

$$K_d = 20075e^{4.77} C_u^{-0.76} \quad (15)$$

$$\tau_c = 6.80(PI)^{1.68} P^{-1.73} e^{-0.97} \quad (16)$$

dove:

K_d : coefficiente di erodibilità del terrapieno (mm^3/Ns);

τ_c : tensione tangenziale critica di erosione del terrapieno (N/mm^2);

e : indice dei vuoti del terrapieno;

C_u : coefficiente di uniformità;

PI : indice di plasticità;

P : contenuto di parti fini.

Questa formulazione è raccomandata per terreni con una frazione fine P (ovvero argillosa, con diametro dell'inerte $d < 63\mu m$) maggiore del 10%. L'indice di plasticità (PI) può essere calcolato come la differenza tra il limite di liquidità e il limite di plasticità del campione di terreno (ASTM 2010). Questi, unitamente all'indice dei vuoti e nonché alla percentuale di parti fini P , sono facilmente determinabili tramite una campionatura geotecnica del terrapieno.

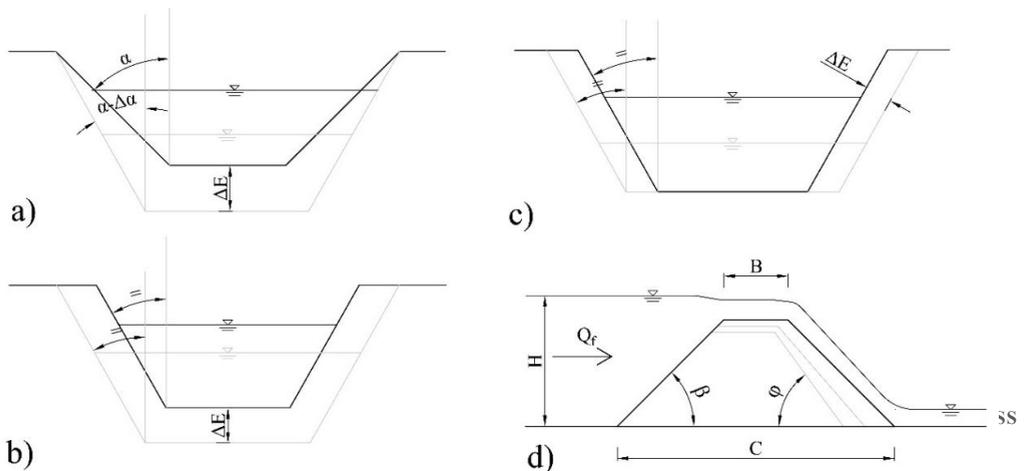


Figura 16. Modalità di erosione della sezione trapezia (a-b-c); sezione longitudinale (d) del terrapieno (da Sassu et al, 2017).

Noto il coefficiente di erodibilità K_d , è possibile calcolare il tratto di terreno eroso ΔE nell'unità di tempo (Figura 16), per le varie modalità di erosione tramite l'espressione di Graf:

$$\Delta E/\Delta t = K_d (\tau_e - \tau_c) \quad (17)$$

In essa la tensione tangenziale di erosione τ_e è data da:

$$\tau_e = \rho_w \cdot g \cdot R_h \cdot i \quad (18)$$

dove:

- g : accelerazione di gravità (9.81 m/s^2);
- ρ_w : massa volumica dell'acqua (1000 kg/m^3);
- i : pendenza media del pelo libero.

La pendenza i può, in prima approssimazione, essere stimata dal rapporto H/C dedotto dalla Figura 16d.

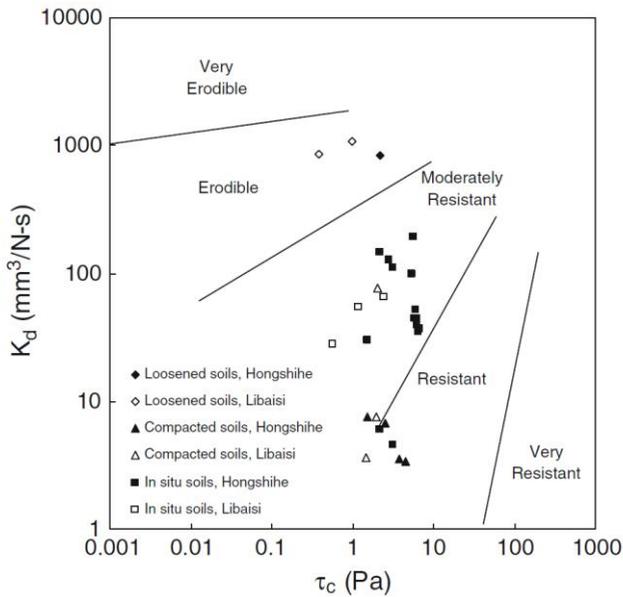


Figura 17. Abaco sperimentale per K_d in funzione di τ_c (da Chang et al, 2009).

Per terrapieni granulari il meccanismo di attivazione della tensione tangenziale critica τ_c del terrapieno dipende prevalentemente dalla dimensione media degli aggregati. Una possibile formula è l'equazione proposta in Annandale (2006) in cui:

$$\tau_c = \frac{2}{3} g \cdot d_{50} (\rho_s - \rho_w) \tan \varphi \quad (19)$$

dove:

- ρ_s : massa volumica del terrapieno (kg/m^3);
- d_{50} : diametro medio degli inerti del terrapieno (m);
- φ : angolo d'attrito interno del terrapieno.

In carenza di informazioni geotecniche, si può altresì utilizzare l'abaco di Figura 17 per valutazioni incrociate sui parametri K_d e τ_c .

Durante il progetto di un attraversamento viario con scenari di erosione per sormonto idraulico, è decisivo assicurarsi che il fenomeno fisico di erosione sia di entità trascurabile rispetto alla dimensione dell'opera. A questo scopo è sufficiente utilizzare terrapieni e relative protezioni caratterizzate da parametri geotecnici tali da avere un incremento di erosione molto piccolo, in rapporto alla durata dell'onda di piena.

In termini più espliciti, indicata con Δt_e la durata in secondi dell'onda di piena, è sufficiente verificare che l'incremento di erosione in mm ΔE sia piccolo rispetto alle dimensioni dell'opera.

$$\Delta E = \Delta t_e \cdot K_d (\tau_e - \tau_c) \quad (20)$$

Queste espressioni sono utilizzabili anche in sede peritale, a patto di disporre delle informazioni sul terreno e sui rivestimenti sufficienti a risalire ad un calcolo presuntivo del fenomeno erosivo.

È importante sottolineare che il fenomeno erosivo prodotto da un flusso d'acqua è particolarmente complesso e non può essere sempre ricondotto alla modalità appena esposte. Vale infatti la pena osservare che l'erodibilità di un terrapieno può cambiare lungo la sua sezione: in diverse circostanze si ha a che fare con terrapieni caratterizzati da rivestimenti o strati superficiali di migliori caratteristiche geotecniche rispetto alle loro parti interne. È possibile tenere conto di ciò tramite procedure numeriche iterative, come ad esempio quella riportata in (Zhang Y et al 2008).

Occorre altresì tenere presente che l'erosibilità di un terreno attraversato dall'acqua si può modificare sensibilmente in vicinanza di ostacoli. Questi ultimi, infatti, aumentano localmente la turbolenza dell'acqua di deflusso incrementando così il fenomeno erosivo. Nelle costruzioni idrauliche un tema tipico e ben noto è lo scalzamento delle pile da ponte poste in alveo durante gli eventi di piena.

Nel problema del piccolo attraversamento viario sormontato dall'acqua, tipici ostacoli che possono incrementare l'erosione sono i supporti verticali delle barriere stradali, ma anche eventuali pali infissi sui bordi delle rampe d'accesso (come un segnale stradale, un palo d'illuminazione, un supporto di pannello pubblicitario, un'alberatura o altro). Ciò fa intuire quanto sia importante l'attenzione del progettista anche verso dettagli "non strutturali" o apparentemente innocui come quelli appena citati. In questi casi il progettista può contrastare questo fenomeno attraverso un rivestimento del tratto interessato con materiale esente da erosione intrinseca (getti di calcestruzzo, placature lapidee etc.), curando altresì che il rivestimento venga ben ancorato, per evitare che possa essere scalzato dall'azione dell'acqua.

In conclusione, la presa in carico da parte del progettista di uno scenario di danno prodotto dall'effetto "cascata d'acqua" sopra un piccolo attraversamento viario può mettere al riparo il manufatto da situazioni assai più severe di quelle valutabili con il semplice calcolo strutturale.

3.3 Effetto di galleggiamento (floating effect)

L'effetto prodotto dal possibile galleggiamento, anche solo parziale, dell'impalcato è prodotto dal ben noto principio di Archimede. Durante la risalita dell'acqua in occasione di un'onda di piena, il corso idraulico può lambire l'intradosso del ponte premendo verso l'alto in misura maggiore se, come nell'esempio riportato, le travi di bordo sono estradossate. Basandosi sullo schema di Figura 18, una "bolla d'aria" sopra l'impalcato si può formare, generando – pur solo in brevi transitori di tempo - un significativo incremento della spinta idrostatica verso l'alto. Questa pressione opposta alla gravità riduce il carico verticale sulle spalle; in certi casi può addirittura annullarlo, col rischio che l'intero impalcato possa essere trascinato a valle.

Consideriamo la situazione di semplice riduzione della reazione sugli appoggi. Si osserva che, nella frequente tipologia di spalle in muratura portante, ciò produce una riduzione della loro portata a taglio.

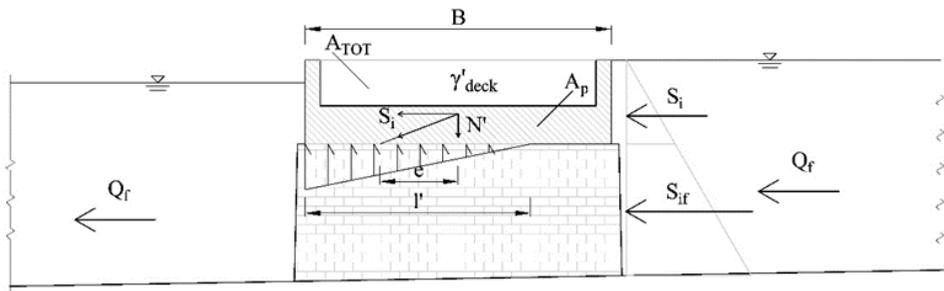


Figura 18. Schema di spinta verso l'alto di un impalcato con bordi estradossati (da Sassu et al, 2017).

Difatti, la ben nota formula della resistenza al taglio f_{vk} per le murature, presente nei codici normative vigenti (EN1996.1.1 – NTC 2008 § 4.5), porge:

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0.4 \cdot \sigma_n \quad (19)$$

dove:

f_{vk0} : resistenza al taglio in assenza di pressione verticale;

σ_n : pressione verticale media.

Nel caso di travi ad L (Figura 18), la spinta verso l'alto può essere computata con una riduzione del peso specifico apparente dell'impalcato mediante:

$$\gamma'_{deck} = \gamma_{deck} A_p / A_{tot} \quad (20)$$

dove A_p è l'area netta dell'impalcato mentre A_{tot} è l'area dell'impalcato incluso lo spazio racchiuso dalle travi estradossate. A ciò si aggiunge il negativo effetto della spinta orizzontale, che introduce una eccentricità e del carico verticale con la conseguente riduzione della zona compressa l' nelle spalle di lunghezza B (Figura 18):

$$l' = 3(e - B/2) \quad (21)$$

4. DISCUSSIONE E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Gli esempi illustrati e i successivi tre scenari di collasso analizzati mettono in luce situazioni che possono ripetersi in presenza di eventi climatici estremi. Alluvioni e fenomeni franosi sono purtroppo ricorrenti nei territori extraurbani dell'Italia: le ragioni possono essere molteplici, ma certamente il ruolo del progressivo abbandono in cui versano molte realtà boschive o di versante, unite al mutato cambio climatico in essere, che comporta assai maggiori eventi meteorici di forte intensità e breve durata, sono fattori di cui non si può prescindere nella progettazione e manutenzione degli attraversamenti viari secondari.

A ciò si assomma la ridotta disponibilità di risorse economiche che vengono destinate alla salvaguardia delle reti viarie secondarie, aspetto che, a lungo termine risulta certamente antieconomico, tenuto conto che intervenire a “guasto avvenuto” genera, non solo **danni diretti**, legati ai costi maggiori per intervenire a riparare o ricostruire l'opera danneggiata o perduta, ma provoca anche **danni indiretti** nella filiera delle comunicazioni. Infine tale fatto genera importanti **danni sociali** (o di comunità) di difficile quantificazione. Infatti, al netto dell'inestimabilità della perdita di vite umane, l'interruzione per un certo tempo della viabilità secondaria provoca il sovraccarico delle reti adiacenti, se non addirittura l'isolamento di certe aree dalle comunicazioni stradali con le negative conseguenze del caso (come l'esempio della frana di Tellaro, che costrinse la popolazione a servirsi di elicotteri o battelli navali per le elementari forniture primarie e i servizi essenziali). Ma genera anche un danno sociale di sfiducia nel proseguire la vita nelle piccole località urbane (spesso costituite da borghi storici) che risultano essere il principale se non l'unico presidio dagli effetti del totale abbandono del territorio extraurbano.

L'investimento nelle opere d'arte secondarie e la integrazione della rete viaria secondo il principio della ridondanza assicurano, rispettivamente, l'acquisizione di valori di **resilienza locale** (la possibilità che il singolo attraversamento superi un evento climatico estremo con danni contenuti) come visto in questa sede. Ma un altro obiettivo è quello di conseguire una sufficiente **resilienza territoriale** (la possibilità che la rete viaria possa sopportare anche un collasso locale garantendo efficaci percorrenze alternative) come in Capacci et al, (2016). Entrambi gli aspetti dovrebbero essere accompagnati da sistemi di “educazione sociale degli automobilisti” verso corretti comportamenti in presenza di forti precipitazioni meteoriche, nonché da mirati sistemi di “early warning” che vadano oltre i generici allerta meteo, capaci solo in parte di avvisare in modo puntuale una comunità dal rischio imminente. Sistemi semaforici mirati, barriere comandabili a distanza sugli attraversamenti critici sono solo alcuni dei possibili esempi di provvedimenti di tutela attiva, unitamente alla protezione passiva assicurata da una corretta progettazione dell'attraversamento viario.

In definitiva il parametro “resilienza” (la capacità di sopportare un evento estremo con danni contenuti) dovrebbe in questi casi essere il principale aspetto (Arangio et al, 2012) da tenere in conto per una corretta progettazione, manutenzione e gestione delle comunicazioni stradali secondarie in territori vulnerabili alle forti piogge e alle loro negative conseguenze.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia l’Università di Pisa per il supporto finanziario operato con il progetto P.R.A. 2016 “Emergenze territoriali: protezione di aree urbane e infrastrutturali da eventi climatici estremi” coordinato da M. Sassu. Si ringraziano altresì le autorità dei bacini dell’Era (PI) e delle Colline Metallifere (GR) per il materiale fornito.

BIBLIOGRAFIA

AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials (2008), AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 4th Edition with 2008 Interims, Washington, D.C.

Andreini, M., Gardoni, P., Pagliara, S., and Sassu, M. (2016): Probabilistic Models for Erosion Parameters and Reliability Analysis of Earth Dams and Levees. ASCE-ASME Journal of Risk Uncertainty Engineering Systems, Part A: Civ. Eng., Vol2, Issue 4, dec.2016, doi: 10.1061/AJRUA.6.0000878, 04016006.

Annandale, G., W. (2006): *Scour Technology-Mechanics and Engineering Practice*, McGraw-Hill, New York.

Arangio S., Bontempi F. (2010): Soft Computing Based Multilevel Strategy for Bridge Integrity Monitoring. *Computer-aided civil and infrastructure engineering*, vol. 25, p. 348-362, ISSN: 1093-9687, doi: 10.1111/j.1467-8667.2009.00644.x, 2010.

Arangio S., Bontempi F., Ciampoli M. (2011): Structural integrity monitoring for dependability. *Structure and infrastructure engineering*, vol. 7, p. 75-86, ISSN: 1573-2479, doi: 10.1080/15732471003588387, 2011.

Arangio S., Bontempi F., Crosti C. (2012): Modelli generali per la spiegazione causale di collassi strutturali. In: *II Convegno di Ingegneria Forense - V Convegno su CRolli, Affidabilita' Strutturale, Consolidamento*. p. 27-36, Nicola Augenti & Mauro Sassu, ISBN: 9788889972342, Pisa, 15-17 Novembre 2012.

ASTM. (2010). “Standard test methods for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soils.” ASTM D4318-10E1, West Conshohocken, PA.

Capacci L., Biondini F., Titi A. (2016). Seismic resilience of aging bridges and transportation networks Maintenance. Monitoring, Safety, Risk and Resilience of Bridges and Bridge Networks - Bittencourt, Frangopol & Beck (Eds) Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-1-138-02851-7.

Chang, D.S., Zhang, L.M., Xu, Y., and Huang R.Q. (2009): Field testing of erodibility of two landslide dams triggered by the 12 May 2008 Wenchuan earthquake, *Landslides*, 8:321-332.

Crosta, G. B., & Frattini, P. (2008), Rainfall-induced landslides and debris flows. *Hydrological Processes*, 22, 473-477.

De Bruin, K., R. Dellink and S. Agrawala (2009), Economic Aspects of Adaptation to Climate Change: Integrated Assessment Modelling of Adaptation Costs and Benefits, OECD Environment Working Papers, No. 6, OECD publishing.

DRS calls in Horizon 2020, Programme for research and innovation (2014-2020), Official Journal of the European Union - dec. 2013.

EN 1991 – 2. Eurocode 1: Actions on structures - part 2: Traffic load on bridges (Pt 1.4.2.4);

EN1996-1.1. Eurocode 6: Design of Masonry Structures – part 1.1. General rules for reinforced and unreinforced masonry structures

FHWA - Framework for improving resilience of bridge design, (2011) U.S. Department of transportation, Federal Highway Administration, Publication No. FHWA-IF-11-016.

Gioeli A. (2009), Progetto di attraversamenti idrici in rilevati stradali con tubi metallici corrugati, Tesi di Laurea specialistica, Università di Pisa, relatori M. Sassu, S. Pagliara, C. Pierobon, 2009.

Giresini L., Giresini G., Sassu M. (2015), Collapse of corrugated metal culverts during rainstorms: a case study in Northern Sardinia (Italy). Proceedings of IFCRASC15 – Pp. Dario Flaccovio Ed., Palermo - Rome, 14-16 May 2015.

Giresini L., Pagliara S., Palermo M., Sassu M. (2015), Collasso per sormonto idraulico di piccolo ponti in recenti alluvioni nella Toscana meridionale, Proceedings of IFCRASC15 – Pp. Dario Flaccovio Ed., Palermo - Rome, 14-16 May 2015.

Giresini L., Puppio M.L., Sassu M. (2016), Collapse of corrugated metal culvert in Northern Sardinia: analysis and numerical simulations. *International Journal of Forensic Engineering*, vol. 3, p. 69-85, ISSN: 1744-9944, doi: 10.1504/IJFE.2016.075991, 2016.

Graf, W. H. (1971): *Hydraulics of Sediment Transport*, McGraw Hill, New York, 1971.

Ikpong A., Bagchi A., (2015): New method for climate change resilience rating of highway bridges, *J. Cold Reg. Eng.*, 2015, 29(3): 04014013.

NTC2008, (2008) Italian Code for Constructions DM 14.01.2008.

Paladini V. (2016), Metodologia per la valutazione a scala territoriale della vulnerabilità dei piccoli attraversamenti a seguito di eventi meteorici estremi, Tesi di Laurea magistrale, Università di Pisa, relatori A. De Falco, M. Sassu, M. Nencioni, 2016.

Rozlan I., Alias A., Norlen M., (2004): Disaster Management Plan for the State of Penang, *The Bulletin of Epidemiology and Public Health on Non communicable Diseases in Malaysia*, NCD Malaysia Ed., 2004, vol. 3, No.2, pp. 24-34. ISSN 1675-2880.

Sassu M., Andreini M., De Falco A., Giresini L., Puppio M.L. (2016). Structural protection after landslide: a case study in Northern Italy. *Civil Engineering and Urban Planning: an International Journal*, vol. IV, p. 241-246, ISSN: 2394-5818, 2016.

Sassu M., Giresini L., Puppio M.L. (2017), Failure scenarios of small bridges in case of extreme rainstorms, *Sustainable and Resilient Infrastructures*, Taylor & Francis Ed., vol.2 (2), pp.1-9, ISSN: 2378-9697.

Wardhana, K. and Hadipriono, F.C. (2003): Analysis of Recent Bridge Failures in the United States, *Journal of Performance of Constructed Facilities*, Vol. 17, No. 3, pg. 144-150.

Zhang, L. M., Chang, D.S. (2010), Simulation of the erosion process of landslide dams due to overtopping considering variations in soil erodibility along depth, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 10, 933-946, 2010, www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/10/933/2010/ doi:10.5194/nhess-10-933-2010© Author(s) 2010.CC Attribution 3.0 License.

Zhang, Y., Chen, P. X., and Lu, Y. F. (2008): Quickly obtaining the characteristics of barrier lakes and evaluating their influence, *Yangtze River*, 39(22), 96–98, 2008.

LE BASI DELLA FIRE INVESTIGATION NEI PROCEDIMENTI FORENSI

M. Mangione

Università degli Studi di Roma La Sapienza

SOMMARIO

Il continuo danneggiamento di edifici dovuto agli incendi è un fenomeno altamente ricorrente che porta a migliorare le procedure di prevenzione e condurre indagini più efficienti comprendendo specifiche procedure forensi che vanno dalla raccolta di informazioni iniziali al repertamento vero e proprio, dall'analisi dei documenti a prove e test di laboratorio.

Alla base della metodologia d'indagine è necessaria una solida conoscenza dell'analisi degli errori, delle successive cause, degli effetti che l'incendio produce sulla scena e delle conseguenze riscontrabili nella struttura.

Si parte quindi dall'analisi degli incidenti per poi descrivere l'evento incendio e le metodologie utilizzate per indagarle, così come viene suggerito anche dalla NFPA 921: *Guide for Fire and Explosion Investigations* in cui l'indagine è descritta anche dal punto di vista strutturale.

La Fire Investigation diventa un settore specialistico collocato anche sotto l'ingegneria strutturale ove un'attenta lettura delle conseguenze (danni e collassi) ci permette di risalire all'esatta dinamica dell'incendio. Si passa quindi da un approccio investigativo prescrittivo, cioè di tipo tradizionale, ad un approccio prestazionale ove la modellazione dell'incendio e della struttura rappresentano il punto di forza dell'ingegnere investigatore.

1. L'INVESTIGAZIONE SUGLI INCIDENTI

1.1 L'investigazione sugli incendi confinati

L'incidente è un evento con un proprio periodo di incubazione che causa danni a una struttura e/o persone. Il termine *near miss* descrive un evento che potrebbe aver causato un evento pericoloso, ma non lo ha fatto. La differenza tra un *incidente* e un *near miss* è connesso con la grandezza delle conseguenze.

In termini di raccolta delle prove, la differenza è che gli incidenti sono facili da rilevare poiché hanno notevoli conseguenze, invece i *near miss* sono più difficili da individuare.

Durante il periodo di incubazione di un incendio, è possibile che si verifichino molti *fire near miss*. Un elevato numero di *fire near miss* in una struttura è quindi un sintomo di un incendio probabile futuro.

La *Fire Investigation*, inquadrata nell'ambito dell'investigazione degli eventi accidentali, riguarda l'esame degli effetti dell'incendio con la finalità di determinarne principalmente l'origine e le cause.

Essa è una vera e propria disciplina che richiede una solida conoscenza dei principi termodinamici di un incendio e una comprovata esperienza in campo investigativo.

La Figura 1 mostra le varie connessioni che si hanno nella trattazione dell'analisi delle cause di un incendio.

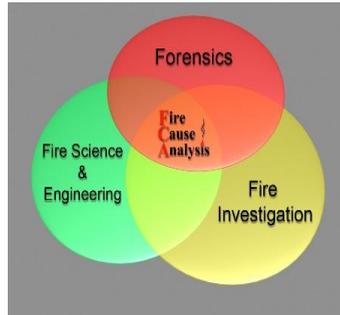


Figura 1. Fire Cause Analysis Diagram (<http://fcfire.com/>).

La norma NFPA 921: *Guide for Fire and Explosion Investigations*, come già accennato, rappresenta il principale riferimento per le attività investigative sugli incendi. Nella Figura 2 si schematizza la norma NFPA 921 evidenziando i capitoli d'interesse strutturale.

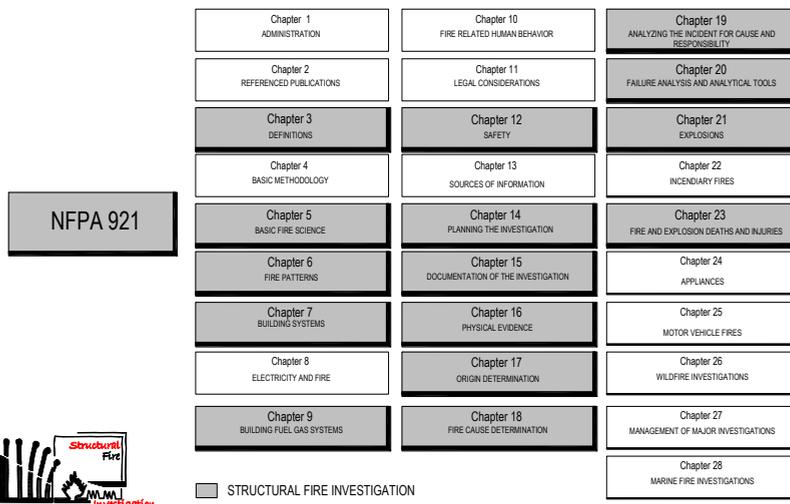


Figura 2. Schematizzazione della norma NFPA 921.

Quindici dei ventotto capitoli della norma NFPA 921 hanno particolare importanza nella conduzione delle indagini su incendi confinati in quanto in essi sono contenute informazioni riguardo l'aspetto investigativo-strutturale.

Procedendo con una impostazione strutturale si passa quindi da un'attività di *Fire investigation* a quella di *Structural Fire Investigation*.

La *Structural Fire Investigation* (SFI) e la *Progettazione Strutturale Antincendio* (PSA) così come rappresentato nella Figura 3, costituiscono due facce della stessa medaglia.

Non si può investigare sugli incendi se non si conosce nel dettaglio la progettazione antincendio.

Progettazione ed investigazione diventano complementari; gli scenari progettuali diventano scenari investigativi, le curve parametriche dell'incendio diventano curve naturali e così via.

Entrando nel dettaglio il metodo di analisi si sviluppa secondo tre livelli gerarchici che vanno dalla sicurezza agli aspetti strutturali. Nella progettazione il problema è diretto, si parte dai dati di input per raggiungere l'output; nell'investigazione invece il problema diventa inverso.

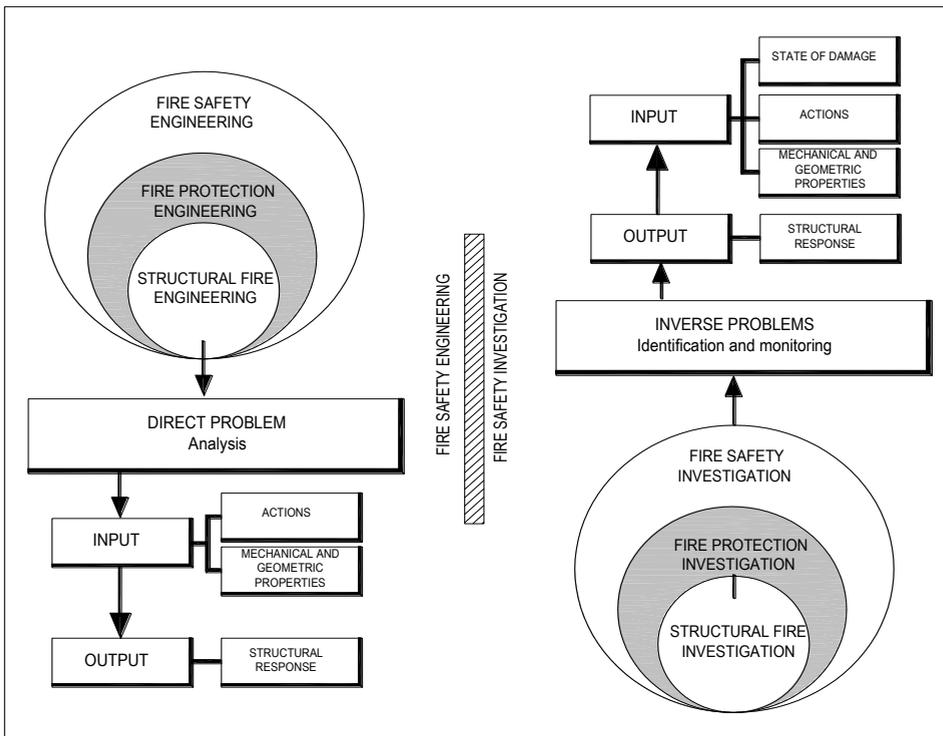


Figura 3. Structural Fire Engineering e Structural Fire Investigation.

1.2 Introduzione all'evento incendio

L'evento, in ambito giuridico, è da intendersi come risultato di una conseguenza.

Trattandosi di un elemento giuridicamente rilevante, spetta solo a quella o a quelle conseguenze dell'azione che sono espressamente o tacitamente previste dalla norma incriminatrice.

Esso richiama il realizzarsi di uno stato di fatto, di una situazione in rapporto al principio di causalità.

Possiamo considerare l'evento incendio quell'avvenimento che si presenta congiunto ad un altro mediante un nesso di causa.

Relativamente all'ambito del diritto penale, viene definito evento solo quell'effetto della condotta che il diritto penale prende in considerazione, in quanto connette al suo verificarsi conseguenze penali.

Nell'ambito del diritto, spesso la norma incriminatrice richiede il verificarsi di un incendio, ovvero di un accadimento temporalmente e spazialmente separato dall'azione e che da questa deve essere causato.

La nozione di evento incendio, visto come accadimento causato da una data azione, è espressamente utilizzata dal legislatore italiano in una serie di normative di carattere generale.

Infine, va sottolineato che accanto alla nozione di evento naturalistico, parte della dottrina parla anche di evento giuridico, alludendo ad un'offesa arrecata al bene giuridico tutelato dalla norma incriminatrice; il quale è elemento costitutivo di tutti i fatti penalmente rilevanti.

2. CONCETTI CHIAVE DELLA FORENSIC FIRE INVESTIGATION

2.1 Dagli errori alle conseguenze

Lo schema di partenza di una qualsiasi investigazione di ingegneria forense proposto è basato su quattro concetti chiave. Si parte dal concetto di **errore** per poi analizzare le **cause**; si valutano poi gli **effetti** prodotti e le potenziali **conseguenze** (Figura 4).

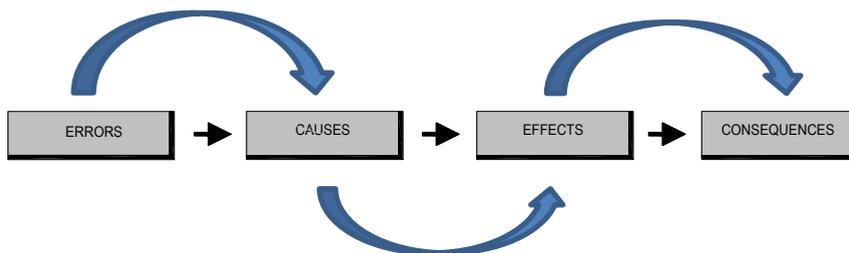


Figura 4. Sequenzialità dei concetti base della Forensic Engineering.

L'esatta individuazione degli errori porta a ricercare le cause ed a costruire correttamente i profili di responsabilità.

Lo studio degli effetti ci aiuta a definire le prove indiziarie e le conseguenze i danni e collassi che ha subito la nostra struttura.

Gli effetti sono il risultato puntuale ed immediato di ciò che deriva da determinate cause.

Le conseguenze sono invece le conclusioni dedotte logicamente dagli effetti. Esse sono quindi il risultato globale di uno o più effetti e può manifestarsi a breve o lungo termine. (Ad esempio il collasso di un solaio è la conseguenza dell'effetto di carbonizzazione delle travi lignee).

Un'attività tradizionale di *Fire Investigation* (approccio investigativo prescrittivo) in genere inizia dall'analisi degli effetti sulla scena. In tale fase ci aiutano nel repertamento le schede l'analisi semiotica dell'incendio, le schede di repertamento sui materiali (strutturali e non) e la semiotica delle impronte in caso di incendi dolosi (*Arson Investigation*).

La *Structural Fire Investigation*, che segue invece un approccio di tipo prestazionale poiché include le modellazioni sull'incendio e sulla struttura, parte dallo studio delle conseguenze cioè dai danni e collassi strutturali leggibili mediante le schede di analisi semiotica strutturale. La Figura 5 schematizza i concetti sopra esposti evidenziando le varie analisi riconducibili.

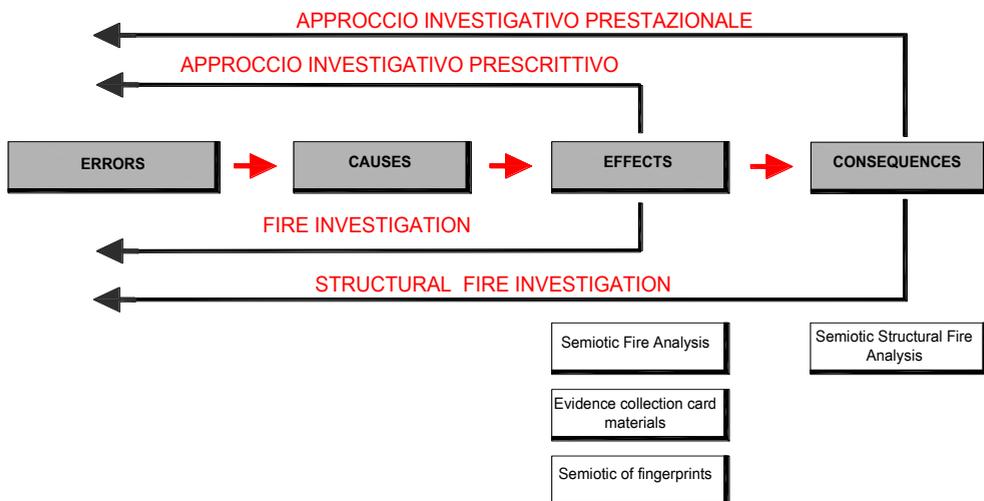


Figura 5. Back analysis degli effetti e delle conseguenze.

2.2 Analisi degli errori

La conoscenza della tipologia di errori è fondamentale per la stesura di una perizia o consulenza.

Un linguaggio appropriato del tipo di errore riscontrato sulla scena è di sicuro un notevole ausilio per il Giudice che dovrà formulare un giudizio.

In senso generale una decisione presa da un determinato soggetto (progettista, costruttore o gestore) e riguardante delle scelte strategiche comporta l'introduzione indiretta di errori patogeni nel sistema.

La Figura 6 sottostante suddivide i vari tipi di errore riscontrabili in un'attività d'indagine.

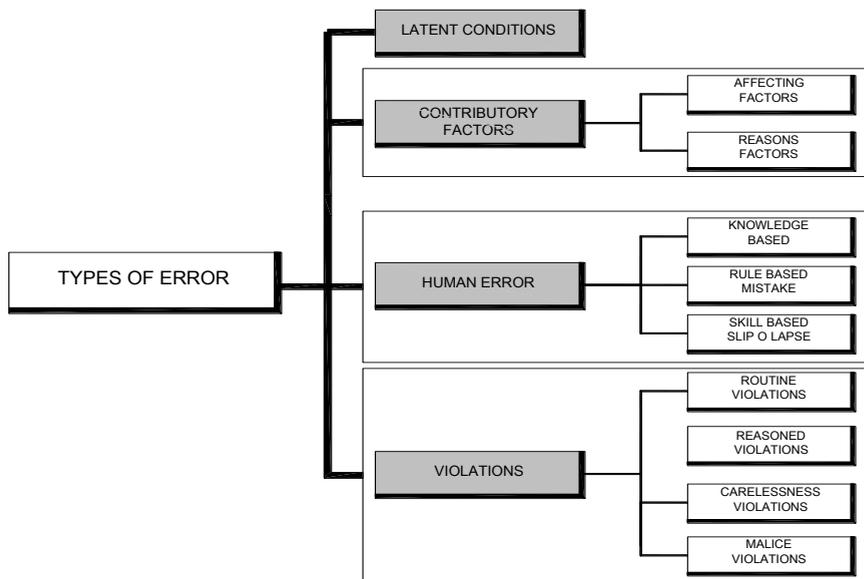


Figura 6. Schematizzazione degli errori.

Le condizioni latenti (latent condictions) hanno due tipi di criticità che:

- possono tradursi in condizioni critiche all'interno del sistema;
- comportano punti deboli nella barriera delle difese contro un incendio.

Le condizioni latenti, come suggerisce il termine, possono rimanere inerti all'interno del sistema per molti anni prima che si combinano portando a dei guasti (attivi e/o locali) creando così un'alta probabilità di incendio. Sono fattori che influenzano le prestazioni della struttura le cui azioni hanno un impatto sulla funzionalità, causando il problema.

I fattori contributivi (contributory factors) possono essere classificati in due modi:

- influenzanti (affecting factor) cioè che hanno effetto sulla comparsa di un incidente la cui rimozione non è sufficiente per prevenire il ripetersi in futuro;
- di ragione (reasons factor) che sono direttamente responsabili dell'incidente. La loro rimozione riduce le probabilità che un incidente simile accada in futuro.

L'errore umano (human error) si verifica invece quando le azioni intraprese causano effetti che possono comportare conseguenze finali.

Essi possono essere cagionati per:

- mancanza di esperienza/conoscenza (knowledge);
- scorretta applicazione delle norme e delle procedure (rule based mistake);
- mancanza di competenze (skill based) che possono a loro volta includere:
 - slips cioè errori in cui l'intenzione è corretta, ma il fallimento si verifica durante l'esecuzione dell'attività;
 - lapses cioè azioni e omissioni per disattenzione.

Le violazioni (violations) a volte sembrano essere errori umani ma differiscono da loro perché sono azioni volontarie contro le regole.

Possano essere classificati:

- di routine (routine) quando si seguono scorciatoie nello svolgimento di un compito;
- ragionati (reasoned) quando i protocolli o le procedure vengono saltati per vari motivi (anche a scopo di lucro);
- di disattenzione (carelessness) quando si segue volontariamente una procedura sbagliata, senza una valida ragione;
- maliziosi (malice) quando includono atti di sabotaggio.

2.3 Studio delle cause

Il concetto di causa deve tener conto della pluralità tipica dei sistemi causali in cui più di una causa contribuisce a creare un effetto. Le cause possono essere classificate come mostrato in Figura 7.

Nella ricerca della causa radice (**root cause**) l'indagine deve ricostruire la situazione in cui è stato generato l'incendio. La causa principale potrebbe essere profonda che in genere non si trova all'interno delle circostanze immediate dell'incendio. Il processo di identificazione può essere complesso.

La causa intermedia (intermediate cause) è invece un nodo intermedio della catena causale, che parte dalla radice di un problema. Tutti i problemi hanno delle cause e la ricerca di una soluzione ci porta a guardare indietro lungo la catena causale.

Più ci avviciniamo alla radice delle cause, migliore è la soluzione.

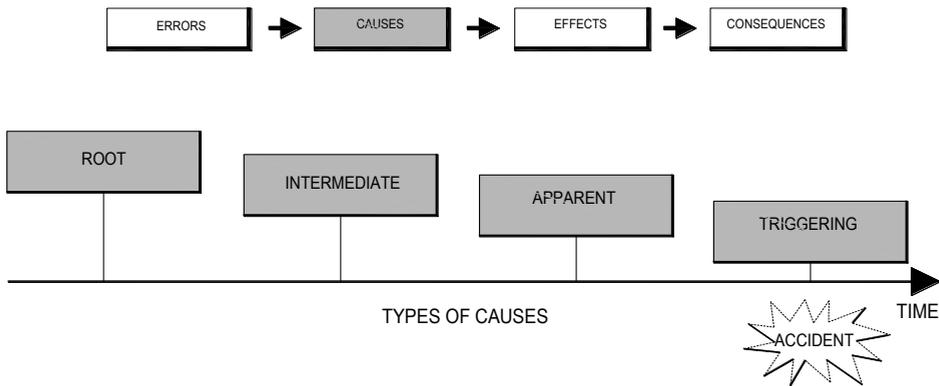


Figura 7. Schematizzazione delle cause.

La causa apparente (apparent cause) è la causa più probabile di un problema che coinvolge un deficit alle prestazioni. Essa è determinata su una ragionevole quantità di dati di rilievo. La sua determinazione si basa sul giudizio e l'esperienza dell'investigatore.

Una causa apparente di solito ha un minimo potenziale di ripetizione. La causa scatenante (trigger cause) è l'ultimo anello della catena. È sostenuto da fattori remoti che hanno contribuito a creare le condizioni ideali per l'origine della causa sottostante, durante il periodo di incubazione.

2.4 Visualizzazione degli effetti

Gli effetti sono il risultato delle varie cause precedentemente analizzate. Essi si manifestano sulla scena investigativa in maniera puntuale ed immediata e rappresentano degli ottimi indizi in sede giudiziaria. L'analisi semiotica degli incendi, attraverso lo studio degli effetti che le fiamme lasciano sui materiali, rappresenta un ottimo strumento standardizzato di raccolta degli indizi su cui partire. L'analisi semiotica di un incendio (*Semiotic Fire Analysis*) può essere meglio inquadrata mediante lo schema riportato in Figura 8.

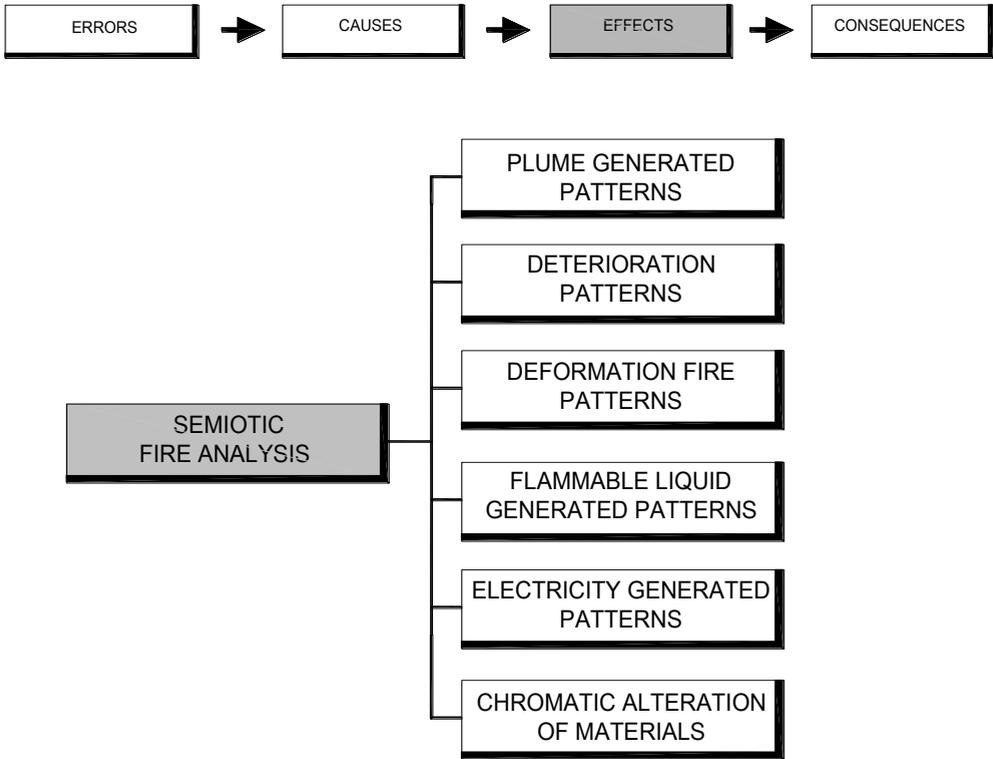


Figura 8. Semiotic Fire Analysis Diagram.

Ove ad ognuno dei percorsi si può associare una tabella sinottica dei segni. A titolo di esempio si riporta sinteticamente in Tabella 1 quella relativa alla rappresentazione di alcuni segni di natura elettrica.

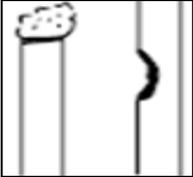
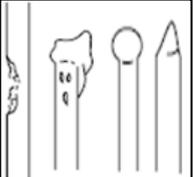
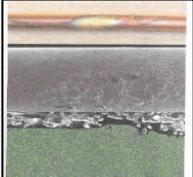
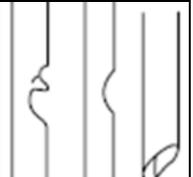
Electricity generated patterns			
Fire Pattern Name	Theoretical scheme	Photo	Description
Alloying			The alloying of a Copper wire (heated) happens if the aluminium has penetrated into the copper as well as on the surface.
Arcing through char			The arcing through char start after an existing fire. In fact the insulation on conductors, when exposed to direct flame or radiant heat, may be charred before being melted. That char, when exposed to fire, is conductive enough to allow sporadic arcing through the char. The ends of individual conductors, when severed, will have beads on the end.
Parting arcing			Parting arc is a brief discharge that occurs as an energized electrical path is opened while current is flowing, such as by turning off a switch or pulling a plug. If the gap does not become too great, the arc will be sustained. The surge of current melts the metals at the point of contact and causes a brief parting arc as a gap develops between the metal pieces. The arc quenches immediately but can throw particles of melted metal (i.e., sparks) around.

Tabella 1. Electricity generated patterns.

2.5 Conseguenze di un incendio

Lo studio delle conseguenze rappresenta il risultato di uno o più eventi anche di varia natura. Esse si differenziano dagli effetti perché riproducono un risultato globale e possono manifestarsi a breve o lungo termine.

In un collasso a cascata l'effetto (domino) è dato dalla caduta del primo tassello mentre la conseguenza è il collasso globale di tutti i tasselli come meglio mostrato in Figura 9.

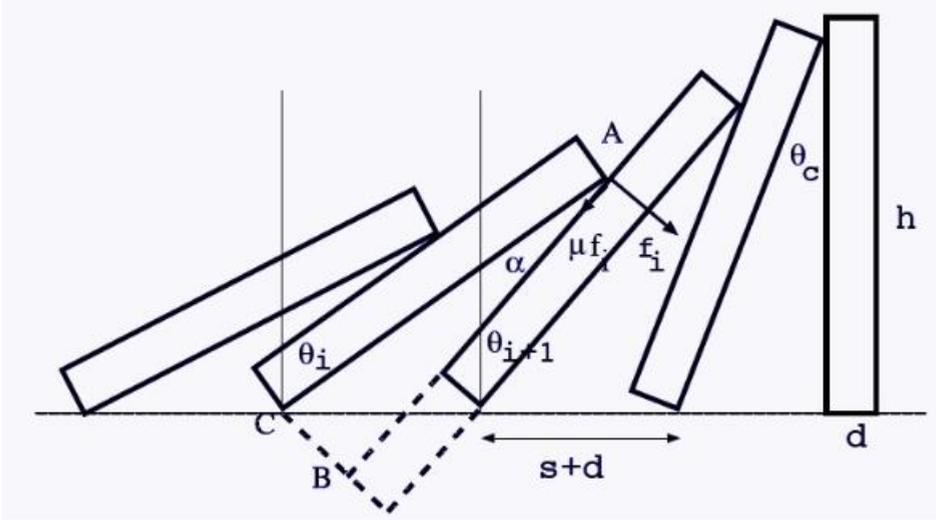


Figura 9. Effetto-conseguenza in una serie di tasselli (<http://www.sciencestorming.eu>).

La carbonizzazione di una trave lignea o l'effetto spalling sul calcestruzzo rappresentano due separati effetti dell'incendio sui travetti del solaio, mentre il collasso strutturale dell'intero solaio è la conseguenza degli effetti.

Nell'ambito dell'ingegneria forense possiamo azzardarci a scrivere una equazione che correla le conseguenze che ha subito una struttura rispetto agli effetti localizzati. In particolare possiamo asserire che:

$$\text{Conseguenza} = \sum_{i=1}^n \text{effetto}_{i\text{-esimo}}$$

dove "n" rappresenta il numero complessivo di effetti anche di varia natura che subiscono gli elementi.

Nella *Structural Fire Investigation* le conseguenze sono date principalmente dai danni e collassi strutturali così come meglio rappresentato nella Figura 10.

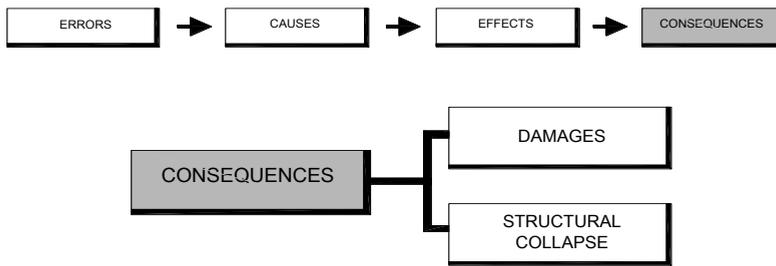


Figura 10. Diagramma delle conseguenze.

Durante l'attività investigativa è importante descrivere nella Perizia/Consulenza la tipologia di collasso e i danni che ha subito la struttura. I meccanismi di collasso possono generalmente portare a:

- Implosione, in cui gli elementi, strutturali e non, si danneggiano all'interno della struttura stessa. Questo tipo di collasso è decisamente più favorevole dell'esplosione perché è meno rischioso per i soccorritori che operano fuori della struttura.
- Esplosione con un crollo sfavorevole che si verifica in genere in una zona adiacente alla struttura stessa, ma non è confinato.

Una attenta lettura del collasso strutturale (*Semiotic Structural Fire Analysis*) ci aiuta ad identificare esattamente il luogo dei detriti. La Figura 11 ci mostra come, in alcuni casi, appare opportuno riprodurre la scena per posizionare gli indizi.



Figura 11. Riproduzione della planimetria esterna.

La tipologia di collasso che ha subito la struttura (per esempio *pancake*, *zipper*, *domino*, *section*, *instability*, *ecc.*) stabilisce le priorità nelle operazioni di repertamento, ove spesso gli indizi sono nascosti in fondo allo strato di macerie.

La seguente Tabella 2 espone, in funzione del collasso strutturale come operare durante il repertamento nella ricerca delle cause e degli indizi.

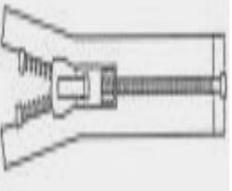
	<p>Sezione Concentrazione di stress che causa la rottura di componenti trasversali (frattura veloce) e il progressivo fallimento dell'intera sezione.</p>	<p>Ricercare le cause, tenendo conto dei carichi e dei vincoli strutturali che hanno comportato l'accumulo di energia e i danni riscontrati sulla scena. Repertamento localizzato. Indizi superficiali.</p>
	<p>Instabilità Destabilizzazione di alcuni elementi compressi a causa di errore che può innescare collassi in progressione in tutta la struttura.</p>	<p>Ricercare gli errori, mediante l'analisi dei carichi e dei vincoli strutturali che hanno comportato il collasso localizzato e i danni riscontrati sulla scena. Repertamento localizzato. Indizi superficiali o nei substrati.</p>
	<p>Pancake Collasso dell'elemento portante iniziale che innesca la caduta rigida di una parte della struttura su altri elementi e porta ad un impatto sequenziale sul resto della struttura, che collassa su sé stessa.</p>	<p>Ricercare le cause, mediante l'analisi dei carichi e dei vincoli strutturali che nel corso dell'incendio hanno comportato il collasso iniziale. Repertamento specifico sul solaio collassato per primo. Indizi riscontrabili nei substrati.</p>
	<p>Zipper Redistribuzione della forza in percorsi alternativi, a causa di un collasso improvviso di un elemento.</p>	<p>Ricercare le cause tenendo conto della robustezza strutturale e dei vincoli strutturali (anche ridondanti) che hanno comportato il danno. Repertamento localizzato alla radice della deformazione Indizi superficiali.</p>
	<p>Domino Ribaltamento iniziale di un elemento rigido che cade su un altro elemento e innesca un ribaltamento a catena.</p>	<p>Ricercare la causa iniziale (effetto sul singolo pannello) che ha comportato il collasso. Repertamento da concentrarsi sul pannello iniziale della catena di collassi. Indizi riscontrabili nei substrati.</p>

Tabella 2. Semiotic Structural Fire Analysis.

L'analisi dei detriti (*Fire Debris Analysis*) e la loro posizione è fondamentale nelle attività di *Structural Fire Investigation*. Lo scopo di questa analisi è quella di studiare i detriti intesi come prodotti residui dell'incendio, tramite la loro identificazione e caratterizzazione (Figura 12). Diversi substrati devono essere classificati, estratti e analizzati al fine di identificare l'esatta dinamica dell'evento. Questi prodotti possono provenire da tre diverse fonti: prodotti substrato fondo, prodotti di pirolisi o prodotti di combustione.



Figura 12. Fire Debris Analysis.

2.6 Verifiche e deducibilità

Volendo collocare le quattro parole chiave in una attività investigativa sugli incendi ci viene in aiuto la Figura 13.

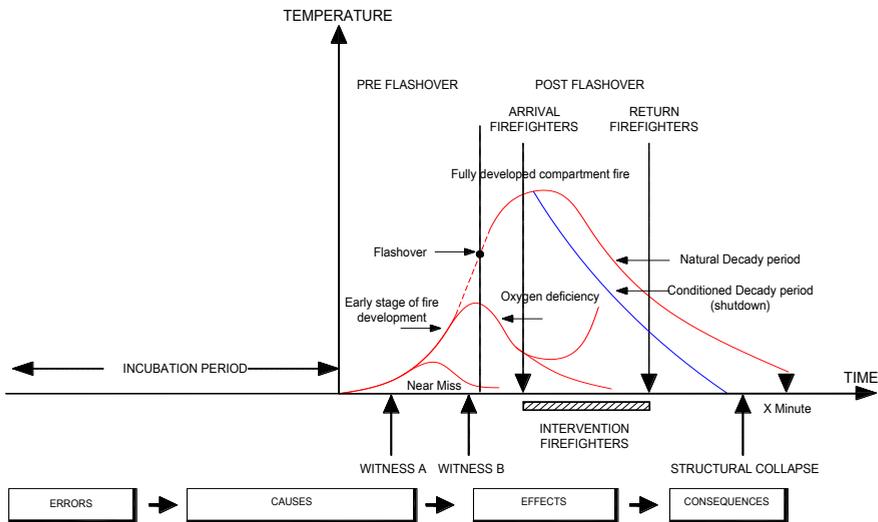


Figura 13. Correlazione dei quattro concetti chiave su una curva d'incendio.

Come si evince gli errori e le cause, ad eccezione di quella scatenante (triggering cause) si collocano prima dell'evento incendio, gli effetti si creano durante l'incendio e le conseguenze si sviluppano in genere verso la fine dell'incendio, cioè dopo che le fiamme hanno letteralmente aggredito la struttura.

Noti i principali concetti forensi dell'attività investigativa occorre eseguire spesso delle verifiche di compatibilità.

Mentre i flussi di controllo in fase progettuale portano a ridurre la probabilità di determinati scenari di incendio, quelli in fase investigativa aiutano a condurre le indagini nella direzione più appropriata.

La Figura 14 mostra, ad esempio, due tipologie di controllo che l'investigatore può adottare al fine di ridurre il rischio di errore umano (human errors).

Il primo tipo di controllo (linea continua) è di tipo *lineare e consequenziale* e mostra come gli errori e le cause portano a una sequenza di evidenze (effetti e conseguenze), quindi a deduzioni e conseguentemente a verifiche di compatibilità.

Da ogni evidenza, possono derivare una o più deduzioni, in alcuni casi antitetiche tra loro, da valutare attraverso giudizi di compatibilità.

Il secondo controllo (linea tratteggiata) è di tipo *circolare* e parte direttamente dalle evidenze.

Articolandosi in quattro fasi, verifica se:

- l'evidenza è compatibile con la deduzione (*fase 1*);
- la deduzione riscontrata è accettabile e consequenziale alle cause (*fase 2*);
- le cause sono compatibili con quanto già affermato (*fase 3*);
- la compatibilità totale è ricollegabile alle evidenze (*fase 4*).

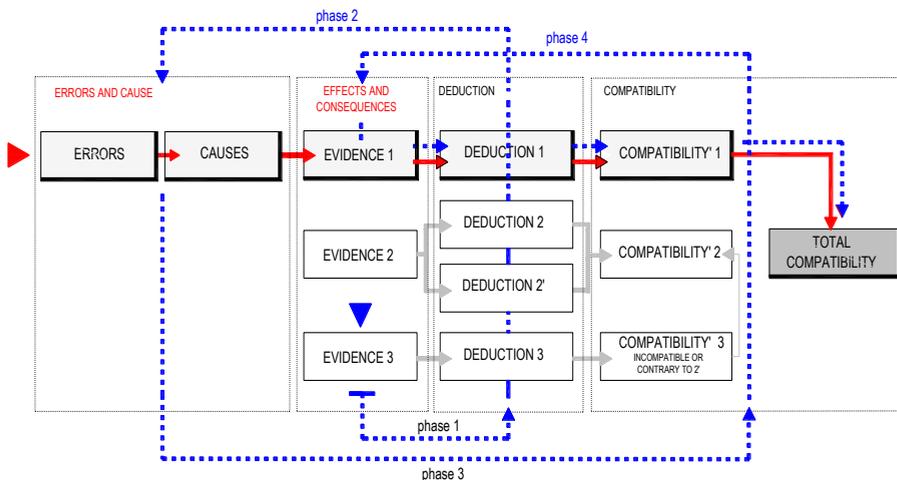


Figura 14. Flussi di controllo investigativi.

3. ASPETTI FORENSI DELLA FIRE INVESTIGATION

3.1 Errori vs Cause

Come già accennato l'individuazione degli errori porta a ricercare le cause e a costruire correttamente i profili di responsabilità siano essi individuali che gestionali (Figura 15).

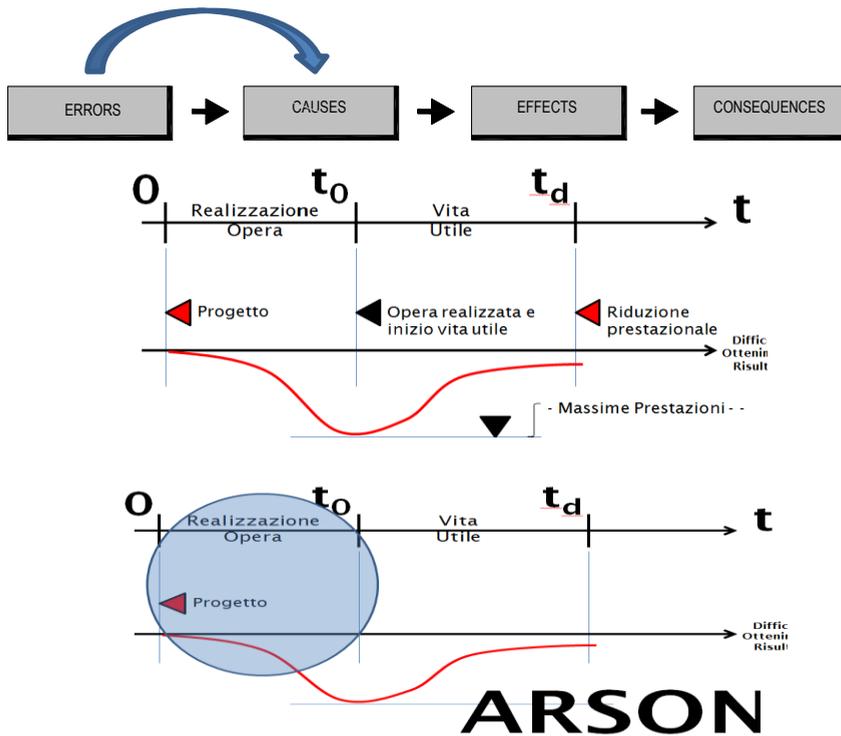


Figura 15. Errors vs cause- back analysis.

Come mostrato nella Figura 15, i processi di back analysis si devono spingere sino al concepimento della struttura (as design) al fine di verificare l'esistenza di errori progettuali. Seguono in ordine temporale i controlli relativi all'esecuzione dell'opera (as built) e le verifiche in fase gestionale (as managed).

3.2 Cause vs Effetti

Tra la causa ed effetti si colloca, in ambito forense, il nesso eziologico o di casualità cioè è il rapporto tra causa ed effetto come mostrato dalla Figura 16.

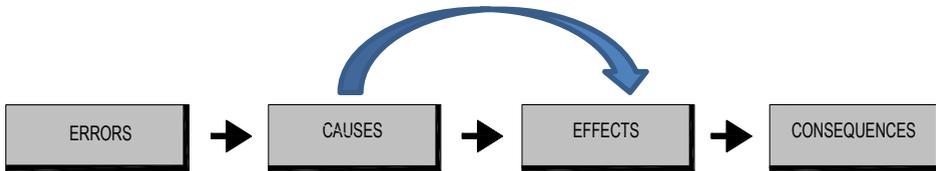


Figura 16. Causes vs effects.

Il nesso eziologico è la relazione che lega in senso naturalistico un atto od un fatto all'evento che vi discende. Da un lato si ha la prospettiva di chi agisce, dall'altro la prospettiva dell'osservatore cui perviene il risultato dell'azione.

Il nesso eziologico è il rapporto fra le due prospettive, studiato al fine di ricavare la riconducibilità di un dato evento all'atto o al fatto presupposto.

Nel caso si tratti di un atto, questo può prendere le forme di una data condotta umana e il prodotto di quella condotta, viene giuridicamente individuato come evento.

Qualora l'innesco di un incendio, possa apparire riconducibile, sotto il profilo eziologico, alla concomitanza della condotta e dalla pregressa situazione, il Giudice, accerta, sul piano della causalità materiale (intesa come relazione tra la condotta e l'evento) l'efficienza eziologica della condotta rispetto all'evento incendio.

Ascrivendo l'evento di danno all'autore della condotta, può poi procedere alla valutazione della diversa efficienza delle varie concause sul piano della causalità giuridica (intesa come relazione tra l'evento e le singole conseguenze dannose risarcibili all'esito prodottesi).

Il giudizio di causalità materiale costituisce la prima fase di ricostruzione del nesso eziologico tra il fatto illecito ed il danno.

3.3 Effetti vs Conseguenze

Lo studio degli effetti aiuta a definire le prove indiziarie e le conseguenze che ha subito la nostra struttura (Figura 17).

L'uso di tavole semiotiche dell'incendio, precedentemente accennate aiuta l'investigatore a riconoscere il modello d'incendio ed a strutturare una strategia di repertamento che permetta di formulare ipotesi coerenti col metodo scientifico.

Ogni *fire pattern* è un indicatore di un determinato fenomeno fisico legato alla combustione e dovrebbe essere sottoposto a specifici approfondimenti che coinvolgono il prelievo di materiale e test svolti in laboratorio (*Computational Fire Investigation*).

Le conseguenze finali sono leggibili, in ambito forense, tramite lo studio del danno risarcibile, occorre prevedere se il risarcimento debba comprendere tanto la perdita subita (c.d. danno emergente) quanto il mancato guadagno (c.d. lucro cessante) che siano conseguenza immediata e diretta del fatto lesivo.

Quindi il censimento dei danni che ha subito la struttura, come mostrati in Figura 18, deve essere completo, al fine anche di ricostruire realisticamente sia lo scenario d'incendio che un modello strutturale che giustifichi le evidenze (effetti) raccolte.

Una volta che l'investigatore è in grado di produrre un adeguato collegamento tra modellazione strutturale e scenario d'incendio, si può supporre di raggiungere risultati soddisfacenti con un ragionevole margine di errore al fine di ottenere le dovute compatibilità necessarie per la creazione del nesso eziologico in ambito giudiziario.

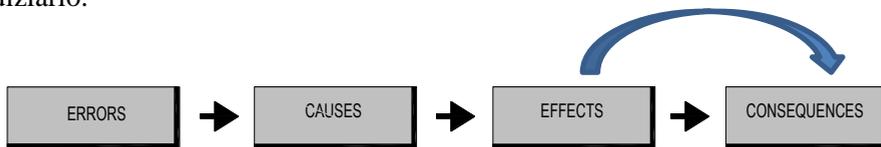


Figura 17. Effects vs consequences.



Figura 18. Lettura dei danni in un repertamento (foto G. Pirovano).

4. FALLIMENTI INVESTIGATIVI

4.1 Errori nel ciclo vitale della struttura

La mancanza di una procedura basata sull'approccio scientifico nella fase di raccolta dati può portare ad errori investigativi e negligenze che se cumulate nel corso delle varie fasi possono condurre al fallimento dell'intera indagine, rendendola vulnerabile in sede giudiziaria.

La Figura 19 rappresenta il modello di *Reason*. Le difese di una struttura contro il fallimento sono modellate come una serie di barriere. I fori nelle fette rappresentano debolezze in singole parti. Il sistema produce fallimenti quando un foro in ogni fetta si allinea permettendo una traiettoria unica. La Figura 19 mostra quindi l'asse dei fallimenti in una struttura.

Nei vari livelli infatti possono essere presenti diverse tipologie di errore che comportano debolezze nel sistema strutturale tali da rendere vulnerabile l'interna struttura.

La cumulabilità degli errori interconnessi presenti, ad esempio nella fase di concepimento della struttura (livello progettuale) o durante l'esecuzione dell'opera (livello esecutivo) o nei vari livelli gestionali, determina graficamente una probabile traiettoria fallimentare dell'intera struttura.

La figura evidenzia quindi una potenziale probabilità che l'asse dei fallimenti penetri attraverso i vari livelli (progettuale esecutivo, gestionale, ecc.).

Il modello comprende quindi tutti i tipi di errori, classificati in precedenza, commessi durante il ciclo vitale della struttura ai vari livelli (*conditions, human latent, contributory factors and violation*).

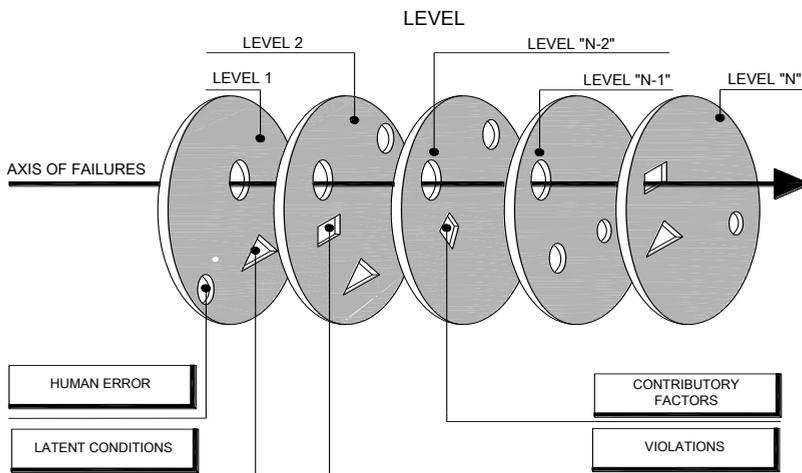


Figura 19. *Swiss cheese model* relativo al fallimento su cui investigare.

4.2 Errori umani durante l'investigazione

La classificazione schematica dei vari tipi di errori è stata già presentata nei paragrafi precedenti. Occorre comunque ricordare che esistono altri tipici errori che i CTU/Periti possono commettere e relativi alla natura “ontologica” o agli aspetti eziologici del mandato.

Senza dubbio l'assunzione di posizioni pre-concettuali nel caso di un accertamento tecnico può inficiare completamente la bontà complessiva dell'operato svolto dal Perito/Consulente.

La risposta a quesiti peritali

L'errore più frequente che si riscontra sia nell'ambito penale che in quello civile è la volontà del Perito/Consulente di rispondere assolutamente ai quesiti peritali.

Tale errore deve essere evitato in quanto le conseguenze da esso derivanti sulle parti coinvolte possono essere dannose. Se in prima approssimazione è vero che i danni di un incendio dipendono dal quantitativo di miscela combustibile, dall'altro è necessario tener presente che molti fattori possono alterare i dati del problema, (esempio tipo di sostanza combustibile, rapporto di miscela combustibile/aria, grado di confinamento, presenza di sacche esplosive, e molto altro).

Se non è possibile avere constatazioni certe e se le conclusioni possono fondarsi solamente su elementi poco probabili o incerti, è obbligo del perito/CTU concludere che l'analisi non consente di ottenere una valutazione attendibile.

Assunzione di posizione

Altro errore cui spesso si assiste è la personalizzazione della posizione all'interno della relazione peritale. Sono la metodicità e la sistematicità le caratteristiche ottimali per condurre la migliore analisi possibile.

Il vero esperto deve riportare al proprio committente, sia esso il Pubblico Ministero o le parti in causa, solo i dati di fatto e gli elementi oggettivi del problema.

Luogo effettivo della scena

Altro tipico sbaglio che commettono i consulenti e i periti nell'ambito delle consulenze penali, è confondere il luogo ove è avvenuto il sinistro con la causa che lo ha generato; non sempre essi vengono a coincidere.

Se ad esempio si assiste alla comparsa di segni sul muro di un vano della struttura ove si sta indagando ciò non significa che l'origine dell'incendio risieda lì.

Qualora il tecnico confonda erroneamente il luogo ove è avvenuto il sinistro con la causa che lo ha generato, difficilmente l'autorità giudicante, potrà individuare tale errore e porvi rimedio.

La Figura 20 mostra, invece, l'asse dei fallimenti che penetra attraverso le varie fasi (raccolta eventi significativi, repertamento interno ed esterno, ecc.) in una attività d'indagine. Le carenze di valutazione, errori nella raccolta dei dati, ecc. può portare al fallimento delle indagini.

Gli errori che si commettono in questo tipo di indagini sono solo quelli umani (*knowledge-based, mistake, skill-based*).

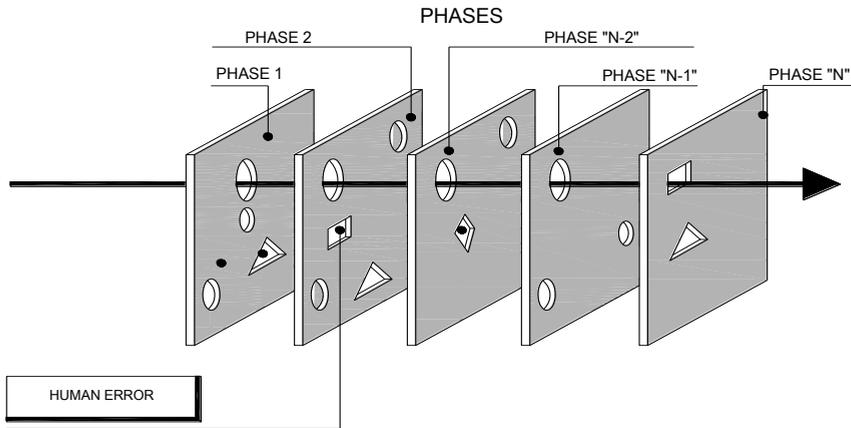


Figura 20. *Swiss cheese model* relativo al fallimento durante l'indagine.

Assoggettabilità alle norme

Ulteriore tipico errore che l'esperto può compiere nell'espletamento del suo incarico è confondere la causa con il mancato rispetto di una prescrizione di norma.

In queste situazioni il rischio è che la suggestione venga a prendere il sopravvento sulla spiegazione scientifica della modalità con cui si è giunti al verificarsi dell'evento. Tale errore trova il suo fondamento nella modalità di esecuzione delle indagini preliminari.

Ogni volta che si verifica una scena d'incendio, viene svolta un'intensa attività il cui fine è individuare il mancato rispetto di specifiche prescrizioni normative o di legge. Quasi sempre si è soliti trovare una o più prescrizioni disattese, a cui generalmente fanno seguito sanzioni pecuniarie.

Analizzare a questo punto il processo investigativo, legando direttamente il sinistro con il mancato rispetto della prescrizione induce in errore, in quanto non si tiene conto del problema del nesso causale.

Autoreferenzialità

Ultimo errore che si vuole sottolineare è l'autoreferenzialità ovvero l'affermare con insistenza che le motivazioni riportate nella perizia sono sempre vere sembra ombra di dubbio.

Dato che un insieme di conoscenze non costituisce sempre valore scientifico, è buona norma soffermarsi alle semplici regole, senza in questo modo arrivare ad arbitri; ovvero adeguarsi all'idea di un sapere basato sull'esperienza e giustificabile con un metodo scientifico.

5. LE PROVE NELLA FIRE INVESTIGATION

5.1 La prova indiziaria

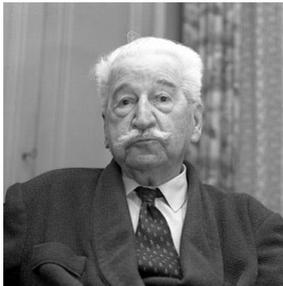
Una definizione di carattere molto generale è la seguente:

“La prova è un ragionamento che da un fatto noto ricava l’esistenza di un fatto avvenuto nel passato”.

Come già accennato nei flussi di controllo, le evidenze e quindi anche le prova indiziarie derivano da tracce lasciate sulla scena definibili, come asserì *Alphonse Bertillon* famoso criminologo francese nel seguente modo:

*“La traccia è il biglietto da visita dell’autore del reato.
È un testimone silenzioso che non mente mai”*

La **prova indiziaria** o **indizio** si basa sul concetto che il fatto da provare si ricavi attraverso un’inferenza costituita o da leggi dimostrabili scientificamente o da una comprovata esperienza nel settore.



Edmond Locard (riportato nella figura a sinistra), altro famoso criminologo francese, padre della scienza forense cita:

“(...) quando un individuo entra in contatto con un luogo lascia qualcosa di sé, così come qualcosa del luogo rimarrà sull’individuo (...)”.

La prova indiziaria, vuole quindi che l’esistenza del fatto da provare si ricavi attraverso una relazione costituita o da leggi scientifiche o da una massima di esperienza al fine di evitare che la prova sia acquisita in modo illegittimo o in maniera non utilizzabile.

Le prove devono essere non manifestamente superflue e non irrilevanti.

Una delle regole che il codice di procedura penale pone in materia di prova è quella secondo la quale la prova di un reato non può essere ricavata se non da indizi che siano gravi precisi e concordanti.

Un indizio è:

- **Grave** quando è dotato di un grado di persuasività elevato e riesce a resistere a eventuali obiezioni.
- **Preciso** quando non è suscettibile di diverse interpretazioni.
- **Concordante** nel senso che ci devono essere più indizi che confluiscono nella stessa direzione.

5.2 La struttura indiziaria

Le prove nella *Fire Investigation* possono essere di varia natura. Esse al fine di poterle catalogare devono far parte di una metodologia investigativa standardizzata e spaccettata come meglio mostrato nella seguente figura.

La struttura complessiva dell'attività investigativa, composta da cinque fasi e diciassette operazioni è rappresentata di seguito in Figura 21.

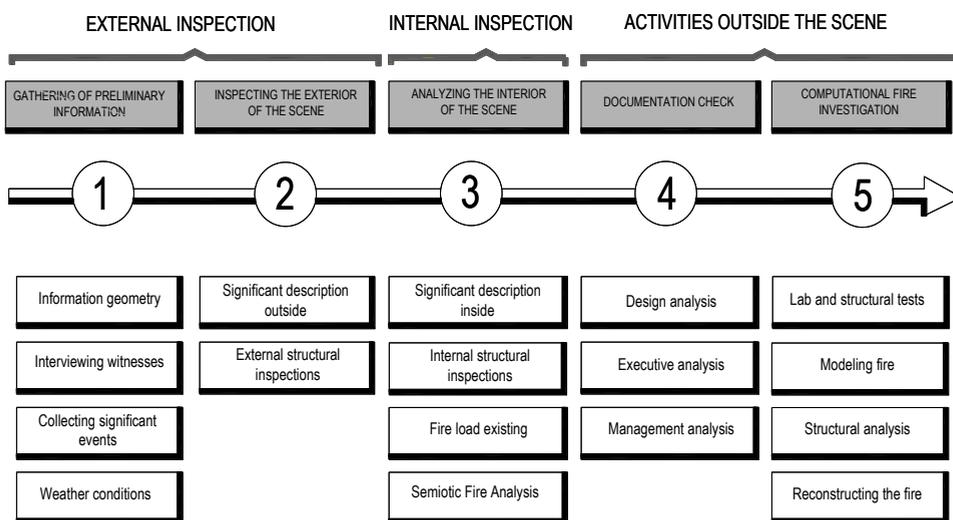


Figura 21. Swiss cheese model relativo a fallimenti investigativi.

La struttura metodologica investigativa, applicabile in tutti i casi di incendi confinati, rappresenta un potenziale ausilio per la ricerca delle prove nelle attività di *Fire Investigation*.

Tale struttura è stata concepita in cinque fasi specifiche e distinte ad ognuna delle quali sono state associate determinate operazioni investigative, interagenti tra loro, che dovrebbero consentire, al termine delle fasi, di definire quantomeno l'origine e le cause dell'incendio.

L'esigenza di codificare le operazioni è molto sentita negli ambienti delle forze di polizia scientifica, ove l'utente, che viene interessato a condurre le indagini investigative, spesso non possiede un chiaro quadro complessivo delle operazioni e controlli da svolgere sulla scena con il rischio di by-passare determinate verifiche e quindi non repertare tracce peculiari in ambito forense.

Dal punto di vista forense possiamo affermare che il nesso eziologico può essere concepito mediante lo studio di tutti gli indizi riscontrabili sulla scena di un incendio.

$$\text{Nesso eziologico} = \sum_{i=1}^{17} \text{indizio}_{i\text{-esimo}}$$

dove 17 sono le operazioni sopra appartenenti alla metodologia codificata.

A titolo di esempio di somma importanza è la raccolta degli eventi significativi della scena incendiata che, se eseguiti nell'immediatezza dell'incendio, consentono di congelare la scena al momento del repertamento, quando lo stato dei luoghi non è stato ancora modificato (anche dai VV. F).

A volte, infatti, alcuni particolari possono sfuggire anche all'investigatore più attento e, in seguito, assumere un'importanza imprevista nel prosieguo delle indagini. In questi termini, ad esempio l'intervento dei VV.F., la durata presunta dell'incendio, la fotografia integrata da rapporti descrittivi ecc., possono assumere, a livello forense, un valore di prova.

5.3 La raccolta di alcuni eventi significativi

La testimonianza è quella di una persona che è a conoscenza dei fatti del processo e che nello stesso tempo non riveste una qualifica tale per cui il codice lo ritenga incompatibile con l'assunzione della qualità di testimone, quindi incapace di testimoniare.

In questa definizione generale non c'entra il concetto di terzietà ovvero, il testimone non è necessariamente una persona che è sostanzialmente estranea al fatto che deve essere giudicato e quindi che non abbia un interesse al risultato del processo.

La parte civile può infatti assumere la veste di testimone, anzi nella generalità dei casi la parte civile diventa un testimone nel processo.

La parte civile può venire a deporre anche se non è certo un terzo nel rappresentare i fatti di cui è causa ed è molto interessata all'esito del processo.

Un testimone può entrare nel processo perché attraverso uno dei propri sensi ha percepito direttamente un fenomeno o perché lo ha conosciuto in via indiretta e attraverso dichiarazioni che ha ricevuto da altri.



Figura 22. Prove di effrazione (foto G. Pirovano).

La seguente Figura 23 indica 2 dei 17 tasselli precedentemente spiegati ove la raccolta iniziale dei dati permette di ricostruire una *timeline* degli eventi di notevole aiuto anche nella modellazione dell'incendio.

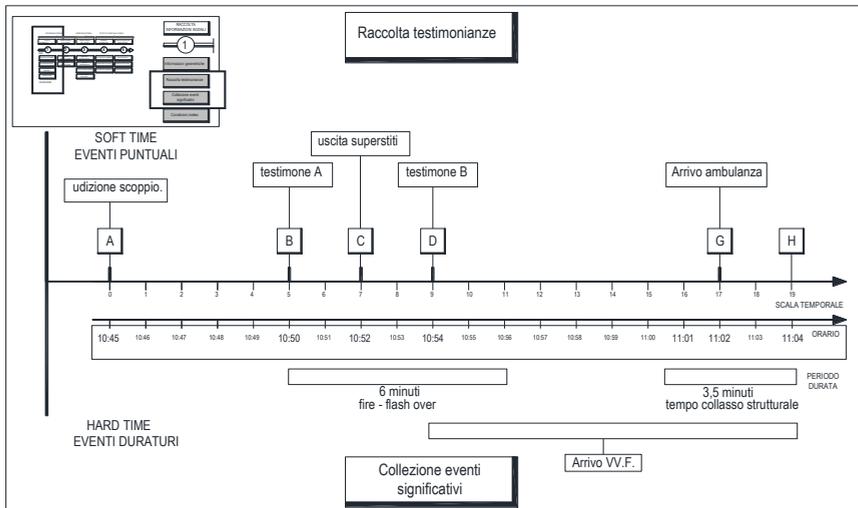


Figura 23. Timeline.

Si tratta di costruire la parte superiore del grafico, definita *soft time*, in maniera puntuale, con la raccolta delle testimonianze o di eventi specifici e la parte inferiore, *hard time*, per la catalogazione di eventi significativi più duraturi.

Le due operazioni convergono quindi in un unico grafico definendo temporalmente un quadro sinottico di informazioni.



Ottolenghi è stato il primo studioso delle tecniche di investigazioni scientifiche e già nel 1897 fondò la Rivista di Polizia Scientifica.

Egli recita:

“in ogni sopralluogo dovranno segnalarsi i caratteri delle parti che lo compongono e del contenuto, che equivalgono ai connotati, e i caratteri delle particolarità che gli ambienti e il contenuto presentano che equivalgono ai contrassegni personali.”

5.4 Alterazione delle prove

Durante la repertazione degli effetti occorre stare attenti a quegli eventi che potrebbero comportare delle alterazioni della scena. L'intervento dei VV.F. durante lo spegnimento di un incendio comporta la nascita di effetti alterati (Figura 24).

Occorre quindi valutare l'area interessata dal getto di acqua e tenere conto delle deformazioni termiche indotte dal brusco spegnimento dell'elemento da esaminare.

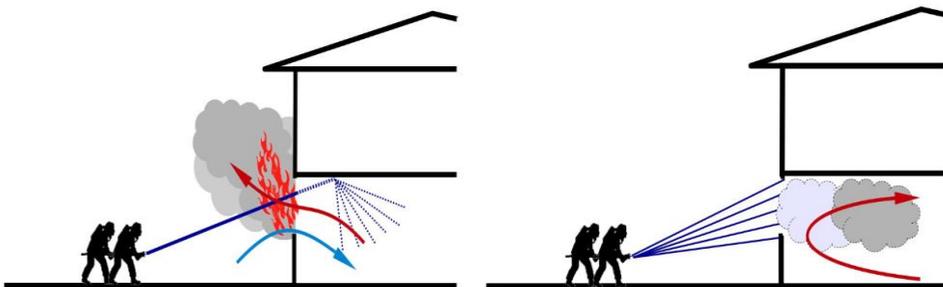


Figura 24. Alterazione della scena.

Le impronte presenti in una scena dolosa spesso possono essere compromesse per effetto del necessario spegnimento che i VV.F. operano per placare la magnitudo dell'incendio. Tale situazione però comporta un'alterazione anche sostanziale della scena come meglio illustrato nella Figura 25.



Figura 25. Dinamicità della scena (foto G. Pirovano).

Le impronte digitali su oggetti di vetro che sono stati esposti agli effetti di acqua stagnante per più di una settimana. Alcuni risultati possono essere visti nella Figura 26 sottostante.

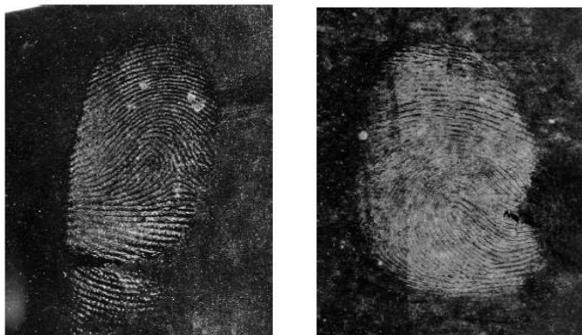


Figura 26. Impronte immerse in acqua per 48 ore (immagine a sinistra) e 168 ore (destra).

6. CASE STUDY: LE IMPRONTE COME FONTE DI PROVA

6.1 Aspetti introduttivi

Classificare un incendio come doloso è fondamentale per procedere con un'indagine penale.

Gli incendi sono spesso conseguenza di una vicenda criminale tesa il più delle volte a nascondere/disperdere le tracce di una precedente più grave violazione.

Inoltre, in caso di *arson fire* la prova della colpevolezza, detta anche *corpus delicti*, non deve solo accertare il nesso eziologico, ma anche l'intenzionalità del sinistro.

A tal fine sulla scena di un incendio si cercano tracce che possono appunto rispondere a tale quesito. Tra le prove indiziarie potrebbero essere utilizzate le impronte digitali che danno peso alle prove circostanziali disponibili.

Se la scena di un incendio, da un lato, frena il consueto approccio di ricerca delle tracce da effettuare sulla scena in quanto prevale la convinzione che ormai tutto è andato distrutto, dall'altro canto è da tener conto che anche nel piromane prevale questa convinzione e quindi lo stesso viene meno alle consuete accortezze per non lasciare tracce.

Certamente un incendio provoca delle distruzioni ma anche delle trasformazioni chimiche i cui effetti possono essere ancora visibili anche dopo l'evento.

Le tracce in alcune situazioni non spariscono ma sono solo coperte da uno strato di fuliggine che deve essere considerato come una sorta di "sigillo" dello stato delle cose prima dell'evento incendio.

6.2 La fuliggine

Spesso la prima fase di ricerca delle tracce sulle superfici dei reperti necessita della rimozione della fuliggine.

Infatti l'effetto di protezione che può avere lo strato di fuliggine sulla superficie ove sono le impronte è significativo in una attività investigativa.

È stato rilevato che se una superficie venisse esposta ai residui carboniosi prima dell'evaporazione dei residui della traccia papillare, l'impronta può essere rilevata e con possibilità che la stessa sia di qualità sufficiente per una identificazione, anche dopo l'esposizione a temperature che causano danni permanenti alla superficie.

Se l'evaporazione avviene prima del deposito dei residui carboniosi del fumo questa non potrà più essere individuata.

Harper dimostrò anche che una elevata quantità di fuliggine può essere rimossa e che sulle superfici esposte a temperature non superiori a 200 °C le impronte possono essere esaltate con specifiche tecniche.

Fondamentalmente in una attività d'indagine è da tener conto se le tracce sono state subito investite dal fumo prima dell'arrivo delle fiamme o dalle alte temperature. Questo produrrà un primo strato di fuliggine che in qualche modo andrà a proteggere la traccia.

Se la traccia viene immediatamente esposta alle fiamme ed alle alte temperature sarà allora molto più difficile individuarla.

È importante quindi ispezionare, durante il repertamento, le superfici con potenziali tracce soprattutto se queste sono coperte di fuliggine.

Il problema per l'investigatore è quello di togliere questo strato di fuliggine senza rovinare le tracce sottostanti.

Quelle che seguono sono le principali tecniche elaborate differenziando le superfici in funzione della loro porosità.

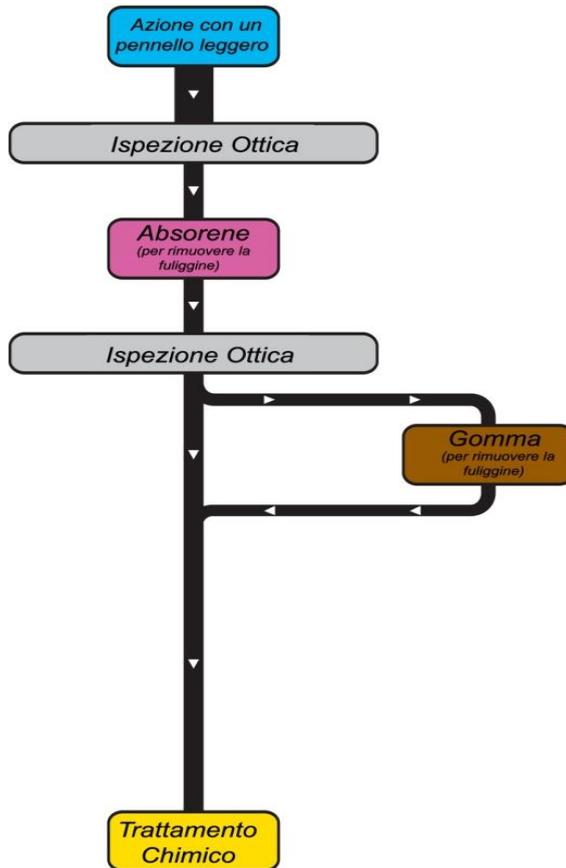


Figura 27. Flow chart per la rimozione della fuliggine su superfici porose.

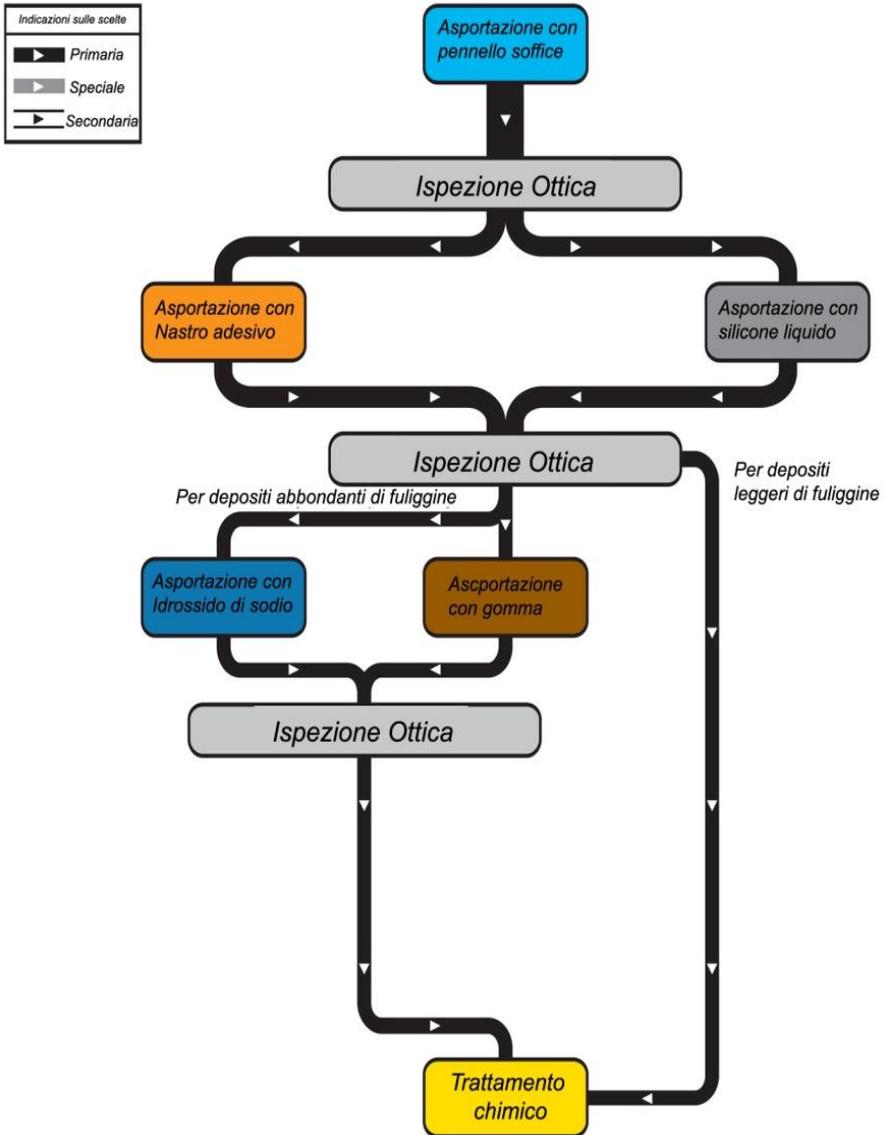


Figura 27. Flow chart per la rimozione della fuliggine su superfici non porose.

Le foto che seguono mostrano una tecnica per la rimozione della fuliggine al fine di individuare la presenza di impronte papillari e di tracce di sangue lasciate sulla superficie di una porta prima dell'incendio.



Figura 28. Rimozione della fuliggine da una porta.

6.3 Le impronte in un Arson Investigation

Anche nelle condizioni estreme di un incendio è possibile individuare tracce di interesse ai fini forensi. L'incendio è un evento chimico complesso e per verificare la potenziale presenza di una traccia occorre prima comprendere come le alte temperature abbiano avuto effetti sulle tracce.

Il lavoro svolto da *Harper* nel 1938 ha dimostrato che vi è la possibilità di individuare tracce papillari su oggetti esposti alla temperatura comprese tra 100 e 200 °C.

La Figura 29 mostra la fluorescenza alle diverse temperature, con esposizione di almeno 20 minuti, del sudore proveniente dalle ghiandole sebacee osservata con filtro 559 nm e luce verde 473-548 nm.

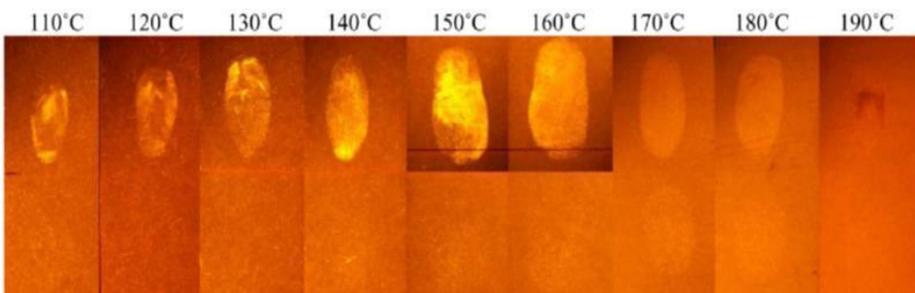


Figura 29. Impronte esposte per 20 minuti a diverse temperature.

Nell'ambito della *Fire Investigation* appare interessante valutare la possibilità di individuazione delle impronte papillari su alcune comuni superfici dopo esposizione a diverse temperature per differenti periodi di tempo.

Al riguardo delle prove sperimentali eseguite da *G. Bradshaw* nel 2008 ci permettono di rilevare le impronte (con varie tecniche) a seconda del tipo di materiale, temperatura di esposizione e durata (Figura 30).

Substrate	Temperature (°C)	Time (hrs)	Treatments
Paper	100 200	0, 1, 2, 4, 7 0, 1, 2, 4, 7	DFO Ninhydrin Physical developer
Smooth Melamine	100 200	0, 1, 2, 4, 7 0, 1, 2, 4, 7	Black magnetic powder Black powder suspension
Painted Chipboard	100 200	0, 1, 2, 4, 7 0, 1, 2, 4, 7	Aluminum powder Black magnetic powder Cyanoacrylate + black magnetic powder Black powder suspension
Ceramic Tile	100 200 300 400 500 600	0, 1, 2, 4, 7 0, 1, 2, 4, 7 0, 1, 2, 4, 7 0, 1, 2, 3, 7 0, 1, 2, 3 0, 1, 2	Aluminum powder Black magnetic powder Cyanoacrylate + BY40 Black powder suspension VMD (600 °C only)
Aluminum	100 200 300 400 500	0, 3, 7 0, 3, 7 0, 3, 7 0, 1, 2, 3 0, 1, 2, 3	Cyanoacrylate + BY40
Copper	200 300	0, 3, 7 0, 3, 7	Cyanoacrylate +BY40

Figura 30. Analisi delle impronte esposte su vari materiali.

Si osserva che a seconda dei materiali ove si è depositata la traccia essa può essere ricavata anche a temperature più elevate.

Le impronte digitali possono cambiare la situazione. Per esempio, se le impronte digitali sono identificate su un oggetto sulla scena d'incendio doloso, l'investigatore può concludere che il soggetto ha avuto un contatto fisico con l'oggetto.

Alcune impronte sembravano bruciare quando la temperatura aumenta, lasciando un deposito di colore nero visibile sulla superficie dell'oggetto in ceramica alla temperatura di 500 °C per una esposizione di 20 minuti. Un esempio di questo è illustrato nella Figura 31.

Nessuna delle tecniche disponibili per l'esaltazione delle tracce con sangue risulta efficace se queste sono state esposte a temperature superiori a 200 °C.

Tuttavia, poiché i depositi di sangue possono formare uno strato protettivo sulla superficie prima dello sfaldamento, la differenza di ossidazione tra le superfici più o meno esposte possono essere visibili soprattutto attraverso tecniche molto sensibili quali il *Vacuum Metal Deposition* (VMD) in grado di operare anche superfici esposte a temperature fino a 900 °C.

La Figura 32 mostra delle impronte su ceramica, evidenziate mediante VMD, dopo che le superfici sono state esposte rispettivamente a:

- a) 500°C 5 minuti
- b) 500°C 15 minuti
- c) 700°C 5 minuti
- d) 700°C 15 minuti
- e) 900°C 5 minuti
- f) 900°C 15 minuti

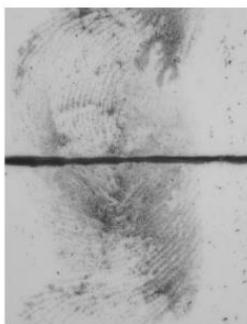


Figura 31. Impronta esposta a 600°C per 20 minuti su superficie ceramica.

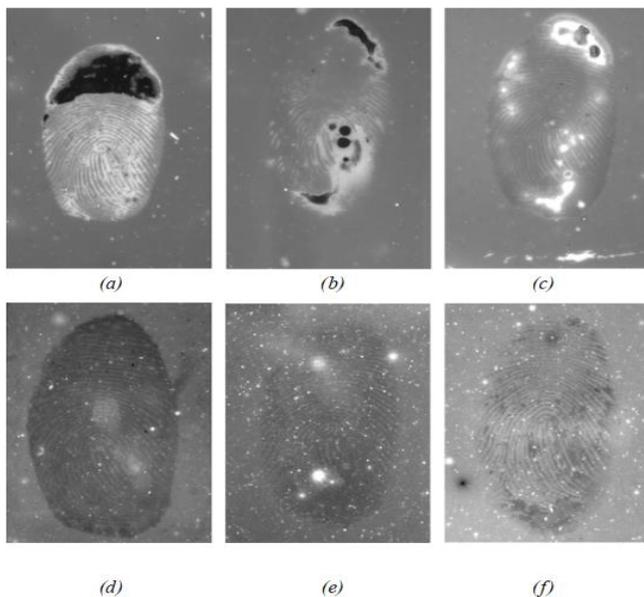


Figura 32. Impronta di sangue esposta a varie temperature.

Un ulteriore esperimento effettuato su una singola piastrella di ceramica utilizzando il processo VMD dimostra che questo ha maggiore potenziale per rilevare le impronte digitali esposte a regimi di temperatura alta.

Esempi di impronte sviluppate utilizzando la tecnica VMD esposte a 800 °C per 20 minuti sono mostrati in Figura 33.

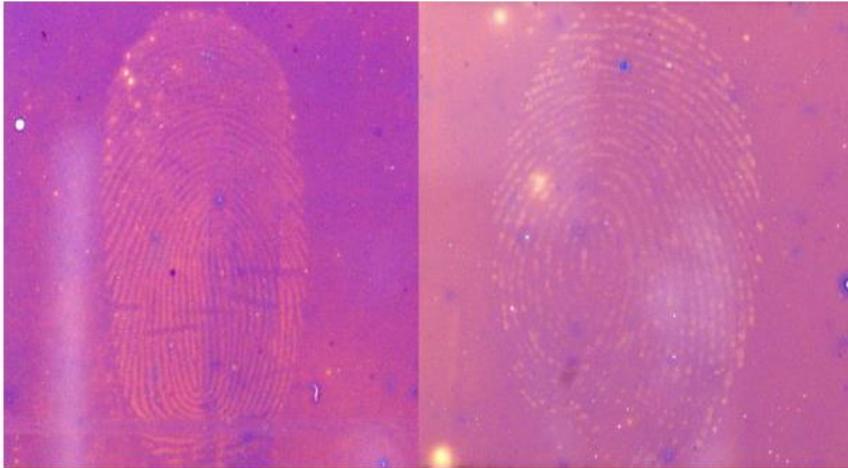


Figura 33. Impronta dopo l'esposizione a 800°C per 20 minuti.

7. CONCLUSIONI

L'identificazione del nesso eziologico è alla base dell'attività investigativa forense e tale risultato è più attendibile se l'analisi delle cause avviene in maniera corretta.

L'approccio dell'attività investigativa con le tecniche di *back analysis* della *Structural Fire Engineering* permette di ricostruire la storia della struttura partendo dai danni e collassi causati dall'incendio.

Tale lavoro, se correttamente pianificato, porta ad indentificare dati strutturali significativi e dei profili di responsabilità utili per dare delle risposte attendibili ai quesiti peritali.

L'attività di *Fire Investigation* nell'ingegneria strutturale diventa quindi una vera e propria disciplina investigativa al pari di quella di altre discipline necessaria per tutte le attività giudiziarie ove sono coinvolte strutture danneggiate e/o collassate per effetto di un incendio fornendo valutazioni salienti in ambito forense e strutturale.

RINGRAZIAMENTI

Quanto presentato sintetizza una parte del lavoro di ricerca sviluppato durante il corso di un Dottorato presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Roma *La Sapienza*, guidato dal Prof. Ing. Franco Bontempi.

Si ringrazia altresì tutto il personale del Reparto investigazioni Scientifiche (RIS) di Roma retto dal Ten. Col. S. Schiavone ed il personale dell'Istituto Superiore di Tecniche Investigative (ISTI) dell'Arma dei Carabinieri per le varie opportunità professionali e didattiche che mi permettono di migliorare gli aspetti investigativi.

BIBLIOGRAFIA

Ainsley J., Dominick Niamh Nic Daéid, M. Bleay Stephen - The Recoverability of Fingerprints on Nonporous Surfaces Exposed to Elevated Temperatures; *Journal of Forensic*, 2011.

Arangio S., Bontempi F., Crosti C.: Causal models for the forensic investigation of structural failures. *Research and Applications in Structural Engineering, Mechanics and Computation* – Zingoni. Taylor & Francis Group, London, Ed. 2013.

Augenti N., Chiaia B. M.: *Ingegneria Forense*, Dario Flaccovio Editore, Ed. 2011.

Bontempi F. - Corso di Progettazione Strutturale Antincendio, Università La Sapienza Roma, A.A. 2015/16.

Bontempi F., Crosti C., Mangione M., L'investigazione antincendio sugli aspetti strutturali: una proposta di codifica, *Rivista Antincendio*, ottobre 2015.

Corpo Nazionale dei VV.F., Nucleo Investigativo Antincendi (NIA), *La semiotica degli incendi*, Roma 2015.

D'Errico F., Dalla Casa M., *Oltre il ragionevole dubbio. Prove scientifiche per il tracciamento delle responsabilità nei disastri e sinistri industriali*, 2012, Casa Editrice ETS.

John D. De Haan, David J. Icove. *Kirk's fire Investigation*, Pearson New International Edition.

Lucidi M. Seminario al Corso di Progettazione Strutturale Antincendio - Università *La Sapienza - Malicious Action_Arson & Bombing, Security Approaches* - A.A. 2016/17.

Mangione M. - Tesi di Dottorato di Ricerca su *Structural Fire Investigation*, Università *La Sapienza*, Roma A.A. 2015/16.

Mangione M, Bontempi F., Crosti C. -, *Structural Fire Investigation e Ingegneria Forense*, Atti del Convegno IF CRASC'15 Ingegneria Forense, Facoltà di Ingegneria

Civile e Industriale La Sapienza, Roma, maggio 2015.

Matej Trapecar, *Marks on glass and metal surfaces recovered from stagnant water*, Egyptian Journal of Forensic Sciences, June 2012.

NFPA 921: *Guide for Fire and Explosion Investigations*.

Randall K. Noon, *Forensic Engineering Investigation*, 2001, Boca Raton Florida, CRC Press LLC.

Stella F.: *Leggi scientifiche e spiegazione causale nel diritto penale* - Giuffrè Editore, 2000.

Tagliani E.: *Indagine tecnica per l'identificazione e la ricostruzione delle cause d'incendio*, Convegno AIAS Milano, ottobre 2010.

IL SUPPORTO DELLA MODELLAZIONE NELLA BACK ANALYSIS DEGLI INCENDI

M. Mangione

Università degli Studi di Roma La Sapienza

SOMMARIO

Un ruolo determinante dell'attività investigativa è dato dalla modellazione degli incendi ove i modelli di calcolo, più o meno sofisticati, sono di ausilio nel verificare scientificamente danni e prove indiziarie che l'incendio ha prodotto sulla struttura.

Tali modelli hanno altresì lo scopo di semplificare il lavoro del giudice e dell'investigatore nella ricerca, rispettivamente di giudizi e indizi al fine di rafforzare sia il nesso eziologico che il report finale dell'attività investigativa.

Risulta fondamentale, in fase d'indagine, al fine di dirimere dubbi, sovrapporre i risultati dello scenario modellato con lo scenario repertato al fine di valutare la loro corrispondenza.

Al riguardo è quindi necessario che la fase di repertamento segua una codifica standardizzata che permetta di massimizzare l'individuazione e raccolta delle informazioni presenti sul teatro del sinistro.

Una raccolta precisa degli indizi può permettere una ricostruzione realistica dello scenario d'incendio attraverso l'utilizzo di adeguati software per l'analisi strutturale agli elementi finiti (FEA) e di termo-fluidodinamica computazionale (CFD). Proprio attraverso l'utilizzo di questi software di simulazione è possibile validare le potenziali cause scatenanti e incubate dedotte dal repertamento sulla scena e da eventuali testimonianze.

Una volta che l'investigatore è in grado di produrre un adeguato connubio tra risultati della simulazione e gli indizi trovati sulla scena d'incendio, si può supporre di raggiungere risultati soddisfacenti con un ragionevole margine di errore per la deduzione del nesso eziologico in ambito giudiziario.

1. PROGETTAZIONE & INVESTIGAZIONE

1.1 La modellazione nella Progettazione Strutturale Antincendio

La Progettazione Strutturale Antincendio (PSA), tramite le dovute modellazioni, permette di valutare tutti i possibili scenari progettuali al fine di ridurre il rischio danni da incendio.

L'investigazione invece ha il compito di identificare l'unico scenario investigativo realmente accaduto al fine di identificarne le cause.

A titolo di esempio si riportano nel seguito delle modellazioni eseguite con il software *Fire Dynamics Simulator* (FDS) del *National Institute of Standard and Technology* (NIST).

La Figura 1 mette in evidenza i percorsi che i fumi, prodotti da un incendio in un magazzino vestiario, seguono in funzione di diverse ipotesi (portone esterno chiuso o aperto).

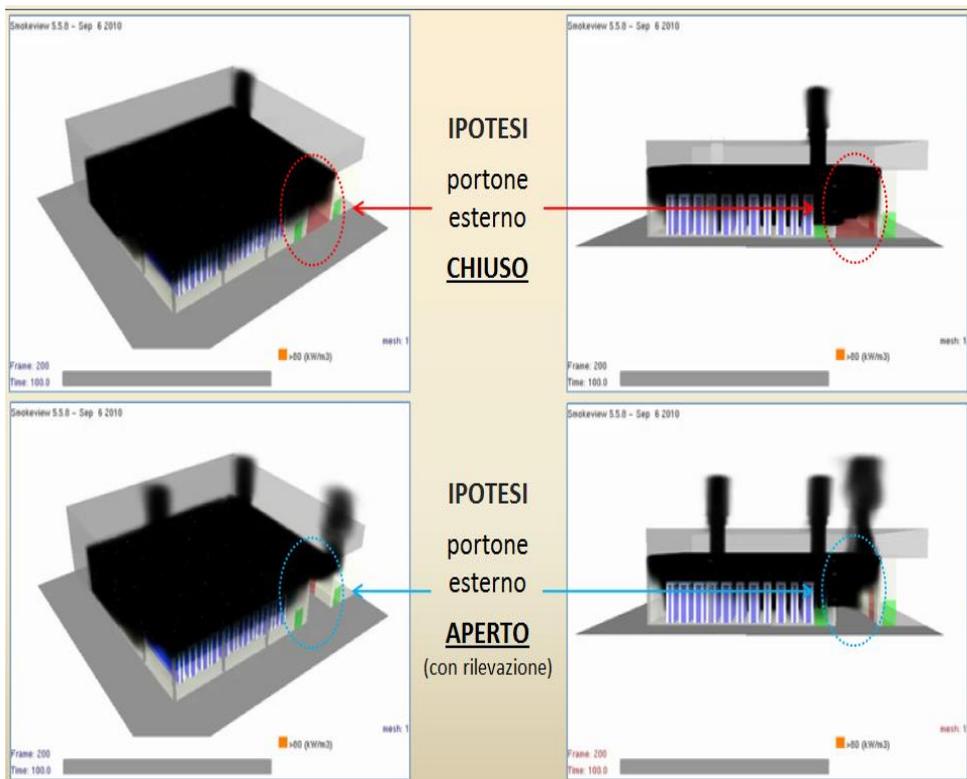


Figura 1. Modellazione dei fumi in un magazzino vestiario.

La Figura 2 evidenzia invece l'intervento dell'impianto di spegnimento a sprinkler a seguito di incendio nello stesso magazzino vestiario.

Anche in questo caso le ipotesi nelle modellazioni tengono conto dell'apertura del portone esterno.

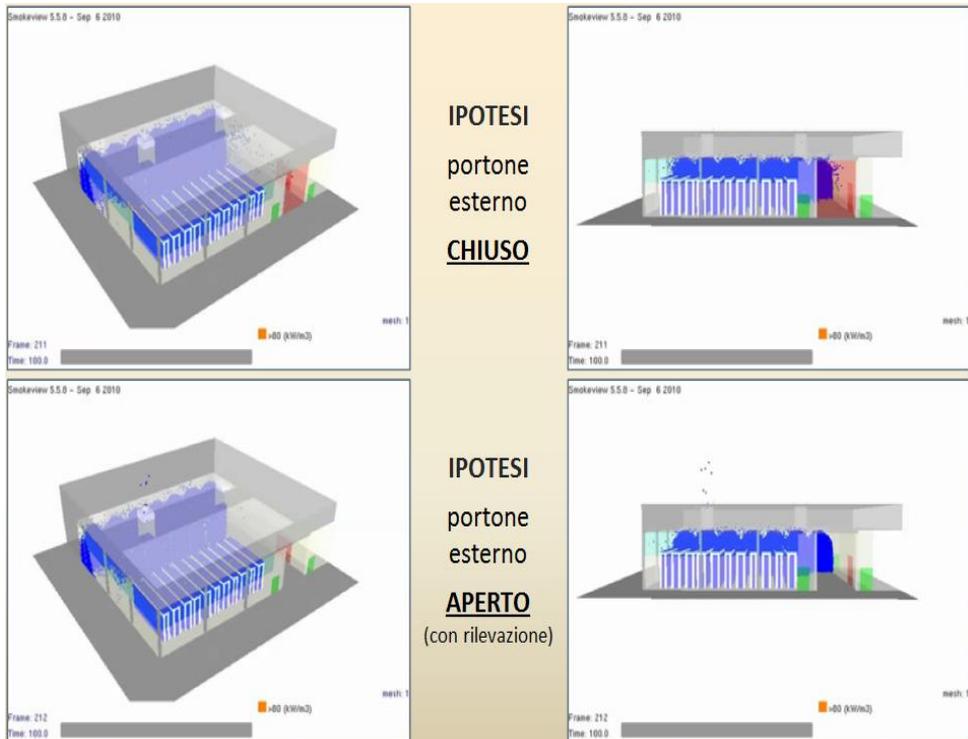


Figura 2. Modellazione dello spegnimento in un magazzino vestiario.

Le immagini delle simulazioni sopra riportate dimostrano come sia la progettazione e l'investigazione parlano lo stesso linguaggio.

Si tratta di eseguire una back analysis della progettazione per valutare i dettagli dell'investigazione. La modellazione diventa, quindi, il fattore comune nell'analisi degli incendi confinati anche in presenza di personale interno (Figura 3).

Anche in ambito antincendio sarebbe opportuno, in qualche modo, classificare gli edifici in funzione della loro vulnerabilità o meno da un incendio.

Così come già prodotto in ambito energetico *l'Attestazione Prestazionale Antincendio* (APA) potrebbe diventare, in futuro, un documento che descriva le caratteristiche antincendio di una struttura sia essa civile o industriale.

Potrebbe essere uno strumento di controllo che sintetizza con una determinata scala prefissata le prestazioni di natura antincendio.

Al momento della progettazione o dell'investigazione questo documento sarebbe utile per informare sul livello del rischio incendio con conseguenti benefici in campo assicurativo e immobiliare (Figura 4).

La modellazione della struttura diventa un requisito fondamentale per dare la giusta classifica nell'APA e l'investigazione, intesa come strumento di indagine, permette di valutare la correttezza della classifica imposta e la sua vulnerabilità.

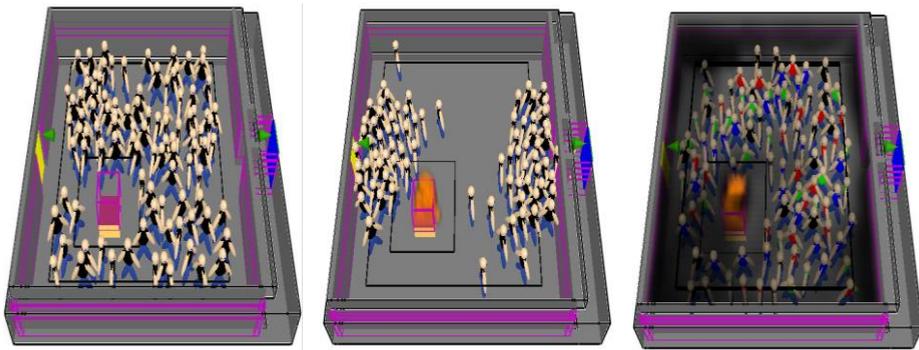


Figura 3. Modellazione di un incendio in un locale affollato.

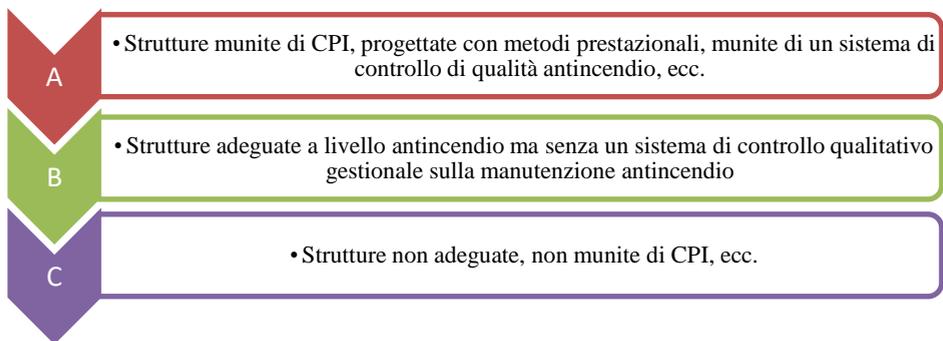


Figura 4. Esempio di classificazione di una Attestazione Prestazionale Antincendio.

1.2 La progettazione investigativa

La progettazione antincendio e l'investigazione sugli incendi rappresentano due facce della stessa medaglia.

Sono due discipline che si concentrano sui metodi di *reverse engineering* e tecniche di *back analysis* complementari aventi in comune gli strumenti di simulazione e di modellazione del fuoco.

L'investigazione sugli incendi confinati, tramite le dovute modellazioni, raggiunge diversi livelli di accuratezza in funzione dei modelli d'incendio e degli elementi strutturali. Maggiore è la precisione del modello strutturale e dello scenario investigativo di incendio, maggiore sarà l'affidabilità del modello investigativo.

La Figura 5 schematizza il livello di indagine in funzione di tali due parametri.

Come si evince dall'asse orizzontale della Figura 5 le indagini sulla struttura possono essere condotte secondo diversi livelli strutturali (asse orizzontale) cioè:

- analisi investigativa per singoli elementi (comportamento singolo membro) in cui tutte le indagini preliminari sono effettuate al fine di assumere dati chiave per l'indagine in cui ogni elemento della struttura è valutato considerandolo completamente separato dagli altri elementi;
- analisi di parti strutturali (comportamento elemento) in cui una porzione strutturale è considerata utilizzando delle opportune condizioni al contorno che rappresentino il resto della costruzione;
- analisi globale (comportamento intero edificio), in cui l'intera struttura è considerata nel suo complesso nello sviluppo della valutazione investigativa;

e tenendo conto dei vari livelli di modellazione dell'incendio (asse verticale):

- curve parametriche e reali dell'incendio;
- accuratezza del tipo di modellazione (a zone, di campo, ecc.).

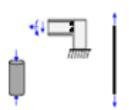
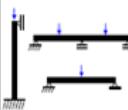
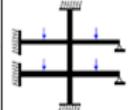
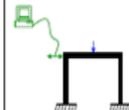
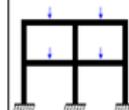
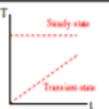
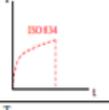
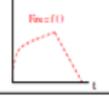
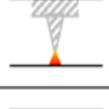
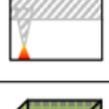
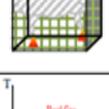
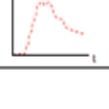
Structural Model Fire Model		Materials	Single elements	Sub frame assemblies	Part of the Structure	Real Structures
						
Increasing linear temperature		Shallow				
Standard Fires						
Equivalent Fire						
Parametric Fire						
Localised Fire		Acceptable				
Zone Model Defined						
Field Model Defined						
Real Fire		Accurate				

Figura 5. Livelli investigativi in funzione della struttura e del modello d'incendio.

2. LA COMPUTATIONAL FIRE INVESTIGATION

2.1 Schema metodologico investigativo

Le modellazioni di un incendio, sia in termini strutturali che fluidodinamici, rappresentano due importanti tasselli della metodologia investigativa codificata e rappresentata nella Figura 6.

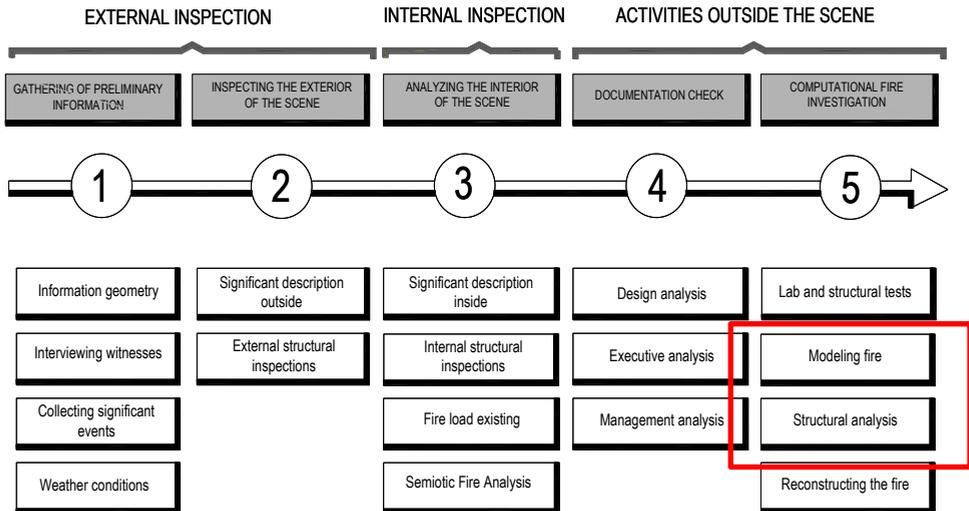


Figura 6. La fase computazionale.

La quinta fase della metodologia sopra illustrata è denominata *Computational Fire Investigation* poiché essa contiene al suo interno quattro tasselli importanti per l'attività investigativa tra cui la modellazione dell'incendio sotto il profilo termo fluido dinamico e strutturale. Al fine di trarre le giuste valutazioni appare opportuno eseguire quindi modellazioni e analisi strutturali computerizzate per comprovare ed illustrare rigorosamente le esatte cause e concause di un incendio.

In generale è necessario considerare almeno tre aspetti distinti che descrivono come una struttura si comporta in presenza di un incendio:

- modellazione;
- analisi termica;
- analisi strutturale.

La complessità dell'investigazione, come accennato in precedenza, dipende dalle ipotesi e dai metodi adottati per definire ciascuno dei tre elementi appena descritti.

2.2 Scenari d'incendio

La modellazione con il codice *Fire Dynamics Simulator* (FDS), come mostrato in Figura 7, ha lo scopo di simulare l'incendio verificatosi nella struttura con lo scopo di avvalorare tutte le ipotesi ricavate nelle fasi precedenti della struttura metodologica precedentemente illustrata. La modellazione quindi non ha solo l'obiettivo di poter progettare correttamente le strutture a livello antincendio ma anche di avvalorare ipotesi investigative.

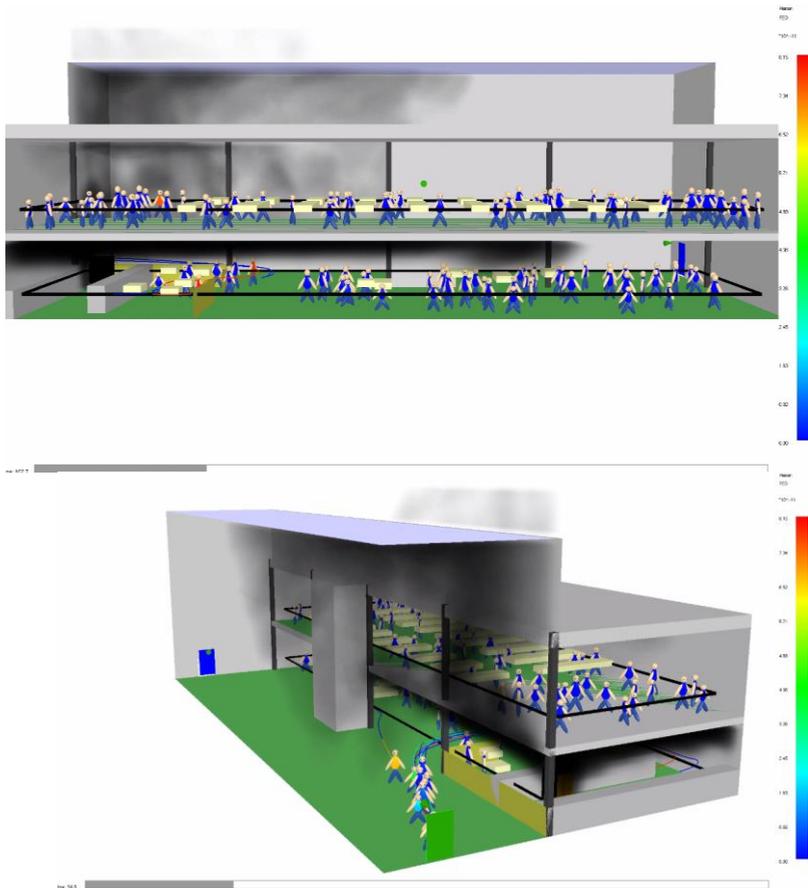


Figura 7. Modellazione in un ristorante con il codice FDS.

Quindi gli ipotetici scenari d'incendio, in fase progettuale, diventano scenari compatibili a livello investigativo ed i risultati della modellazione ci forniscono immagini comparabili con la semiotica degli incendi come meglio rappresentato nella Figura 8.

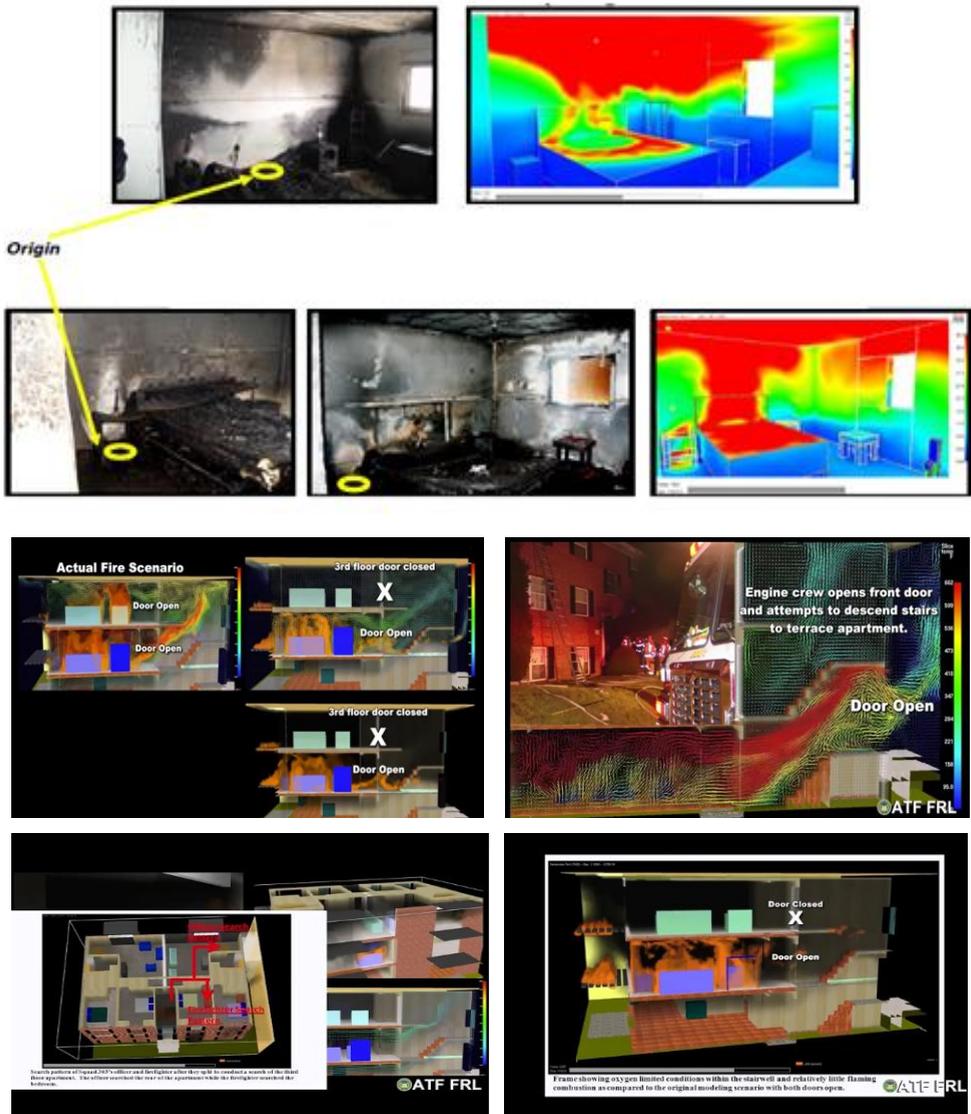


Figura 8. Comparazione tra repertamento e modellazione di un incendio.

2.3 Analisi strutturale degli effetti dell'incendio

L'analisi di parti della struttura come ad esempio un solaio o una parete portante, soggetti ad un incendio, ci fornisce invece dati ingegneristici rilevanti atti a comprovare i danni riscontrati sulla scena quali collassi, eccessive dilatazioni termiche, cedimenti strutturali, ecc. L'identificazione e la lettura di tali segni può essere definita *Semiotic Structural Fire Analysis*.

Conoscere il meccanismo di collasso della struttura è fondamentale sia per le fasi di repertamento che per la corretta modellazione dello scenario investigativo con i software disponibili sul mercato.

Dal punto di vista strutturale l'analisi termica tiene conto di due fattori:

- scambio termico tra gli elementi strutturali a causa di convezione e conduzione;
- trasferimento di calore all'interno di elementi strutturali a causa di conduzione.

Ad esempio, il software di modellazione SAFIR viene utilizzato per determinare il trasferimento di calore di elementi strutturali.

L'analisi termica effettuata su elementi strutturali, a volte, può essere molto complessa, soprattutto se i materiali coinvolti sono in grado di mantenere l'umidità e hanno bassa conducibilità termica.

In questa situazione, l'approccio migliore è quello di definire come le temperature variano lungo sezioni basandosi su dati pubblicati nella letteratura e nella costruzione di codici.

Il metodo più semplice per prevedere come una struttura si comporta quando è esposta al fuoco è l'analisi sugli elementi, tenendo conto dei carichi che erano presenti al momento dell'innesco.

La Figura 9 che segue mostra un tipico collasso strutturale con effetto a cascata di cedimenti di solai interpiano.

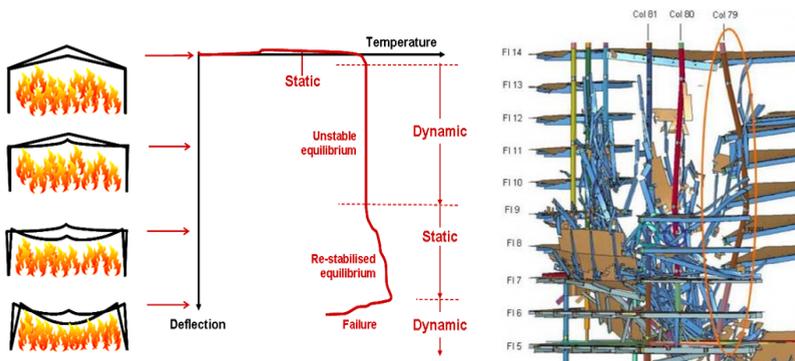


Figura 9. Esempio di meccanismo di collasso da esaminare ai fini investigativi.

Durante il reportamento l'ingegnere investigatore deve eseguire una corretta analisi del collasso (anatomia del collasso) al fine di stabilire l'esatta dinamica dell'incidente e la corretta sequenzialità della caduta dei detriti.

La Figura 10, ad esempio, ci descrive le varie fasi di collasso strutturale utili al fine di poter reportare correttamente.

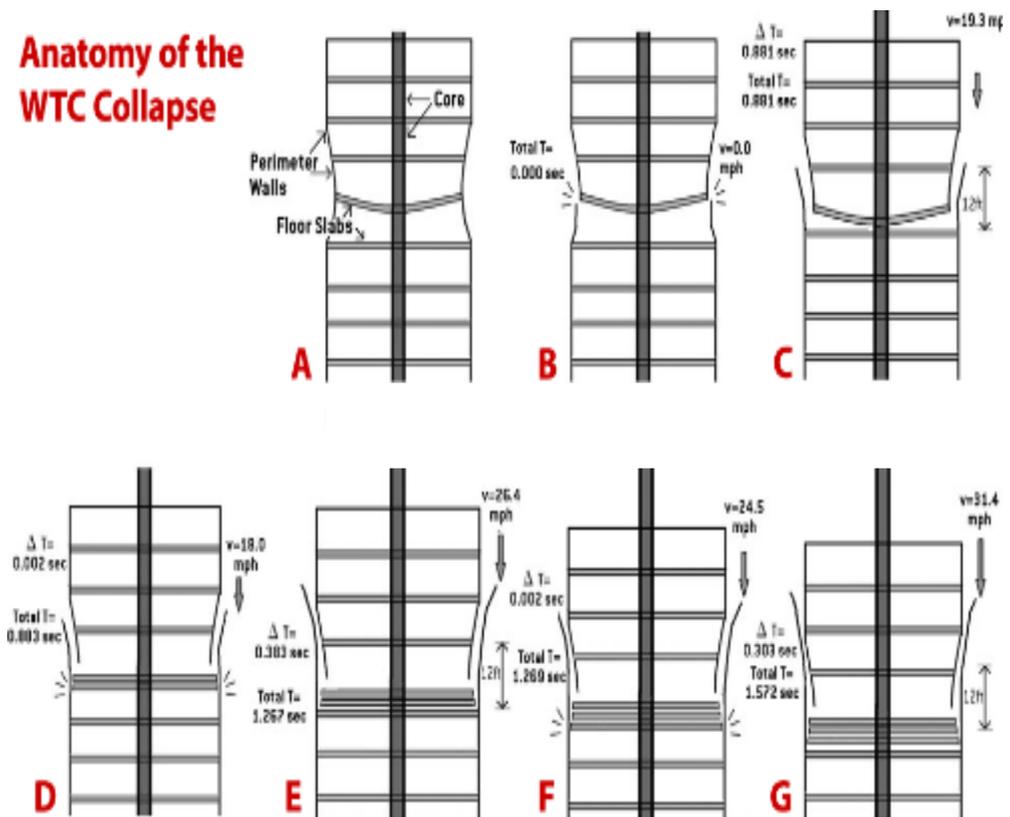


Figura 10 Anatomia di un collasso.

3. LA MODELLAZIONE AI FINI INVESTIGATIVI

3.1 La potenza termica di un incendio

L'incendio è spesso un evento fortemente distruttivo. Per questa ragione le compagnie di assicurazione adducono vari motivi per evitare di procedere alla liquidazione dei danni.

Primo fra questi è l'incertezza sulle cause del sinistro, che potrebbe essere stato originato da imprudenza dell'assicurato o da un comportamento doloso o auto-doloso volto a frodare la Compagnia assicuratrice stessa.

In simili situazioni, assume fondamentale importanza il ruolo dell'Ingegnere strutturista nella veste di *Fire Investigator*, incaricato di esperire le necessarie indagini e accertamenti sulle cause del sinistro.

Al fine di poter correttamente procedere alla modellazione di una struttura ai fini investigativi (applicare la *Structural Fire Investigation*) appare opportuno illustrare un concetto noto e fondamentale che è quello della potenza termica di un incendio.

L'Heat Release Rate (HRR) è la variazione della potenza di rilascio termico, espressa in kW, e calcolata in relazione:

- al combustibile;
- alle condizioni di ventilazione;
- alle caratteristiche geometriche del materiale.

Tale parametro viene adoperato in genere in un approccio analitico della *Fire Safety Engineering (FSE)* per analizzare la dinamica di un incendio e risulta molto importante durante l'attività in un determinato volume d'indagine.

In genere la combustione di materiali solidi si può sviluppare secondo due diversi meccanismi:

- incendio controllato dal combustibile (carico d'incendio "Q"): il flusso di comburente è sufficiente ad alimentare la reazione, la quale procede con emissione di potenza termica proporzionale alla quantità di combustibile incendiato; è la situazione tipica degli incendi all'aperto;
- incendio controllato dalla ventilazione (opening factor "O"): il flusso di comburente è limitato dalle caratteristiche dell'ambiente, per cui la reazione procede più lentamente di quanto potrebbe fare in teoria, emettendo una potenza termica inferiore, ma per un periodo più lungo; è la situazione tipica degli incendi in ambiente chiuso.

La Figura 11 mostra l'andamento di una generica curva HRR-t che rappresenta nel suo complesso l'energia sprigionata dall'incendio. Essa mostra altresì il suo andamento tenendo conto dell'attivazione o meno degli impianti di protezione attiva presenti nella struttura.

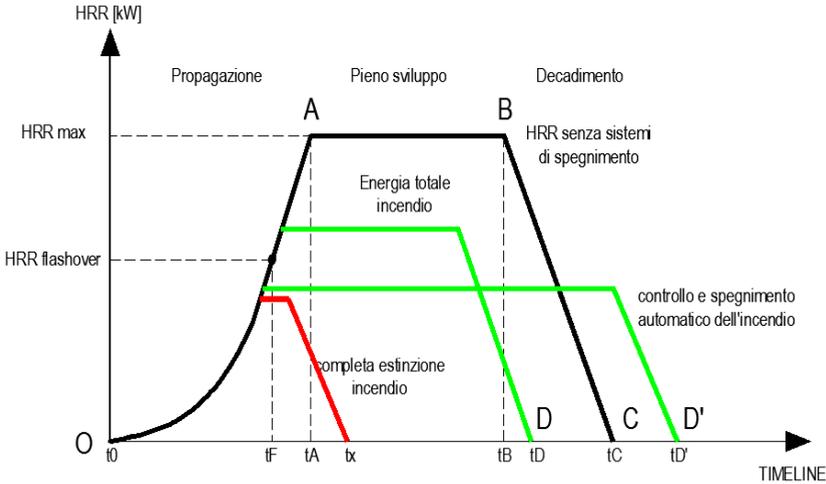


Figura 11. Curva HRR-t in un volume d'indagine.

La Figura 12 mostra, invece, la variazione della curva HRR-t in funzione della variazione della superficie di ventilazione e della variazione del carico d'incendio.

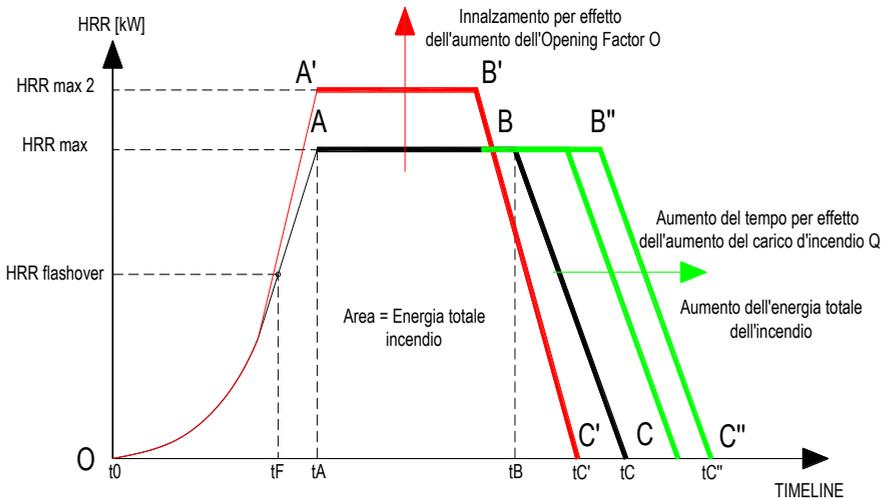


Figura 12. Curva HRR-t al variare della ventilazione e del materiale incendiabile.

Un esempio di grafico con rotture termiche di infissi è riportato in Figura 13.

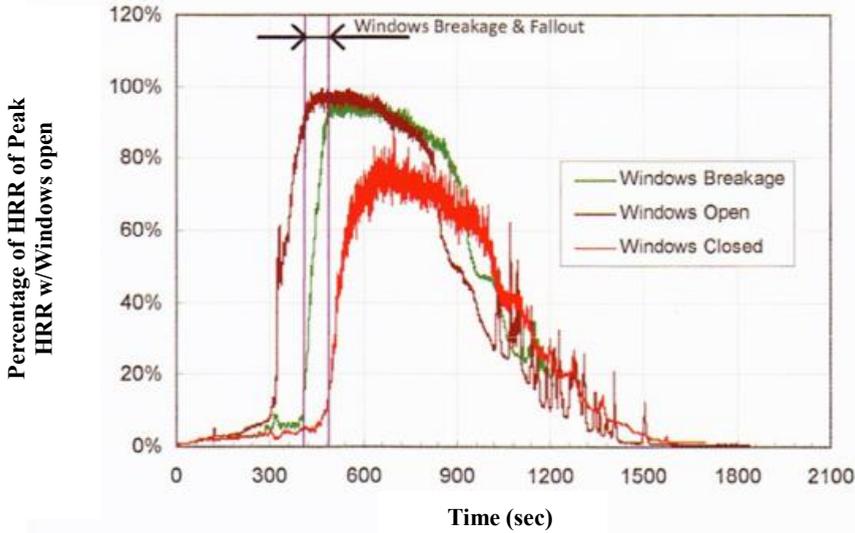


Figura 13. Variazione della potenza termica in funzione della ventilazione degli infissi.

3.3 La potenza termica sotto il profilo investigativo

La raccolta degli eventi chiave è fondamentale per tutta la fase d'indagine. Un esempio di evento chiave può essere l'intervento dei VV.F. come mostrato in Figura 14.

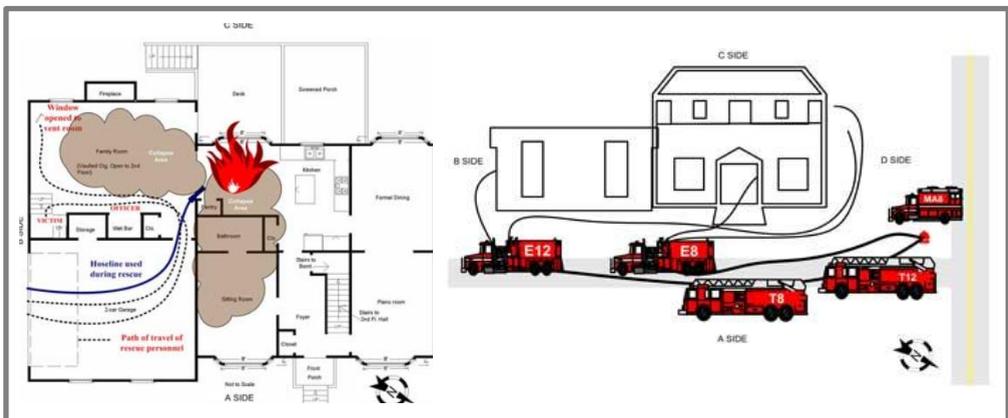


Figura 14. Key events - intervention of firefighters.

Le informazioni relative ai principali indizi (eventi e testimonianze) servono per generare una timeline che rappresenta nell'ambito dell'ingegneria forense una vera e propria cronologia degli indizi, come meglio mostrato nella Figura 15.

SOFT TIME

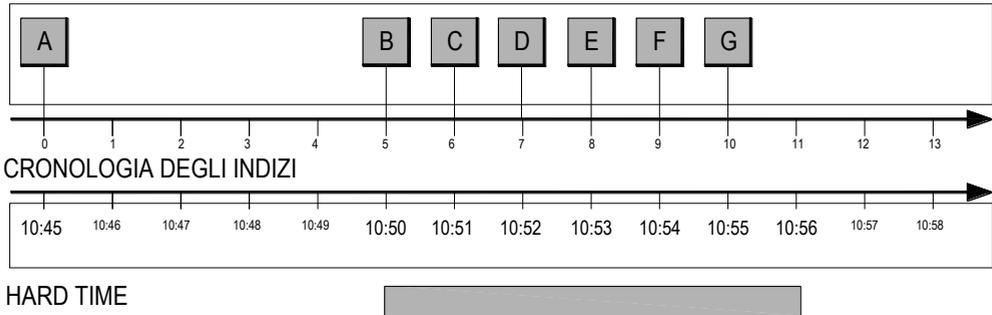


Figura 15. Cronologia degli indizi.

Come già accennato, la parte superiore della *timeline* è chiamata il soft time ed è costruita mappando una raccolta puntuale degli eventi chiave (testimonianze, scoppi, ecc.) che rappresentano degli indizi molto utili per la successiva modellazione.

Il lato inferiore della *timeline*, noto come hard time è destinata a classificare eventi chiave più durevoli come la durata incendio, tempi di intervento VV.F., ecc.

Le due parti convergono su un singolo grafico che visualizza la posizione temporale dei dati e rappresenta un asse temporale degli indizi.

Tale asse è un elemento fondamentale di raffronto per la potenza termica investigativa.

La *timeline* è considerata una metodologia affidabile per mappatura cronologiche della catena di eventi che culminano in un incendio.

Esso consente agli investigatori di identificare informazioni mancanti e momenti cruciali basati sulla evoluzione temporale.

Le linee temporali consentono di evidenziare meglio i componenti chiave della catena di eventi, così come altri elementi contestuali. Infatti, facendo uso di un unico diagramma temporale è possibile rappresentare l'intero incidente.

L'investigatore deve determinare con precisione il giorno e l'ora dell'incidente.

Quanto maggiore è il ritardo tra l'incidente e la ricerca, tanto più difficile è la ricerca degli indizi.

I concetti sopra esposti relativi all'Opening Factor Investigation dinamico e Timeline si possono meglio raggruppare nel grafico seguente (Figura 16).

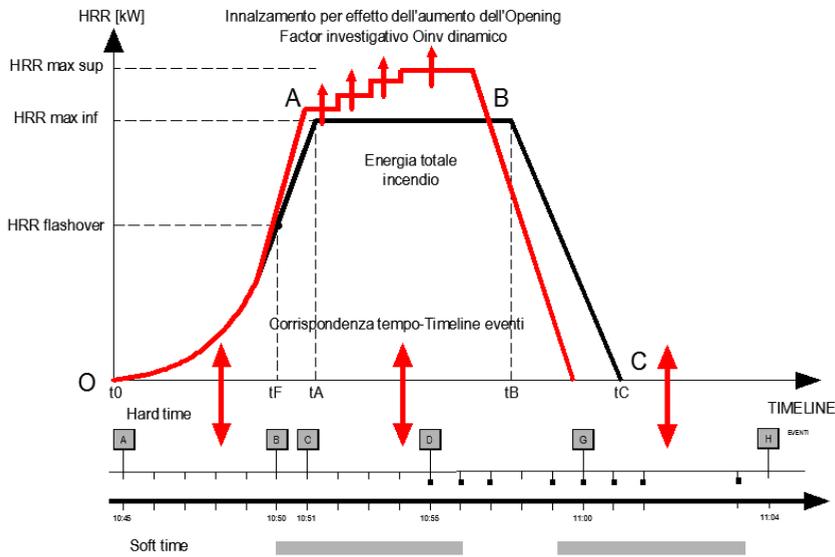


Figura 16. Variazione della ventilazione in curva HRR-t in ambito investigativo.

Il concetto riferito invece alla variazione del carico di incendio Q comporta una modifica nella curva HRR-t illustrata nella Figura 17.

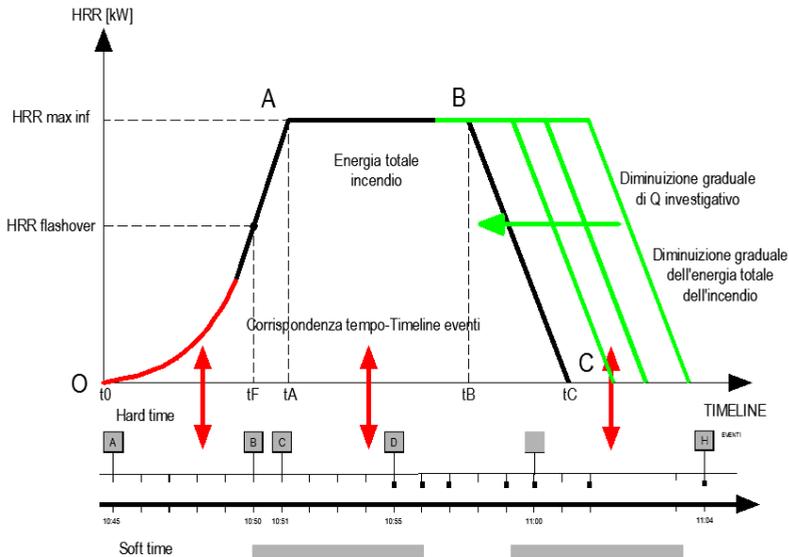


Figura 17. Variazione del carico d'incendio in una curva HRR-t in ambito investigativo.

4. STRUCTURAL FIRE INVESTIGATION SOFTWARE

4.1 Protocollo Unico Investigativo

Spesso durante le operazioni di repertamento sorgono problemi riguardanti il grado di accuratezza con il quale vengono raccolte le prove (per esempio troppe ore dopo l'accaduto, indizi non repertati, ecc.) e per la creazione di verbali, in alcuni casi contrastanti tra loro, rilasciati da diversi operatori (VV.F., CC, CTU, ecc.).

Al riguardo quindi è opportuno codificare, nello stesso linguaggio, una progettazione comune dell'attività investigativa.

Se le prove fossero raccolte ed esaminate con un protocollo unico standardizzato, allora queste potrebbero essere riusate ed integrate per rappresentare possibili varianti.

Quindi l'utilizzo di tecnologia e nuovi strumenti informatici, al fine di migliorare e razionalizzare il lavoro investigativo, ricopre un ruolo fondamentale.

Con queste premesse nasce l'esigenza di creare un software che guidi l'operatore in un'attività investigativa codificata sugli incendi confinati (Figura 18).



Figura 18. Interfaccia grafica iniziale del software.

Il software ha lo scopo di evitare il rischio di dispersione dei dati permettendo la raccolta, in maniera uniforme, delle innumerevoli prove. Tutto ciò è la base di partenza per la creazione di un Protocollo Unico Investigativo (di seguito PUI).

4.2 Funzioni del software

Le principali finalità dell'applicativo denominato nel seguito *Structural Fire Investigation Software*, il cui acronimo è StruFIS (Figura 19), sono quelle di:

- definire una *linea guida* al fine di semplificare le operazioni di repertamento, riducendo i tempi dell'indagine e creando un PUI;
- avere uno strumento di facile utilizzo a servizio di una variegata tipologia di investigatori (personale FF.PP., VV.F., libero professionista, ecc.) che, con un unico *flow chart*, collega la teoria alla pratica investigativa;

- permettere di eseguire *in situ* calcoli veloci (durata orientativa dell'incendio, ecc.) su un determinato volume d'indagine;
- sincronizzare tutti i dati raccolti con un server, attraverso un canale sicuro e protetto, garantendo così un back up delle informazioni acquisite e la possibilità di condividerle con altri dispositivi del settore.

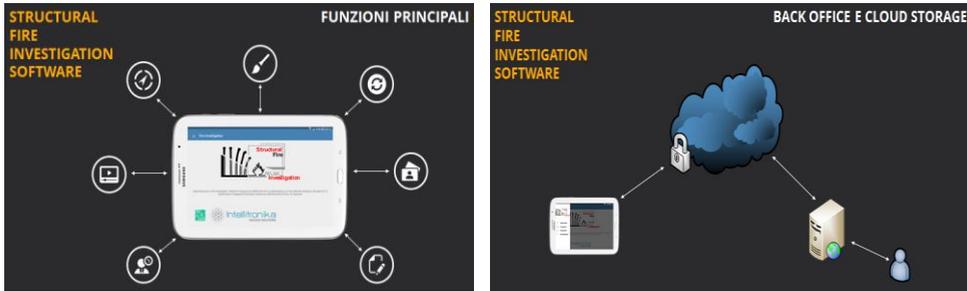


Figura 19. Funzioni principali di StruFIS.

Un aspetto importante del nascente software è costituito dalla sincronizzazione con una base dati centrale, che raccoglierà e catalogherà tutte le informazioni provenienti dai vari dispositivi.

Il sistema di trasferimento sarà basato su un protocollo di criptazione in grado di assicurare l'inalterabilità del dato trasmesso al server (Figura 19).

Tale sincronizzazione avrà come funzione primaria quella di garantire un back-up delle informazioni memorizzate da StruFIS, al fine di effettuare un restore su altri dispositivi o un ripristino dei dati sullo stesso dispositivo utilizzato.

La seconda funzione sarà rappresentata dalla realizzazione di una interfaccia web based in grado di effettuare ricerche ed analisi sui dati raccolti e trasferiti da ogni dispositivo.

Le funzioni principali sono:

- consultazione delle informazioni sulla singola sessione di *Fire Investigation*;
- ricerca storica e geografica delle perizie;
- ricerca avanzata sui dati;
- modulo per il confronto delle sessioni di *Fire Investigation*.

Il software sarà strutturato seguendo le linee guida di un dottorato di ricerca in atto, e sarà realizzato su piattaforma Android e compatibile con le versioni 5.1 e successive. Per quanto concerne l'utilizzo su dispositivi mobili, per un migliore utilizzo, si consiglia l'installazione su tablet non inferiore a 8".

Attraverso l'utilizzo di StruFIS, l'operatore avrà a disposizione un sistema in grado di guidarlo in maniera semplice ed efficace nella sessione di repertamento, suggerendo quali devono essere i passi da seguire per ottimizzare tutte le attività di indagini.

5. CASE STUDY: INVESTIGAZIONE IN UN MAGAZZINO VESTIARIO

5.1 Dati generali

In questo paragrafo si illustra brevemente un'applicazione su un magazzino vestiario avente la finalità di ricercare l'effettivo quantitativo di materiale conservato (carico d'incendio) al momento dell'incendio. Tale esigenza scaturisce da una richiesta di una compagnia assicuratrice finalizzata all'effettivo risarcimento del danno.

La struttura mostrata in Figura 20 era costituita da un manufatto rettangolare ad un piano fuori terra con struttura intelaiata in calcestruzzo armato dalle seguenti dimensioni:

- lunghezza 25 m;
- larghezza 16 m;
- altezza pari a 5.5 m all'estradosso della copertura di tipo piana.
- volume lordo dell'intera struttura pari a 2200 m³.

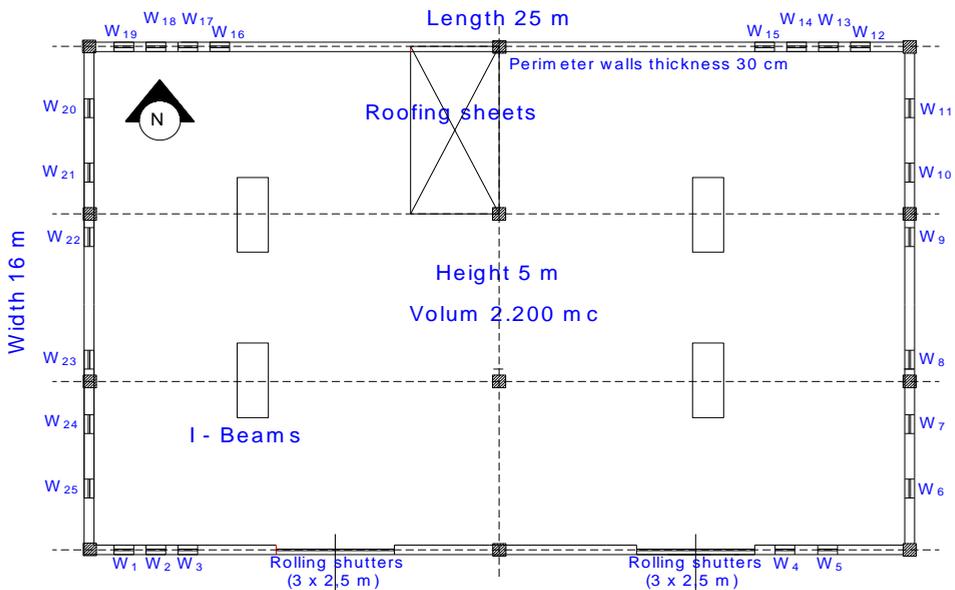


Figura 20. Planimetria del magazzino vestiario.

Sulla base della documentazione fornita dalla Ditta gestore il magazzino di stoccaggio è stato riprodotto nelle sue componenti più importanti quali:

- la geometria della scatola edilizia;
- l'arredo (portabiti, scaffalature ecc.) e la tipologia di materiale tessile stoccato;
- 25 finestre rettangolari 1×1.4 m e n. 2 serrande di accesso di dimensioni 3×2.5 m per una superficie totale di ventilazione pari a circa 50 m^2 .

5.2 Eventi significativi

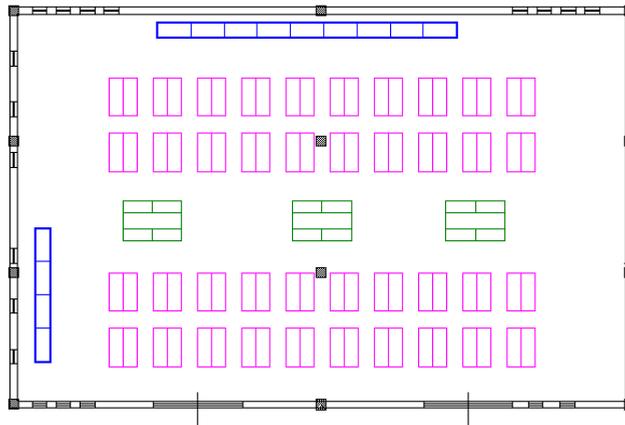
Secondo le testimonianze la dinamica degli eventi risulta essere la seguente:

- **3:07** del giorno dell'evento (momento di rilevamento dell'incendio) del testimone A presente sulla scena, dichiara: *“intorno alle tre ho intravisto la presenza di denso fumo nero il quale non era facilmente identificabile la provenienza”*.
- **3:15** un testimone accorso sulla scena ha osservato lo sviluppo di un grande incendio con la fuoriuscita di fiamme e fumo. Il testimone B dichiara: *“tutto il magazzino era invaso da fumo e fuoriusciva fiamma e fumo intenso dall'edificio”*.
- **3:20** intervengono i VV.F. che iniziano la fase di controllo e contenimento dell'incendio.
- **3:30** Il Testimone C dichiara: *“Tre finestre poste sul lato sud sono esplose. Dopo venti minuti ho visto ulteriori due finestre esplodere”*.
- **4:00** i VV.F. terminano la loro azione di spegnimento. Il Testimone D dichiara: *“Verso le 4 ho sentito dei forti scricchiolii provenire dal tetto e dopo 10 minuti ho visto crollare il tetto della copertura ”*
- **4:10** avviene il collasso strutturale della copertura.

Sulla base della prima ricostruzione degli eventi si può ritenere che solo uno *sviluppo di tipo veloce* abbia potuto sviluppare una potenza termica rilevante e tale da generare, nell'arco di tempo considerato ed in relazione alle condizioni ambientali, una fuoriuscita di fumo e fiamme di notevole consistenza così come testimoniato.

Il materiale stoccato nell'area vendita, ai fini di ricostruire il più possibile la reale distribuzione e modalità di stoccaggio presente all'interno dell'attività, è rappresentato prevalentemente da capi di abbigliamento di varia natura disposti nel seguente modo (Figura 21):

- 80 stender ad asta singola (dimensione 1.0 × 0.4 × 1.5 m) e n. 20 ad asta doppia (dimensione 2 × 0.4 × 2 m) disposti nella zona centrale dell'area vendita;
- 2 scaffalature metalliche sviluppate su 8 livelli, il cui modulo minimo presenta dimensioni 1 × 0.6 × 1.8 m da distribuire perimetralmente all'area considerata.



LEGEND

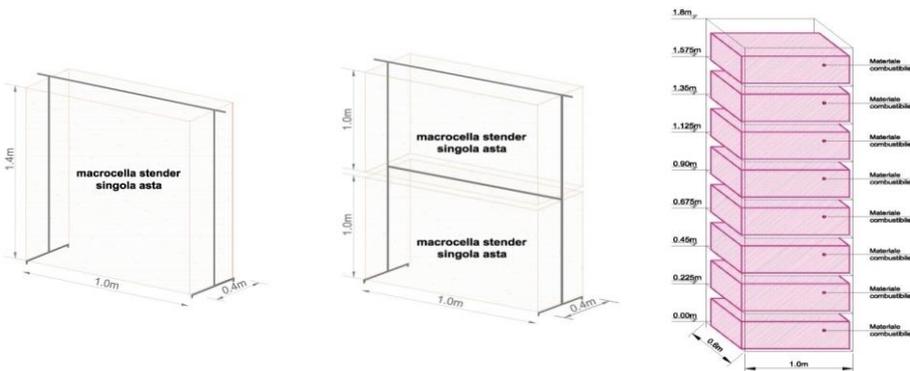


Figura 21. Planimetria del materiale stoccato.

Le condizioni meteo al momento dell'incendio erano le seguenti:

- assenza di pioggia;
- presenza di vento che spirava da nord-est con una velocità media di 5 m/s (18 km/h) con una ventilazione passante interna alla struttura.

La ventilazione interna alla struttura è stata consentita dalla rottura di 5 finestre su 25 presenti per una superficie di ventilazione pari a circa 10 m².

5.3 Repertamento della scena

Da una disamina del luogo ove è avvenuto l'incendio è stata rinvenuta una tanica di materiale plastico di capacità pari a 20 L posto ad una distanza di circa 20 m dalla struttura con tracce di liquido infiammabile (benzina).

Sono stati altresì rinvenuti evidenti segni di effrazione in una delle porte di accesso al magazzino.

Dalla disamina della scena interna si confermano le tracce di benzina rinvenute in corrispondenza della zona di accesso della struttura ed in posizione centrale.

Dal repertamento è emerso che alcune aree di vendita hanno completamente preso parte alla combustione rispetto alle altre ove, invece, sono stati rinvenuti appendiabiti poco danneggiati e abbigliamento solo parzialmente bruciato.

L'analisi semiotica dell'incendio ha evidenziato che, essendosi l'incendio sviluppato nella porzione quasi centrale, esso ha interagito con il soffitto, mostrando, in funzione della sua orbita, cedimenti strutturali.

Dal repertamento e rispetto alle aree perimetrali poste a nord, in cui parte del materiale metallico non ha subito fenomeni di rammollimento, si può ritenere, con un basso margine di errore, che l'incendio si sia sviluppato in prossimità della parete posta a sud come testimoniato dalla rottura delle 5 finestre.

Solo un incendio sufficientemente avanzato, capace di coinvolgere in termini di propagazione gran parte di materiale ed in condizione di *flashover* avrebbe, infatti, generato la rottura dei vetri e la fuoriuscita delle fiamme e del fumo dalla costruzione attirando l'attenzione dei testimoni.

Dalla lettura strutturale interna si confermano i danni ipotizzati dall'esterno con la presenza di un collasso strutturale.

In particolare, l'analisi degli elementi strutturali ha mostrato come l'innalzamento termico ha provocato un significativo abbassamento delle lastre di copertura e delle travi, generando un meccanismo di collasso di tipo implosivo come raffigurato in Figura 22.

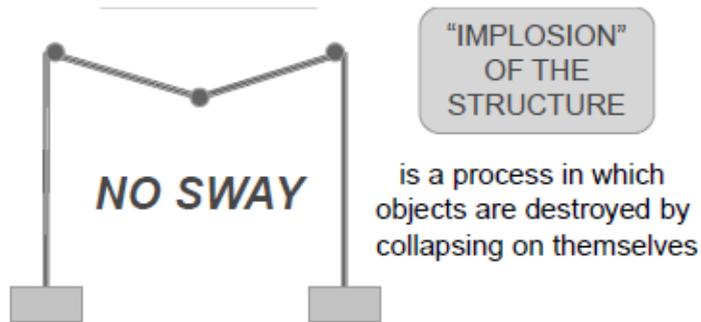


Figura 22. Meccanismo di collasso del solaio di tipo implosivo.

La visione globale della struttura ha permesso di identificare un collasso della copertura del tipo *no sway* dove l'azione incendio ha provocato la formazione di cerniere plastiche in corrispondenza delle campate e degli appoggi sui pilastri favorendo un meccanismo di collasso interno all'edificio.

5.4 Computational Fire Investigation

Al fine di trarre le dovute conclusioni si è proceduto alla modellazione della struttura tenendo conto dei parametri termici e delle proprietà termofisiche dei materiali.

La stima del carico d'incendio, quindi, rappresenta un nodo cruciale indispensabile per la buona riuscita dell'intera attività investigativa.

La quantità di materiale vestiario dichiarato dalla Ditta risulta pari a 20 000 kg. In prima analisi si prende in esame tale quantità di materiale vestiario dichiarato. Prima di pervenire alla soluzione sono state portate a termine diverse modellazioni fluidodinamiche capaci di caratterizzare la significatività degli eventi e le relative condizioni geometriche ed al contorno.

Lo scenario d'incendio è stato indagato mediante un volume di calcolo di dimensione pari a $24.0 \times 20.0 \times 6.0$ m (n. di celle 180 000), capace di assicurare una griglia di discretizzazione pari a $0.2 \times 0.2 \times 0.2$ m, compatibile con la massima potenza termica rilasciata dall'incendio.

Dopo una serie di simulazioni preliminari (senza tenere conto dell'effettivo carico d'incendio da inserire) per la riproduzione delle corrette condizioni di ventilazioni, il volume d'indagine è stato incentrato in quella porzione di edificio in cui l'incendio ha comportato collassi strutturali.

L'importante contributo della ventilazione durante la fase di sviluppo dell'incendio deriva dalla rottura dei vetri delle finestre presenti.

Tale contributo è stato gestito nella modellazione prevedendo dei rilevatori di calore e tarati ad una temperatura di calcolo capace di generare la rottura degli stessi.

L'azione termica sulla struttura è stata caratterizzata mediante la collocazione di una termocoppia T_6 ($h = 4.5$ m) direttamente sopra l'innesco, in modo da rilevare la temperatura a cui la stessa risulta sottoposta, nonché attestare l'eventuale cedimento strutturale sotto la specifica azione termica dell'incendio (Figura 23).

Ai fini di non tralasciare gli effetti di propagazione del fuoco sulla medesima struttura, sono state introdotte sei termocoppie di controllo meglio identificate nella Figura 23 sottostante.

T_1 ($h = 4.5$ m), T_2 ($h = 5.5$ m), T_3 ($h = 5.5$ m), T_4 ($h = 4.5$ m), T_5 ($h = 4.5$ m) e T_6 ($h = 4.5$ m)

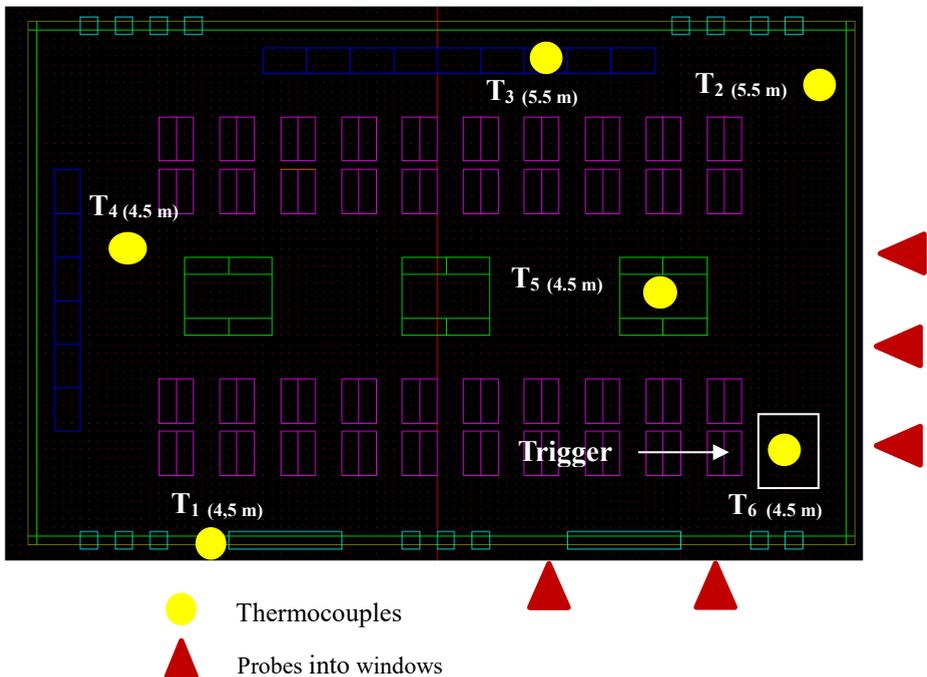


Figura 23. Volume d'indagine e posizione delle termocoppie.

In funzione della tipologia costruttiva dell'attività e della caratterizzazione dei materiali si è proceduto alla modellazione della struttura tenendo conto dei parametri termici meglio specificati nella Tabella 1 sottostante.

Proprietà fisiche dei materiali utilizzati nelle simulazioni fluidodinamiche dell'incendio										
	Fonte	Spessore	Conducibilità	Calore specifico	Densità	$C_p \times \Delta \times \rho$	Temp. innesco	Calore di vap.ne	Calore di combustione	Emissività
Vetro	Quintiere Fire Behavior'	0,0050 m	0,7600 W/(m x k)	0,8400 kJ/kg	2.700,0 kg/mc		5.000,0 °C			0,9
Acciaio		0,0050 m		0,5000 kJ/kg	7.850,0 kg/mc	20,0 kJ/mq	5.000,0 °C			0,9
TRAVI'	Quintiere Fire Behavior'	0,4000 m	1,0000 W/(m x k)	0,8800 kJ/kg	2.100,0 kg/mc		5.000,0 °C			0,9
BRICK'	Quintiere Fire Behavior'	0,1000 m	0,8900 W/(m x k)	0,8400 kJ/kg	1.800,0 kg/mc		5.000,0 °C			0,9
BRICK20'	Quintiere Fire Behavior'	0,2000 m	0,8900 W/(m x k)	0,8400 kJ/kg	1.800,0 kg/mc		5.000,0 °C			0,9
CONCRETE'	Quintiere Fire Behavior'	0,1000 m	1,0000 W/(m x k)	0,8800 kJ/kg	2.100,0 kg/mc		5.000,0 °C			0,9
SOLAIO'	Pignatte da 22 cm'	0,2000 m	0,8600 W/(m x k)	0,8800 kJ/kg	1.230,0 kg/mc		5.000,0 °C			0,9
Abiti ¹	Fleischmann and Chen 100% acrylic'	0,0175 m	0,3000 W/(m x k)	1,5000 kJ/kg	400,0 kg/mc		220,0 °C	1.500,0 kJ/kg	30.000,0 kJ/kg	0,9
Tessuti ¹	Fleischmann and Chen 100% acrylic'	0,1000 m	0,3000 W/(m x k)	1,5000 kJ/kg	600,0 kg/mc		220,0 °C	1.500,0 kJ/kg	30.000,0 kJ/kg	0,9
Carta ¹	Perry e SFPE Handbook'	0,3000 m	0,0110 W/(m x k)	1,3400 kJ/kg	930,0 kg/mc		233,0 °C	3.600,0 kJ/kg	13.600,0 kJ/kg	0,83

Tabella 1. Proprietà fisiche dei materiali utilizzati nelle modellazioni FDS.

Per quanto riguarda l'innesco dell'incendio si sono ipotizzati più scenari d'incendio di natura dolosa. La soluzione dello scenario reale è arrivato per convergenza partendo dal carico di incendio dichiarato, $Q = 20\ 000\ \text{kg}$ (Figura 24).

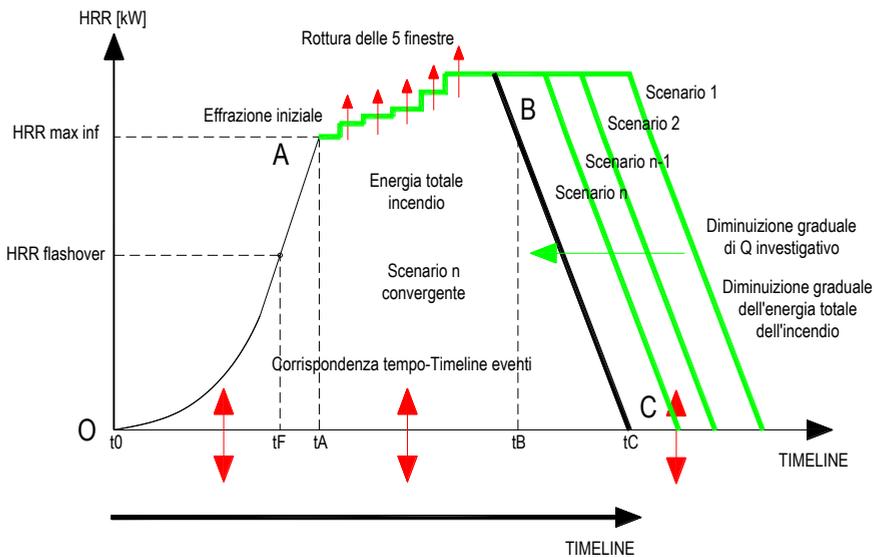


Figura 24. Processo di convergenza delle curve HRR-t.

Lo scenario di convergenza è quello ove i tempi corrispondono alla *timeline* degli eventi. Nello specifico si riportano le due simulazioni più significative (carico d'incendio dichiarato e calcolato per convergenza), che hanno portato alla definizione reale dell'incendio.

- **Scenario 1 – Q = 20 000 kg:**

è stato ipotizzato un medesimo sversamento di liquido infiammabile. Il carico d'incendio è rappresentato dalla totalità di materiale dichiarato dal titolare dell'attività pari a 20 000 kg (Figura 25).

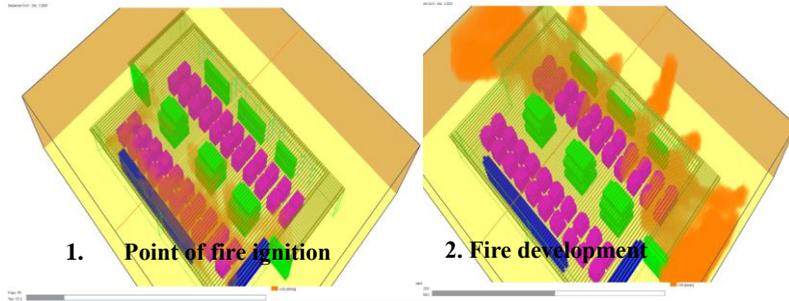


Figura 25. Sviluppo dell'incendio - scenario 1 (Q = 20 000 kg).

- **Scenario “n” convergente – Q = 9400 kg:**

ipotesi di un focolaio d'innesca rappresentato da una pozza di dimensione 1×1 m caratterizzata come uno strato sottile di benzina che prende immediatamente fuoco ed innesca il materiale. Carico d'incendio finale convergente è pari a 9400 kg (Figura 26).

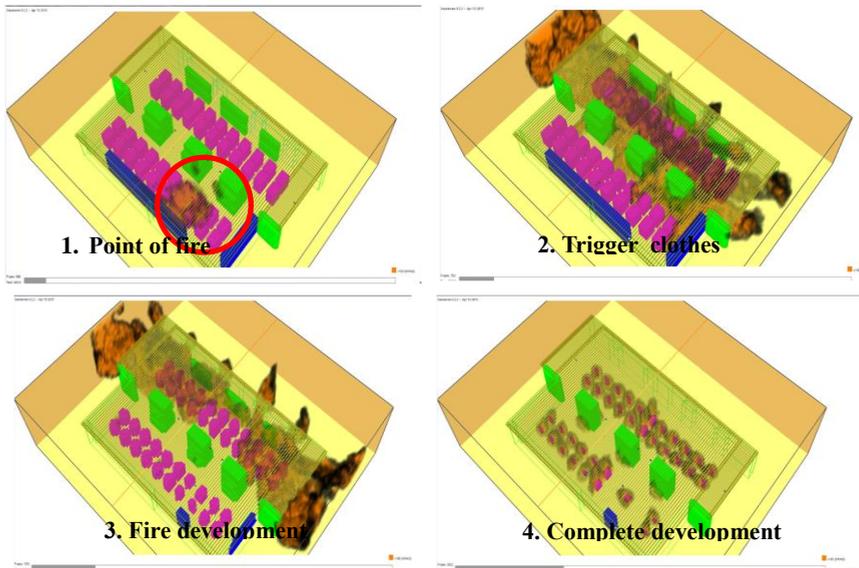


Figura 26. Sviluppo dell'incendio - scenario “n” convergente (Q = 9,400 kg).

5.5 Confronto delle modellazioni

In un processo di combustione che si sviluppa all'interno di un edificio, il valore massimo della potenza termica che si può raggiungere è influenzato sensibilmente dal quantitativo di aria che può affluire dalle superfici di ventilazione.

Prima del raggiungimento del *flashover*, condizione che si manifesta quando nell'ambiente la temperatura dello strato dei gas caldi raggiunge il valore di 600 °C ed il flusso termico a pavimento è pari a 20 kW/m², i vetri degli infissi si rompono e consentono all'aria di affluire ed alimentare l'incendio.

In tale fase di sviluppo, per entrambi gli scenari d'incendio il valore della potenza termica cresce con il quadrato del tempo senza dipendere dal quantitativo del carico d'incendio presente all'interno dell'attività.

In entrambi i casi oggetto di analisi (*scenario 1* e *scenario n*), seppur caratterizzati da diversi valori di carico d'incendio, la fase di crescita dell'incendio presenta la medesima dinamica evolutiva con il raggiungimento di medesimi valori di potenza di flash over - HRR_{Fe} di picco HRR_{MAX} .

La sequenza temporale della rottura dei vetri, per lo scenario 1, è sotto riportata (Figura 27).

Per lo scenario “n” convergente si hanno i risultati rappresentati nella Figura 28.

Se raffrontiamo le curve HRR-t relativi ai due scenari otteniamo due curve decisamente diverse nell'asse temporale.

Lo scenario relativo al quantitativo dichiarato possiede una energia di gran lunga maggiore con tempi di spegnimento ampi e non combacianti con le prove indiziarie raccolte.

Lo scenario “n” convergente possiede tempi ridotti e corrispondenza con la *timeline*.

Le Figure 29 e 30 raffrontano i due scenari.

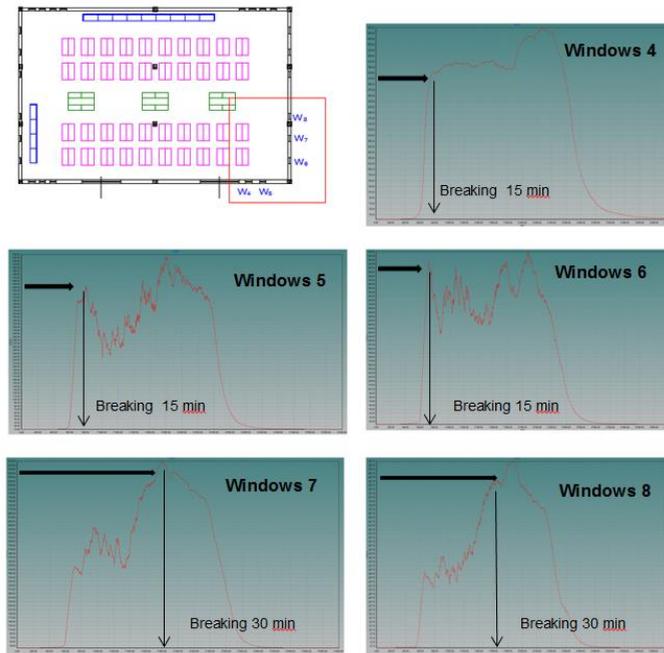


Figura 27. Curve T-t di rottura delle finestre - scenario 1 ($Q = 20\,000$ kg).

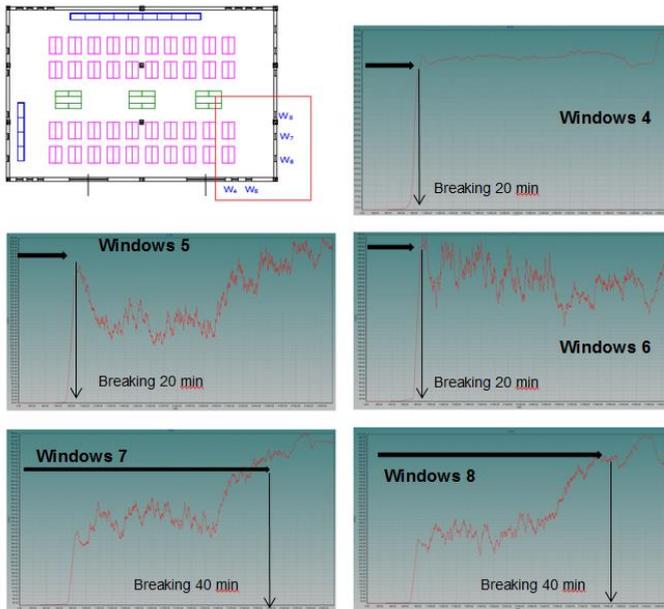


Figura 28. Curve T-t di rottura delle finestre - scenario "n" convergente ($Q = 9\,400$ kg).

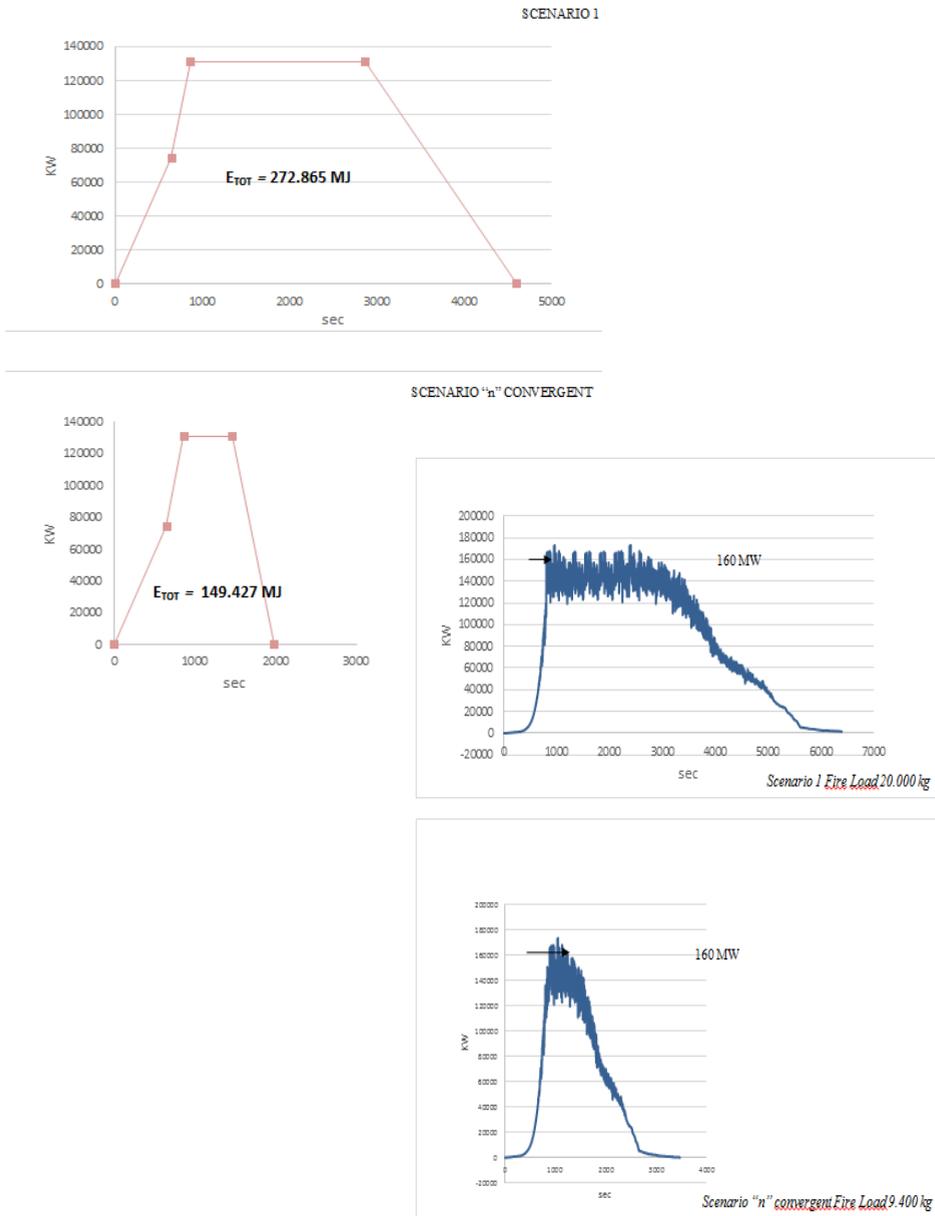


Figura 29. Raffronto tra curve HRR-t per i due scenari.

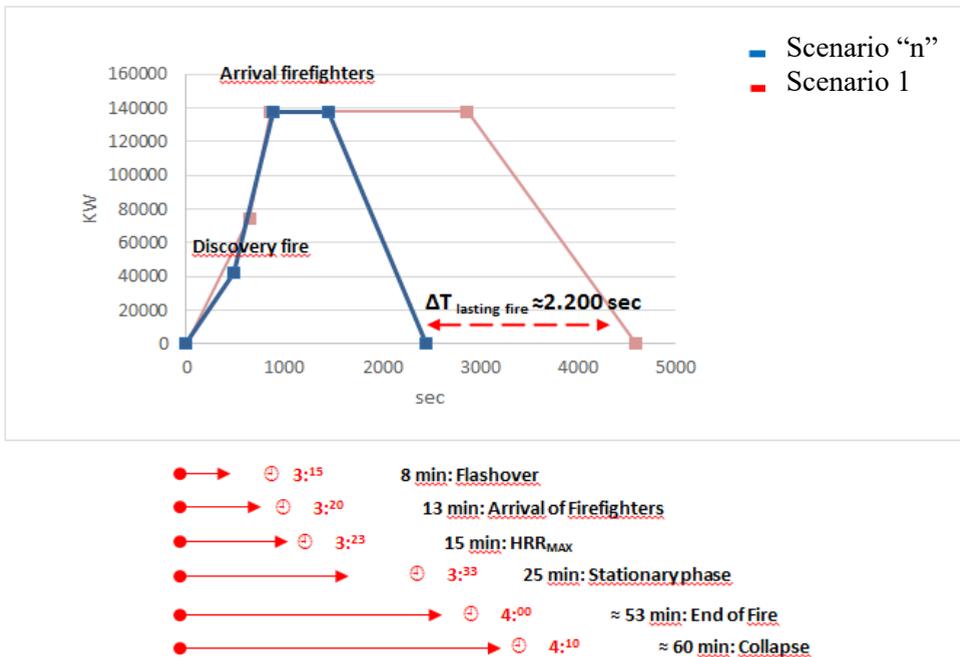


Figura 30. Comparazione tra scenari e timeline degli eventi.

5.6 Raffronto strutturale

Per quanto concerne l'analisi termica il software SAFIR permette di determinare l'andamento nel tempo delle temperature nella sezione sottoposta ad una determinata curva incendio, tenendo in considerazione la variazione delle proprietà termofisiche dei materiali con la temperatura.

Il campo termico all'interno dei componenti della struttura viene valutato risolvendo il corrispondente problema di propagazione del calore, tenendo conto del trasferimento di calore per irraggiamento e convezione dei gas di combustione alla superficie esterna degli elementi e considerando l'eventuale presenza di materiali protettivi.

Per quanto riguarda l'azione termica agente sulla struttura è stata usata la curva reale dell'incendio convergente per avvalorare ulteriormente la prova del collasso strutturale.

Dall'analisi delle sollecitazioni termiche indotte dalla curva naturale d'incendio derivante dallo scenario convergente si ottengono i risultati riportati nella Figura 31.

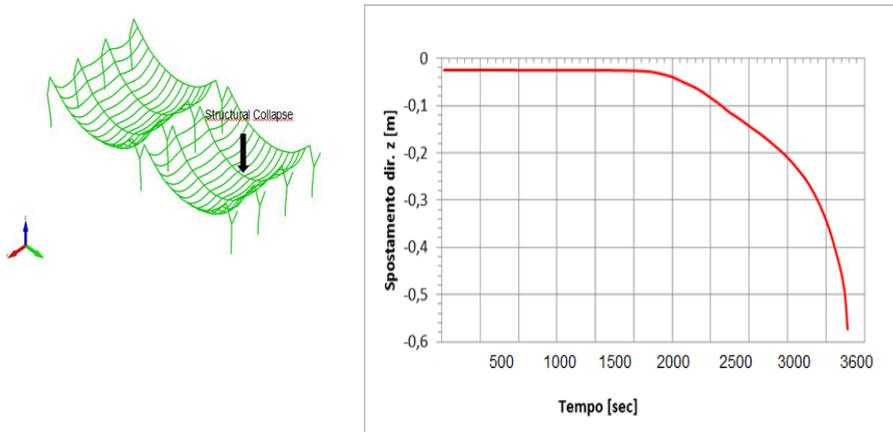


Figura 31. Schema strutturale del solaio e spostamenti derivanti dallo scenario convergente.

Nell'analisi sono utilizzate le temperature registrate, nello scenario di incendio 1 con riferimento alla termocoppia T₆ rappresentativa dell'azione termica principale in corrispondenza dell'intradosso del solaio.

5.7 Conclusioni

In definitiva un maggiore carico d'incendio, a parità di condizioni di ventilazione e pertanto di picco di potenza termica, determina un andamento più lungo e prolungato nel tempo e, di conseguenza, un maggiore rilascio di energia.

Risulta chiaro che esiste una contraddizione tra i risultati della simulazione fluidodinamica con il carico d'incendio dichiarato e le testimonianze che si reputano attendibili.

La contraddizione tra quanto avvenuto e testimoniato ed i risultati delle simulazioni risiede proprio nella tempistica diversa ricavata dalle simulazioni nella seconda fase dell'incendio.

In particolare, nella prima fase, l'apparire di fiamme alle finestre è indice di avvenuto *flashover* e dimostrazione che nell'ambiente c'è una tale produzione di sostanze combustibili pirolizzate che le stesse non riescono a trovare ossigeno sufficiente per bruciare nel luogo dove sono prodotte ma migrano insieme ai fumi verso le aperture. Qui incontrano sufficiente concentrazione di ossigeno e sono abbastanza caldi da innescarsi e dar luogo alle classiche lingue di fuoco che fuoriescono dalle finestre.

Pertanto il fatto che i testimoni dichiarano l'avvistamento di fiamme dopo circa 10 minuti dal rilevamento dell'incendio, unitamente al riscontro dei dati di repertazione circa le ipotesi di rottura dei vetri, dimostra che le condizioni all'interno del capannone risultano in linea con la dinamica ipotizzata in termini di velocità di sviluppo dell'incendio.

Nella seconda fase, invece, in cui interviene in maniera incisiva il carico d'incendio, la contraddizione tra i risultati della simulazione fluidodinamica e le testimonianze risiede nella maggiore durata dello sviluppo dell'incendio. La maggiore durata dell'incendio (gap di circa 2200 s tra le due simulazioni *di confine*) e di conseguenza il maggiore rilascio di energia non trova riscontro con quanto dichiarato dalle testimonianze.

Le differenti modalità di sviluppo della combustione fanno ritenere che lo scenario I non è attinente alla realtà.

Solo l'ipotesi della modellazione investigativa relativa allo scenario n° convergente conferma la dinamica dell'incendio e fa coincidere tutti gli indizi.

La fine dell'incendio associata approssimativamente ad una durata di 50 min dall'inizio dello stesso, giustifica quanto osservato sulla scena e quanto modellato.

L'andamento temporale di costante sviluppo e decrescita dell'incendio, in linea con quanto osservato e testimoniato, a parità di condizioni di ventilazione, può essere dunque associato esclusivamente ad un carico d'incendio pari a circa metà di quello dichiarato dal titolare dell'attività.

In conclusione dalle simulazioni portate a termine risulta evidente che ciò che è realmente accaduto può essere giustificato unicamente sotto le seguenti ipotesi:

- carico d'incendio relativo all'area di deposito destinata ai capi confezionati ridotto di circa 50% rispetto al dichiarato. Si rammenta infine che una quantità di vestiario confezionato pari a 20 000 kg non sarebbe stata materialmente immagazzinabile nel volume a disposizione e comunque secondo il layout fornito dalla Ditta stessa, anche in considerazione della natura e consistenza dei portabiti che sono stati rinvenuti.
- esistenza di condizioni atmosferiche che potessero assicurare una sufficiente ventilazione, pur in presenza di ridotta superficie ventilante;
- spargimento di benzina a terra in quantità non inferiore ad alcune decine di litri;
- solo la presenza di una certa quantità di accelerante sparso a pavimento o sugli abiti, unitamente alla presenza di vento, può far evolvere un incendio altrimenti a lenta crescita, in un evento di magnitudo elevata fino a giustificare il collasso strutturale di elementi portanti;
- collasso strutturale compatibile con le temperature e tempi della simulazione convergente.

6. CONCLUSIONI

Lo scopo della modellazione degli incendi è quello quindi di ricercare un metodo codificato che eviti di sottovalutare alcune prove nelle valutazioni dello scenario di incendio.

Nell'ambito investigativo, la soluzione deve essere perfettamente sovrapposta allo scenario repertato, altrimenti non è sufficientemente preciso il calcolo condotto oppure non è sufficientemente esaustivo il repertamento.

La conseguenza è quella di non aver ricostruito un chiaro nesso eziologico e conseguente, in sede giudiziaria, un report impreciso di partenza.

La vera innovazione dell'informatizzazione dell'attività investigativa con *StruFIS* è quella di uniformare le procedure d'indagine, definendo un protocollo Unico Investigativo da usare sia per le ulteriori prove raccolte (modello unico di perizia investigativa) e sia per avere sempre lo stesso modo di rappresentazione (*FDS*, *CEFAST*, *Pyrosim*, ecc.).

Parlare lo stesso linguaggio fra Enti/investigatori diversi, oltre ad evitare il dispendio di energia aiuta a migliorare la stessa perizia investigativa per livelli di approfondimento sempre più complessi.

Concludendo, si cerca di migliorare, come in ogni settore scientifico, anche l'ambito investigativo cercando di creare nuovi strumenti che stiano al passo con i tempi.

RINGRAZIAMENTI

Quanto presentato sintetizza una parte dei concetti sviluppati durante un dottorato di Ricerca svolto presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Roma *La Sapienza* sulla *Structural Fire Investigation* il cui relatore è stato il Prof. Ing. Franco Bontempi.

Si ringrazia altresì tutto il Prof. Stefano Materazzi del Dipartimento di Chimica dell'Università *La Sapienza* di Roma per le varie opportunità didattiche che mi permettono di migliorare gli aspetti investigativi.

BIBLIOGRAFIA

Arangio S., Bontempi F., Crosti C.: Causal models for the forensic investigation of structural failures. Research and Applications in Structural Engineering, Mechanics and Computation – Zingoni. Taylor & Francis Group, London, Ed. 2013.

Bontempi F. - Corso di Progettazione Strutturale Antincendio, Università La Sapienza Roma, A.A. 2015/16.

Bontempi F.: Robustezza strutturale, convegno IF CRASC'06, Messina, aprile 2006.

Bontempi F., Crosti C., Mangione M., L'investigazione antincendio sugli aspetti strutturali: una proposta di codifica, Rivista Antincendio, ottobre 2015.

Cafaro E.: Quantificare la sicurezza: La modellazione degli eventi pericolosi tra Fire Engineering & Fire investigation, convegno 28 settembre 2006.

King's Cross Underground Station, London 1987 - https://en.wikipedia.org/wiki/King%27s_Cross_fire.

Mangione M. - Master di Metodologie analitiche forensi, Università La Sapienza, Roma, A.A. 2015/16.

Mangione M. - Tesi di Dottorato di Ricerca in Ingegneria Strutturale: *Structural Fire Investigation*, Università La Sapienza, Roma A.A. 2015/16.

Mangione M., Crosti C., Marasco A.: *L'informatizzazione dell'attività di Fire Investigation sulle strutture* - Convegno sulla Valutazione e Gestione del Rischio (VGR 2016) - Istituto Superiore Antincendi VV.F. - Roma 2016.

http://www.csicop.org/si/show/the_9_11_truth_movement_the_top_conspiracy_theory_a_decade_later.

<https://www.google.it/search?q=fire+investigation>.

<http://www.ordineingegnerimantova.it/wp-content/uploads/2015/11/atti>.

RISOLUZIONE ALTERNATIVA DELLE CONTROVERSIE

Gabriella Parlante
Milano

1. INTRODUZIONE

I procedimenti di ADR sono metodi alternativi per la risoluzione delle controversie che riguardano i diritti disponibili.

Ma cosa è una controversia?

È la differenza di opinioni e il contrasto di interessi che possono essere portati dinanzi a un Giudice, ad un Arbitro o ad un Mediatore per essere mediati e risolti.

Soprattutto nell'ambito del contenzioso commerciale, il ricorso all'ADR si è recentemente sviluppato molto, ritenendosi comunemente che tali metodi abbiano il vantaggio di una veloce ed efficace risoluzione dei conflitti insorti con costi minori e maggiore riservatezza.

I principali metodi di ADR possono così indicarsi:

- Arbitrato,
- Arbitraggio,
- Mediazione,
- Conciliazione,
- Negoziazione,
- Med-arb / Arb-med,
- ODR.

Il ricorso alle ADR si è affermato a partire dagli Stati Uniti: nel 1906, nel corso della convenzione annuale della American Bar Association, il professor Nathan Roscoe Pound presentò una relazione dal titolo "The Causes of Popular Dissatisfaction with the Administration of Justice", nella quale poneva in evidenza l'inadeguatezza del sistema giuridizionale pubblico ad offrire risposte ad un'ampia gamma di contenziosi.

Successivamente, negli Anni '70, negli Stati Uniti si iniziò a ricercare metodi non giurisdizionali per la gestione dei contenziosi.

In Europa, nel 2002, una Commissione dell'Unione Europea ha predisposto un libro verde per promuovere l'ADR¹: è possibile seguire gli sviluppi e le nuove pubblicazioni su <https://e-justice.europa.eu>.

Il metodo più utilizzato da sempre, soprattutto per vertenze di elevato valore, pur con alterni successi, è quello dell'arbitrato.

¹ Libro verde relativo ai modi alternativi di risoluzione delle controversie in materia civile e commerciale/*COM/2002/0196 def.*/

In Italia, il Legislatore ha revisionato la disciplina dell'arbitrato nel 1983, nel 1994 e nel 2006, forse per adeguare la norma alle nuove esigenze e per promuoverne l'utilizzo.

Spesso si utilizza il termine "giustizia privata" per evidenziare l'aspetto principale di procedimenti quali l'arbitrato, in cui la decisione (definita *lodo*) non è emessa da un magistrato, togato o onorario, ma da un soggetto diverso che non deve necessariamente essere neanche un avvocato ed è il risultato della autonomia delle parti, in deroga alla amministrazione giudiziaria ordinaria.

Sono infatti le parti interessate dalla controversia che incaricano un soggetto, direttamente oppure per effetto di clausole contenute in un regolamento preesistente alla lite, al fine di addivenire ad una soluzione.

Solo in questo senso può essere corretto parlare di giustizia privata, mentre è del tutto errato ritenere di poter fare riferimento alla privatizzazione dei meccanismi di risoluzione delle controversie, essendo stato statuito² che il lodo differisce dalla sentenza di un Giudice ordinario solo per la fonte da cui deriva ma non per la funzione e la finalità che persegue.

La disciplina dell'arbitrato, posta nella parte conclusiva del Codice di procedura civile sin dalla sua prima formulazione, è un "procedimento speciale"³ che, nonostante le sue particolari caratteristiche, è una parte complementare della disciplina giuridica del processo civile. Ne è prova il fatto che il lodo di un arbitrato rituale può essere reso esecutivo mediante apposita procedura di deposito nella Cancelleria del Tribunale nella cui circoscrizione ha sede l'arbitrato (art.825 c.p.c.). Anche l'arbitrato irrituale, derivato dalle prassi mercantili e istituito ultracentenario tipico e unico dell'ordinamento giuridico italiano, dal 2006 è entrato a far parte della disciplina codicistica (art.808 ter c.p.c.).

Dunque la norma è stata costruita in funzione deflattiva; l'entrata in vigore della mediazione obbligatoria⁴ per la soluzione delle controversie civili e commerciali - che per alcune materie è condizione di procedibilità per poter adire un giudizio ordinario - è da intendersi come un meccanismo che faccia diventare il processo giudiziario una estrema ratio, quando tutte le altre possibilità sono risultate vane.

Tutte le disposizioni del Titolo VIII del Libro IV sono state oggetto di modifiche formali e sostanziali al fine di favorire un maggiore utilizzo dell'arbitrato.

Successivamente, gran parte degli interventi normativi hanno riguardato l'arbitrato amministrato delle opere pubbliche, per effetto dell'art.256 del Codice dei Contratti pubblici⁵ che ha abrogato l'intera disciplina previgente, dell'art.1 del D.

² D. Lgs. N.40 del 2-2-2006.

³ V. appendice.

⁴ D. Lgs 28 del 4-3-2010.

⁵ D. Lgs. 163 del 12-4-2006.

Lgs. 6/2007⁶, dell'art.3, commi 19-23 della Legge 244⁷ e finalmente del D. Lgs. 53/2010⁸ che ha di nuovo confermato l'arbitrabilità delle controversie relative alle opere pubbliche.

La Legge 162/2014⁹, recante misure urgenti di degiurisdizionalizzazione ed altri interventi per la definizione dell'arretrato in materia di processo civile, prevede all'art.2, comma 1-bis: *“È fatto obbligo per le amministrazioni pubbliche di cui all'articolo 1, comma 2, del decreto legislativo 30 marzo 2001, n. 165, di affidare la convenzione di negoziazione alla propria avvocatura, ove presente”*.

Dunque, anche la Pubblica Amministrazione può e deve utilizzare gli strumenti di risoluzione alternativa delle controversie, al fine di rendere il conflitto con il privato il meno oneroso possibile sia in termini economici sia, soprattutto, in termini di condivisione sulle soluzioni fondate sui fatti più che sul diritto, anche in un'ottica di mantenere il rapporto piuttosto che frantumarlo per sempre.

La recente Legge delega n.11 del 28/01/2016 ha, inoltre, disposto il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture.

Vi è stato anche un tentativo di trasferire le cause civili pendenti - al fine di eliminare l'arretrato giudiziale - alla sede arbitrale, mediante il citato Decreto Legge 12 settembre 2014, n. 132¹⁰. In particolare, al fine evidente di incrementare il ricorso all'arbitrato, si consente alle parti di “riversare” la vita giudiziaria della vertenza all'interno di un procedimento arbitrale e si istituzionalizza la «negoziazione assistita», con un coinvolgimento diretto da parte degli avvocati.

L'art. 1 di tale Decreto Legge prevede che la disciplina che consente il trasferimento alla sede arbitrale dei procedimenti pendenti dinanzi all'Autorità giudiziaria si possa applicare alle controversie che non abbiano ad oggetto diritti indisponibili e che non vertano in materia di lavoro, previdenza e assistenza sociale, nelle quali la causa non è stata assunta in decisione. La riforma è inoltre applicabile alle cause vertenti su diritti che abbiano nel contratto collettivo di lavoro la propria fonte esclusiva, quando il contratto stesso abbia previsto e disciplinato la soluzione arbitrale.

Tale Decreto n.132 non ha solo introdotto correttivi di peso sulle possibilità dei ricorsi in tribunale, nonché sul negoziato, ma ha aggiornato anche la disciplina relativa agli arbitrati: di fatto, non vi sono modifiche radicali al Codice attualmente in vigore, ma si consente a chi è coinvolto in un procedimento al momento in primo o secondo grado, di rivolgersi al procedimento arbitrale.

⁶ 26-1-2007

⁷ Legge finanziaria del 24-12-2007.

⁸ 20-3-2010

⁹ Di conversione del D.L. 132/2014.

¹⁰ Convertito con modificazioni dalla legge 10 novembre 2014, n. 162.

A tal fine, la richiesta delle parti in causa andrà presentata in modalità congiunta, secondo quanto contenuto nel titolo VIII del libro IV del Codice di procedura civile; gli arbitri vanno identificati in accordo tra i due litiganti oppure su indicazione del presidente del Consiglio dell'Ordine, tra i professionisti che abbiano maturato almeno tre anni di presenza nell'albo dell'Ordine circondariale.

In aggiunta, l'articolo 1 prevede che la controversia approvata in sede giudiziaria, di fronte alla contestuale richiesta delle parti, debba proseguire *“davanti agli arbitri. Restano fermi gli effetti sostanziali e processuali prodotti dalla domanda giudiziale e il lodo ha gli stessi effetti della sentenza.”*

Da evidenziare la previsione del comma 4 che fissa il paletto all'emanazione del lodo entro i 120 giorni dall'accettazione della nomina da parte del collegio per cause pendenti in sede di appello, sede dell'iter giudiziale in cui si arenano molto spesso la maggior parte delle vertenze.

Purtroppo, la recente Legge 208 del 28/12/2015 ha stabilito incentivi fiscali (sia per gli arbitrati sia per la mediazione obbligatoria) piuttosto irrisori (fino a 500€/annui in caso di successo, dimezzati in caso di insuccesso) e insufficienti per coprire anche solo i costi di un procedimento di mediazione, di solito inferiori a quelli di un arbitrato.

Ovviamente questo rappresenta un limite per la diffusione del trasferimento alla sede arbitrale delle cause pendenti e per l'efficacia della mediazione obbligatoria realmente svolta, non sempre controbilanciato dal vantaggio dei tempi certi di un arbitrato (180 giorni salvo proroghe ove previste) o della mediazione obbligatoria (90/60 giorni).

2. PRINCIPALI METODI DI ADR

2.1 L'arbitrato

È uno strumento con cui risolvere liti civili e commerciali, in ambito domestico ed internazionale, in alternativa alla via giudiziaria ordinaria. Caratteristica fondamentale dell'arbitrato è la possibilità, per le parti, di scegliere i soggetti che decideranno la lite tra tecnici ed esperti della materia, escludendo il ricorso al giudice ordinario, e il potere, in capo alle stesse parti, di conferire agli arbitri l'autorità per rendere tale decisione. Inoltre, la privacy è assicurata.

A seguito della sottoscrizione di numerose convenzioni internazionali, in particolare quella di New York del 1958, ratificata da oltre 145 Stati, il lodo arbitrale può essere riconosciuto ed eseguito in gran parte del mondo. Ciò rappresenta un importante vantaggio nella risoluzione di controversie che coinvolgono parti di nazionalità diverse.

Argomenti tipici in campo ingegneristico, sia nell'ambito della progettazione sia in quello della esecuzione, potrebbero riguardare:

- preliminare di contratto;
- interpretazione del contratto;
- modalità di esecuzione del contratto;
- adempimenti contrattuali e/o di legge a carico di una delle parti;
- tempi di esecuzione;
- interventi / costi non previsti né preventivati;
- pagamento del quantum: modi e tempi;
- difetti e/o vizi riscontrati in corso e/o al termine dell'esecuzione.

È possibile utilizzare l'arbitrato se le parti hanno inserito, nel contratto o nello statuto sociale, una clausola arbitrale compromissoria oppure, qualora la lite sia già insorta, abbiano redatto un compromesso. Si definiscono:

- Compromesso: l'accordo con il quale le parti consensualmente decidono di derogare alla giurisdizione ordinaria e di deferire una controversia tra loro già insorta alla cognizione di un arbitro unico o di un collegio di arbitri.
- Clausola compromissoria: il patto accessorio ad un contratto nel quale i contraenti prevedono che tutte le future ed eventuali controversie che tra loro potranno insorgere in ordine a quel contratto saranno giudicate da arbitri. Sia il compromesso che la clausola compromissoria devono, a pena di nullità, rivestire la forma scritta, determinare l'oggetto della controversia e contenere la designazione degli arbitri ovvero l'indicazione del modo di designarli.
- Arbitri: coloro che, nominati dalle parti o da terzi, si pronunciano sul contenzioso in essere; il lodo formulato dal collegio arbitrale ha valenza di nuovo contratto tra le parti (arbitrato irrituale) o di sentenza di primo grado (arbitrato rituale).

Si distingue tra arbitrato rituale - che ricorre quando le parti di una controversia demandano agli arbitri/o l'esercizio di una giurisdizione, concorrente con quella ordinaria e quindi disciplinata dal codice di rito, per la risoluzione della lite - e arbitrato irrituale - che si concretizza nell'accordo con il quale al terzo viene affidato il compito di risolvere la controversia con una dichiarazione sostanzialmente transattiva o accertativa dei diritti e degli obblighi delle parti, a seconda del contenuto dell'incarico.

Ciò premesso, la qualificazione in termini di ritualità o irritualità dell'arbitrato non può prescindere da un'attenta analisi della clausola compromissoria così come formulata dalle parti.

La clausola compromissoria è generalmente una delle ultime clausole del contratto tra le parti e specifica modalità e soggetti per la risoluzione di controversie che dovessero insorgere nell'esecuzione del contratto stesso.

La clausola compromissoria è formulata il più delle volte, come segue:

“Qualsiasi disputa, controversia o contestazione derivante dal presente contratto o ad esso comunque riferentesi, o alle sue eventuali successive modificazioni, incluse, e senza limitazioni, quelle relative alla sua formazione, validità, interpretazione, vincolatività, efficacia, esecuzione, interruzione o risoluzione, così pure ogni altra eventuale pretesa non contrattuale, dovrà essere deferita e definitivamente determinata da un arbitrato ... / da un Giudice Ordinario – foro competente è quello di ...”

La scelta (ove prevista) di adire il Tribunale Ordinario, un Collegio Arbitrale o una procedura di mediazione è funzione della volontà delle parti.

Nel caso in cui, nell'esecuzione del negozio giuridico dovessero insorgere dubbi interpretativi, può farsi ricorso all'arbitraggio per l'integrazione del contenuto negoziale, presupponendo la sussistenza di un rapporto non controverso.

Il perito nominato o arbitratore, sulla base della documentazione e della memoria prodotta da ciascuna parte, sentite le parti - o chi le rappresenta - in forma orale o scritta, giunge a determinare il valore da attribuire all'opera per cui è sorta vertenza, redigendo adeguata relazione scritta. Ove richiesto, il perito si esprime sull'accettazione dell'opera contestata o su questioni di natura contrattuale.

Il parere del perito, ove accettato, può essere trasfuso dalle parti in un accordo scritto al quale le parti conferiscono gli effetti della transazione di cui agli artt. 1965 e seguenti del Codice civile.

Ciò detto, all'interno di un arbitraggio possono riconoscersi almeno due livelli:

- Livello base: il perito, sulla base della documentazione e della memoria prodotta da ciascuna parte, sentite le parti - o chi le rappresenta - in forma orale o scritta, giunge a determinare il valore da attribuire all'opera per cui è sorta controversia.
- Livello avanzato: nel caso in cui, oltre all'attività suddetta, sia richiesto al perito di esprimersi sull'accettazione dell'opera contestata o su questioni di natura contrattuale.

In ogni caso, sempre e comunque, è fattore essenziale e non rinunciabile l'indipendenza e l'imparzialità dell'arbitro e/o dell'arbitratore.

Non è strettamente necessario che gli arbitri siano iscritti ad una Camera Arbitrale anche se sempre più professionisti preferiscono aderire ad un Ente che provvede ad amministrare i procedimenti di arbitrato secondo il proprio Regolamento; su istanza delle parti, tale Camera nomina gli arbitri in procedimenti non amministrati, secondo il medesimo Regolamento.

Generalmente, a tutti gli arbitri, siano essi nominati dalle parti o dal Consiglio Arbitrale della Camera prescelta, viene richiesta una dichiarazione di indipendenza ("*disclosure*") rispetto alle parti, ai loro difensori ed alla materia del

contendere, da compilarsi secondo apposite note all'uopo predisposte. Come detto, infatti, l'indipendenza dell'arbitro rappresenta il primo passo verso la corretta instaurazione del futuro procedimento arbitrale. A tal fine, le Camere si sono dotate di un Codice Deontologico, cui gli arbitri sono chiamati ad attenersi nell'esercizio delle proprie funzioni e su cui torneremo in seguito.

Altro aspetto da considerare è rappresentato dai compensi degli arbitri e degli arbitratori.

Si ritiene che le competenze siano da valutare sempre in forma percentuale, sulla base del valore della controversia, basandosi sulla tabella in uso per i giudizi arbitrali della Camera di appartenenza oppure facendo riferimento ai parametri e ai compensi professionali degli avvocati definiti dal Decreto del Ministro della Giustizia n. 140 del 20 luglio 2012.

Sarà onere dell'Arbitro e/o del Collegio Arbitrale indicare nel verbale della prima udienza il riferimento che sarà utilizzato per il calcolo. Gli importi indicati sono solitamente al netto di IVA e di altri eventuali accessori di legge; i costi indicati sono complessivi e, quindi, da suddividere tra le parti. In tale importo sono comprese le spese ordinarie d'ufficio. Le spese straordinarie dovranno essere documentate e/o concordate.

Si indicano in Figura 1, a titolo di esempio, gli onorari in vigore presso la Camera Arbitrale di Milano della Camera di Commercio, Industria e Artigianato di Milano (<http://www.camera-arbitrale.it/it/index.php>).

	VALORE DELLA CONTROVERSIA		ONORARI CAM	ONORARI ARBITRO UNICO	ONORARI COLLEGIO ARBITRALE
				Min - Max	Min - Max
1	Fino a 25.000		400	600 - 1.500	1.600 - 3.800
2	25.001	50.000	1.000	1.500 - 2.500	3.800 - 6.000
3	50.001	100.000	1.700	2.500 - 4.500	6.000 - 12.000
4	100.001	250.000	3.500	4.500 - 10.000	12.000 - 25.000
5	250.001	500.000	7.000	10.000 - 18.000	25.000 - 40.000
6	500.001	1.000.000	12.000	18.000 - 25.000	40.000 - 70.000
7	1.000.001	2.500.000	18.000	25.000 - 40.000	70.000 - 100.000
8	2.500.001	5.000.000	24.000	40.000 - 70.000	100.000 - 150.000
9	5.000.001	10.000.000	30.000	70.000 - 90.000	150.000 - 220.000
10	10.000.001	25.000.000	40.000	90.000 - 120.000	220.000 - 280.000
11	25.000.001	50.000.000	55.000	120.000 - 150.000	280.000 - 350.000
12	50.000.001	100.000.000	70.000	150.000 - 180.000	350.000 - 450.000
13	Oltre 100.000.000		70.000 + 0,1% sull'eccedenza di 100.000.000 Tetto massimo 140.000	180.000 + 0,05% sull'eccedenza di 100.000.000 Tetto massimo 240.000	450.000 + 0,12% sull'eccedenza di 100.000.000 Tetto massimo 600.000

Figura 1. Onorari in vigore presso la Camera Arbitrale di Milano della Camera di Commercio, Industria e Artigianato di Milano.

Ai fini pratici, si riporta un esempio di calcolo degli onorari.

Oggetto: contestazioni in merito alla realizzazione di un prototipo di macchina industriale.

Quesito arbitrale complesso.

Arbitrato rituale con pronuncia secondo diritto.

Valore controversia: € 280 000

- *Attore richiede danni per € 180 000*
- *Convenuto respinge la domanda attorea e chiede il pagamento di €100 000 per compensi*

Tempo: 180 giorni

Compenso Collegio Arbitrale: € 23 000 di cui 30% a ciascun coarbitro e 40% al presidente collegio¹¹

Fondo spese: € 500

Spese Camera: € 4000

Attribuzione alle parti, dei compensi e delle spese, in funzione del lodo.

Per quanto riguarda gli **arbitraggi**, si ritiene che si possano utilizzare le stesse tabelle e formulazioni, parzializzando l'importo risultante al 50% nel caso di arbitraggio di II livello e al 25% nel caso di I livello.

2.2 Mediazione

La mediazione consiste in una attività, posta in essere da un terzo imparziale, volta a condurre le parti a trovare un punto di incontro o una soluzione di comune accettazione (che può essere di varia natura) ovvero a superare un contrasto già in essere tra loro.

Il Mediatore non decide ma opera per aiutare le parti a migliorare la comunicazione tra di loro, attraverso l'analisi del conflitto che le divide, con l'obiettivo di consentire ai soggetti di individuare e scegliere essi stessi un'opzione che, componendo la situazione conflittuale, realizzi gli interessi ed i bisogni di ciascuno, raggiungendo accordo che, non solo le soddisfi entrambe, ma, possibilmente, le ponga in una situazione patrimonialmente migliore di quella in cui versavano prima dell'inizio della procedura.

Soluzioni estreme potrebbero essere una nuova stesura del contratto o la rescissione dello stesso.

La mediazione può essere particolarmente utile nel caso in cui tra le parti vi è in essere una relazione che le stesse vogliono preservare (parenti, vicini di casa, partner

¹¹ *Quota fino al 50% in caso di maggior carico di lavoro e di stesura del lodo in assenza di collegialità.*

commerciali) o quando le emozioni ed i sentimenti fanno parte del percorso per giungere ad una soluzione.

La mediazione invece non è lo strumento corretto nel caso in cui una delle parti abbia molto più potere rispetto all'altra o se una delle parti non ha intenzione di collaborare o di scendere a patti.

Nell'ambito di questa generale definizione dell'obiettivo, la mediazione acquista caratteri e si sviluppa secondo procedure che variano in relazione all'area di intervento verso cui è rivolta l'attività di mediazione. Si possono distinguere in tal senso diversi settori e tipologie di intervento.

- Mediazione civile,
- Mediazione culturale,
- Mediazione didattica,
- Mediazione familiare,
- Mediazione linguistica,
- Mediazione organizzativa,
- Mediazione penale,
- Mediazione sociale.

Con riferimento alla mediazione civile, che è quella che più facilmente potrebbe vedere coinvolti i Tecnici come Mediatori, essa è un istituto giuridico avente ad oggetto attività di mediazione ed intermediazione in materia di controversie civili tra privati.

Essendo differentemente normato nel mondo, l'Unione Europea ha richiesto l'adozione agli stati membri, di apposita normativa ai fini del recepimento delle direttiva dell'Unione Europea 2008/52/CE relativamente alla materia civile e commerciale.

Tale Direttiva (*Mediation Directive*) voluta per incoraggiare al ricorso della mediazione negli Stati membri, contiene cinque regole essenziali:

- Obbliga ogni stato membro a incoraggiare la preparazione e l'aggiornamento professionale dei mediatori al fine di assicurare una alta qualità della mediazione.
- Dà a ogni Giudice il diritto di invitare le parti coinvolte in una vertenza a tentare preliminarmente la mediazione se lo stesso ne ravvede l'opportunità
- Permette che l'accordo derivante dalla mediazione possa essere reso esecutivo, se le parti lo richiedono, per mezzo di deposito presso la Cancelleria del Tribunale o con atto notarile.
- Assicura che la mediazione si svolga in una atmosfera di confidenzialità permettendo che il mediatore non possa riferire in Tribunale su quanto si è svolto nel corso della mediazione, nel caso in cui le parti adiscano la giustizia ordinaria dopo la mediazione.

- Garantisce che le parti non perdano la possibilità di adire la giustizia ordinaria a causa del tempo impiegato nella mediazione, sospendendo i termini durante la mediazione stessa.

L'Italia ha recepito tale direttiva con il D.Lgs. n. 28 del 4 marzo 2010 per la composizione dei conflitti tra soggetti privati relativi a diritti disponibili.

Il Legislatore, nel tentativo di disincentivare atteggiamenti ostili, ha introdotto¹² particolari conseguenze sanzionatorie per la parte che non accetta la proposta del mediatore. Con sentenza depositata il 6 dicembre 2012, la Corte Costituzionale ha dichiarato incostituzionale l'obbligatorietà del tentativo di mediazione per eccesso di delega sancendo di fatto, la natura volontaria del procedimento.

Dopo la sentenza della Consulta n. 272/2012, l'istituto della mediazione civile obbligatoria è stato riproposto con decreto legge 21 giugno 2013 n. 69, detto "decreto del fare", modificato e convertito in legge 9 agosto 2013 n. 98. Nella nuova formulazione, è obbligatorio soltanto esperire il primo incontro preliminare di programmazione della procedura conciliativa, e la partecipazione delle parti allo stesso è obbligatoria, assistita da un avvocato, gratuita se non si perviene a un accordo.

Il 24 ottobre 2012 la Corte Costituzionale ha annullato per eccesso di delega legislativa l'art. 5 comma 1 del D.Lgs. 28/2010 e altri dipendenti da esso, che introduceva l'obbligatorietà della mediazione civile prima di poter adire il Giudice ordinario.

Il compito principale del Mediatore (che deve operare presso un organismo pubblico o privato controllato dal Ministero della Giustizia) è quello di condurre le parti all'accordo amichevole, assistendole nel confronto e rimuovendo ogni ostacolo che possa impedire il raggiungimento di una soluzione condivisa. Il mediatore, quindi, non ha alcun potere di emettere soluzioni vincolanti per le parti, ma si limita a gestire i tempi e le fasi della stessa, lasciando alle parti coinvolte il controllo sul contenuto dell'accordo finale.

Il Decreto Legislativo distingue nettamente l'istituto della mediazione civile da altre forme di conciliazione già esistenti nell'ordinamento giuridico italiano. L'atto, infatti, dispone che per *mediazione civile* debba intendersi l'attività finalizzata alla composizione di una controversia e che, invece, la *conciliazione* sia il mero risultato di tale attività. Tale distinzione è stata ben evidenziata per sottolineare il fatto che la *mediazione civile, rispetto a precedenti istituti finalizzati alla composizione dei conflitti, sia uno strumento innovativo di portata generale riguardante tutte le controversie civili e commerciali.*

L'informalità della procedura di mediazione consente alle parti di sentirsi libere di partecipare agli incontri nella maniera che ritengono più opportuna consentendo al Mediatore di svolgere il proprio ruolo senza alcun vincolo di procedura.

¹² Con il Decreto Legge 22 giugno 2012 n. 83, detto "decreto sviluppo".

Il Mediatore, infatti, al fine di trovare un accordo quanto più soddisfacente per le parti tutelando al tempo stesso le relazioni commerciali tra imprese e gli interessi del consumatore, può per esempio, ascoltare separatamente le parti per individuare il percorso più utile alla ricerca della soluzione migliore.

L'informalità non priva delle necessarie garanzie di equo bilanciamento della posizione di tutte le parti coinvolte che, a partire dal momento introduttivo, possono esporre tutti i fatti e prendere posizione su quelli esposti dalle altre. La procedura di mediazione, è tuttavia caratterizzata dall'assenza di regole formali che in quanto tali, mortificherebbero la natura stessa del procedimento.

La mediazione è anche una procedura rapida, dovendo necessariamente concludersi entro tre mesi dall'avvio della stessa.

La mediazione è una procedura conveniente perché sia le tariffe dei mediatori professionali sia i costi di segreteria, commisurati al valore della controversia, sono di importo ridotto soprattutto se si tiene in considerazione il vantaggio che si può conseguire mediante la sottoscrizione di un accordo in tempi rapidi e con una comune soddisfazione per tutti.

La mediazione civile è sostanzialmente suddivisa in tre categorie:

- *facoltativa*;
- *delegata o giudiziale*;
- *obbligata*.

La mediazione facoltativa è rimessa alla volontà delle parti: esse possono farvi ricorso liberamente, ogni qual volta ritengano che vi siano le condizioni per avviare proficuamente un confronto finalizzato alla ricerca di una soluzione reciprocamente soddisfacente. Inoltre essa è volontaria perché sono le stesse parti coinvolte in un procedimento di mediazione a decidere liberamente di partecipare agli incontri, di prospettare le soluzioni che ritengono più idonee per entrambi nella risoluzione della controversia, di abbandonare la procedura e soprattutto di decidere se fissare o meno i termini e le condizioni per un accordo di conciliazione e sottoscriverlo.

La mediazione delegata¹³ si ha quando il Giudice – anche in appello – e ogni qual volta ne ravvisi l'opportunità rispetto alla fase del giudizio, alla natura della controversia, alla disponibilità delle parti, può invitare le stesse a esperire un tentativo di mediazione. Tale invito deve essere rivolto entro l'udienza di precisazione delle conclusioni o quella di discussione della causa. Affinché la mediazione possa essere iniziata c'è bisogno che tutte le parti aderiscano all'invito formulato dal giudice. In caso di accettazione dell'invito, il giudice rinvia la causa a un'udienza successiva al periodo entro il quale la procedura di mediazione deve terminare ai sensi dell'art. 6 (tre mesi); se la mediazione non è già stata avviata, assegna anche il termine di 15 giorni per la presentazione della domanda di mediazione.

¹³ D. Lgs. 4 marzo 2010, n. 28.

La mediazione è tornata obbligatoria per 4 anni (fino al 2017) in materia di:

- condominio;
- diritti reali;
- divisione;
- successioni ereditarie;
- patti di famiglia;
- locazione;
- comodato;
- affitto di aziende;
- risarcimento del danno derivante da responsabilità medica e sanitaria e da diffamazione con il mezzo della stampa o con altro mezzo di pubblicità;
- contratti assicurativi, bancari e finanziari.

In questi casi, la parte che intende agire in giudizio ha l'onere di tentare la mediazione, con l'assistenza di un avvocato, che deve, chiaramente e per iscritto, informare il proprio assistito, sia della possibilità di procedere alla mediazione e delle relative agevolazioni fiscali che dei casi in cui il procedimento di mediazione è condizione di procedibilità della domanda giudiziale. Il Giudice, qualora rilevi la mancata allegazione del documento all'atto introduttivo del giudizio, informa la parte della facoltà di chiedere la mediazione. In ogni altra materia la mediazione potrà essere avviata dalle parti su base volontaria, sia prima che durante il processo. La mediazione disposta dal Giudice è prevista anche dalla direttiva comunitaria 2008/52/Ce, e si affianca senza sostituirla alla conciliazione giudiziale.

L'imparzialità del Mediatore, intesa come equidistanza dalle parti e assenza di rapporti che impedirebbero di svolgere la propria attività senza esserne influenzato, prevede anche la sottoscrizione di un accordo da parte del Mediatore all'inizio della procedura. Il Mediatore infatti, non deve limitarsi a “essere” imparziale ma deve anche “apparire” tale.

Per quanto riguarda la professionalità del Mediatore per il corretto espletamento dell'incarico, questa deve essere intesa come il necessario grado di competenza e di conoscenza delle tecniche di mediazione secondo quanto stabilito dal D. Lgs. 28/2010. Esso prevede che la mediazione venga affidata a soggetti in grado di garantire serietà ed efficienza. Per questo il Legislatore ha ribadito un'apertura al mercato concorrenziale dei servizi di giustizia alternativa, non più riservato solo ad alcuni soggetti espressamente individuati dalla legge, ma a qualsiasi soggetto pubblico o privato, che sia in grado di rispondere ai requisiti amministrativi e regolamentari fissati dalla nuova disciplina.

Questa rispondenza viene valutata dal Ministero della Giustizia, che deve procedere a un vero e proprio accreditamento degli organismi che ne fanno richiesta.

Per quanto riguarda gli organismi che svolgono mediazione nell'ambito delle materie disciplinate dal codice del consumo, l'attività di vigilanza viene svolta dal Ministero della Giustizia unitamente al Ministero dello Sviluppo Economico.

L'accreditamento del Ministero passa attraverso una serie di controlli sia di natura amministrativa e contabile, sia di natura regolamentare, al fine di verificare la sussistenza dei requisiti di natura organizzativa e procedurale che costituiscano un presidio all'auspicata serietà ed efficienza di tutti gli organismi iscritti oltre che una garanzia per tutti i cittadini che intendono risolvere le controversie in via stragiudiziale.

L'art. 16 del decreto ha previsto anche una serie di indicazioni relative alla formazione dei mediatori. Tale attività deve essere svolta presso uno degli organismi iscritti in un apposito elenco tenuto dal Ministero della Giustizia, il quale avrà il compito di vigilare sulla serietà, l'adeguatezza della struttura e la conformità dei programmi formativi ai requisiti fissati dalla normativa.

La recente normativa ha previsto dei requisiti per potersi iscrivere presso un organismo di mediazione:

- diploma di laurea almeno triennale ovvero iscrizione ad albo o collegio professionale;
- frequenza di un corso per mediatori, presso un ente di formazione iscritto nell'elenco tenuto presso il Ministero, con superamento della prova finale;
- possesso dei requisiti di onorabilità previsti dalla legge.

Per poter mantenere l'iscrizione è necessario¹⁴:

- frequentare per ogni biennio un corso di aggiornamento di almeno 18 ore presso un ente di formazione per mediatori iscritto nell'elenco tenuto presso il Ministero;
- partecipazione, per ogni biennio, in forma di tirocinio assistito ad almeno venti casi di mediazione.

Per la nomina a Mediatore è necessario essere in possesso dei requisiti di professionalità previsti dal Regolamento dell'organismo. Infine è possibile nominare dei co-mediatori o dei mediatori ausiliari ove la particolarità della materia lo richieda.

Se si è acquisito il titolo di Mediatore ma non ci si è iscritti a nessun Organismo, l'aggiornamento è volontario e se non lo si fa non si perde il titolo acquisito.

¹⁴ Come richiesto dall'art. 2 del Decreto del Ministro della Giustizia n. 145 del 2011.

I costi del servizio di mediazione si dividono in:

- spese di avvio che devono essere corrisposte dalla parte istante al momento della presentazione della domanda e dalla parte invitata qualora questa decida di rispondere positivamente e partecipare al tentativo di risoluzione della controversia. Le spese di avvio sono di € 40 + IVA per le controversie da € 0 a € 251 000 ed € 80 + IVA per le controversie con valore superiore a € 251 000;
- spese di mediazione da corrispondere almeno per la metà, prima che si svolga l'incontro di mediazione e in conclusione del procedimento stesso, prima del rilascio del verbale di accordo.

Le spese della procedura di mediazione variano a seconda del valore dell'oggetto del contendere sancito ai sensi del Codice di procedura civile, ovvero:

- fino a Euro 1000: Euro 86;
- da Euro 1001 a Euro 5000: Euro 172;
- da Euro 5001 a Euro 10 000: Euro 320;
- da Euro 10 001 a Euro 25 000: Euro 480;
- da Euro 25 001 a Euro 50 000: Euro 800;
- da Euro 50 001 a Euro 250 000: Euro 1332;
- da Euro 250 001 a Euro 500 000: Euro 2000;
- da Euro 500 001 a Euro 2 500 000: Euro 3800;
- da Euro 2 500 001 a Euro 5 000 000: Euro 5200;
- oltre Euro 5 000 000: Euro 9200.

Tutti gli importi sono al netto dell'IVA. L'importo massimo delle spese di mediazione per ciascun scaglione di riferimento può essere aumentato in misura non superiore a un quinto tenuto conto della particolare importanza, complessità o difficoltà dell'affare, in caso di successo della mediazione e nel caso di formulazione della proposta alle parti¹⁵. Le spese di mediazione comprendono anche l'onorario del mediatore per l'intero procedimento di mediazione, indipendentemente dal numero di incontri svolti e dall'esito dello stesso.

Le parti che avviano un procedimento di mediazione presso un organismo iscritto al Registro del Ministero, possono usufruire di alcuni benefici fiscali come l'esenzione degli atti da bolli e imposte. Inoltre è prevista un'esenzione dall'imposta di registro per l'accordo sino a un valore di 50 000 000 Euro e le parti hanno diritto a un credito di imposta per l'importo corrispondente alle spese di mediazione versate fino a un massimo di Euro 500 se la mediazione si chiude con un accordo e sino a Euro 250 se non si raggiunge l'accordo. Non sarà più possibile, invece, avvalersi del gratuito patrocinio che il Legislatore aveva previsto soltanto per le mediazioni obbligatorie.

¹⁵ Ai sensi dell'art. 11.

2.3 Conciliazione

Con l'entrata in vigore del Decreto Legislativo n. 28 del 4 marzo 2010, introducendo in Italia l'istituto della mediazione civile (obbligatoria o facoltativa), si fa riferimento al termine conciliazione, disponendo che, nell'ambito della mediazione civile, la conciliazione costituisca soltanto il *semplice risultato del procedimento di mediazione civile* e non il nome con cui identificare il nuovo istituto.

Ciò allo scopo di distinguere la mediazione civile e commerciale da altre preesistenti forme di risoluzione delle controversie, quali appunto la conciliazione lavoristica o la conciliazione presso le Camere di Commercio.

La conciliazione in materia di lavoro è possibile in tre modalità:

- conciliazione stragiudiziale, regolata dal Codice di procedura civile agli art. 410 e seguenti;
- conciliazione monocratica, regolata dall'art. 11 del D. Lgs. n. 124/2004;
- conciliazione sindacale, prevista dai contratti od accordi sindacali.

La conciliazione stragiudiziale, sino alla entrata in vigore della Legge n. 183 del 4/11/2010, era obbligatoria e costituiva condizione di procedibilità della successiva eventuale azione giudiziaria innanzi al giudice del lavoro. Il convenuto doveva eccepire il mancato espletamento del tentativo di conciliazione nella memoria difensiva (art. 416 c.p.c.) ed il Giudice poteva rilevarlo d'ufficio non oltre l'udienza di discussione.

Dopo la Legge n. 183/2010 è divenuta facoltativa, per cui le parti possono ricorrere direttamente al giudice del lavoro. Altra modifica di rilievo è costituita dall'abrogazione degli articoli 65 e 66 del D.Lgs. 165/2001, pertanto la procedura dei tentativi di conciliazione non si differenzia più a seconda che il datore di lavoro sia pubblico o privato.

Secondo l'art. 410 c.p.c. chiunque voglia far valere un diritto inerente ai rapporti di diritto privato di cui all'art. 409 c.p.c. può preventivamente esperire, anche tramite un sindacato, il tentativo di conciliazione innanzi alla Commissione di conciliazione, presso la Direzione provinciale del lavoro.

È prevista anche la creazione di un Collegio arbitrale in seno alla Commissione di Conciliazione.

In qualunque fase del tentativo di conciliazione, le parti possono affidare, anche per ambiti parziali, la risoluzione della lite alla stessa Commissione di conciliazione, conferendole però mandato a risolvere in via arbitrale la controversia; in questo caso la Commissione perde le vesti di organo meramente consultivo e assume i poteri del Collegio arbitrale responsabile del lodo finale.

Nel conferire il mandato per la risoluzione arbitrale della controversia, le parti devono indicare:

- il termine per l'emanazione del lodo, che non può comunque superare i sessanta giorni dal conferimento del mandato, spirato il quale l'incarico deve intendersi revocato;
- le norme invocate dalle parti a sostegno delle loro pretese e l'eventuale richiesta di decidere secondo *equità*, nel rispetto dei principi generali dell'ordinamento e dei principi regolatori della materia, anche derivanti da obblighi comunitari.

La conciliazione monocratica è stata introdotta dall'art. 11 del D.Lgs. n. 124/2004. Esso prevede che nelle ipotesi di richieste di intervento ispettivo alla Direzione provinciale del lavoro dalle quali emergano elementi per una soluzione conciliativa della controversia, la Direzione può, mediante un proprio funzionario, anche con qualifica di Ispettore del lavoro, avviare il tentativo di conciliazione sulle questioni segnalate. Sono conciliabili solo gli aspetti in cui non si ravvisino estremi di reato, o anche solo il *fumus*. Le parti convocate hanno la facoltà, ma non l'obbligo, di farsi assistere da associazioni o organizzazioni sindacali ovvero da professionisti cui abbiano conferito specifico mandato. Convocati innanzi al solo funzionario - da cui il nome "conciliazione monocratica" - in caso di accordo, al verbale sottoscritto non si applicano i commi 1, 2 e 3 dell'art. 2113, del codice civile. Non vi sono termini per la convocazione, ma in genere esse vengono evase in 60 giorni.

La conciliazione sindacale è regolata dalle norme previste dai contratti collettivi o dagli accordi in materia di lavoro, ed è affidata esclusivamente ai sindacati. Esse variano a seconda del tipo di contratto, ma in genere prevedono una procedura snella e poco formalizzata. Unico obbligo, al fine della validità della conciliazione, è quello del deposito del verbale conciliativo presso gli uffici della Direzione Territoriale del lavoro.

Le novità del D.Lgs. 17 gennaio 2003, n. 5, prevedono una conciliazione in materia di diritto societario affidata agli Organismi di Conciliazione iscritti nel registro tenuto presso il Ministero della Giustizia, tra cui le Camere di commercio. Nell'ambito della conciliazione cd commerciale va segnalata la pratica conciliativa entrata in uso tra imprese o associazioni d'impresa e le associazioni dei consumatori riconosciute in base alla Legge 281/98.

La conciliazione giudiziale è il mezzo attraverso il quale si può chiudere un contenzioso aperto con il fisco.

Si applica a tutte le controversie tributarie, in primo o in secondo grado, anche se instaurate a seguito di rigetto dell'istanza di reclamo ovvero di mancata conclusione dell'accordo di mediazione.

Può essere proposta:

- dalla Commissione tributaria, che può prospettare alle parti il tentativo di conciliazione;
- dalle parti stesse (contribuente, Agenzia delle Entrate, Ente locale, agente della riscossione).

Il tentativo di conciliazione comunque non è vincolante. Infatti, se il contribuente nel tentare l'accordo non lo raggiunge, può sempre proseguire con il contenzioso.

La conciliazione giudiziale può essere realizzata sia "in udienza" che "fuori udienza".

La conciliazione in udienza può essere avviata su iniziativa delle parti o dello stesso giudice. In particolare, si può verificare uno dei seguenti casi:

- il contribuente o l'ufficio, con una domanda di discussione in pubblica udienza depositata presso la segreteria della Commissione e notificata alla controparte entro i 10 giorni precedenti la trattazione, può chiedere di conciliare in tutto o in parte la controversia;
- il giudice tributario, con intervento autonomo, può invitare le parti a conciliare la controversia, eventualmente rinviando alla successiva udienza per il perfezionamento dell'accordo.

Se si raggiunge l'accordo, la conciliazione si perfeziona con la redazione di un verbale, in udienza, nel quale sono indicate le somme dovute e le modalità di pagamento.

La conciliazione fuori udienza viene formalmente avviata dopo che è intervenuto l'accordo tra l'ufficio e il contribuente sulle condizioni alle quali si può chiudere la controversia.

In questa ipotesi, fino all'udienza di trattazione, le parti possono depositare presso la segreteria della Commissione l'accordo, sottoscritto personalmente dai difensori, con il quale si perfeziona la conciliazione. A seguito di tale accordo il giudizio si estingue.

La conciliazione giudiziale permette al contribuente di usufruire di una riduzione delle sanzioni amministrative del 60% in primo grado e del 50% in secondo grado.

2.4 Negoziazione

Il nuovo istituto della negoziata assistita, ispirato all'analogo modello francese, come già indicato, è stato introdotto nell'ordinamento giuridico italiano con il recente "decreto giustizia" (D.L. n. 132/2014, convertito nella L. n. 162/2014), finalizzato a

dettare “*misure urgenti di degiurisdizionalizzazione e altri interventi per la definizione dell'arretrato in materia di processo civile*”.

Unitamente al trasferimento in sede arbitrale dei procedimenti pendenti, la nuova procedura di negoziazione assistita mira, nelle intenzioni della riforma, a portare i contenziosi fuori dalle aule dei tribunali, bloccando a monte l'afflusso dei processi e costituendo un'alternativa stragiudiziale all'ordinaria risoluzione dei conflitti.

Il D.L. n. 132/2014 dedica alla disciplina della negoziazione assistita l'intero capo II, rubricato appunto “*Procedura di negoziazione assistita da uno o più avvocati*”.

La negoziazione assistita consiste nell'accordo (c.d. convenzione di negoziazione) tramite il quale le parti in lite convengono “*di cooperare in buona fede e lealtà*”, al fine di risolvere in via amichevole una controversia, tramite l'assistenza di avvocati, regolarmente iscritti all'albo ovvero facenti parte dell'avvocatura per le pubbliche amministrazioni.

La convenzione deve contenere¹⁶ sia il termine concordato dalle parti per l'espletamento della procedura, che non può essere inferiore a un mese e superiore a tre (salvo proroga di 30 giorni su richiesta concorde delle parti), sia l'oggetto della controversia, che non può, come dispone *expressis verbis* la norma, riguardare né i diritti indisponibili né materie di lavoro.

La convenzione deve essere redatta, a pena di nullità, in forma scritta e deve essere conclusa con l'assistenza di uno o più avvocati, i quali certificano l'autografia delle sottoscrizioni apposte all'accordo sotto la propria responsabilità professionale.

L'iter procedimentale delineato dal legislatore d'urgenza comincia con l'informativa da parte dell'avvocato al proprio cliente della possibilità di ricorrere alla convenzione di negoziazione assistita.

La parte che sceglie di affidarsi alla nuova procedura invia alla controparte, tramite il proprio legale, invito a stipulare la convenzione di negoziazione. Tale invito deve essere debitamente sottoscritto e indicare l'oggetto della controversia e l'avvertimento che in caso di mancata risposta entro trenta giorni o di rifiuto ciò costituirà motivo di valutazione da parte del giudice ai fini dell'addebito delle spese di giudizio, della condanna al risarcimento per lite temeraria ex art. 96 c.p.c. e di esecuzione provvisoria ex art. 642 c.p.c..

Altro effetto principale, decorrente dalla comunicazione dell'invito, è quello di interrompere il decorso della prescrizione (analogamente all'ordinaria domanda giudiziale) e la decadenza; quest'ultima però è impedita per una sola volta e, in caso di rifiuto, mancata accettazione dell'invito o mancato accordo, da questo momento ricomincia a decorrere il termine per la proposizione della domanda giudiziale.

Se l'invito è accettato, si perviene allo svolgimento della negoziazione vera e propria, la quale può avere esito positivo o negativo. In quest'ultimo caso, gli avvocati designati dovranno redigere la dichiarazione di mancato accordo.

¹⁶ A norma dell'art. 2 del D.L. n. 132/2014.

Nel primo caso, invece, quando l'accordo è raggiunto, lo stesso deve essere sottoscritto dalle parti e dagli avvocati che le assistono che certificano sia l'autografia delle firme che la conformità alle norme imperative e all'ordine pubblico.

L'accordo costituisce titolo esecutivo e per l'iscrizione di ipoteca giudiziale e deve essere integralmente trascritto nel precetto ai sensi dell'art. 480, 2° comma, c.p.c..

Accanto alla negoziazione facoltativa, il legislatore ha previsto anche l'ipotesi di negoziazione assistita obbligatoria per le azioni riguardanti il risarcimento del danno da circolazione di veicoli e natanti e per le domande di pagamento a qualsiasi titolo di somme, purché non eccedenti 50 000 euro e non riguardanti controversie assoggettate alla disciplina della c.d. "mediazione obbligatoria".

Nei suddetti casi, l'art. 3 del D.Lgs. n. 132/2014 dispone che *"l'esperimento del procedimento di negoziazione assistita è condizione di procedibilità della domanda giudiziale"*.

L'improcedibilità deve essere eccepita, non oltre la prima udienza, dal convenuto, a pena di decadenza, o rilevata d'ufficio dal Giudice. Qualora, la negoziazione assistita sia già iniziata ma non conclusa, il giudice provvederà a fissare l'udienza successiva dopo la scadenza del termine fissato dalle parti per la durata della procedura di negoziazione e indicato nella convenzione stessa. Qualora, invece, la negoziazione non sia ancora stata esperita, il giudice, oltre a provvedere alla fissazione dell'udienza successiva assegna contestualmente alle parti un termine di quindici giorni per la comunicazione dell'invito. Va da sé che se l'invito è seguito da un rifiuto o da una mancata risposta entro trenta giorni dalla ricezione, ovvero quando è decorso il termine per la durata della negoziazione concordato dalle parti, la condizione di procedibilità può considerarsi avverata.

Il nuovo istituto assegna un ruolo determinante agli avvocati, ai quali vengono conferiti determinati poteri e attribuiti una serie di obblighi cui attenersi scrupolosamente al fine di non incorrere in illeciti deontologici e disciplinari.

Oltre all'obbligatorietà dell'assistenza "di uno o più legali"¹⁷, elemento cardine della stessa negoziazione, agli avvocati vengono attribuiti, infatti, poteri di autentica e di certificazione delle sottoscrizioni autografe delle parti, della dichiarazione di mancato accordo, nonché della conformità della convenzione alle norme imperative e all'ordine pubblico.

Più pregnanti gli obblighi, previsti sia dall'art. 2, comma 7, il quale dispone che "è dovere deontologico per gli avvocati informare il cliente all'atto del conferimento dell'incarico della possibilità di ricorrere alla convenzione di negoziazione assistita", sia dall'art. 9¹⁸ che fissa esplicitamente il dovere per gli avvocati (oltre che per le parti) di comportarsi secondo lealtà e di tenere riservate le informazioni ricevute nel

¹⁷ Ex art. 2, comma 5, D.L. n. 132/2014.

¹⁸ Rubricato, appunto, "Obblighi dei difensori e tutela della riservatezza".

corso della procedura, non potendole utilizzare nell'eventuale giudizio avente (in tutto o in parte) il medesimo oggetto, né potendo le stesse costituire oggetto di deposizione da parte dei difensori.

La violazione delle prescrizioni costituisce illecito disciplinare, mentre costituisce illecito deontologico per l'avvocato impugnare un accordo alla cui redazione ha partecipato.

Infine, si segnalano gli obblighi procedurali di cui all'art. 11¹⁹, nonché soprattutto quelli di cui all'art. 6, comma 4, che obbliga l'avvocato della parte a trasmettere entro 10 giorni la copia dell'accordo di negoziazione in materia di separazione e divorzio all'ufficiale dello stato civile del Comune, a pena di sanzione amministrativa pecuniaria variabile da 2000 a 10 000 euro.

Le competenze relative ad un incarico di negoziatore possono essere valutate come quelle di una consulenza. Negli importi sono comprese le spese ordinarie d'ufficio. Le spese straordinarie dovranno essere documentate e/o concordate.

2.5 Arb-Med e Med-Arb

L'Arb-Med è una procedura che fonde mediazione e arbitrato per motivare le parti a conciliare la lite, garantendo loro però un risultato aggiudicativo nel caso in cui la mediazione fallisse. Le parti svolgono un arbitrato irrituale, il cui lodo rimane segreto e sigillato, sconosciuto alle parti, fino al termine della successiva mediazione. Il lodo arbitrale viene quindi distrutto o conservato - a scelta delle parti - se la mediazione si conclude con la conciliazione, mentre viene applicato se la mediazione fallisce o se una parte omette di eseguire l'accordo conciliativo. Il Mediatore non può essere l'Arbitro che ha giudicato la lite.

La Med-Arb è invece un accordo con cui le parti stabiliscono di negoziare la soluzione di una controversia, obbligandosi a svolgere eventualmente un successivo arbitrato, ove la mediazione fallisse. L'Arbitro può essere lo stesso Mediatore.

2.6 ODR - Risoluzione online delle controversie

Si tratta di una procedura utilizzata specialmente per controversie commerciali e/o finanziarie.

La comunità europea ha un proprio portale utilizzabile per risolvere in via stragiudiziale vertenze relative all'acquisto di un prodotto o di un servizio online. Condizioni necessarie sono che sia l'utente sia il commerciante siano residenti/abbiano sede nell'EU: <https://webgate.ec.europa.eu/odr/>.

¹⁹ Secondo il quale, i difensori sono tenuti a trasmettere, a fini di raccolta dati e monitoraggio, copia dell'accordo raggiunto a seguito di negoziazione al proprio Consiglio dell'ordine ovvero a quello del luogo dove l'accordo stesso è stato concluso.

Al momento, sul sito non sono disponibili organismi di risoluzione delle controversie per alcuni settori e nei seguenti paesi: Croazia, Polonia, Romania, Spagna; in qualità di consumatore, si potrebbe non avere la possibilità di utilizzare tale sito per risolvere una controversia con commercianti di questi paesi.

Occorre scegliere con la controparte, l'organismo di risoluzione per trattare il reclamo, tra quelli proposti sul sito.

Ogni organismo di risoluzione ha le proprie regole e procedure. Generalmente sono più semplici, più veloci e meno costose del ricorso alle vie legali. Si può fare tutto online con 4 passaggi:

1. creazione e invio del reclamo alla controparte;
2. accordo sull'organismo di risoluzione;
3. trattamento del reclamo da parte dell'organismo di risoluzione;
4. soluzione e chiusura del reclamo.

3. COMPETENZE PROFESSIONALI

Come già accennato in precedenza, le competenze professionali possono essere stabilite:

- dall'Organismo cui il professionista è iscritto;
- da un Organismo di riferimento concordato con le parti;
- in base alla nuova tariffa forense: Ministero Della Giustizia Decreto 10 marzo 2014, n. 55 - Regolamento recante la determinazione dei parametri per la liquidazione dei compensi per la professione forense, ai sensi dell'articolo 13, comma 6, della legge 31 dicembre 2012, n. 247. (Pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n.77 del 2/04/2014, in vigore dal 3/04/2014);
- in base al Decreto del Ministero dei lavori pubblici 2 dicembre 2000, n. 398 - solo art.10 e tabella allegata (il resto è stato abrogato dall'art.256 del Decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163);
- dal professionista, con chiara indicazione specifica riportata nella lettera di incarico/contratto; la firma delle parti dovrebbe costituire accettazione degli importi indicati.

APPENDICE

Codice Di Procedura Civile

Libro Quarto: DEI PROCEDIMENTI SPECIALI

Titolo VIII: DELL'ARBITRATO

Capo I: DELLA CONVENZIONE D'ARBITRATO ⁽¹⁾

(1) Capo così modificato dal D.Lgs. n. 40/2006.

Il testo precedente recitava:

"Capo I: DEL COMPROMESSO E DELLA CLAUSOLA COMPROMISSORIA"

Art. 806. ⁽¹⁾ (Controversie arbitrabili)

Le parti possono far decidere da arbitri le controversie tra di loro insorte che non abbiano per oggetto diritti indisponibili, salvo espresso divieto di legge.

Le controversie di cui all'articolo 409 possono essere decise da arbitri solo se previsto dalla legge o nei contratti o accordi collettivi di lavoro.

(1) Articolo così modificato dal D.Lgs. n. 40/2006.

Il testo precedente recitava:

"Art. 806. (Compromesso)

Le parti possono far decidere da arbitri le controversie tra di loro insorte, tranne quelle previste negli articoli 409 e 442, quelle che riguardano questioni di stato e di separazione personale tra coniugi e le altre che non possono formare oggetto di transazione."

Art. 807. ⁽¹⁾ (Compromesso)

Il compromesso deve, a pena di nullità, essere fatto per iscritto e determinare l'oggetto della controversia.

La forma scritta s'intende rispettata anche quando la volontà delle parti è espressa per telegrafo, teletcrivente, telefacsimile o messaggio telematico nel rispetto della normativa, anche regolamentare, concernente la trasmissione e la ricezione dei documenti teletrasmessi.

(1) Articolo così modificato dal D.Lgs. n. 40/2006.

Il testo precedente recitava:

"Art. 807. (Forma del compromesso)

Il compromesso deve, a pena di nullità, essere fatto per iscritto e determinare l'oggetto della controversia.

La forma scritta s'intende rispettata anche quando la volontà delle parti è espressa per telegrafo o teletcrivente.

Al compromesso si applicano le disposizioni che regolano la validità' dei contratti eccedenti l'ordinaria amministrazione."

Art. 808. ⁽¹⁾ (Clausola compromissoria)

Le parti, nel contratto che stipulano o in un atto separato, possono stabilire che le controversie nascenti dal contratto medesimo siano decise da arbitri, purché si tratti di controversie che possono formare oggetto di convenzione d'arbitrato. La clausola compromissoria deve risultare da atto avente la forma richiesta per il compromesso dall'articolo 807.

La validità della clausola compromissoria deve essere valutata in modo autonomo rispetto al contratto al quale si riferisce; tuttavia, il potere di stipulare il contratto comprende il potere di convenire la clausola compromissoria.

(1) Articolo così modificato dal D.Lgs. n. 40/2006.

Il testo precedente recitava:

"Art. 808. (Clausola compromissoria)

Le parti, nel contratto che stipulano o in un atto separato, possono stabilire che le controversie nascenti dal contratto medesimo siano decise da arbitri, purché si tratti di controversie che possono formare oggetto di compromesso. La clausola compromissoria deve risultare da atto avente la forma richiesta per il compromesso ai sensi dell'art. 807, commi 1° e 2°.

Le controversie di cui all'articolo 409 possono essere decise da arbitri solo se ciò sia previsto nei contratti e accordi collettivi di lavoro, purché ciò avvenga, a pena di nullità, senza pregiudizio della facoltà delle parti di adire l'autorità giudiziaria. La clausola compromissoria contenuta in contratti o accordi collettivi o in contratti individuali di lavoro è nulla ove autorizzi gli arbitri a pronunciare secondo equità ovvero dichiarare il lodo non impugnabile.

La validità della clausola compromissoria deve essere valutata in modo autonomo rispetto al contratto al quale si riferisce; tuttavia, il potere di stipulare il contratto comprende il potere di convenire la clausola compromissoria."

808-bis. (1) (Convenzione di arbitrato in materia non contrattuale)

Le parti possono stabilire, con apposita convenzione, che siano decise da arbitri le controversie future relative a uno o più rapporti non contrattuali determinati. La convenzione deve risultare da atto avente la forma richiesta per il compromesso dall'articolo 807.

(1) Articolo aggiunto dal D.Lgs. n. 40/2006.

808-ter. (1) (Arbitrato irrituale)

Le parti possono, con disposizione espressa per iscritto, stabilire che, in deroga a quanto disposto dall'articolo 824-bis, la controversia sia definita dagli arbitri mediante determinazione contrattuale. Altrimenti si applicano le disposizioni del presente titolo.

Il lodo contrattuale è annullabile dal giudice competente secondo le disposizioni del libro I:

1) se la convenzione dell'arbitrato è invalida, o gli arbitri hanno pronunciato su conclusioni che esorbitano dai suoi limiti e la relativa eccezione è stata sollevata nel procedimento arbitrale;

2) se gli arbitri non sono stati nominati con le forme e nei modi stabiliti dalla convenzione arbitrale;

3) se il lodo è stato pronunciato da chi non poteva essere nominato arbitro a norma dell'articolo 812;

4) se gli arbitri non si sono attenuti alle regole imposte dalle parti come condizione di validità del lodo;

5) se non è stato osservato nel procedimento arbitrale il principio del contraddittorio. Al lodo contrattuale non si applica l'articolo 825.

(1) Articolo aggiunto dal D.Lgs. n. 40/2006.

808-quater. (1) (Interpretazione della convenzione d'arbitrato)

Nel dubbio, la convenzione d'arbitrato si interpreta nel senso che la competenza arbitrale si estende a tutte le controversie che derivano dal contratto o dal rapporto cui la convenzione si riferisce.

(1) Articolo aggiunto dal D.Lgs. n. 40/2006.

808-quinquies. (1) (Efficacia della convenzione d'arbitrato)

La conclusione del procedimento arbitrale senza pronuncia sul merito, non toglie efficacia alla convenzione d'arbitrato.

(1) Articolo aggiunto dal D.Lgs. n. 40/2006.

Capo II: DEGLI ARBITRI ⁽¹⁾

(1) Capo così sostituito dal D.Lgs. n. 40/2006.

Art. 809. ⁽¹⁾ (Numero degli arbitri)

Gli arbitri possono essere uno o più, purché in numero dispari.

La convenzione d'arbitrato deve contenere la nomina degli arbitri oppure stabilire il numero di essi e il modo di nominarli.

In caso d'indicazione di un numero pari di arbitri, un ulteriore arbitro, se le parti non hanno diversamente convenuto, è nominato dal presidente del tribunale nei modi previsti dall'articolo 810. Se manca l'indicazione del numero degli arbitri e le parti non si accordano al riguardo, gli arbitri sono tre e, in mancanza di nomina, se le parti non hanno diversamente convenuto, provvede il presidente del tribunale nei modi previsti dall'articolo 810.

(1) Articolo così modificato dal D.Lgs. n. 40/2006.

Il testo precedente recitava:

"Art. 809. (Numero e modo di nomina degli arbitri)

Gli arbitri possono essere uno o più, purché in numero dispari.

Il compromesso o la clausola compromissoria deve contenere la nomina degli arbitri oppure stabilire il numero di essi e il modo di nominarli.

In caso di indicazione di un numero pari di arbitri, l'ulteriore arbitro, se le parti non hanno diversamente convenuto, è nominato dal presidente del tribunale nei modi previsti dall'articolo 810. Qualora manchi l'indicazione del numero degli arbitri e le parti non si accordino a riguardo, gli arbitri sono tre e, in mancanza di nomina, se le parti non hanno diversamente convenuto, provvede il presidente del tribunale nei modi previsti dall'articolo 810."

Art. 810. ⁽¹⁾ (Nomina degli arbitri)

Quando a norma della convenzione d'arbitrato gli arbitri devono essere nominati dalle parti, ciascuna, di esse, con atto notificato per iscritto, rende noto all'altra l'arbitro o gli arbitri che essa nomina, con invito a procedere alla designazione dei propri. La parte, alla quale è rivolto l'invito, deve notificare per iscritto, nei venti giorni successivi, le generalità dell'arbitro o degli arbitri da essa nominati.

In mancanza, la parte che ha fatto l'invito può chiedere, mediante ricorso, che la nomina sia fatta dal presidente del tribunale nel cui circondario è la sede dell'arbitrato. Se le parti non hanno ancora determinato la sede, il ricorso è presentato al presidente del tribunale del luogo in cui è stata stipulata la convenzione di arbitrato oppure, se tale luogo è all'estero, al presidente del tribunale di Roma.

Il presidente del tribunale competente provvede alla nomina richiestagli, se la convenzione d'arbitrato non è manifestamente inesistente o non prevede manifestamente un arbitrato estero.

Le stesse disposizioni si applicano se la nomina di uno o più arbitri è demandata dalla convenzione d'arbitrato all'autorità giudiziaria o se, essendo demandata a un terzo, questi non vi ha provveduto.

(1) Articolo così modificato dal D.Lgs. n. 40/2006.

Il testo precedente recitava:

"Art. 810. (Nomina degli arbitri)

Quando a norma del compromesso o della clausola compromissoria gli arbitri debbono essere nominati dalle parti, ciascuna di esse, con atto notificato a mezzo di ufficiale giudiziario, può rendere noto all'altra l'arbitro o gli arbitri che essa nomina, con invito a procedere alla designazione dei propri. La parte, alla quale è rivolto l'invito, deve notificare, nei venti giorni successivi, le generalità dell'arbitro o degli arbitri da essa nominati.

In mancanza, la parte che ha fatto l'invito può chiedere, mediante ricorso, che la nomina sia fatta dal presidente del tribunale nella cui circoscrizione è la sede dell'arbitrato. Se le parti non hanno ancora determinato tale sede, il ricorso è presentato al presidente del tribunale del luogo in cui è stato stipulato il compromesso o il contratto al quale si riferisce la clausola compromissoria oppure, se tale luogo è all'estero, al presidente del tribunale di Roma. Il presidente, sentita, quando occorre, l'altra parte, provvede con ordinanza non impugnabile.

La stessa disposizione si applica se la nomina di uno o più arbitri sia dal compromesso o dalla clausola compromissoria demandata all'autorità giudiziaria o se, essendo demandata a un terzo, questi non vi abbia provveduto."

Art. 811. (1) (Sostituzione di arbitri)

Quando per qualsiasi motivo vengono a mancare tutti o alcuni degli arbitri nominati, si provvede alla loro sostituzione secondo quanto è stabilito per la loro nomina nella convenzione d'arbitrato. Se la parte a cui spetta o il terzo non vi provvede, o se la convenzione d'arbitrato nulla dispone al riguardo, si applicano le disposizioni dell'articolo precedente.

(1) Articolo così modificato dal D.Lgs. n. 40/2006.

Il testo precedente recitava:

"Art. 811. (Sostituzione di arbitri)

Quando per qualsiasi motivo vengano a mancare tutti o alcuni degli arbitri nominati, si provvede alla loro sostituzione secondo quanto è stabilito per la loro nomina nel compromesso o nella clausola compromissoria. Se la parte a cui spetta o il terzo non vi provvede o se il compromesso o la clausola compromissoria nulla dispongono al riguardo, si applicano le disposizioni dell'articolo precedente."

Art. 812. (1) (Incapacità di essere arbitro)

Non può essere arbitro chi è privo, in tutto o in parte, della capacità legale di agire.

(1) Articolo così modificato dal D.Lgs. n. 40/2006.

Il testo precedente recitava:

"Art. 812. (Capacità di essere arbitro)

Gli arbitri possono essere sia cittadini italiani sia stranieri.

Non possono essere arbitri i minori, gli interdetti, gli inabilitati, i falliti, e coloro che sono sottoposti a interdizione dai pubblici uffici."

Art. 813. (1) (Accettazione degli arbitri)

L'accettazione degli arbitri deve essere data per iscritto e può risultare dalla sottoscrizione del compromesso o del verbale della prima riunione.

Agli arbitri non compete la qualifica di pubblico ufficiale o di incaricato di un pubblico servizio.

(1) Articolo così modificato dal D.Lgs. n. 40/2006.

Il testo precedente recitava:

"Art. 813. (Accettazione e obblighi degli arbitri)

L'accettazione degli arbitri deve essere data per iscritto e può risultare dalla sottoscrizione del compromesso.

Gli arbitri debbono pronunciare il lodo entro il termine stabilito dalle parti o dalla legge; in mancanza, nel caso di annullamento del lodo per questo motivo, sono tenuti al risarcimento dei danni. Sono egualmente tenuti al risarcimento dei danni se dopo l'accettazione rinunciano all'incarico senza giustificato motivo.

Se le parti non hanno diversamente convenuto, l'arbitro che omette o ritarda di compiere un atto relativo alle sue funzioni, può essere sostituito d'accordo tra le parti o dal terzo a ciò incaricato dal compromesso o dalla clausola compromissoria. In mancanza, decorso il termine di quindici giorni da apposita diffida comunicata per mezzo di lettera raccomandata all'arbitro per ottenere l'atto, ciascuna delle parti può proporre ricorso al presidente del tribunale nella cui circoscrizione è la sede dell'arbitrato. Il presidente, sentite le parti, provvede con ordinanza non impugnabile e, ove accerti l'omissione o il ritardo, dichiara la decadenza dell'arbitro e provvede alla sua sostituzione."

813-bis. (1) (Decadenza degli arbitri)

Se le parti non hanno diversamente convenuto, l'arbitro che omette, o ritarda di compiere un atto relativo alle sue funzioni, può essere sostituito d'accordo tra le parti o dal terzo a ciò incaricato dalla convenzione d'arbitrato. In mancanza, decorso il termine di quindici giorni da apposita diffida comunicata per mezzo di lettera raccomandata all'arbitro per ottenere l'atto, ciascuna delle parti può proporre ricorso al presidente del tribunale a norma dell'articolo 810, secondo comma. Il presidente, sentiti gli arbitri e le parti, provvede con ordinanza non impugnabile e, se accerta l'omissione o il ritardo, dichiara la decadenza dell'arbitro e provvede alla sua sostituzione.

(1) Articolo aggiunto dal D.Lgs. n. 40/2006.

813-ter. (1) (Responsabilità degli arbitri)

Risponde dei danni cagionati alle parti l'arbitro che:

- 1) con dolo o colpa grave ha ommesso o ritardato atti dovuti ed è stato perciò dichiarato decaduto, ovvero ha rinunciato all'incarico senza giustificato motivo;
- 2) con dolo o colpa grave ha ommesso o impedito la pronuncia del lodo entro il termine fissato a norma degli articoli 820 o 826.

Fuori dai precedenti casi, gli arbitri rispondono esclusivamente per dolo o colpa grave entro i limiti previsti dall'articolo 2, commi 2 e 3, della legge 13 aprile 1988, n. 117.

L'azione di responsabilità può essere proposta in pendenza del giudizio arbitrale soltanto nel caso previsto dal primo comma, n. 1).

Se è stato pronunciato il lodo, l'azione di responsabilità può essere proposta soltanto dopo l'accoglimento dell'impugnazione con sentenza. passata in giudicato e per i motivi per cui l'impugnazione è stata accolta.

Se la responsabilità non dipende da dolo dell'arbitro, la misura del risarcimento non può superare una somma pari al triplo del compenso convenuto o, in mancanza di determinazione convenzionale, pari al triplo del compenso previsto dalla tariffa applicabile. Nei casi di responsabilità dell'arbitro il corrispettivo e il rimborso delle spese non gli sono dovuti o, nel caso di nullità parziale del lodo, sono soggetti a riduzione.

Ciascun arbitro risponde solo del fatto proprio.

(1) Articolo aggiunto dal D.Lgs. n. 40/2006.

Art. 814. (1) (Diritti degli arbitri)

Gli arbitri hanno diritto al rimborso delle spese e all'onorario per l'opera prestata, se non vi hanno rinunciato al momento dell'accettazione o con atto scritto successivo. Le parti sono tenute solidalmente al pagamento, salvo rivalsa tra loro.

Quando gli arbitri provvedono direttamente alla liquidazione delle spese e dell'onorario, tale liquidazione non è vincolante per le parti se esse non l'accettano. In tal caso l'ammontare delle spese e dell'onorario è determinato con ordinanza dal presidente del tribunale indicato nell'articolo 810, secondo comma, su ricorso degli arbitri e sentite le parti.

L'ordinanza è titolo esecutivo contro le parti ed è soggetta a reclamo a norma dell'articolo 825, quarto comma. Si applica l'articolo 830, quarto comma.

(1) Articolo così modificato dal D.Lgs. n. 40/2006.

Il testo precedente recitava:

"Art. 814. (Diritti degli arbitri)

Gli arbitri hanno diritto al rimborso delle spese e all'onorario per l'opera prestata, salvo che vi abbiano rinunciato al momento dell'accettazione o con atto scritto successivo. Le parti sono tenute solidalmente al pagamento, salvo rivalsa tra loro.

Quando gli arbitri provvedono direttamente alla liquidazione delle spese e dell'onorario, tale liquidazione non è vincolante per le parti se esse non l'accettano. In tal caso l'ammontare delle spese e dell'onorario è determinato con ordinanza non impugnabile dal presidente del tribunale indicato nell'articolo 810 secondo comma, su ricorso degli arbitri e sentite le parti.

L'ordinanza è titolo esecutivo contro le parti."

Art. 815. (1) (Ricusazione degli arbitri)

Un arbitro può essere ricusato:

- 1) se non ha le qualifiche espressamente convenute dalle parti;
- 2) se egli stesso, o un ente, associazione o società di cui sia amministratore, ha interesse nella causa;
- 3) se egli stesso o il coniuge è parente fino al quarto grado o è convivente o commensale abituale di una delle parti, di un rappresentante legale di una delle parti, o di alcuno dei difensori;
- 4) se egli stesso o il coniuge ha causa pendente o grave inimicizia con una delle parti, con un suo rappresentante legale, o con alcuno dei suoi difensori;
- 5) se è legato ad una delle parti, a una società da questa controllata, al soggetto che la controlla, o a società sottoposta a comune controllo, da un rapporto di lavoro subordinato o da un rapporto continuativo di consulenza o di prestazione d'opera retribuita, ovvero da altri rapporti di natura patrimoniale o associativa che ne compromettono l'indipendenza; inoltre, se è tutore o curatore di una delle parti;
- 6) se ha prestato consulenza, assistenza o difesa ad una delle parti in una precedente fase della vicenda o vi ha depresso come testimone.

Una parte non può ricusare l'arbitro che essa ha nominato o contribuito a nominare se non per motivi conosciuti dopo la nomina.

La ricusazione è proposta mediante ricorso al presidente del tribunale indicato nell'articolo 810, secondo comma, entro il termine perentorio di dieci giorni dalla notificazione della nomina o dalla sopravvenuta conoscenza della causa di ricusazione. Il presidente pronuncia

con ordinanza non impugnabile, sentito l'arbitro ricusato e le parti e assunte, quando occorre, sommarie informazioni.

Con ordinanza il presidente provvede sulle spese. Nel caso di manifesta inammissibilità o manifesta infondatezza dell'istanza di ricusazione condanna la parte che l'ha proposta al pagamento, in favore dell'altra parte, di una somma equitativamente determinata non superiore al triplo del massimo del compenso spettante all'arbitro singolo in base alla tariffa forense.

La proposizione dell'istanza di ricusazione non sospende il procedimento arbitrale, salvo diversa determinazione degli arbitri. Tuttavia, se l'istanza è accolta, l'attività compiuta dall'arbitro ricusato o con il suo concorso è inefficace.

(1) Articolo così modificato dal D.Lgs. n. 40/2006.

Il testo precedente recitava:

"Art. 815. (Ricusazione degli arbitri)

La parte può ricusare l'arbitro, che essa non ha nominato, per i motivi indicati nell'articolo 51.

La ricusazione è proposta mediante ricorso al presidente del tribunale indicato nell'articolo 810, secondo comma, entro il termine perentorio di dieci giorni dalla notificazione della nomina o dalla sopravvenuta conoscenza della causa di ricusazione. Il presidente pronuncia con ordinanza non impugnabile, sentito l'arbitro ricusato e assunte, quando occorre, sommarie informazioni."

Capo III: DEL PROCEDIMENTO ⁽¹⁾

(1) Capo così sostituito dal D.Lgs. n. 40/2006.

Art. 816. ⁽¹⁾ (Sede dell'arbitrato)

Le parti determinano la sede dell'arbitrato nel territorio della Repubblica; altrimenti provvedono gli arbitri.

Se le parti e gli arbitri non hanno determinato la sede dell'arbitrato, questa è nel luogo in cui è stata stipulata la convenzione di arbitrato. Se tale luogo non si trova nel territorio nazionale, la sede è a Roma.

Se la convenzione d'arbitrato non dispone diversamente, gli arbitri possono tenere udienza, compiere atti istruttori, deliberare ed apporre le loro sottoscrizioni al lodo anche in luoghi diversi dalla sede dell'arbitrato ed anche all'estero.

(1) Articolo così modificato dal D.Lgs. n. 40/2006.

Il testo precedente recitava:

"Art. 816. (Svolgimento del procedimento)

Le parti determinano la sede dell'arbitrato nel territorio della Repubblica; altrimenti provvedono gli arbitri nella loro prima riunione.

Le parti possono stabilire nel compromesso, nella clausola compromissoria o con atto scritto separato, purché anteriore all'inizio del giudizio arbitrale, le norme che gli arbitri debbono osservare nel procedimento.

In mancanza di tali norme gli arbitri hanno facoltà di regolare lo svolgimento del giudizio nel modo che ritengono più opportuno.

Essi debbono in ogni caso assegnare alle parti i termini per presentare documenti e memorie, e per esporre le loro repliche.

Gli atti di istruzione possono essere delegati dagli arbitri ad uno di essi.

Su tutte le questioni che si presentano nel corso del procedimento gli arbitri provvedono

con ordinanza non soggetta a deposito e revocabile tranne che nel caso previsto nell'articolo 819."

816-bis. ⁽¹⁾ (Svolgimento del procedimento)

Le parti possono stabilire nella convenzione d'arbitrato, o con atto scritto separato, purché anteriore all'inizio del giudizio arbitrale, le norme che gli arbitri debbono osservare nel procedimento e la lingua dell'arbitrato. In mancanza di tali norme gli arbitri hanno facoltà di regolare lo svolgimento del giudizio e determinare la lingua dell'arbitrato nel modo che ritengono più opportuno. Essi debbono in ogni caso attuare il principio del contraddittorio, concedendo alle parti ragionevoli ed equivalenti possibilità di difesa. Le parti possono stare in arbitrato per mezzo di difensori. In mancanza di espressa limitazione, la procura al difensore si estende a qualsiasi atto processuale, ivi compresa la rinuncia agli atti e la determinazione o proroga del termine per la pronuncia del lodo. In ogni caso, il difensore può essere destinatario della comunicazione della notificazione del lodo e della notificazione della sua impugnazione.

Le parti o gli altri arbitri possono autorizzare il presidente del collegio arbitrale a deliberare le ordinanze circa lo svolgimento del procedimento.

Su tutte le questioni che si presentano nel corso del procedimento gli arbitri, se non ritengono di provvedere con lodo non definitivo, provvedono con ordinanza revocabile non soggetta a deposito.

(1) Articolo aggiunto dal D.Lgs. n. 40/2006.

816-ter. ⁽¹⁾ (Istruzione probatoria)

L'istruttoria o singoli atti di istruzione possono essere delegati dagli arbitri ad uno di essi.

Gli arbitri possono assumere direttamente presso di sé la testimonianza, ovvero deliberare di assumere la deposizione del testimone, ove questi vi consenta, nella sua abitazione o nel suo ufficio. Possono altresì deliberare di assumere la deposizione richiedendo al testimone di fornire per iscritto risposte a quesiti nel termine che essi stessi stabiliscono.

Se un testimone rifiuta di comparire davanti agli arbitri, questi, quando lo ritengono opportuno secondo le circostanze, possono richiedere al presidente del tribunale della sede dell'arbitrato, che ne ordini la comparizione davanti a loro.

Nell'ipotesi prevista dal precedente comma il termine per la pronuncia del lodo è sospeso dalla data dell'ordinanza alla data dell'udienza fissata per l'assunzione della testimonianza. Gli arbitri possono farsi assistere da uno o più consulenti tecnici. Possono essere nominati consulenti tecnici sia persone fisiche, sia enti.

Gli arbitri possono chiedere alla pubblica amministrazione le informazioni scritte relative ad atti e documenti dell'amministrazione stessa, che è necessario acquisire al giudizio.

(1) Articolo aggiunto dal D.Lgs. n. 40/2006.

816-quater. ⁽¹⁾ (Pluralità di parti)

Qualora più di due parti siano vincolate dalla stessa convenzione d'arbitrato, ciascuna parte può convenire tutte o alcune delle altre nel medesimo procedimento arbitrale se la convenzione d'arbitrato devolve a un terzo la nomina degli arbitri, se gli arbitri sono nominati con l'accordo di tutte le parti, ovvero se le altre parti, dopo che la prima ha nominato l'arbitro o gli arbitri, nominano d'accordo un ugual numero di arbitri o ne affidano a un terzo la nomina.

Fuori dei casi previsti nel precedente comma il procedimento iniziato da una parte nei confronti di altre si scinde in tanti procedimenti quante sono queste ultime.

Se non si verifica l'ipotesi prevista nel primo comma e si versa in caso di litisconsorzio necessario, l'arbitrato è improcedibile.

(1) Articolo aggiunto dal D.Lgs. n. 40/2006.

816-quinquies. (1) (Intervento di terzi e successione nel diritto controverso)

L'intervento volontario o la chiamata in arbitrato di un terzo sono ammessi solo con l'accordo del terzo e delle parti e con il consenso degli arbitri.

Sono sempre ammessi l'intervento previsto dal secondo comma dell'articolo 105 e l'intervento del litisconsorte necessario.

Si applica l'articolo 111.

(1) Articolo aggiunto dal D.Lgs. n. 40/2006.

816-sexies. (1) (Morte, estinzione o perdita di capacità della parte)

Se la parte viene meno per morte o altra causa, ovvero perde la capacità legale, gli arbitri assumono le misure idonee a garantire l'applicazione del contraddittorio ai fini della prosecuzione del giudizio. Essi possono sospendere il procedimento.

Se nessuna delle parti ottempera alle disposizioni degli arbitri per la prosecuzione del giudizio, gli arbitri possono rinunciare all'incarico.

(1) Articolo aggiunto dal D.Lgs. n. 40/2006.

816-septies. (1) (Anticipazione delle spese)

Gli arbitri possono subordinare la prosecuzione del procedimento al versamento anticipato delle spese prevedibili. Salvo diverso accordo delle parti, gli arbitri determinano la misura dell'anticipazione a carico di ciascuna parte.

Se una delle parti non presta l'anticipazione richiestale, l'altra può anticipare la totalità delle spese. Se le parti non provvedono all'anticipazione nel termine fissato dagli arbitri, non sono più vincolate alla convenzione di arbitrato con riguardo alla controversia che ha dato origine al procedimento arbitrale.

(1) Articolo aggiunto dal D.Lgs. n. 40/2006.

Art. 817. (1) (Eccezione d'incompetenza)

Se la validità, il contenuto o l'ampiezza della convenzione d'arbitrato o la regolare costituzione degli arbitri sono contestate nel corso dell'arbitrato, gli arbitri decidono sulla propria competenza.

Questa disposizione si applica anche se i poteri degli arbitri sono contestati in qualsiasi sede per qualsiasi ragione sopravvenuta nel corso del procedimento. La parte che non eccepisce nella prima difesa successiva all'accettazione degli arbitri l'incompetenza di questi per inesistenza, invalidità o inefficacia della convenzione d'arbitrato, non può per questo motivo impugnare il lodo, salvo il caso di controversia non arbitrabile.

La parte, che non eccepisce nel corso dell'arbitrato che le conclusioni delle altre parti esorbitano dai limiti della convenzione arbitrale, non può, per questo motivo, impugnare il lodo.

(1) Articolo così modificato dal D.Lgs. n. 40/2006.

Il testo precedente recitava:

"Art. 817. (Eccezione d'incompetenza)

La parte, che non eccepisce nel corso del procedimento arbitrale che le conclusioni delle altre parti esorbitano dai limiti del compromesso o della clausola compromissoria, non può, per questo motivo, impugnare di nullità il lodo."

817-bis. (1) (Compensazione)

Gli arbitri sono competenti a conoscere dell'eccezione di compensazione, nei limiti del valore della domanda, anche se il controcredito non è compreso nell'ambito della convenzione di arbitrato.

(1) Articolo aggiunto dal D.Lgs. n. 40/2006.

Art. 818. (1) (Provvedimenti cautelari)

Gli arbitri non possono concedere sequestri, né altri provvedimenti cautelari, salva diversa disposizione di legge.

(1) Articolo così modificato dal D.Lgs. n. 40/2006.

Il testo precedente recitava:

"Art. 818. (Provvedimenti cautelari)

Gli arbitri non possono concedere sequestri, né altri provvedimenti cautelari.

Il giudice, che ha concesso un sequestro relativamente a una controversia compromessa in arbitri, pronuncia anche sulla convalida di esso, senza pregiudizio della causa di merito.

Lo stesso giudice, quando è intervenuta la pronuncia degli arbitri, provvede all'eventuale revoca del sequestro."

Art. 819. (1) (Questioni pregiudiziali di merito)

Gli arbitri risolvono senza autorità di giudicato tutte le questioni rilevanti per la decisione della controversia, anche se vertono su materie che non possono essere oggetto di convenzione di arbitrato, salvo che debbano essere decise con efficacia di giudicato per legge.

Su domanda di parte, le questioni pregiudiziali sono decise con efficacia di giudicato se vertono su materie che possono essere oggetto di convenzione di arbitrato. Se tali questioni non sono comprese nella convenzione di arbitrato, la decisione con efficacia di giudicato è subordinata alla richiesta di tutte le parti.

(1) Articolo così modificato dal D.Lgs. n. 40/2006.

Il testo precedente recitava:

"Art. 819. (Questioni incidentali)

Se nel corso del procedimento sorge una questione che per legge non può costituire oggetto di giudizio arbitrale, gli arbitri, qualora ritengano che il giudizio ad essi affidato dipende dalla definizione di tale questione, sospendono il procedimento.

Fuori di tali ipotesi gli arbitri decidono tutte le questioni insorte nel giudizio arbitrale.

Nel caso previsto dal primo comma il termine stabilito nell'articolo 820 resta sospeso fino al giorno in cui una delle parti notifichi agli arbitri la sentenza passata in giudicato che ha deciso la causa incidentale; ma se il termine che resta a decorrere ha una durata inferiore a sessanta giorni, è prorogato di diritto fino a raggiungere i sessanta giorni."

Art. 819-bis. (1) (Sospensione del procedimento arbitrale)

Ferma l'applicazione dell'articolo 816-sexies, gli arbitri sospendono il procedimento arbitrale con ordinanza motivata nei seguenti casi:

- 1) quando il processo dovrebbe essere sospeso a norma del comma terzo dell'articolo 75 del codice di procedura penale, se la controversia fosse pendente davanti all'autorità giudiziaria;
- 2) se sorge questione pregiudiziale su materia che non può essere oggetto di convenzione d'arbitrato e per legge deve essere decisa con autorità di giudicato;
- 3) quando rimettono alla Corte costituzionale una questione di legittimità costituzionale ai sensi dell'articolo 23 della legge 11 marzo 1953, n. 87.

Se nel procedimento arbitrale è invocata l'autorità di una sentenza e questa è impugnata, si applica il secondo comma dell'articolo 337.

Una volta disposta la sospensione, il procedimento si estingue se nessuna parte deposita presso gli arbitri istanza di prosecuzione entro il termine fissato dagli arbitri stessi o, in difetto, entro un anno dalla cessazione della causa di sospensione. Nel caso previsto dal primo comma, numero 2), il procedimento si estingue altresì se entro novanta giorni dall'ordinanza di sospensione nessuna parte deposita presso gli arbitri copia autentica dell'atto con il quale la controversia sulla questione pregiudiziale è proposta davanti all'autorità giudiziaria.

(1) Articolo così modificato dal D.Lgs. n. 40/2006.

Il testo precedente recitava:

"Art. 819-bis. (Connessione)

La competenza degli arbitri non è esclusa dalla connessione tra la controversia ad essi deferita ed una causa pendente dinanzi al giudice."

Art. 819-ter. ⁽¹⁾ (Rapporti tra arbitri e autorità giudiziaria)

La competenza degli arbitri non è esclusa dalla pendenza della stessa causa davanti al giudice, né dalla connessione tra la controversia ad essi deferita ed una causa pendente davanti al giudice. La sentenza, con la quale il giudice afferma o nega la propria competenza in relazione a una convenzione d'arbitrato, è impugnabile a norma degli articoli 42 e 43. L'eccezione di incompetenza del giudice in ragione della convenzione di arbitrato deve essere proposta, a pena di decadenza, nella comparsa di risposta. La mancata proposizione dell'eccezione esclude la competenza arbitrale limitatamente alla controversia decisa in quel giudizio.

Nei rapporti tra arbitrato e processo non si applicano regole corrispondenti agli articoli 44, 45, 48, 50 e 295.⁽²⁾

In pendenza del procedimento arbitrale non possono essere proposte domande giudiziali aventi ad oggetto l'invalidità o inefficacia della convenzione d'arbitrato.

(1) Articolo così modificato dal D.Lgs. n. 40/2006.

Il testo precedente recitava:

"Art. 819-ter. (Assunzione delle testimonianze)

Gli arbitri possono assumere direttamente presso di sé la testimonianza, ovvero deliberare di assumere la deposizione del testimone, ove questi vi consenta, nella sua abitazione o nel suo ufficio. Possono altresì deliberare di assumere la deposizione richiedendo al testimone di fornire per iscritto risposte a quesiti nel termine che essi stessi stabiliscono."

(2) La Corte costituzionale, con sentenza 16-19 luglio 2013, n. 223 (Gazz. Uff. 24 luglio 2013, n. 30 - Prima serie speciale), ha dichiarato l'illegittimità costituzionale del presente comma nella parte in cui esclude l'applicabilità, ai rapporti tra arbitrato e processo, di regole corrispondenti all'articolo 50 del presente codice.

Capo IV: DEL LODO ⁽¹⁾

(1) Capo così sostituito dal D.Lgs. n. 40/2006.

Art. 820. ⁽¹⁾ (Termine per la decisione)

Le parti possono, con la convenzione di arbitrato o con accordo anteriore all'accettazione degli arbitri, fissare un termine per la pronuncia del lodo.

Se non è stato fissato un termine per la pronuncia del lodo, gli arbitri debbono pronunciare il lodo nel termine di duecentoquaranta giorni dall'accettazione della nomina.

In ogni caso il termine può essere prorogato:

- a) mediante dichiarazioni scritte di tutte le parti indirizzate agli arbitri;
 - b) dal presidente del tribunale indicato nell'articolo 810, secondo comma, su istanza motivata di una delle parti o degli arbitri; l'istanza può essere proposta fino alla scadenza del termine. In ogni caso il termine può essere prorogato solo prima della scadenza.
- Se le parti non hanno disposto diversamente, il termine è prorogato di centottanta giorni nei casi seguenti e per non più di una volta nell'ambito di ciascuno di essi:

- a) se debbono essere assunti mezzi di prova;
- b) se è disposta consulenza tecnica d'ufficio;
- c) se è pronunciato un lodo non definitivo o un lodo parziale;
- d) se è modificata la composizione del collegio arbitrale o è sostituito l'arbitro unico. Il termine per la pronuncia del lodo è sospeso durante la sospensione del procedimento. In ogni caso, dopo la ripresa del procedimento, il termine residuo, se inferiore, è esteso a novanta giorni.

(1) Articolo così modificato dal D.Lgs. n. 40/2006.

Il testo precedente recitava:

"Art. 820. (Termini per la decisione)

Se le parti non hanno disposto altrimenti, gli arbitri debbono pronunciare il lodo nel termine di centottanta giorni dall'accettazione della nomina. Se gli arbitri sono più e l'accettazione non è avvenuta contemporaneamente da parte di tutti, il termine decorre dall'ultima accettazione. Il termine è sospeso quando è proposta istanza di ricasazione e fino alla pronuncia su di essa, ed è interrotto quando occorre procedere alla sostituzione degli arbitri.

Quando debbono essere assunti mezzi di prova o sia stato pronunciato lodo non definitivo, gli arbitri possono prorogare per una sola volta il termine e per non più di centottanta giorni.

Nel caso di morte di una delle parti il termine è prorogato di trenta giorni.

Le parti, d'accordo, possono consentire con atto scritto la proroga del termine."

Art. 821. (1) (Rilevanza del decorso del termine)

Il decorso del termine indicato nell'articolo precedente non può essere fatto valere come causa di nullità del lodo se la parte, prima della deliberazione del lodo risultante dal dispositivo sottoscritto dalla maggioranza degli arbitri, non abbia notificato alle altre parti e agli arbitri che intende far valere la loro decadenza.

Se la parte fa valere la decadenza degli arbitri, questi, verificato il decorso del termine, dichiarano estinto il procedimento.

(1) Articolo così modificato dal D.Lgs. n. 40/2006.

Il testo precedente recitava:

"Art. 821. (Rilevanza del decorso del termine)

Il decorso del termine indicato nell'articolo precedente non può essere fatto valere come causa di nullità del lodo se la parte, prima della deliberazione del lodo risultante dal dispositivo sottoscritto dalla maggioranza degli arbitri, non abbia notificato alle altre parti e agli arbitri che intende far valere la loro decadenza."

Art. 822. (1) (Norme per la deliberazione)

Gli arbitri decidono secondo le norme di diritto, salvo che le parti abbiano disposto con qualsiasi espressione che gli arbitri pronunciano secondo equità.

(1) Articolo così modificato dal D.Lgs. n. 40/2006.

Il testo precedente recitava:

"Art. 822. (Norme per la deliberazione)

Gli arbitri decidono secondo le norme di diritto, salvo che le parti li abbiano autorizzati con qualsiasi espressione a pronunciare secondo equità."

Art. 823. (1) (Deliberazione e requisiti del lodo)

Il lodo è deliberato a maggioranza di voti con la partecipazione di tutti gli arbitri ed è quindi redatto per iscritto. Ciascun arbitro può chiedere che il lodo, o una parte di esso, sia deliberato dagli arbitri riuniti in conferenza personale.

Il lodo deve contenere:

- 1) il nome degli arbitri;
- 2) l'indicazione della sede dell'arbitrato;
- 3) l'indicazione delle parti;
- 4) l'indicazione della convenzione di arbitrato e delle conclusioni delle parti;
- 5) l'esposizione sommaria dei motivi;
- 6) il dispositivo;
- 7) la sottoscrizione degli arbitri. La sottoscrizione della maggioranza degli arbitri è sufficiente, se accompagnata dalla dichiarazione che esso è stato deliberato con la partecipazione di tutti e che gli altri non hanno voluto o non hanno potuto sottoscriverlo;
- 8) la data delle sottoscrizioni.

(1) Articolo così modificato dal D.Lgs. n. 40/2006.

Il testo precedente recitava:

"Art. 823. (Deliberazione e requisiti del lodo)

Il lodo è deliberato a maggioranza di voti dagli arbitri riuniti in conferenza personale ed è quindi redatto per iscritto.

Esso deve contenere:

- 1) l'indicazione delle parti;*
- 2) l'indicazione dell'atto di compromesso o della clausola compromissoria e dei requisiti relativi;*
- 3) l'esposizione sommaria dei motivi;*
- 4) il dispositivo;*
- 5) l'indicazione della sede dell'arbitrato e del luogo o del modo in cui è stato deliberato;*
- 6) la sottoscrizione di tutti gli arbitri, con l'indicazione del giorno, mese ed anno in cui è apposta; la sottoscrizione può avvenire anche in luogo diverso da quello della deliberazione ed anche all'estero; se gli arbitri sono più di uno, le varie sottoscrizioni, senza necessità di ulteriore conferenza personale, possono avvenire in luoghi diversi.*

Tuttavia è valido il lodo sottoscritto dalla maggioranza degli arbitri, purché si dia atto che esso è stato deliberato in conferenza personale di tutti, con l'espressa dichiarazione che gli altri non hanno voluto o non hanno potuto sottoscriverlo.

Il lodo ha efficacia vincolante tra le parti dalla data della sua ultima sottoscrizione."

Art. 824. (1) (Originali e copie del lodo)

Gli arbitri redigono il lodo in uno o più originali. Gli arbitri danno comunicazione del lodo a ciascuna parte mediante consegna di un originale, o di una copia attestata conforme dagli stessi arbitri, anche con spedizione in plico raccomandato, entro dieci giorni dalla sottoscrizione del lodo.

(1) Articolo così modificato dal D.Lgs. n. 40/2006.

Il testo precedente recitava:

"Art. 824. (Luogo di pronuncia)

Il lodo deve essere pronunciato nel territorio della Repubblica."

824-bis. (1) (Efficacia del lodo)

Salvo quanto disposto dall'articolo 825, il lodo ha dalla data della sua ultima sottoscrizione gli effetti della sentenza pronunciata dall'autorità giudiziaria.

(1) Articolo aggiunto dal D.Lgs. n. 40/2006.

Art. 825. (1) (Deposito del lodo)

La parte che intende fare eseguire il lodo nel territorio della Repubblica ne propone istanza depositando il lodo in originale, o in copia conforme, insieme con l'atto contenente la convenzione di arbitrato, in originale o in copia conforme, nella cancelleria del tribunale nel cui circondario è la sede dell'arbitrato. Il tribunale, accertata la regolarità formale del lodo, lo dichiara esecutivo con decreto. Il lodo reso esecutivo è soggetto a trascrizione o annotazione, in tutti i casi nei quali sarebbe soggetta a trascrizione o annotazione la sentenza avente il medesimo contenuto.

Del deposito e del provvedimento del tribunale è data notizia dalla cancelleria alle parti nei modi stabiliti dell'articolo 133, secondo comma.

Contro il decreto che nega o concede l'esecutorietà del lodo, è ammesso reclamo mediante ricorso alla corte d'appello, entro trenta giorni dalla comunicazione; la corte, sentite le parti, provvede in camera di consiglio con ordinanza.

(1) Articolo così modificato dal D.Lgs. n. 40/2006.

Il testo precedente recitava:

"Art. 825. (Deposito del lodo)

Gli arbitri redigono il lodo in tanti originali quante sono le parti e ne danno comunicazione a ciascuna parte, mediante consegna di un originale, anche con spedizione in plico raccomandato, entro dieci giorni dalla data dell'ultima sottoscrizione.

La parte che intende fare eseguire il lodo nel territorio della Repubblica è tenuta a depositarlo in originale o in copia conforme, insieme con l'atto di compromesso o con l'atto contenente la clausola compromissoria o con documento equipollente, in originale o in copia conforme, nella cancelleria della pretura nella cui circoscrizione è la sede dell'arbitrato.

Il pretore, accertata la regolarità formale del lodo, lo dichiara esecutivo con decreto. Il lodo reso esecutivo è soggetto a trascrizione, in tutti i casi nei quali sarebbe soggetta a trascrizione la sentenza avente il medesimo contenuto.

Del deposito e del provvedimento del pretore è data notizia dalla cancelleria alle parti nei modi stabiliti nell'articolo 133, secondo comma.

Contro il decreto del pretore che nega l'esecutorietà del lodo è ammesso reclamo mediante ricorso al tribunale, entro trenta giorni dalla comunicazione; il tribunale, sentite le parti, provvede in camera di consiglio con ordinanza non impugnabile."

Art. 826. (1) (Correzione del lodo)

Ciascuna parte può chiedere agli arbitri entro un anno dalla comunicazione del lodo:

- a) di correggere nel testo del lodo omissioni o errori materiali o di calcolo, anche se hanno determinato una divergenza fra i diversi originali del lodo pure se relativa alla sottoscrizione degli arbitri;
- b) di integrare il lodo con uno degli elementi indicati nell'articolo 823, numeri 1), 2), 3), 4).

Gli arbitri, sentite le parti, provvedono entro il termine di sessanta giorni. Della correzione è data comunicazione alle parti a norma dell'articolo 824.

Se gli arbitri non provvedono, l'istanza di correzione è proposta al tribunale nel cui circondario ha sede l'arbitrato.

Se il lodo è stato depositato, la correzione è richiesta al tribunale del luogo in cui è stato depositato. Si applicano le disposizioni dell'articolo 288, in quanto compatibili. Alla correzione può provvedere anche il giudice di fronte al quale il lodo è stato impugnato o fatto valere.

(1) Articolo così modificato dal D.Lgs. n. 40/2006.

Il testo precedente recitava:

"Art. 826 (Correzione del lodo)

Il lodo può essere corretto, su istanza di parte, dagli stessi arbitri che lo hanno pronunciato, qualora questi siano incorsi in omissioni o in errori materiali o di calcolo. Gli arbitri, sentite le parti, provvedono entro venti giorni. Del provvedimento è data comunicazione alle parti, anche con spedizione in plico raccomandato, entro 10 dieci giorni dalla data dell'ultima sottoscrizione.

Se il lodo è già stato depositato, la correzione è richiesta al pretore del luogo in cui lo stesso è depositato. Si applica le disposizioni dell'art. 288 in quanto compatibili."

Capo V: DELLE IMPUGNAZIONI ⁽¹⁾

(1) Capo così sostituito dal D.Lgs. n. 40/2006.

Art. 827. ⁽¹⁾ (Mezzi di impugnazione)

Il lodo è soggetto all'impugnazione per nullità, per revocazione e per opposizione di terzo.

I mezzi d'impugnazione possono essere proposti indipendentemente dal deposito del lodo.

Il lodo che decide parzialmente il merito della controversia è immediatamente impugnabile, ma il lodo che risolve alcune delle questioni insorte senza definire il giudizio arbitrale è impugnabile solo unitamente al lodo definitivo.

(1) Articolo così modificato dal D.Lgs. n. 40/2006.

Il testo precedente recitava:

"Art. 827. (Mezzi di impugnazione)

Il lodo è soggetto soltanto all'impugnazione per nullità, per revocazione o per opposizione di terzo.

I mezzi di impugnazione possono essere proposti indipendentemente dal deposito del lodo.

Il lodo che decide parzialmente il merito della controversia è immediatamente impugnabile, ma il lodo che risolve alcune delle questioni insorte senza definire il giudizio arbitrale è impugnabile solo unitamente al lodo definitivo."

Art. 828. ⁽¹⁾ (Impugnazione per nullità)

L'impugnazione per nullità si propone, nel termine di novanta giorni dalla notificazione del lodo, davanti alla corte d'appello nel cui distretto è la sede dell'arbitrato.

L'impugnazione non è più proponibile decorso un anno dalla data dell'ultima sottoscrizione.

L'istanza per la correzione del lodo non sospende il termine per l'impugnazione; tuttavia il lodo può essere impugnato relativamente alle parti corrette nei termini ordinari, a decorrere dalla comunicazione dell'atto di correzione.

(1) Articolo così modificato dal D.Lgs. n. 40/2006.

Il testo precedente recitava:

"Art. 828. (Impugnazione per nullità)

L'impugnazione per nullità si propone, nel termine di novanta giorni dalla notificazione del lodo, davanti alla corte d'appello nella cui circoscrizione è la sede dell'arbitrato.

L'impugnazione non è più proponibile decorso un anno dalla data dell'ultima sottoscrizione.

L'istanza per la correzione del lodo non sospende il termine per l'impugnazione; tuttavia il lodo può essere impugnato relativamente alle parti corrette nei termini ordinari, a decorrere dalla notificazione della pronuncia di correzione."

Art. 829. (1) (Casi di nullità)

L'impugnazione per nullità è ammessa, nonostante qualunque preventiva rinuncia, nei casi seguenti:

- 1) se la convenzione d'arbitrato è invalida, ferma la disposizione dell'articolo 817, terzo comma;
- 2) se gli arbitri non sono stati nominati con le forme e nei modi prescritti nei capi II e VI del presente titolo, purché la nullità sia stata dedotta nel giudizio arbitrale;
- 3) se il lodo è stato pronunciato da chi non poteva essere nominato arbitro a norma dell'articolo 812;
- 4) se il lodo ha pronunciato fuori dei limiti della convenzione d'arbitrato, ferma la disposizione dell'articolo 817, quarto comma, o ha deciso il merito della controversia in ogni altro caso in cui il merito non poteva essere deciso;
- 5) se il lodo non ha i requisiti indicati nei numeri 5), 6), 7) dell'articolo 823;
- 6) se il lodo è stato pronunciato dopo la scadenza del termine stabilito, salvo il disposto dell'articolo 821;
- 7) se nel procedimento non sono state osservate le forme prescritte dalle parti sotto espressa sanzione di nullità e la nullità non è stata sanata;
- 8) se il lodo è contrario ad altro precedente lodo non più impugnabile o a precedente sentenza passata in giudicato tra le parti purché tale lodo o tale sentenza sia stata prodotta nel procedimento;
- 9) se non è stato osservato nel procedimento arbitrale il principio del contraddittorio;
- 10) se il lodo conclude il procedimento senza decidere il merito della controversia e il merito della controversia doveva essere deciso dagli arbitri;
- 11) se il lodo contiene disposizioni contraddittorie;
- 12) se il lodo non ha pronunciato su alcuna delle domande ed eccezioni proposte dalle parti in conformità alla convenzione di arbitrato.

La parte che ha dato causa a un motivo di nullità, o vi ha rinunciato, o che non ha eccepito nella prima istanza o difesa successiva la violazione di una regola che disciplina lo svolgimento del procedimento arbitrale, non può per questo motivo impugnare il lodo.

L'impugnazione per violazione delle regole di diritto relative al merito della controversia è ammessa se espressamente disposta dalle parti o dalla legge. E' ammessa in ogni caso l'impugnazione delle decisioni per contrarietà all'ordine pubblico.

L'impugnazione per violazione delle regole di diritto relative al merito della controversia è sempre ammessa:

- 1) nelle controversie previste dall'articolo 409;
- 2) se la violazione delle regole di diritto concerne la soluzione di questione pregiudiziale su materia che non può essere oggetto di convenzione di arbitrato.

Nelle controversie previste dall'articolo 409, il lodo è soggetto ad impugnazione anche per violazione dei contratti e accordi collettivi.

(1) Articolo così modificato dal D.Lgs. n. 40/2006.

Il testo precedente recitava:

"Art. 829. (Casi di nullità)

L'impugnazione per nullità è ammessa, nonostante qualunque rinuncia, nei casi seguenti:

1) se il compromesso è nullo;

2) se gli arbitri non sono stati nominati con le forme e nei modi prescritti nei capi I e II del presente titolo, purché la nullità sia stata dedotta nel giudizio arbitrale;

3) se il lodo è stato pronunciato da chi non poteva essere nominato arbitro a norma dell'articolo 812;

4) se il lodo ha pronunciato fuori dei limiti del compromesso o non ha pronunciato su alcuno degli oggetti del compromesso o contiene disposizioni contraddittorie, salva la disposizione dell'articolo 817;

5) se il lodo non contiene i requisiti indicati nei numeri 3, 4, 5 e 6 del secondo comma dell'articolo 823, salvo il disposto del terzo comma di detto articolo;

6) se il lodo è stato pronunciato dopo la scadenza del termine indicato nell'articolo 820, salvo il disposto dell'articolo 821;

7) se nel procedimento non sono state osservate le forme prescritte per i giudizi sotto pena di nullità, quando le parti ne avevano stabilita l'osservanza a norma dell'articolo 816 e la nullità non è stata sanata;

8) se il lodo è contrario ad altro precedente lodo non più impugnabile o a precedente sentenza passata in giudicato tra le parti, purché la relativa eccezione sia stata dedotta nel giudizio arbitrale;

9) se non è stato osservato nel procedimento arbitrale il principio del contraddittorio.

L'impugnazione per nullità è altresì ammessa se gli arbitri nel giudicare non hanno osservato le regole di diritto, salvo che le parti li avessero autorizzati a decidere secondo equità, o avessero dichiarato il lodo non impugnabile.

Nel caso previsto nell'articolo 808, secondo comma, il lodo è soggetto all'impugnazione anche per violazione e falsa applicazione dei contratti e accordi collettivi."

Art. 830. (1) (Decisione sull'impugnazione per nullità)

La corte d'appello decide sull'impugnazione per nullità e, se l'accoglie, dichiara con sentenza la nullità del lodo. Se il vizio incide su una parte del lodo che sia scindibile dalle altre, dichiara la nullità parziale del lodo.

Se il lodo è annullato per i motivi di cui all'articolo 829, commi primo, numeri 5), 6), 7), 8), 9), 11) o 12), terzo, quarto o quinto, la corte d'appello decide la controversia nel merito salvo che le parti non abbiano stabilito diversamente nella convenzione di arbitrato o con accordo successivo. Tuttavia, se una delle parti, alla data della sottoscrizione della convenzione di arbitrato, risiede o ha la propria sede effettiva all'estero, la corte d'appello decide la controversia nel merito solo se le parti hanno così stabilito nella convenzione di arbitrato o ne fanno concorde richiesta. Quando la corte d'appello non decide nel merito, alla controversia si applica la convenzione di arbitrato, salvo che la nullità dipenda dalla sua invalidità o inefficacia.

Su istanza di parte anche successiva alla proposizione dell'impugnazione, la corte d'appello può sospendere con ordinanza l'efficacia del lodo, quando ricorrono gravi motivi.

Cfr. Cass. Civ., sez. II, sentenza 12 aprile 2007, n. 8798.

(1) Articolo così modificato dal D.Lgs. n. 40/2006.

Il testo precedente recitava:

"Art. 830. (Decisione sull'impugnazione per nullità)

La corte d'appello, quando accoglie l'impugnazione, dichiara con sentenza la nullità del lodo; qualora il vizio incida soltanto su una parte del lodo che sia scindibile dalle altre, dichiara la nullità parziale del lodo.

Salvo volontà contraria di tutte le parti, la corte d'appello pronuncia anche sul merito, se la causa è in condizione di essere decisa, ovvero rimette con ordinanza la causa all'istruttore, se per la decisione del merito è necessaria una nuova istruzione.

In pendenza del giudizio, su istanza di parte, la corte d'appello può sospendere con ordinanza l'esecutorietà del lodo."

Art. 831. ⁽¹⁾ (Revocazione ed opposizione di terzo)

Il lodo, nonostante qualsiasi rinuncia, è soggetto a revocazione nei casi indicati nei numeri 1), 2), 3) e 6) dell'articolo 395, osservati i termini e le forme stabiliti nel libro secondo.

Se i casi di cui al primo comma si verificano durante il corso del processo di impugnazione per nullità, il termine per la proposizione della domanda di revocazione è sospeso fino alla comunicazione della sentenza che abbia pronunciato sulla nullità.

Il lodo è soggetto ad opposizione di terzo nei casi indicati nell'articolo 404. Le impugnazioni per revocazione e per opposizione di terzo si propongono davanti alla corte d'appello nel cui distretto è la sede dell'arbitrato, osservati i termini e le forme stabiliti nel libro secondo.

La corte d'appello può riunire le impugnazioni per nullità, per revocazione e per opposizione di terzo nello stesso processo, se lo stato della causa preventivamente proposta consente l'esauriente trattazione e decisione delle altre cause.

(1) Articolo così modificato dal D.Lgs. n. 40/2006.

Il testo precedente recitava:

"Art. 831. (Revocazione ed opposizione di terzo)

Il lodo, nonostante qualsiasi rinuncia, è soggetto a revocazione nei casi indicati nei numeri 1), 2), 3) e 6) dell'articolo 395, osservati i termini e le forme stabiliti nel libro secondo.

Se i casi di cui al primo comma si verificano durante il corso del processo di impugnazione per nullità, il termine per la proposizione della domanda di revocazione è sospeso fino alla comunicazione della sentenza che abbia pronunciato sulla nullità.

Il lodo è soggetto ad opposizione di terzo nei casi indicati nell'articolo 404.

Le impugnazioni per revocazione e per opposizione di terzo si propongono davanti alla corte d'appello nella cui circoscrizione è la sede dell'arbitrato.

La corte d'appello può riunire le impugnazioni per nullità, per revocazione e per opposizione di terzo nello stesso processo, salvo che lo stato della causa preventivamente proposta non consenta l'esauriente trattazione e decisione delle altre cause."

Capo VI: DELL'ARBITRATO SECONDO REGOLAMENTI PRECOSTITUITI ⁽¹⁾

(1) Capo così modificato dal D.Lgs. n. 40/2006.

Il testo precedente recitava:

"Capo VI: DELL'ARBITRATO INTERNAZIONALE"

Art. 832. ⁽¹⁾ (Rinvio a regolamenti arbitrali)

La convenzione d'arbitrato può fare rinvio a un regolamento arbitrale precostituito.

Nel caso di contrasto tra quanto previsto nella convenzione di arbitrato e quanto previsto

dal regolamento, prevale la convenzione di arbitrato.

Se le parti non hanno diversamente convenuto, si applica il regolamento in vigore al momento in cui il procedimento arbitrale ha inizio.

Le istituzioni di carattere associativo e quelle costituite per la rappresentanza degli interessi di categorie professionali non possono nominare arbitri nelle controversie che contrappongono i propri associati o appartenenti alla categoria professionale a terzi.

Il regolamento può prevedere ulteriori casi di sostituzione e ricusazione degli arbitri in aggiunta a quelli previsti dalla legge.

Se l'istituzione arbitrale rifiuta di amministrare l'arbitrato, la convenzione d'arbitrato mantiene efficacia e si applicano i precedenti capi di questo titolo.

(1) Articolo così modificato dal D.Lgs. n. 40/2006.

Il testo precedente recitava:

"Art. 832. (Arbitrato internazionale)

Qualora alla data della sottoscrizione della clausola compromissoria o del compromesso almeno una delle parti risieda o abbia la propria sede effettiva all'estero oppure qualora debba essere eseguita all'estero una parte rilevante delle prestazioni nascenti dal rapporto al quale la controversia si riferisce, le disposizioni dei capi da I a V del presente titolo si applicano all'arbitrato in quanto non derogate dal presente capo.

Sono in ogni caso salve le norme stabilite in convenzioni internazionali."

Art. 833⁽¹⁾ (Forma della clausola compromissoria)

(...)

(1) L'articolo che recitava: *"La clausola compromissoria contenuta in condizioni generali di contratto oppure in moduli o formulari non è soggetta all'approvazione specifica prevista dagli articoli 1341 e 1342 del codice civile.*

E' valida la clausola compromissoria contenuta in condizioni generali che siano recepite in un accordo scritto delle parti, purché le parti abbiano avuto conoscenza della clausola o avrebbero dovuto conoscerla usando l'ordinaria diligenza." è stato abrogato dal D.Lgs. n. 40/2006.

Art. 834. (1) (Norme applicabili al merito)

(...)

(1) L'articolo che recitava: *"Le parti hanno facoltà di stabilire d'accordo tra loro le norme che gli arbitri debbono applicare al merito della controversia oppure di disporre che gli arbitri pronuncino secondo equità. Se le parti non provvedono, si applica la legge con la quale il rapporto è più strettamente collegato.*

In entrambi i casi gli arbitri tengono conto delle indicazioni del contratto e degli usi del commercio." è stato abrogato dal D.Lgs. n. 40/2006.

Art. 835. (1) (Lingua dell'arbitrato)

(...)

(1) L'articolo che recitava: *"Se le parti non hanno diversamente convenuto, la lingua del procedimento è determinata dagli arbitri, tenuto conto delle circostanze."* è stato abrogato dal D.Lgs. n. 40/2006.

Art. 836. (1) (Ricusaione degli arbitri)

(...)

(1) L'articolo che recitava: *"La ricusazione degli arbitri è regolata dall'art. 815, se le parti non hanno diversamente convenuto."* è stato abrogato dal D.Lgs. n. 40/2006.

Art. 837. (1) (Deliberazione del lodo)

(...)

(1) L'articolo che recitava: *"Il lodo è deliberato a maggioranza di voti dagli arbitri riuniti in conferenza personale, anche videotelefonica, salvo che le parti abbiano deliberato diversamente, ed è quindi redatto per iscritto."* è stato abrogato dal D.Lgs. n. 40/2006.

Art. 838. (1) (Impugnazione)

(...)

(1) L'articolo che recitava: *"All'arbitrato internazionale non si applicano le disposizioni dell'articolo 829, secondo comma, dell'articolo 830, secondo comma, e dell'articolo 831 se le parti non hanno diversamente convenuto."* è stato abrogato dal D.Lgs. n. 40/2006.

Capo VII: DEI LODI STRANIERI (1)

(1) Capo aggiunto dalla L. 5 gennaio 1994, n. 25.

Art. 839. (1) (Riconoscimento ed esecuzione dei lodi stranieri)

Chi vuol far valere nella Repubblica un lodo straniero deve proporre ricorso al presidente della corte d'appello nella cui circoscrizione risiede l'altra parte; se tale parte non risiede in Italia è competente la corte d'appello di Roma.

Il ricorrente deve produrre il lodo in originale o in copia conforme insieme con l'atto di compromesso, o documento equipollente, in originale o in copia conforme.

Qualora i documenti di cui al secondo comma non siano redatti in lingua italiana la parte istante deve altresì produrne una traduzione certificata conforme.

Il presidente della corte d'appello, accertata la regolarità formale del lodo, dichiara con decreto l'efficacia del lodo straniero nella Repubblica, salvo che:

- 1) la controversia non potesse formare oggetto di compromesso secondo la legge italiana;
- 2) il lodo contenga disposizioni contrarie all'ordine pubblico.

(1) Articolo aggiunto dalla L. 5 gennaio 1994, n. 25.

Art. 840. (1) (Opposizione)

Contro il decreto che accorda o nega l'efficacia del lodo straniero è ammessa opposizione da proporsi con citazione dinanzi alla corte d'appello entro trenta giorni dalla comunicazione, nel caso di decreto che nega l'efficacia, ovvero dalla notificazione nel caso di decreto che l'accorda.

In seguito all'opposizione il giudizio si svolge a norma degli articoli 645 e seguenti in quanto applicabili. La corte d'appello pronuncia con sentenza impugnabile per cassazione.

Il riconoscimento o l'esecuzione del lodo straniero sono rifiutati dalla corte d'appello se nel giudizio di opposizione la parte contro la quale il lodo è invocato prova l'esistenza di una delle seguenti circostanze:

- 1) le parti della convenzione arbitrale erano incapaci in base alla legge ad esse applicabile oppure la convenzione arbitrale non era valida secondo la legge alla quale le parti l'hanno sottoposta o, in mancanza di indicazione a tale proposito, secondo la legge dello Stato in cui il lodo è stato pronunciato;
- 2) la parte nei cui confronti il lodo è invocato non è stata informata della designazione dell'arbitro o del procedimento arbitrale o comunque è stata nell'impossibilità di far valere la propria difesa nel procedimento stesso;
- 3) il lodo ha pronunciato su una controversia non contemplata nel compromesso o nella clausola compromissoria, oppure fuori dei limiti del compromesso o della clausola compromissoria; tuttavia, se le statuizioni del lodo che concernono questioni sottoposte ad

arbitrato possono essere separate da quelle che riguardano questioni non sottoposte ad arbitrato, le prime possono essere riconosciute e dichiarate esecutive; 4) la costituzione del collegio arbitrale o il procedimento arbitrale non sono stati conformi all'accordo delle parti o, in mancanza di tale accordo, alla legge del luogo di svolgimento dell'arbitrato; 5) il lodo non è ancora divenuto vincolante per le parti o è stato annullato o sospeso da un'autorità competente dello Stato nel quale, o secondo la legge del quale, è stato reso. Allorché l'annullamento o la sospensione dell'efficacia del lodo straniero siano stati richiesti all'autorità competente indicata nel numero 5) del terzo comma, la corte d'appello può sospendere il procedimento per il riconoscimento o l'esecuzione del lodo; su istanza della parte che ha richiesto l'esecuzione può, in caso di sospensione, ordinare che l'altra parte presti idonea garanzia.

Il riconoscimento o l'esecuzione del lodo straniero sono altresì rifiutati allorché la corte d'appello accerta che: 1) la controversia non potesse formare oggetto di compromesso secondo la legge italiana;

2) il lodo contenga disposizioni contrarie all'ordine pubblico.

Sono in ogni caso salve le norme stabilite in convenzioni internazionali.

(1) Articolo aggiunto dalla L. 5 gennaio 1994, n. 25.

ETICA, DEONTOLOGIA E DUE DILIGENCE

Gabriella Parlante
Milano

1. ETICA

«L'etica è quella branca della filosofia che studia la condotta degli esseri umani e i criteri in base ai quali si valutano i comportamenti e le scelte.» (Aristotele)¹

Il termine etica deriva dal greco antico ἔθος (o ἦθος), èthos, "carattere", "comportamento", "costume", "consuetudine". Vuole generalmente intendere una branca della filosofia che studia i fondamenti razionali che permettono di assegnare ai comportamenti umani – propri ed altrui - uno status deontologico, ovvero distinguerli in buoni, giusti, leciti, rispetto ai comportamenti ritenuti ingiusti, illeciti, sconvenienti o cattivi secondo un ideale modello comportamentale.

L'etica può essere guardata come una "istituzione normativa" e "sociale" insieme:

- istituzione perché slegata dal singolo individuo (infatti esiste prima e dopo di esso) e perché svolge una funzione sociale;
- normativa perché spinge gli individui ad agire e a provare sentimenti positivi o negativi in base alle sue norme;
- sociale perché pone dei limiti al desiderio del singolo individuo per perseguire un obiettivo maggiore: il coordinamento sociale necessario per permettere ai più di mantenere uno stato di benessere e la possibilità di autorealizzarsi.

La storia dell'etica è costituita dalla successione delle riflessioni sull'uomo e sul suo agire.

I filosofi hanno da sempre riservato un notevole spazio ai problemi etici. Tra essi si ricordano in particolare Socrate, Platone, Aristotele, Niccolò Machiavelli, Ugo Grozio, Jean-Jacques Rousseau, Kant, Max Scheler. Furono interessati al tema anche Giambattista Vico, Johann Gottfried Herder, Friedrich Schiller, Georg Wilhelm Friedrich Hegel, Ralph Waldo Emerson, Arthur Schopenhauer, Friedrich Nietzsche, Sigmund Freud.

La riflessione occidentale sull'etica nasce con Socrate (etica come unica e vera attività dell'uomo); la sua riflessione è antropologica (da ànthropos, "uomo") ed etica (da èthos, "comportamento"), quindi incentrata sul comportamento

¹ <https://it.wikipedia.org>

dell'uomo. Non avendo lasciato nessuno scritto, la conoscenza della sua teoria etica è resa possibile solo attraverso i dialoghi di Platone. L'interrogazione sul *tò agathòn* ("Bene") avviene ricercando la *sophia* ("sapienza") attraverso criteri razionali basati su una concezione universale della morale, in antitesi alla sofistica. La sua *etike theoria* ("teoria etica") consiste nell'intellettualismo etico, secondo cui il bene si realizza praticando la virtù del sapere: per fare il bene occorre conoscerlo. La ricerca del bene finalizzato alla verità si attua nel *dialogos* (l'argomentare della conversazione) che utilizzava lo strumento critico dell'*elenchos* (confutazione), applicandolo prevalentemente all'esame in comune (*extazein*) di concetti morali fondamentali, tendendo alla verità su sé stessi (*dàimon*) per perseguire sia il bene privato, sia quello della polis (città).

Ciò è possibile sviluppando in sé l'*areté* (virtù o disposizione) che consiste nella sapienza, ovvero nella scienza del bene e in un legame di solidarietà e giustizia tra gli uomini. Socrate vuole combattere sia il relativismo etico dei sofisti, sia l'atteggiamento dei cosiddetti eristi, dediti al discorso basato sulla pura convenzionalità del linguaggio senza alcuna preoccupazione per il suo contenuto di verità. Per realizzare il suo scopo Socrate ritorna in un certo senso alla tradizione, al fine di estrapolare da essa gli elementi che rendono l'uomo migliore, recuperando la concezione di ordine morale inteso come riflesso dell'ordine del cosmo. Socrate tenta di stabilire la natura stessa della virtù, si pone il problema della definibilità della virtù e giunge alla determinazione concettuale della definizione attraverso il *τί ἐστι* (la domanda "che cosa è?"). Non si preoccupa di stabilire quali sono i casi particolari in cui si esprime la giustizia, ma è interessato alla giustizia in sé, a partire da un'ottica universale.

L'argomentazione di Socrate si basava sulla famosa maieutica socratica, rivolta all'interpretazione della natura umana, ma a differenza dei sofisti per Socrate l'etica non è insegnabile: il filosofo può solo aiutare gli allievi a partorirla da soli.

Aristotele riteneva che un soggetto è responsabile nel momento in cui:

- la causa dell'atto è interna al soggetto, cioè il soggetto non è costretto ad agire da qualcuno o qualcosa di esterno;
- l'atto non è risultato dall'ignoranza, cioè il soggetto è anche cosciente dell'azione che compie.

Più recentemente, Immanuel Kant tenta di definire i presupposti razionali dell'agire morale dell'uomo, richiamandosi alla necessità di un'etica del tutto svincolata da ogni finalità esteriore e impostata su un rigoroso senso del dovere e del rispetto della libertà altrui.

Alla base di ciascuna concezione dell'etica sta la nozione del bene e del male, della virtù ed una determinata visione dell'uomo e dei rapporti umani.

Quando si parla di buono o cattivo, lo si può fare in termini morali o non-morali. Infatti, si può parlare di una buona vita o di una vita buona e solo nel secondo caso

si intende dare un giudizio morale sulla condotta della vita, mentre nel primo la felicità della persona, può non dipendere dalla persona stessa.

Di fatto la moralità dovrebbe essere concepita primariamente come il fare delle virtù un vero e proprio habitus.

Il concetto di responsabilità si esercita nell'ambito dei rapporti interpersonali, infatti deriva dal latino spondeo “prometto, do la mia parola”, ed è evidente il collegamento con la parola “risposta”, come in tedesco (Verantwortung) e Antwort (risposta) che implica gli altri. Questo termine ha trovato una prima utilizzazione in ambito giuridico e politico con G.W.F. Hegel (1770 – 1831) in “Lineamenti della filosofia del diritto” in cui si parla della responsabilità in riferimento al problema del male che viene compiuto, al tema della pena e soprattutto alla questione della possibile riparazione del danno che si è prodotto, che rinvia al futuro.

Max Weber (1864 – 1920) in una conferenza nel 1919 afferma che l'etica della responsabilità consiste nel fatto che, poiché il futuro si prospetta nella sua incertezza, l'uomo politico deve rispondere delle conseguenze (prevedibili) delle proprie azioni, che hanno un peso sulla vita dei propri simili, attraverso lo scontro politico. Distingue l'etica della responsabilità dall'etica della convinzione e della intenzione. Critica il pacifismo e l'uso di mezzi immorali partendo da principi puri. Richiede lo sviluppo dell'argomento ad consequentiam: la valutazione di un atto o di un evento dipende dalle conseguenze attese, conseguenze che sono ritenute altamente probabili sulla scorta dell'esperienza fatta.

Sul finire del XX secolo Karl-Otto Apel estendeva l'etica di Weber come modalità propria di tutti gli uomini, con la sua etica discorsiva che è una trasformazione dell'universalistica etica deontologica di Kant. Secondo Apel l'a priori da cui Kant faceva dipendere la possibilità della conoscenza e dell'universalità della scienza (per cui la ragione singola dell'individuo si chiede se il suo principio pratico può essere universalizzato) non è una struttura profonda della ragione, ma è il linguaggio, che a propria volta è retto da un a priori secondo cui tutti rispondono idealmente all'osservanza delle pretese di validità di una comunicazione. Quindi l'etica discorsiva riflette su ciò che assieme vogliamo riconoscere nell'argomentazione come moralmente obbligate.

Secondo Emmanuel Lévinas (1906–1995) si deve parlare di etica come responsabilità, perché non vi è alcun senso etico al di fuori della responsabilità verso gli altri. Hans Jonas (1903-1993) è tra gli autori contemporanei che hanno contribuito alla riflessione morale sul concetto di responsabilità nell'era tecnologica. Per Jonas il principio della responsabilità e la sua prassi acquistano una dimensione nuova considerando la minaccia incombente del progresso tecnologico nei confronti dell'uomo e della natura. Il superamento del dualismo e del nichilismo moderno si fa dunque tramite questa nuova guida dell'agire umano nella riscoperta di quegli scopi e valori intrinseci alla natura, ma messi a tacere dal trionfo della ragione strumentale.

Engelhardt (New Orleans 1941) filosofo e bioetico statunitense è propugnatore di una bioetica laica. Una persona gode di uno status morale poiché possiede quattro caratteristiche:

- l'autocoscienza,
- la razionalità,
- un senso morale minimo,
- la libertà.

Il nucleo centrale della sua riflessione è costituito dalla difesa della diversità morale nella società pluralistica contemporanea, abitata da individui che non appartenendo alla stessa comunità etica compiono scelte morali differenti e contrastanti. Le controversie possono essere risolte con l'accordo.

Dagli anni Ottanta, con la crescita di importanza dell'impatto sociale delle Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione, ed in particolare di Internet, è maturata una riflessione sugli aspetti etici dell'uso dei mezzi di informazione e comunicazione. Questa disciplina, chiamata appunto etica dei media ha poi dato luogo ad altri sottosectori disciplinari come la webetica (netiquette).

Nel 2014, anno di istituzione dei Consigli di Disciplina per le professioni tecniche, la Commissione Etica dell'Ordine degli Ingegneri di Milano, in collaborazione con l'UNI (Ente Nazionale Italiano di Unificazione), ha dato corso ad uno studio per lo sviluppo della cultura dell'integrità delle persone e delle organizzazioni. Il lavoro è centrato su due componenti essenziali²:

- il processo di elaborazione di strumenti per lo sviluppo dell'integrità individuale e nello specifico del Codice Etico;
- il processo di messa a punto e gestione di un modello funzionale allo sviluppo della cultura dell'integrità.

Va specificato che un Codice Etico è uno strumento organizzato in una serie di principi collegati a "dilemmi etici" che possono insorgere in situazioni di incertezza in cui occorre operare delle scelte. Oltre a individuare cosa è giusto fare occorre definire le motivazioni alla base delle decisioni. Una sorta di meta-regola che guida il ragionamento morale nell'applicazione dei valori nella vita quotidiana. Questo tipo di impostazione trova rispondenza nella prassi di riferimento UNI PdR 18³ che fornisce indicazioni per la norma UNI ISO 26000 sulla responsabilità sociale (l'alta direzione di una organizzazione si manifesta nei valori e nei principi contenuti nei suoi documenti di riferimento principali, il codice di condotta, il codice etico e le politiche aziendali).

² Ruggero Lensi, Direttore Generale di UNI, a margine del convegno di presentazione del programma sperimentale di sviluppo della cultura dell'integrità del Professionista.

³ UNI - Responsabilità sociale delle organizzazioni - Indirizzi applicativi alla UNI ISO 26000.

Il metodo vuole sviluppare la comprensione e l'utilizzo dei valori nella pratica quotidiana, al fine di riuscire a prendere decisioni etiche.

Risultato di una prima fase di lavoro è stata la creazione di un certo numero di dilemmi etici riconducibili a situazioni realistiche in cui potrebbero trovarsi i professionisti nell'esercizio della loro professione: quale che sia la decisione presa, questa impatta sia sul professionista stesso, sia sulle sue relazioni con i terzi fino a coinvolgere la collettività e la società in genere.

I criteri tradizionali del sì/no o giusto/sbagliato non sono più sufficienti: il dilemma etico può essere descritto come una decisione che richiede una scelta tra principi concorrenti, spesso in contesti complessi e con elevata carica di responsabilità, di per sé stesso irrisolvibile secondo un criterio puramente prescrittivo di priorità/doveri.

I dilemmi etici diventano dunque un'autovalutazione in solitudine (e per questo è necessario il disvelamento di potenziali meccanismi di auto inganno morale) ed hanno quali elementi comuni l'incertezza sulla decisione da prendere, il conflitto fra due o più elementi etici oltre che fattori esterni.

Obiettivo finale è stato la redazione della prassi di riferimento UNI PdR 21⁴ per fare, anche nella professione, la cosa giusta, nel modo giusto, anche quando nessuno sta guardando. L'integrità è la capacità di combinare, nella pratica quotidiana, le regole (imposte dall'esterno) con i valori (presenti all'interno di ciascun individuo). In un certo senso si torna a Socrate e l'uomo è sempre più al centro del suo agire.

Per meglio esemplificare, si riporta nel seguito un esempio di dilemma etico, tratto da "*IL DILEMMA ETICO DELL'AUDITOR*" di Giorgio Peduzzi, IBM Italia.

Agosto 1944. Dopo lo sbarco in Normandia gli alleati sono ormai poco distanti da Parigi, ancora occupata dalle truppe tedesche. Il generale tedesco Dietrich Von Choltitz, dalla reputazione di esecutore acritico degli ordini, è inviato nella capitale francese dal Führer in persona, per organizzare la difesa ad ogni costo della città, e la sua completa distruzione in caso di ritirata. Von Choltitz fa minare la città, i ponti, i musei e i principali edifici, e attende l'ordine di farla esplodere, ordine che puntualmente arriva direttamente da Hitler quando la ritirata appare inevitabile. È sufficiente per il generale dare un semplice ordine, e la città salterà in aria. Ormai niente sembra possa salvarla. Nulla, tranne forse il personale codice morale di un generale tedesco.

L'UNI ha collaborato con la società PROGeTICA⁵ per la creazione di alcuni moduli di misurazione e valutazione del grado e delle modalità di ragionamento etico degli individui con la finalità di sensibilizzare e stimolare lo sviluppo del ragionamento morale. I risultati dei questionari proposti consentono di comprendere

⁴ UNI - Sviluppo della cultura dell'integrità dei professionisti - Indirizzi applicativi.

⁵ PROGeTICA S.r.l. - Via Salutati 5, Milano.

le origini delle motivazioni morali profonde e permettono di perseguire le proprie mete in maniera responsabile, in perfetta comunione con la propria coscienza⁶.

2. DEONTOLOGIA

La deontologia, dal greco δέον -οντος (deon) e λογία (loghìa), è letteralmente lo "studio del dovere", cioè la trattazione filosofico-pratica delle azioni doverose e la loro codificazione⁷.

Il termine sta generalmente ad indicare il complesso delle norme di comportamento non giurisprudenziali che regolano la pratica di una professione e quindi il "dover essere" ("il mondo dell'etica") in contrapposizione con l'ontologico, ("il mondo della realtà", dell' "essere in quanto tale"); sostanzialmente la deontologia professionale, o codice etico, racchiude tutte le regole comportamentali, riferite a una data categoria professionale.

Talune attività o professioni, con insite caratteristiche sociali - medici, psicologi, avvocati, ingegneri - devono rispettare un determinato codice comportamentale affinché non sia lesa la dignità o la salute di colui che è oggetto del loro operato. La violazione di queste regole comporterebbe un danno anche alla collettività degli esercenti tale professione - una perdita di credibilità pubblica - definito come il problema del free rider (quando, all'interno di un gruppo di individui, si ha un membro che evita di dare il proprio contributo al bene comune poiché ritiene che il gruppo possa funzionare ugualmente nonostante la sua astensione). Per tale motivo, gli ordini professionali hanno elaborato codici deontologici, tutelati dai poteri disciplinari che esercitano.

I Consigli, i Collegi e le Confederazioni nazionali dei professionisti hanno emanato propri codici etici.

Nello specifico, il Consiglio Nazionale degli Ingegneri, a seguito dell'entrata in vigore della nuova normativa sulle professioni regolamentate e dei successivi Regolamenti adottati per la professione di Ingegnere, tenuto conto del contributo fornito dagli Ordini territoriali e dalle Consulte regionali, ha provveduto all'adeguamento del precedente "Codice Deontologico"⁸, con delibera del 9 aprile 2014 (<https://www.tuttoingegnere.it/cni/codice-deontologico>).

⁶ <http://qetica.progetica.it/oila/default.aspx>

⁷ <https://it.wikipedia.org/>

⁸ Approvato il 1° dicembre 2006.

Per la prima volta sono introdotte le Premesse fondanti:

Gli iscritti all'albo degli ingegneri del territorio nazionale hanno coscienza che l'attività dell'ingegnere è una risorsa che deve essere tutelata e che implica doveri e responsabilità nei confronti della collettività e dell'ambiente ed è decisiva per il raggiungimento dello sviluppo sostenibile e per la sicurezza, il benessere delle persone, il corretto utilizzo delle risorse e la qualità della vita.

Sono consapevoli che, per raggiungere nel modo migliore tali obiettivi, sono tenuti costantemente a migliorare le proprie capacità e conoscenze ed a garantire il corretto esercizio della professione secondo i principi di autonomia intellettuale, trasparenza, lealtà e qualità della prestazione, indipendentemente dalla loro posizione e dal ruolo ricoperto nell'attività lavorativa e nell'ambito professionale.

Sono altresì consapevoli che è dovere deontologico primario dell'ingegnere svolgere la professione in aderenza ai principi costituzionali ed alla legge, sottrarsi ad ogni forma di condizionamento diretto od indiretto che possa alterare il corretto esercizio dell'attività professionale e, in caso di calamità, rendere disponibili le proprie competenze coordinandosi con le strutture preposte alla gestione delle emergenze presenti nel territorio.

Inoltre,

- è indicato l'ambito di applicazione, stabilendo come destinatari del Codice “gli iscritti ad ogni settore e in ogni sezione dell’Albo, in qualunque forma gli stessi svolgano l’attività di Ingegnere” (cfr. art. 2.1), con ciò comprendendo non solo gli Ingegneri liberi professionisti, ma tutti gli appartenenti alla categoria, operanti sia in forma individuale che in forma associata;
- è introdotto l’obbligo di assicurazione professionale;
- è introdotta la responsabilità deontologica anche della società di Ingegneri iscritta all’Albo per fatto commesso dall’Ingegnere nell’ambito delle attività svolta dalla società per cui è socio;
- è introdotto l’obbligo per tutti gli Ingegneri di rispettare il Codice deontologico e di farlo rispettare;
- sono eliminate le norme di attuazione, i cui precetti sono rinvenibili nel nuovo articolato.

Il corpo codicistico, composto di 23 articoli, è suddiviso in 7 Capi, dedicati rispettivamente alla parte generale (Capo I), ai doveri generali (Capo II), ai rapporti interni (Capo III), ai rapporti esterni (Capo IV), ai rapporti con l’Ordine (Capo V), alle incompatibilità (Capo VI) e alle disposizioni finali (Capo VIII).

3. DUE DILIGENCE

Tale espressione inglese (traducibile in dovuta diligenza) è stata coniata per indicare, in linguaggio economico, l'attività di investigazione e di approfondimento di dati e di informazioni, relative all'oggetto di una trattativa.

Per definizione, il fine di questa attività è quello di accertare e valutare lo stato di "salute" di un'azienda, non solo con riferimento alla solidità economica, finanziaria e patrimoniale ma anche in relazione all'avvenuta osservanza e rispetto delle leggi vigenti da parte di chi ha amministrato la società dal momento della sua costituzione. Questa operazione si rende necessaria nel momento in cui la società oggetto della futura "due diligence" si relaziona con soggetti esterni intenzionati, in qualche modo, ad entrare a far parte della compagine societaria, mediante acquisto di partecipazioni o dell'azienda o semplicemente di un ramo di essa.

Il potenziale acquirente vuole essere nella condizione di prendere una decisione consapevole e la "due diligence" risponde proprio a questa esigenza. Nello svolgimento della "due diligence" può essere molto utile ricorrere all'applicazione di check list, nelle quali vengono segmentate e individuate le aree di indagine, le ispezioni da compiere, i documenti che saranno esaminati, le ricerche presso i pubblici uffici e le perizie di esperti esterni che saranno richieste.

Si possono individuare quattro tipologie di due diligence:

1. no access review;
2. data room;
3. agreed upon procedures;
4. full access due diligence.

Con la modalità "no access review" non è previsto nessun accesso alla società target e, pertanto, l'indagine è molto limitata poiché ridotta ad un'analisi dei documenti ufficiali disponibili (bilanci depositati, relazioni trimestrali o semestrali, comunicati, ecc...). Generalmente, tale tipo di indagine ha un carattere prettamente propedeutico, finalizzato all'individuazione di eventuali criticità che possano pregiudicare anche solo l'avvio di una trattativa.

Con la modalità "data room due diligence" i dati e le informazioni vengono messe a disposizione dell'investitore in un apposito luogo e per un determinato periodo di tempo. Il contenuto dei dati e delle informazioni prodotte può essere:

- a discrezione del venditore;
- oggetto di una specifica richiesta da parte dell'investitore che può essere formalizzata mediante la predisposizione e la consegna di un'apposita check list. Tale procedura è prevalentemente utilizzata quando vi è un numero apprezzabile di potenziali investitori le cui richieste di dati, esaminate singolarmente, costituirebbero di fatto un impedimento al normale svolgimento dell'attività da parte della società target.

La data room può essere:

- fisica (un ufficio presso la sede amministrativa della società target);
- virtuale (uno spazio dedicato sul sito della società target).

I principali motivi che porterebbero a privilegiare la predisposizione di una data room virtuale sono:

- soluzione a problemi di logistica;
- soluzione a problemi di riservatezza e di sicurezza;
- soluzione a problemi connessi alla tempestività della comunicazione dell'aggiornamento di dati; soluzione a problemi connessi all'impiego di risorse umane per l'assistenza agli incaricati che svolgono le operazioni di due diligence.

Le "procedure concordate" sono verifiche ed analisi su specifiche aree o asset della società obiettivo. Può costituire, ad esempio, un'area di specifico interesse da parte dell'investitore la verifica del grado di obsolescenza tecnologica dei cespiti della società obiettivo; il risultato di tale indagine è necessariamente limitato ad un'informazione tecnica, non idonea a fornire una rappresentazione completa della società obiettivo.

Con full due diligence si intende la due diligence vera e propria, ovvero quella modalità di indagine che consente all'investitore di acquisire un complesso organico di informazioni tale da avere una cognizione adeguatamente completa per assumere una decisione consapevole ed informata in merito all'opportunità di procedere o meno all'operazione di acquisto della società obiettivo.

I consulenti incaricati (spesso in forma collegiale) sono legati al soggetto committente da un rapporto di mandato e/o incarico professionale avente specifiche caratteristiche, specie in ordine alle facoltà e ai poteri, ma si trovano anche ad intrattenere rapporti con soggetti esterni (amministratori, dipendenti della società oggetto di due diligence, pubblici uffici, ecc.) che non hanno conferito loro alcun mandato. Si tratta di un vero e proprio "campo minato" ed è per questo che prima di accettare l'incarico e di avviare le operazioni, si dovranno accertare i rapporti esistenti tra l'acquirente ed il venditore e verificare la volontà di quest'ultimo di rendere possibili le operazioni e di non ostacolarne l'operato.

I costi sono spesso molto alti, specie quando tale attività interessa realtà societarie di rilevanti dimensioni strutturali o quando si tratta di gruppi societari o società che si trovano in Nazioni differenti e che rendono necessarie numerose trasferte.

La locuzione, tuttavia, è utilizzata anche in altre accezioni. Ad esempio, nell'uso tecnico giuridico, indica le investigazioni difensive.

In campo immobiliare, è utilizzata dagli investitori istituzionali e precede la fase di acquisto di un immobile, di un credito (npl - non performing loan) o di una cartolarizzazione (pacchetto di immobili o di crediti).

Recentemente è stata normata nel settore delle procedure giudiziarie concorsuali ed esecutive.

Consiste nell'esatta valutazione dell'immobile e di tutte le sue caratteristiche:

- legale: verifica della documentazione come atto di provenienza, visure catastali, esame delle trascrizioni pregiudizievoli come ipoteche volontarie e giudiziali, contratti (es. locazioni);
- tecnico/progettuale: rispondenza dello stato di fatto alla planimetria depositata (abusi, condoni, sanatorie), consistenza della qualità e dello stato dell'edificio, valutazione dei costi e dei tempi necessari all'adeguamento dell'immobile (riparazioni, rifacimenti, cambio d'uso o riqualificazione). Questa analisi comprende gli aspetti ambientali, l'impiantistica e la struttura dell'immobile;
- economica: valutazione dell'immobile riguardo all'uso attuale e potenziale, rispetto alla zona dove è collocato ed all'andamento del mercato di riferimento (residenziale, uffici, commerciale o industriale);
- finanziaria (nel caso di acquisto crediti): possibilità di recupero del credito in termini di tempo necessario al completamento della procedura, quantità e costi da anticipare.

Di fatto, l'espressione *due diligence* deriva dal latino "debita diligentia", cioè l'indagine condotta con la diligenza dovuta per il caso specifico: nell'accezione più ampia e comune indica l'attività da porre in essere, sia da parte dei professionisti - come evidenziato in diversi capitoli del presente libro - sia, utopicamente, da parte di ciascun soggetto, nell'esercizio della propria attività.

Nell'ordinamento italiano non esiste alcuna norma che regoli la materia della "due diligence", né con riguardo alle concrete e possibili modalità di svolgimento e attuazione della stessa, ma neanche, a livello di principio, per definirne l'istituto e gli ambiti applicativi.

Costituisce una eccezione quanto statuito dai codici di procedura civile e penale, nei capitoli che riguardano i periti/esperti del Magistrato, ove è chiaramente indicata l'attività richiesta all'ausiliario del Giudice.

E dunque non si può non ricollegarsi alla deontologia, al codice etico, all'etica da applicare nella professione al fine di ottemperare con la giusta cura all'incarico ricevuto, nel rispetto del cliente e della collettività.

Un esempio di ciò che potrebbe succedere quando non si agisce con etica e deontologia può rinvenirsi, nel seguente caso reale giudiziario, riferito per elementi essenziali e appartenente all'esperienza personale di chi scrive.

Causa civile promossa dalla società A contro la società B per erronea progettazione ed esecuzione di opere di manutenzione straordinaria di un immobile societario, a seguito della quale è stata necessaria una nuova attività tecnica di riprogettazione e modifica di quanto già eseguito.

Il procuratore legale della società A prepara le memorie introduttive dichiarando che la lamentata non correttezza della progettazione è deducibile dalla copia dei documenti e dei progetti ufficiali depositati presso la PA, contenuti nei CD allegati alle memorie.

Il Giudice dispone CTU, invitando il proprio ausiliario ad utilizzare unicamente i documenti presenti in atti senza la possibilità di accedere ai pubblici uffici se non con istanza motivata, preliminarmente condivisa dalle parti.

Il CTU, esaminati i CD allegati, rileva che essi non contengono alcun progetto né tantomeno dati significativi per lo svolgimento del mandato ricevuto. Sentite le parti, l'ausiliario presenta al Giudice una istanza che dà luogo ad una convocazione in udienza delle parti e del CTU stesso. In tale udienza il Giudice verifica che:

- la società A non è in possesso di una copia cartacea o digitale del progetto di cui alla causa per non averlo richiesto né al progettista né alla PA;*
- i CD non contengono quanto dichiarato dalla società A nelle proprie memorie;*
- i CD sono stati preparati dall'ufficio informatico del procuratore legale della società A e il contenuto non è stato verificato prima del deposito;*
- le controparti si oppongono all'accesso agli atti della PA da parte del CTU.*

A seguito di riserva, il Giudice ha revocato la CTU: con tutta probabilità non vi sarà ulteriore attività istruttoria e le spese di giustizia potrebbero essere poste a carico della società attrice.

Forse, se si fosse applicata la diligenza dovuta, chiedendo anche l'intervento di un esperto tecnico prima di procedere al deposito degli atti, la vertenza avrebbe potuto avere un finale diverso.

Dunque, la due diligence diventa un passo fondamentale nell'attività di ogni soggetto, da applicarsi financo alla verifica delle proprie competenze prima dell'accettazione dell'incarico. È un atto professionale, deontologico, etico: per sé stessi, per il Committente, per la società.

Ogni attività ha ovviamente caratteristiche proprie, difficilmente elencabili in modo esaustivo; è tuttavia possibile definire una check list ad albero, di cui nel seguito sono tratteggiati i primi rami. Ciascuno poi aggiungerà i dettagli relativi allo specifico compito.

Come in un giardino, solo dopo aver riconosciuto la specie dell'albero, le sue caratteristiche e verificato lo stato di salute, è possibile sapere come e quando potare l'albero, affinché produca frutti.

Similmente, occorre ricostruire tutto l'albero prima di poter procedere con le varie fasi.

Con riferimento all'ambito forense, possono considerarsi come elementi introduttivi:

- nominativo Committente;
- nominativo/i del/i professionista/i incaricato/i;
- tipologia di incarico;
- obiettivo finale dell'incarico;
- documentazione fornita dal Committente.

La fase iniziale può essere così descritta:

- individuazione dell'oggetto;
- individuazione del contesto in cui si trova l'oggetto;
- descrizione dell'oggetto e del contesto, dal generale al particolare;
- verifica dell'eshaustività della documentazione ricevuta;
- programmazione sopralluoghi;
- verifica esistenza ed elenco eventuali vincoli di natura morfologica, strutturale, comunale, edilizia, urbanistica, giuridica, ...;
- richiesta di eventuale documentazione integrativa ove possibile.

La fase di studio richiede la ricerca e l'elencazione di tutte le cause che possono aver prodotto lo stato dei luoghi rilevato; non solo le cause che appaiono realistiche ma tutte le cause.

Poi, con ragionamento deduttivo si eliminano tutte le cause possibili ma non applicabili al caso di studio (motivazioni da indicare).

Le cause che rimangono nell'elenco sono quelle che con percentuali uguali o differenti (da valutare) hanno concorso a rendere i luoghi come visionabili.

Una successiva fase consiste nell'elencare tutte le possibili azioni che possono essere messe in campo per risolvere la questione, avendo attenzione all'obiettivo dell'incarico e agli aspetti economici, per quanto in via sommaria, in questa fase.

Con metodo deduttivo, si eliminano quelle non applicabili al caso di specie, o meno adatte alle condizioni al contorno, giungendo a definire la soluzione ottimale (in alcuni casi ve ne potrebbe essere più di una che meritano un confronto con il Committente, se del caso).

Ultimo passo è la definizione puntuale degli aspetti economici seguito dalla stesura della relazione finale contenente, se del caso, indicazioni sulla metodologia esecutiva della soluzione prescelta.

Al fine di produrre un report chiaro, sufficientemente sintetico ed esaustivo, si ritiene che sia necessario percorrere tutte le fasi descritte prima di accingersi alla relativa stesura.

Inoltre, il metodo, se correttamente applicato, dovrebbe permettere di controbattere alle possibili osservazioni delle controparti.