Consiglio Nazionale delle Ricerche
IRiSS Istituto di Ricerca su Innovazione e Servizi per lo Sviluppo

Studi e ricerche per l'innovazione
Collana Consiglio Nazionale delle Ricerche
diretta da Massimo Clemente
- 1 -

I rischi catastrofali
Azioni di mitigazione e gestione del rischio

Antonio **Coviello** | Renato **Somma**

prefazione di
Adriano **Giannola**



edizioni
Consiglio Nazionale delle Ricerche

Antonio Coviello e Renato Somma

I rischi catastrofali
Azioni di mitigazione e gestione del rischio

Prefazione di
Adriano Giannola

Roma
CNR Edizioni 2021

In copertina foto di autore sconosciuto concesse in licenza CCBY-NC-NC

Terremoto di Casamicciola Terme 21 agosto 2017
Alluvione di Sarno e Quindici 5-6 maggio 1998
Mareggiata di Napoli 28 dicembre 2019
Eruzione dello Stromboli 4 luglio 2019

Coordinatrice e rapporti con la casa editrice
Maria Grazia Spronati
Progetto grafico, impaginazione ed editing
Antonio Marino
Copertina
Angela Petrillo

© Cnr Edizioni 2021
P.le Aldo Moro, 7
00185 Roma
ISBN: 978-88-8080-486-4 versione elettronica

Studi e Ricerche per l'Innovazione

Collana del

Consiglio Nazionale delle Ricerche

Istituto di Ricerche su Innovazione e Servizi per lo Sviluppo

diretta da

Massimo Clemente

- 1 -

Comitato scientifico internazionale

Caterina Arcidiacono
Ordinario di Psicologia di Comunità nell'Università degli Studi di Napoli "Federico II"

Barbara Bonciani
Docente di Sociologia Generale e dello Sviluppo nell'Università di Pisa e Assessora nel Comune di Livorno

Arturo Capasso
Ordinario di Economia e Gestione delle Imprese nell'Università degli Studi del Sannio

Alessandro Castagnaro
Ordinario di Storia dell'architettura nell'Università degli Studi di Napoli "Federico II"

Paolo Dario
Emerito di Robotica nella Scuola Universitaria Superiore Sant'Anna di Pisa

Marco Martiniello
Directeure de Centre d'Etudes sur la Multiethnicité Universitè de Liège (Belgio)

Stefano Soriani
Ordinario di Geografia Economica nell'Università Cà Foscari Venezia e Società Geografica Italiana

Comitato editoriale

Antonio Coviello
Giovanni Di Trapani
Renato Somma

INDICE

PREFAZIONE di Adriano Giannola **9**

PRESENTAZIONE di Massimo Clemente **13**

INTRODUZIONE di Antonio Coviello e Renato Somma **17**

PARTE PRIMA
ASPETTI ECONOMICI ED ASSICURATIVI DEI RISCHI CATASTROFALI **21**

1. I RISCHI CATASTROFALI: ANALISI E GOVERNO **23**
1.1. Introduzione 23
1.2. Il concetto di rischio e le calamità naturali 25
1.3 L'analisi dei rischi ed il suo governo 26
1.4. Rischi "ambientali" e "rischi di contesto" 30
1.5. Rischi statici e rischi dinamici 33
Bibliografia 36

2. LA VALUTAZIONE DEI RISCHI: IL RUOLO DELLA PREVENZIONE E PROTEZIONE **39**
2.1. Identificare, valutare e gestire il rischio 39
2.2. La cultura della prevenzione e protezione dei rischi 41
2.3. Il ruolo della Prevenzione e protezione 43
Bibliografia 47

3. L'ASSICURAZIONE DEI DANNI DA CALAMITÀ NATURALI 49
3.1. La relazione tra risk management ed assicurazione 49
3.2. Assicurabilità e ruolo del risk manager 52
3.3. L'assicurazione delle calamità naturali 56
Bibliografia 63

4. I RISCHI CATASTROFALI A SCALA PLANETARIA ED IL CASO IN ITALIA 67
4.1. Introduzione 67
4.2. L'anno dei record climatici: il 2017 70
4.3. I rischi catastrofali ed il loro impatto economico e sociale nel mondo 73
4.4. I rischi catastrofali nel Bel Paese 79
4.5. Conclusioni 81
Bibliografia 82

PARTE SECONDA
RISCHI VULCANICI E SISMICI IN ITALIA (FORZE ENDOGENE) 83

5. SULLA MITIGAZIONE DEL RISCHIO VULCANICO PIÙ ALTO AL MONDO: L'AREA NAPOLETANA 85
5.1. Introduzione 85
5.2. La previsione delle eruzioni: una scienza empirica e fortemente incerta 86
5.3. I Piani di Emergenza in Campania 89
5.4. Linee Guida per una proposta innovativa di gestione efficace dell'emergenza vulcanica 91
5.5. Il problema delle 'zone gialle' (a rischio ricaduta di ceneri e pomici) 95
5.6. I rischi concatenati (catastrofali) 96
5.7. Il problema matematico dell'ottimizzazione della ri-sistemazione delle popolazioni 97
5.8. Sul valore aggiunto di una razionale ri-sistemazione delle popolazioni delle zone rosse 98
5.9. L'opportunità del PNRR 99
5.10. Conclusioni 101
Bibliografia 102

6. VALUTARE IL RISCHIO SISMICO DEL PATRIMONIO ABITATIVO IN ITALIA: UNA DIFFICILE SFIDA PER L'INDUSTRIA ASSICURATIVA 105
6.1. Introduzione 105
6.2. La conoscenza della pericolosità sismica: molte luci e alcune ombre 106
6.3. Scommettere sul futuro: la difficoltà di fissare l'orizzonte cronologico di riferimento 109
6.4. 1984-1997: la ricerca progredisce, ma la normativa resta in stallo 111
6.5. 2002, terremoto a San Giuliano di Puglia: un necessario cambio di passo 113
6.6. Sospesi tra norme e stato di fatto: la grande vulnerabilità del costruito in Italia 115
6.7. Il ruolo dell'onnipresente corruzione 119
6.8. Il ruolo del tempo che scorre: vulnerabilità e memoria 121
6.9. Una nota di ottimismo, e una di realismo 124
Bibliografia 125

PARTE TERZA
I CAMBIAMENTI CLIMATICI (FORZE ESOGENE) **127**

7. I FENOMENI METEOROLOGICI ESTREMI **129**
7.1. Introduzione 129
7.2. Impatto finanziario dei danni da fenomenologie idrologiche ed idrogeologiche 130
7.3. Il rischio da fenomeni pluviometrici estremi: inquadramento dei processi atmosferici predisponenti 132
7.4. La Scienza Meteorologica applicata alla mitigazione del rischio idrologico ed idrogeologico: il nowcasting e l'allarme idrogeologico immediato 135
7.5. La protezione della popolazione dagli eventi alluvionali a rapida insorgenza (Flash flood) 140
7.6. Conclusioni 143
Bibliografia 143
Sitografia 144

8. ANALISI IDROGEOLOGICA ED AMBIENTALE DELLA PIANA ENDOREICA DEL DRAGONE (IRPINIA) ED IL SUO IMPATTO SULLO SVILUPPO SOCIO-ECONOMICO NEL MERIDIONE D'ITALIA **145**
8.1. Introduzione 145
8.2. Geologia e Morfologia 147
8.3. Idrodinamica sotterranea 149
8.4. Bilancio idrologico del massiccio del Terminio-Tuoro 154
8.5. Aspetti qualitativi delle acque 155
8.6. Criticità ambientali connesse agli agenti inquinanti e interventi di salvaguardia 157
Bibliografia 158

9. IL CONTRIBUTO DELL'OSSERVAZIONE DELLA TERRA PER L'INDIVIDUAZIONE DEI FENOMENI DI DISSESTO IDROGEOLOGICO **161**
9.1. Introduzione 161
9.2. Teoria e cenni brevi, sulla metodologia di utilizzo delle tecniche di EO 162
9.3. Casi di studio 167
9.4. Conclusioni 170
Bibliografia 171
Sitografia 173

PROFILO AUTORI **175**

PREFAZIONE

di Adriano Giannola (SVIMEZ)

Il Rischio, la sua mitigazione, è il protagonista di questo saggio che con rigorose di analisi e opportuni approfondimenti illustra ciò che incombe, in termini di possibili catastrofi naturali, nel nostro paese ed in particolare su Napoli e dintorni.

In astratto la categoria del rischio nella teoria delle scelte ha una natura bifronte (il “gioco”) poichè considera e valuta l'accadimento di un evento sotto il duplice aspetto – vincita, perdita – intrinsecamente legati alla natura probabilistica dell'evento e la scelta tra le possibili alternative dipende da valori desumibili da un “equivalente di certezza” che fornisce i termini per valutare la congruità o meno del premio offerto per la partecipazione al gioco.

Non è questo il caso dei rischi naturali nel nostro paese, perchè nella fattispecie si è obbligati a giocare senza sapere non solo se, ma, soprattutto, quando potrà verificarsi l'evento del quale siamo solo in grado di stimare gli effetti di enorme portata non solo sui soggetti direttamente obbligati a partecipare al “gioco” ma anche sulla comunità più vasta alla quale essi appartengono.

L'evento è tale, sia per dimensione che per attendibilità previsiva, da non offrire spazio all' ipotesi di una sua mutualizzazione.

Qui il termine di “gioco”, pure tecnicamente ammissibile, ha un significato molto preciso nel senso che, applicato ad esempio al rischio vulcanico del Vesuvio e dei Campi Flegrei nelle condizioni date, è assolutamente non equo per i singoli e per la comunità costretta ad affrontare il possibile verificarsi di eventi di travolgente impatto biologico, sanitario, sociale, ed economico.

La condizione di enorme asimmetria è peraltro tipica delle situazioni che pongono a confronto uomo e natura o, a certe condizioni, per fenomeni avversi strutturali di grande scala (grandi infrastrutture, dighe, impianti, ecc.).

In questi ambiti di intensa asimmetria è indispensabile la predisposizione di una consapevole strategia non di mutualizzazione ma di mitigazione di un rischio che non è mutualizzabile. Il che vuol dire sostanzialmente prevenzione, manutenzione, e mettere in atto tutti gli accorgimenti per evitare che singoli o gruppi di soggetti siano coinvolti nell' evento o perchè l'evento è impedito o perchè si è in grado proteggerli dal pieno dispiegarsi dei suoi effetti.

Manutenzione è un problema corrente, giorno per giorno, la cui efficacia ed efficienza siamo abituati a sperimentare e valutare in forme “frizionali” o – improvvisamente – per traumatiche discontinuità (“ponte di Genova”) non per questo meno pesanti e costose sotto tutti gli aspetti. L'esperienza segnala a questo proposito una notevole correlazione inversa tra l'incidentalità e il buon funzionamento del sistema di manutenzione le cui deficienze alimentano il degrado per usura delle opere, pubbliche e/o private che siano.

Per esperienza consolidata la insufficienza della dimensione manutentiva ci presenta de decenni ed in progressione esponenziale il conto sempre più salato a valle della incapacità di affrontare l'adeguata copertura di una tipologia di rischio “collettivo” riconducibile a equivalente di certezza e quindi in linea di principio mutualizzabile.

Difficile, invece, se non impossibile applicare l'approccio dell'equivalente di certezza e/o la pratica dell'attenta manutenzione al caso di alcuni fenomeni estremi generati dalla natura, ad esempio dall' attività dei vulcani (mentre lo sarebbe ad esempio nel caso dei terremoti, o del dissesto idrogeologico). Qui non è il rischio il parametro di riferimento bensì l'incertezza: laddove la gestione del rischio si avvale di metodologie di previsione statisticamente significative, l'incertezza impone una navigazione ben più complessa. Nel caso specifico si tratta di prevedere con adeguato anticipo se necessario e quando e come affrontare l'emergenza determinata da eventi vulcanici per i quali il margine di errore del verificarsi è non solo rilevante ma tale che l'esperienza consolidata insegna essere ben maggiore della probabilità di fare una previsione fondata. In aggiunta, l'oggetto è un evento che non può essere mitigato se non marginalmente da un'attività di “tempestiva prevenzione” con interventi infrastrutturali o di consolidamento in aree ben identificate quale può essere, ad esempio, il caso dei terremoti (pratica comunque in Italia ben poco praticata).

A differenza degli eventi rischiosi, quelli classificabili nel regno dell'incertezza non consentono di rapportare ad uno scenario certo quello eventuale per il fatto che non è possibile fare attendibili previsioni sull' evento stesso. Si giunge pertanto a simulare la risposta all' evento “temuto” con piani di reazione che, come ben illustra il saggio, affrontano l'emergenza con un approccio contabilmente passivo che rinvia ad una riallocazione di popolazione e, nella prospettiva temporale, configura una deportazione “forzosa” con costi economici e sociali estremamente elevati.

L'Italia dal punto di vista dell'impatto di questi fenomeni è un Paese ad elevata incertezza nel quale Napoli e dintorni rappresentano il punto di accumulazione più rilevante di possibili eventi estremi, quelli vulcanici.

Di essi vi è “certezza” di accadimento ... da qui all' eternità e, al contempo, non è possibile formulare in tempi utili previsioni sul quando, dato che le più sofisticate strumentazioni disponibili non consentono previsioni se non con brevissimo anticipo. Il problema di come governare efficacemente l'incertezza vulcanica emerge dunque in tutta la sua sostanziale asimmetria: mentre infatti è possibile dire moltissimo in termini di effetti e conseguenze a breve, medio e lunghissimo periodo è altrettanto vero che dobbiamo fare i conti con l'impossibilità di prevedere con attendibile accuratezza l'avvenimento catastrofico. Il che non è un dettaglio visto che una previsione “inesatta” che induca ad attivare un piano di emergenza come quello attualmente vigente, genera un impatto irreversibile e devastante quanto a effetti demografici, economici e territoriali.

Questo problema è molto chiaramente analizzato nel contributo sul rischio vulcanico di questo volume, che offre proposte di “prevenire” la deportazione-senza-pianificazione con l'ausilio di strumenti complessi quali gli algoritmi dell'intelligenza artificiale utilizzati per mettere a sistema una efficiente e complessa pianificazione dell'esodo forzato previsto dal piano vigente.

Proprio per gestire il tema dell'esodo emerge oggi il rilievo dell'opzione offerta dal PNRR che va attentamente e tempestivamente considerata. Essa, quale parte integrante della strategia di sistema proposta dalla SVIMEZ (2021) mira alla strutturazione al Sud di quel “secondo motore” centrato su un Southern Range marittimo-logistico, essenziale per la “rinascita” del Paese e indispensabile all' Unione europea per conseguire gli obiettivi della transizione verso un modello sostenibile (Europa 20 ed Europa 30).

In questa prospettiva l'inderogabile urgenza di far fronte alla mitigazione del rischio tellurico e vulcanico di Napoli e dell'area Flegrea rinvia a una strategia alternativa alla logica deportatrice che l'attuale piano di emergenza contempla per le zone “rosse e gialle”.

Per dare concretamente corpo a questa opzione è necessario bruciare i tempi di realizzazione del corridoio europeo Ten T 8 basato sul collegamento ferroviario TAV-TAC Napoli-Bari, che le FS “al lavoro” da oltre dieci anni hanno fissato per un davvero lontano 2026. Il corridoio 8 è un tassello fondamentale per sviluppare la coesione sistemica del Mezzogiorno continentale dando all’area il vantaggio competitivo di una inedita trasversalità trans-europea che realizzando la connessione Tirreno-Adriatico, connette due ZES “apicali”, promuove lo sviluppo dell'intermodalità, corrisponde ai canoni di sostenibilità ambientale con l'ottimizzazione logistica e l’ottica della circolarità funzionale al contenimento delle emissioni, quindi coerente ai cogenti criteri fissati dal progetto Europa 2030 ed Europa 50.

La natura multiscopo dell'opportunità del corridoio 8 va immediatamente colta in quanto la realizzazione della tratta TAV-TAC nel rispondere all' urgenza della mitigazione del rischio, connettendo organicamente “territori” quali Irpinia, Sannio, Murge consente di avviare il processo di affrancamento dalla qualifica di “aree interne” in via di desertificazione (come per lo più sono definite quelle di un Sud privo di infrastrutture). Si aprono orizzonti particolarmente rilevanti per rivitalizzare quei sistemi territoriali apprestando un'intelaiatura che li renda parti integranti e fisiologicamente connesse ad una ridefinita e funzionale area metropolitana di Napoli.

Per conseguire questi obiettivi la Napoli metropolitana deve dotarsi di una efficace “politica estera” e confrontarsi da protagonista con la Regione, il Governo, l'Europa.

PRESENTAZIONE

di Massimo Clemente* (CNR-IRISS)

Il libro “I rischi catastrofali. Azioni di mitigazione e gestione del rischio”, a cura di Antonio Coviello e Renato Somma, attraversa trasversalmente le diverse linee strategiche dell’Istituto di Ricerca su Innovazione e Servizi per lo Sviluppo (IRISS) del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR).

Le linee strategiche del CNR-IRISS, caratterizzate dalle tre anime di pianificazione territoriale, visione economico-aziendalista e prospettiva giuridica, dialogano fra loro per la definizione di scenari di innovazione, resilienza e sviluppo sostenibile non solo come supporto ai decisori ma anche in termini di risultati trasferibili al sistema impresa-territorio-comunità.

In tal senso, l’innovazione di processo e di prodotto attiva una trasformazione che provoca uno svecchiamento nella pianificazione e gestione di enti pubblici, aziende e organizzazioni non governative promuovendo il coinvolgimento e l’attivazione delle comunità locali di base.

All’interno di questo scenario gli approcci più innovativi sono quelli legati allo sviluppo di processi decisionali collaborativi che rappresentano un modo per realizzare le trasformazioni del territorio, attraverso il coinvolgimento e il dialogo tra i diversi attori con il fine di sviluppare conoscenze comuni, costruire reti e capitale sociale.

Nelle ricerche dell’IRISS sui processi decisionali collaborativi, la promozione di processi di rigenerazione urbana diventa centrale nel dibattito culturale e nel-

* Direttore dell’Istituto di Ricerca su Innovazione e Servizi per lo Sviluppo (IRISS) del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) e del Comitato Scientifico di RETE Associazione Internazionale per la Collaborazione fra porti e città.

l'agenda delle istituzioni locali. Tali processi non possono prescindere dai rischi legati alle calamità naturali e dai relativi impatti sulla qualità della vita dei cittadini nella sfera sociale, economica e ambientale.

In questo contesto, assistiamo fin dall'Unità di Italia ad ingenti danni sugli ecosistemi e perdite di vite umane. Eruzioni, terremoti, alluvioni, frane, mareggiate, inquinamento delle falde sono solo alcuni dei fenomeni endogeni ed esogeni che vengono affrontati e discussi nel volume. A tutto ciò bisogna aggiungere l'influenza dei cambiamenti climatici che accelerano i già precari equilibri del nostro territorio. Manutenzione, pianificazione e corretto uso e riuso delle risorse sono sicuramente un ottimo antidoto contro quelli che rappresentano i rischi catastrofali e per la gestione del rischio indotto da essi.

Come gli impatti del cambiamento climatico influenzeranno i nostri stili di vita? Come possiamo agire nel nostro piccolo e nella nostra vita quotidiana? Riguardo la forte urbanizzazione in aree vulcaniche come affrontare un'eventuale ri-allocazione degli abitanti di tali zone a medio e lungo termine? Come implementare una sempre più approfondita conoscenza e caratterizzazione del territorio e corretto sviluppo urbano per fronteggiare la natura vulcanica e sismica del territorio italiano? Come possiamo difenderci dalle forti anomalie climatiche? Come possiamo preservare l'acqua riserva più preziosa della terra? Come possiamo mitigare i fenomeni di dissesto idrogeologico con l'osservazione satellitare?

Sono solo questi alcuni dei numerosi quesiti a cui il volume prova a rispondere attraverso ricerche dettagliate e puntuali di ricercatori e professionisti con diverse specializzazioni da quella economica a quelle delle scienze della terra, ingegneristica e fisico-matematica

Il libro, inoltre, aderisce perfettamente ai percorsi intrapresi e da svolgere per la Transizione Ecologica. La recente istituzione di un dicastero in Italia, centrato su tale aspetto, eredita quanto già svolto dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare istituito nel 1986 ponendolo a servizio del programma Next Generation EU.

Gli anni da qui al 2030 saranno cruciali per raggiungere tale obiettivo. È il messaggio, allarmante e allo stesso tempo ricco di speranza, lanciato ai governi dall'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) nel suo recente rapporto sulle basi fisico-scientifiche dei cambiamenti climatici, degli impatti e rischi futuri, delle opzioni per adattamento e mitigazione.

In tale prospettiva, l'UNESCO sta riunendo un maggior numero di esperti e specialisti su questo tema, sottolineando l'importanza della cultura nell'affrontare tali sfide e la necessità di garantire che essa sia inclusa nei processi decisionali legati al cambiamento climatico (UNESCO, 2022).

Infatti, nell'attuale scenario globale, la cultura è sempre più riconosciuta come un elemento chiave nelle politiche di sviluppo sostenibile, in particolare nella costruzione di opportunità di sviluppo territoriale che celebrino la diversità culturale locale e liberino il potere trasformativo dell'azione creativa sui cambiamenti climatici e sulla resilienza dell'ambiente. I settori culturali e creativi possono, quindi, svolgere un ruolo chiave nel favorire la transizione verso un'Europa più verde, in particolare nel facilitare il trasferimento e l'adozione di azioni e comportamenti sostenibili da parte dei cittadini. Questi settori possono utilizzare la scena culturale urbana come piattaforma per influenzare e ispirare le loro comunità e il loro pub-

blico, con un conseguente aumento della partecipazione pubblica alle questioni climatiche e ambientali.

Un interessante banco di prova per tali ricerche volte ad una integrazione tra valori culturali e naturali sono le città portuali. I porti, in quanto nodi del sistema logistico che supportano il commercio internazionale, sono realtà chiave nella crescita economica locale e nazionale, con effetti sostanziali sul benessere e sulla qualità della vita della città.

Il sistema porto-città del nostro paese presenta specificità che non emergono in altri contesti europei. I porti sono all'interno dei sistemi urbani e hanno sviluppato spesso relazioni operative con interporti e nodi logistici, rendendo il processo di pianificazione portuale più difficile e complesso (Pavia, 2020). Allo stesso tempo, la cultura e le forme urbane delle città portuali sono state influenzate dalla collocazione e dal ruolo territoriale del porto (Giovene di Girasole & Daldanise, 2021; Clemente & Pavia, 2021; Clemente, 2011). Si potrebbe lavorare per "ecosistemi costieri" capaci di sviluppare alternative culturali per lo sviluppo urbano sostenibile fornendo spazi per modalità collettive, resilienti e riflessive nell'agire e pensare a futuri incerti (Tyszczuk & Smith, 2018) come quelli delineati dai nuovi scenari climatici.

Bibliografia

Clemente, M., & Pavia, R. (2021). Co-pianificazione del sistema porto-città: dialogo tra comunità per funzioni e spazi condivisi. In *Urbanistica Informazioni*.

Clemente, M. (2011). *Città dal mare. L'arte di navigare e di costruire le città*. Napoli: Editoriale Scientifica.

Giovene di Girasole, E., & Daldanise, G. (2021). Il porto come "infrastruttura culturale e creativa": verso una governance collaborativa e una pianificazione congiunta. In B. Bonciani, L. Bordato, & E. Giovene di Girasole (Eds.), *Dialoghi tra porto e città nell'epoca della globalizzazione. Per un approccio multidisciplinare alle sfide della portualità*. Collana "Ricerca e Documentazione" della Fondazione Aldo Della Rocca, Aracne editore.

Pavia, R. (2020). La pianificazione portuale. INU Comunica "La Crisi Dei Porti Durante La Pandemia: La Consultazione Della Community". Disponibile su: http://www.inu.it/news/la-crisi-dei-porti-durante-la-pandemia/.

Tyszczuk, R., & Smith, J. (2018). Culture and climate change scenarios: the role and potential of the arts and humanities in responding to the '1.5 degrees target.' In *Current Opinion in Environmental Sustainability*, *31*, 56-64.

UNESCO (2022). Culture and climate change. Disponiblie su: https://www.unesco.org/en/culture-and-climate-change.

INTRODUZIONE

di Antonio Coviello (CNR-IRISS) e Renato Somma (INGV e CNR-IRISS)

Il tema delle calamità naturali riveste un crescente interesse nelle società moderne, anche e soprattutto in prospettiva, in relazione ai cambiamenti climatici potenzialmente in grado di amplificare i problemi posti dagli altri rischi da eventi naturali. La progressione molto rapida dei cambiamenti climatici fa sì che ovunque nel mondo si registri un aumento delle calamità naturali e, conseguentemente, dei danni ad esse imputabili, con un crescente impegno di risorse pubbliche necessarie a far fronte alle spese di ricostruzione.

Il nostro paese è tra quelli più soggetti ai rischi di natura geologica, e per il suo enorme sviluppo costiero è contemporaneamente tra quelli più a rischio per i cambiamenti climatici.

D'altra parte, l'Italia è molto più arretrata di paesi ad analogo tasso di sviluppo, sia nelle politiche di prevenzione (rispetto all'entità dei rischi) sia in quelle di risarcimento dei danni, registrando l'assenza di adeguate politiche assicurative.

Il presente volume, al quale hanno contribuito autorevoli esperti e ricercatori di varie discipline, pur non avendo la pretesa di esaustività o di proposte definitive per la soluzione dei problemi esposti, costituisce tuttavia una disamina estremamente avanzata e multidisciplinare dei problemi posti dai rischi maggiori, anche in relazione ai problemi posti dai cambiamenti climatici ed al recente rischio pandemico. Insieme alla precisa disamina dei rischi, sono anche proposte le soluzioni più razionali per lo stato attuale delle conoscenze. Le differenti estrazioni tecnico-scientifiche degli esperti coinvolti, che assicurano una visione multidisciplinare delle problematiche poste dai rischi da calamità naturali in Italia, permettono con-

temporaneamente di suggerire soluzioni complete e praticabili per la mitigazione di tali rischi, che coinvolgono questioni assicurative, interessi sociali dei cittadini, interessi dello Stato e delle imprese.

L'obiettivo principale di questo volume, dunque, è quello di proporre una visione culturale multidisciplinare dei problemi, che contempli gli aspetti della ricerca scientifica, del risk management, della prevenzione, delle *best practice* in materia di *governance* e gestione dei rischi, nonché le problematiche assicurative e gli aspetti che richiamano alle scelte politiche. Il "governo dei rischi catastrofali" allora diviene la dimostrazione del fatto che in Italia bisogna dar vita ad iniziative di forte concertazione tra tutte le forze del Paese per cercare soluzioni che colgano le esigenze della domanda e concorrano allo sviluppo sociale, attraverso scelte responsabili e foriere di crescita; abbandonando nel contempo l'idea di soluzioni approssimative ed incomplete, che di fatto rimandano ogni intervento a valle dei disastri, con costi altissimi sia economici che, spesso, in vite umane.

In definitiva, oltre alle necessarie e sempre più stringenti misure di prevenzione e protezione dei rischi, al fine di dare una risposta soprattutto economica a tale emergenza, occorrerà necessariamente far ricorso a dei modelli assicurativi/finanziari misti pubblico-privati (tra l'altro già sperimentati con successo in altri Paesi) in grado di coprire le catastrofi naturali che colpiranno le popolazioni, specialmente nelle aree più densamente popolate del nostro territorio.

Le imprese assicuratrici italiane, in questo scenario, sono chiamate ad una prova impegnativa sul fronte dell'offerta di prodotti assicurativi idonei a fronteggiare l'emergenza in corso, oltre alla necessità di dimostrare efficienza organizzativa e strutturale, riduzione dei costi, velocità nella liquidazione dei sinistri e, soprattutto, dei prodotti, che devono risultare più chiari ed innovativi, per adeguarsi alle mutate e crescenti aspettative che il mercato richiede.

Il volume si sviluppa in tre parti che analizzano in chiave moderna e snella i rischi catastrofali. La prima parte è dedicata agli "Aspetti economici ed assicurativi dei rischi catastrofali". Vengono analizzati i rischi e l'attività di *Risk Management*, sino alle tecniche di finanziamento e la loro "assicurabilità". Si discute dei rischi catastrofali a scala planetaria ed il caso in Italia. Viene affrontato il tema delle percezione dei rischi ambientali orami classificati elevati rispetto alla media degli altri rischi, sia per la probabilità di accadimento che per l'impatto su un orizzonte temporale di dieci anni. Che hanno posto le fondamenta per le recenti proteste del movimento "*Friday For Future*", capitanato dall'attivista Greta Thumberg che mosso da un collante trasversale tra almeno tre generazioni che coprono l'arco temporale del vecchio millennio e del nuovo, mostrando un forte interesse collettivo a difesa del Pianeta Terra.

La seconda parte pone il focus sui "Rischi Vulcanici e Sismici in Italia". La mitigazione del rischio vulcanico più elevato al mondo dell'area napoletana viene affrontato in modo multidisciplinare da autorevoli autori afferenti a diversi enti di ricerca ed università e si pone lo scopo di coniugare i problemi posti dallo sbilanciamento attuale tra aree costiere ad altissimo rischio vulcanico e densamente popolate ed aree interne in grave crisi demografica dovuta allo spopolamento. Il rischio sismico viene narrato analizzando la pericolosità sismica della regione o nazione alla quale ci si sta interessando, e la effettiva vulnerabilità del patrimonio abitativo per il quale si vuole trasferire il rischio assicurativo, ovvero la sua espo-

sizione complessiva a rischio catastrofale da terremoto: un tema che invece riguarda quasi esclusivamente l'azione dell'uomo e delle sue strutture istituzionale.

La terza parte è focalizzata su “I cambiamenti climatici” e le conseguenti criticità ambientali generate dai fenomeni meteo-idrologici estremi che sono un aspetto peculiare della quasi totalità del territorio italiano. Fenomeni che si traducono in un pesante carico finanziario sulla comunità, senza voler prendere in considerazione coloro che, purtroppo, ogni anno entrano nella tragica conta delle vittime. I cambiamenti climatici che possono impattare anche sulla qualità delle acque e la loro potabilità con forti conseguenze di tipo economico e sociale. Come il caso degli acquiferi profondi presenti nelle strutture montuose di natura carbonatica che rappresentano una fonte di approvvigionamento di importanza strategica per le acque destinate al consumo umano. In sintesi i fenomeni di dissesto idrogeologico, peggiorati dagli effetti dei cambiamenti climatici, che costantemente pongono gli assetti strategici nazionali (es. i centri urbani e poli industriali, i beni naturali e culturali, le infrastrutture di trasporto e le *lifelines*), sotto pressione con evidenti aumenti d’intensità, frequenza e distribuzione geografica. Tutto ciò impone nuove sfide per il monitoraggio, la manutenzione e la gestione di tali assetti strategici, nonché un’urgente necessità di approcci innovativi per la loro salvaguardia.

La Prefazione è affidata al Prof. Adriano Giannola, Presidente SVIMEZ – Associazione per lo Sviluppo dell’Industria nel Mezzogiorno, che si ringrazia per la infinita disponibilità mostrata.

La Presentazione è affidata al Prof. Massimo Clemente, Direttore CNR-IRISS, che si ringrazia anche per la volontà di pubblicare il volume presso la CNR-Edizioni, nella Collana del Consiglio Nazionale delle Ricerche “Studi e Ricerche per l’Innovazione” (IRISS), unitamente a tutti i colleghi dell’Istituto coinvolti nella pubblicazione, tra cui: Antonio Marino, Maria Grazia Spronati, Angela Petrillo.

Al volume hanno collaborato in maniera determinante attraverso i loro scritti: Antonio Aquino (Ing. Cattedra di Tecnologia – M.I.U.R.), Sabino Aquino (Prof. Università Telematica Pegaso), Massimo Buscema (Semeion – Prof. University of Colorado USA), Giuseppe De Natale (Dirigente di Ricerca INGV), Alberto Fortelli (DISTAR-Università Napoli), Adriano Giannola (Presidente SVIMEZ), Michele Ginolfi (Ricercatore Università Telematica Pegaso), Guido Maurelli (Semeion), Stefano Petrazzuoli (Ing. Studio Ing. Strutturale), Federico Raspini (Prof. Università di Firenze), Daniele Spizzichino (Ricercatore ISPRA), Alfredo Trocciola (Primo ricercatore ENEA), Claudia Troise (Primo ricercatore INGV), Gianluca Valensise (Dirigente di ricerca INGV), che si ringraziano per la affettuosa disponibilità.

PARTE PRIMA

Aspetti economici ed assicurativi dei rischi catastrofali

1

I RISCHI CATASTROFALI: ANALISI E GOVERNO

di Antonio Coviello (CNR-IRISS)

1.1. Introduzione

Gran parte degli studi sui rischi catastrofali si è finora concentrata sul tentativo di modellizzare il comportamento dei soggetti esposti a tali rischi: è noto, infatti, che la propensione alla sottoscrizione di polizze contro le conseguenze di eventi così gravi cresce (purtroppo) solo dopo che si sono verificate calamità naturali, vale a dire proprio quando il prezzo del trasferimento del rischio agli assicuratori, ai riassicuratori e ai mercati è cresciuto e/o è diminuita l'offerta sul mercato (*hard market*, Cit. Porzio e Starita, in Coviello, 2013).

L'Italia è un paese molto esposto al rischio di calamità naturali (cat-nat), che possono causare, oltre a terribili perdite umane, seri danni al patrimonio abitativo delle famiglie italiane. Tali danni sono stati finora, almeno in parte, risarciti grazie all'intervento pubblico, mentre le assicurazioni hanno avuto un ruolo marginale.

Questa situazione espone la finanza pubblica a gravi rischi e suggerisce una maggiore diffusione dello strumento assicurativo, nato esattamente per questo tipo di esigenze (Cesari & D'Aurizio, 2019).

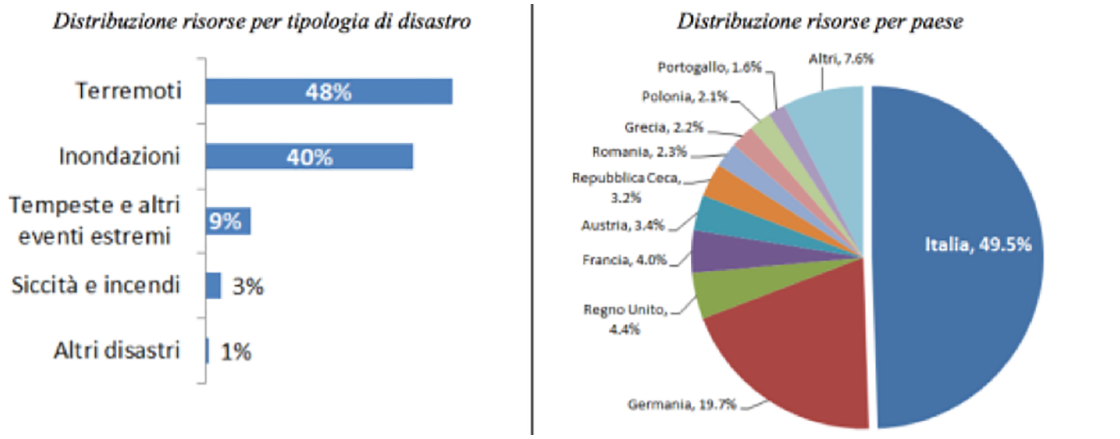
Frane, valanghe, alluvioni e terremoti costituiscono alcune tra le principali calamità naturali, vale a dire quei pericoli presenti nel territorio che nascono da processi naturali.

Solo per citare qualche dato parziale del fenomeno, a titolo di esempio, dal 1950 ad oggi, in Italia i terremoti hanno causato 5.000 vittime e quelli avvenuti tra il 1968 e il 2017 hanno prodotto danni diretti per 108 miliardi di euro. Lo stato ha speso 122 miliardi per i sismi accaduti tra il 1968 e il 2012, spesso erogati a distanza di

anni dall'evento. Le alluvioni avvenute dal 1950 hanno causato 1.200 tra morti e dispersi.

Oltre ai danni diretti e alle perdite umane, le calamità naturali producono anche danni indiretti in termini di mancato sviluppo, dall'ammontare elevato ma difficilmente quantificabile (Fonte: Ivass, 2020).

Fig. 1 Fondo di solidarietà dell'Unione europea: distribuzione risorse totali (2002-2017; 5,1 miliardi di euro)



Fonte: Elaborazione dati Commissione europea, Dg Regio (https://www.lavoce.info/archives/48334/difesa-dai-disastri-naturali-quando-leuropa-fa-la-sua-parte/)

Le ultime calamità naturali abbattutesi in Italia hanno spinto soprattutto il potere politico a valutare la necessità di coprirsi dai grandi sinistri.

Per troppo tempo, infatti, si è preferito rinviare la discussione, preferendo (erroneamente) di ricordarlo solo all'indomani di eventi calamitosi, nell'insano tentativo di allontanare/scongiurare o meglio ancora esorcizzare tale rischio avviando processi mentali, addirittura di rimozione.

Per fornire l'idea del fenomeno anche a livello europeo, basti ricordare che dal 1995 al 2017, alluvioni, tempeste, siccità e terremoti hanno causato in Europa quasi 77 miliardi di euro di danni, di cui 43,5 miliardi direttamente collegabili ai disastri naturali e 33,4 miliardi derivanti dai legami economici con le aree colpite da calamità naturali (Fonte: progetto di ricerca "Titan", realizzato dal programma europeo Espon, specializzato in analisi delle politiche regionali).

Secondo lo studio europeo "Espon", a essere più colpite in termini economici sono state l'Europa centrale, orientale e sud-orientale.

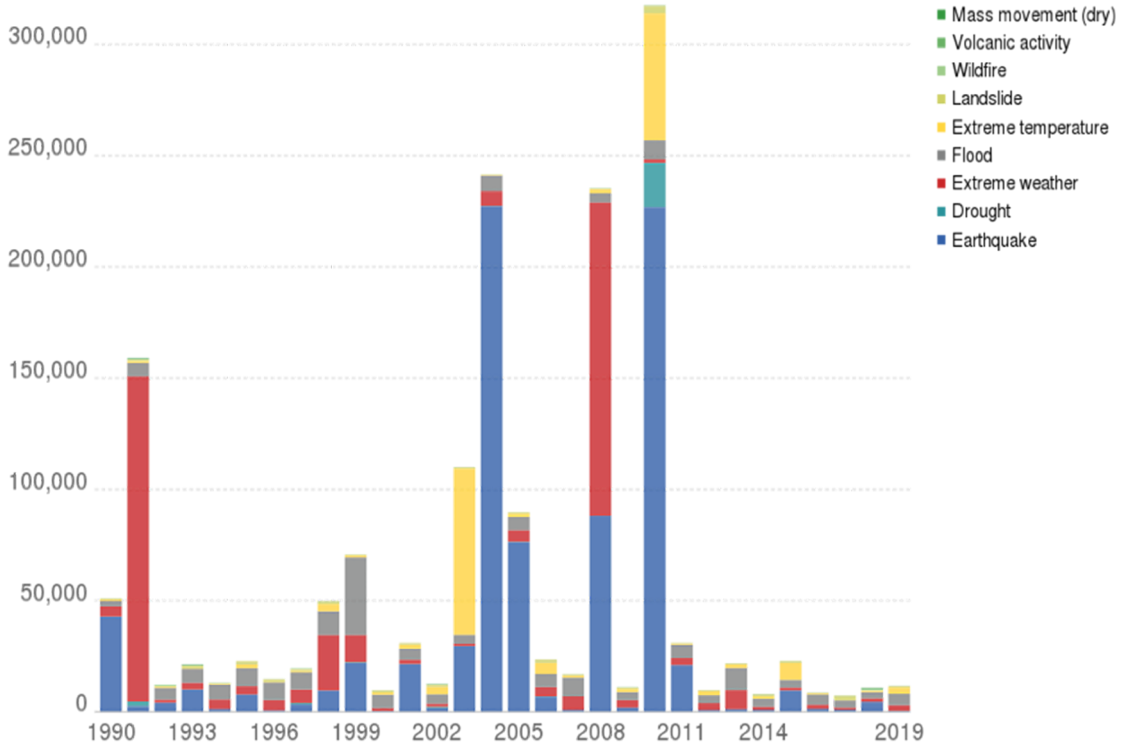
Tra il 1981 e il 2010, le tempeste di vento e le alluvioni hanno causato il 76% dei danni stimati dai ricercatori.

L'Europa centrale, orientale e sud-orientale è la zona più colpita, con l'Italia che risulta tra i Paesi più esposti: Abruzzo, Lombardia, Emilia-Romagna, Lazio e Puglia sono tra le regioni più a rischio.

Nel Nord Europa spiccano invece alcune zone di Regno Unito, Irlanda, Francia, Spagna e Danimarca.

Tempeste di vento e alluvioni sono le calamità che hanno provocato più danni, tra quelle osservate. Tra il 1981 e il 2010 hanno causato il 76% dei danni stimati dai ricercatori, mentre siccità e terremoti sono stati responsabili del 24%.

Fig. 2 Number of deaths from natural disasters by type. Global estimates of the number of deaths from natural disasters, differentiated by disaster type



Fonte: EDAT (2020). OFDA/CRED International Disaster Database, Université Catholique de Louvain, Brussels, Belgium.

1.2. Il concetto di rischio e le calamità naturali

Prima di approcciare l'annosa questione occorre esaminare la definizione di rischio in generale, nella letteratura di riferimento, anticipando l'esame analitico che in dottrina viene così sintetizzato:

- *Imprevedibilità degli avvenimenti futuri.* Risulta logico sostenere che c'è rischio se esiste una, seppur minima, possibilità del manifestarsi o meno di un determinato avvenimento futuro; il rischio non esiste, al contrario, quando si è certi che il fatto non accadrà oppure quando il suo accadimento appare impossibile (Coviello, 2005, 2013);
- *Oggettività dell'incertezza.* L'incertezza riguardo al verificarsi o meno di un determinato evento naturale o sociale è rischio quando essa non dipende né dalla sensibilità, né dal livello culturale del soggetto che fa la previsione. L'inserimento di questo attributo nella definizione consente di superare tutte le discussioni e gli equivoci intorno alla mancata distinzione fra incertezza oggettiva e incertezza soggettiva e di collocare il rischio nell'ambiente in cui realmente si trova (che è quello naturale e sociale), senza farlo dipendere dalla psicologia soggettiva.

- *Polivalenza degli effetti economici degli eventi incerti.* Perché si abbia rischio occorre che un fatto incerto possa dare risultati diversi da quelli previsti ed abbia una manifestazione economica concreta. Fra i vari flussi economici, sarà possibile individuare il più favorevole per il soggetto oppure il più ragionevolmente atteso, in relazione alle conoscenze che quest'ultimo ha della misura del rischio stesso (Chiarlo, 1992);
- *Differenze tra alee e pericoli e relativi rischi per la gestione d'impresa.* Secondo la moderna letteratura *l'alea è la causa di possibili perdite economiche, la causa del rischio.* Così sono alee il fuoco, il fulmine, l'acqua, la corrente elettrica, la circolazione stradale, le malattie, la criminalità, ecc. (Chiarlo, 1992).

Le alee che si possono manifestare senza l'intervento determinante dell'uomo sono chiamate dagli anglosassoni "Acts of God" e sono quelle che si annoverano fra gli eventi catastrofici naturali (terremoti, inondazioni, mareggiate, alluvioni, grandinate, ecc.), che tutti ben conosciamo (Chiarlo, 1992; Coviello, 2005; Coviello & Di Trapani, 2015).

I vari fattori che possono incrementare il rischio sono, invece, detti *pericoli*. Il pericolo è perciò una circostanza capace di aumentare la possibilità del manifestarsi di una data perdita, di un dato evento economico negativo, in relazione ad una data alea. Se è vero che l'acqua è un'alea, il disboscamento, l'urbanizzazione spregiudicata di colline e campagne, la mancata costruzione di argini intorno al letto dei fiumi, sono altrettanti pericoli che possono aumentare il rischio dell'alluvione.

L'analisi dettagliata dei pericoli è fondamentale per ridurre l'alea e quindi il rischio. Allo stesso modo, per uno studio razionale del rischio (Coviello & Di Trapani, 2017), è necessario non fermarsi all'alea come causa di possibili perdite, ma prendere in considerazione tutte le circostanze fisiche e morali che possono aumentarlo. Diciamo fisiche e morali perché le alee non nascono dal tipo di attività esercitata, dalla sua localizzazione, dai sistemi di costruzione di opere edili e di attrezzature produttive o dallo stato di salute che godono gli individui di una collettività, ma anche dalla disonestà, dalla poca cura, dai tentativi di frode verso i terzi, che sovente alcune persone mettono in atto, specie quando sanno che per certi eventi c'è la garanzia di un terzo (l'assicuratore) (Coviello & Vallone, 2000).

Il rischio a cui si è fatto riferimento, parlando di alee e di pericoli, è quello connesso alla possibilità di perdite. Ciò comporta una restrizione rispetto alla definizione fornita in precedenza, ma tale restrizione è voluta perché, desiderando riferirci soprattutto alle operazioni assicurative, i rischi da assicurare sono riconducibili a quelli di tipo statico (che possono segnare solo perdite) e non quelli dinamici. Questi ultimi, infatti, proprio perché originati dalle ordinarie operazioni di investimento, produzione e reintegro compiute dall'impresa, hanno manifestazioni economiche sia positive che negative (Chiarlo, 1992).

1.3. L'analisi dei rischi ed il suo governo

L'analisi dei rischi, quindi, è argomento di grande attenzione da parte degli studiosi ed importante attualità in quanto alla base delle decisioni finanziarie;

oltre alla crescente insopportabilità dei vincoli insiti in quegli approcci che si fondano sulle ipotesi di simmetria informativa e assenza di conflitti di interesse (Golinelli, 2000).

Il rischio è notoriamente correlato nello svolgimento dell'attività di qualsiasi impresa, pubblica e privata. Sotto un profilo generale viene correlato alla possibilità che in un determinato intervallo di tempo si possono manifestare eventi capaci di influire significativamente sul conseguimento di un determinato obiettivo (Golinelli, 2000).

Recentemente è stata pubblicata la norma nazionale UNI 11230/2007 "Gestione del rischio-Vocabolario". Il documento fissa la terminologia fondamentale relativa alla "gestione del rischio" e rappresenta un riferimento generale, applicabile a tutte le organizzazioni, indipendentemente da tipologia, dimensione ed attività svolte. La norma dovrebbe quindi favorire una crescente diffusione dei concetti fondamentali relativi al processo complessivo di gestione del rischio (Coviello & Di Trapani, 2018), proponendosi quale utile strumento nelle relazioni tra organizzazioni – in particolare quando operanti in settori diversi – nonché come riferimento terminologico per l'elaborazione di futuri documenti normativi in tale ambito[1].

Il concetto di rischio non ha un significato univoco. Esso difficilmente assume uguale significato in situazioni d'azienda apparentemente simili; anzi, a situazioni d'azienda analoghe, corrispondono sovente situazioni di rischio diverse (Bertini, 1987).

Già Saraceno (1972)[2], nell'analizzare il fenomeno del rischio, distingueva tre diverse situazioni: situazione di incertezza (riferita a tutte quelle decisioni relative ad un dato fenomeno che vengono prese tenendo conto delle probabilità), situazione di rischio (non si basano sulle probabilità, risultando rischiose tutte quelle decisioni relative ad un fenomeno che può essere realizzato attraverso diverse alternative), situazione di certezza (sono considerate tali tutte quelle decisioni che vengono prese conoscendo un fenomeno nella sua totalità)[3].

Molte sono state le definizioni formulate, ma quelle maggiormente significative possono riassumersi nelle seguenti:

Il rischio è la probabilità di subire perdite a seguito del manifestarsi di eventi dannosi. La nozione in esame, richiamandosi al concetto di probabilità, ha portato alcuni alla falsa concezione che ci sia rischio solo dove è matematicamente possibile misurare o stimare la probabilità del verificarsi del fatto temuto. Non cor-

---

[1] La norma UNI 11230 è il frutto di una lungimirante analisi di carattere pre-normativo da parte dell'Ente d'indagine svolta da un apposito gruppo di studio istituito nel novembre 2002 – e dell'attività di un gruppo di lavoro – coordinato da uno dei massimi esperti italiani di "risk management", il professor Antonio Borghesi dell'Università degli Studi di Verona (nonché Presidente del Comitato Scientifico di ARIMAS "Academic Risk Management Association") – effettivamente rappresentativo di una pluralità di parti interessate: dal mondo accademico e della ricerca all'industria, fino al settore bancario. È significativo notare come la norma italiana anticipi i lavori di ISO e CEN in materia, attività che peraltro il suddetto gruppo di lavoro segue con estremo interesse e fattiva partecipazione. L'architettura terminologica è stata elaborata seguendo le indicazioni proprie del riferimento internazionale in materia (UNI ISO 704:2006 "Lavori terminologici – Principi e metodi") e, al fine di agevolarne la comprensione, i termini sono stati suddivisi nei cinque seguenti raggruppamenti tematici: termini di base, tipologie di rischio, processi di comunicazione e valutazione del rischio, processi di trattamento e monitoraggio del rischio, gestione della crisi e della continuità aziendale (Fonte: UNI – Ente Nazionale di Unificazione).

[2] Il riferimento è in particolare al testo di Saraceno P., Il governo delle aziende, Libreria Universitaria Editrice, 1972.

[3] Secondo il pensiero di Saraceno il rischio non è legato alla probabilità, semmai è una conseguenza indiretta della stessa. Inoltre lo stesso autore fa notare anche come "il miglioramento del sistema informativo, determinato dal calcolatore, permette di valutare meglio le probabilità dei fenomeni futuri permettendo di diminuire il grado di incertezza delle decisioni aziendali su cui tali fenomeni incidono". Per ulteriori approfondimenti si veda Saraceno P., Il governo delle aziende, Libreria Universitaria Editrice, 1972.

risponde al vero che la misurabilità sia una condizione essenziale per l'esistenza del rischio. Essa potrà facilitarne l'assunzione da parte di operatori specializzati, ma nulla ci consente di affermare che il rischio esiste solo se quantificabile, come testimoniano ad esempio le operazioni assicurative appartenenti ai *nuovi* rami (assicurazione contro i rischi atomici, assicurazioni contro i rischi di inquinamento), compiute dalle compagnie senza una adeguata base statistica e con tariffe definite "di fortuna" (Coviello & Di Trapani, 2015).

Vengono individuate tre tipologie di eventi che possono dar luogo a scostamenti negativi rispetto al risultato atteso:

- rischi connessi ad eventi *ipotizzabili*, legati a situazioni note della vita dell'impresa e dell'ambiente economico sociale che si possono prevedere con attendibile probabilità;
- rischi connessi ad eventi *poco ipotizzabili*, legati a situazioni aziendali e di ambiente meno note, prevedibili solo attraverso stime di probabilità;
- rischi connessi ad eventi *non ipotizzabili*, legati a situazioni di assoluta anormalità e che rifuggono da qualsiasi quantificazione poiché presentano un carattere ignoto (Golinelli, 2000).

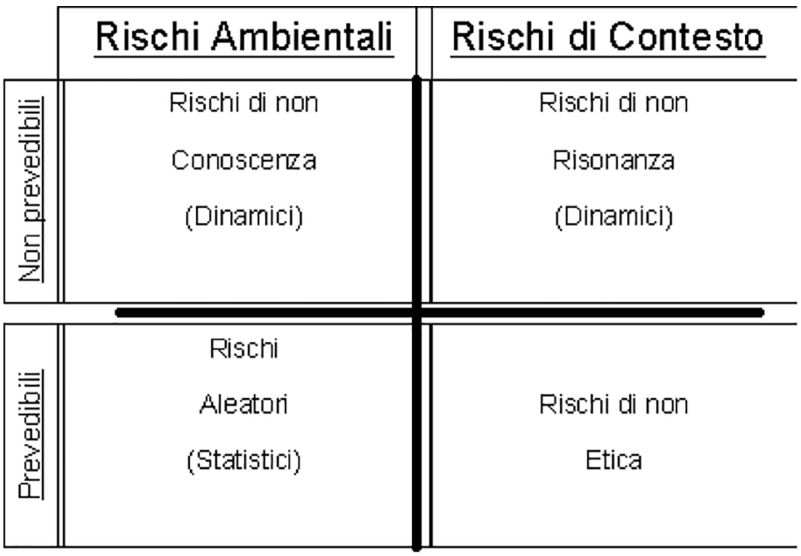
Tale impostazione consente di identificare due classi di rischio:
- i *rischi aleatori*, relativo a fenomeni che influiscono sul patrimonio materiale e che l'impresa riesce ad individuare, stabilendone la probabilità di manifestazione e valutandone le possibili conseguenze del loro manifestarsi, ma che non riesce ad evitare (e per questo motivo che ci si tutela attraverso l'assicurazione);
- i *rischi di non conoscenza*, che si riferiscono sia ad eventi ignoti, sia ad eventi che l'impresa non ritiene di considerare in quanto, pur avendo coscienza delle possibilità del loro verificarsi, non riesce a valutare le probabilità del manifestarsi e le possibili conseguenze sui risultati attesi (Golinelli, 2000).

I *rischi di non conoscenza*, quindi, sono relativi a deficienze dell'organo di governo (Barile, 2000); nel momento in cui l'azienda non riesce a procurarsi direttamente le informazioni su un dato fenomeno, dovrebbe provvedere in via indiretta attraverso i terzi; infatti, oggi, il problema che ci si pone è quello di conoscere le persone giuste che apportano le competenze mancanti, soprattutto quando le imprese minori intendono intraprendere processi di sviluppo internazionale (Pellicano, 2000, 2002; Coviello, 2009).

Da ciò ne deriva che non è analizzato esplicitamente il *rischio di non risonanza* ossia quello di non relazione proficua che terrebbe conto della conoscenza delle persone giuste (Pellicano, 2002). Per una migliore visione e conoscenza i rischi sopra citati sono sintetizzati attraverso la seguente matrice[4]:

[4] Tratto ed adattato da Pellicano M. " Il rischio d'impresa: dalla conoscenza alla risonanza". Intervento al seminario "Prevenire le crisi d'impresa: elementi e modelli segnaletici". Facoltà di Economia, Università degli studi di Salerno, 27 0ttobre 2003.

Matr. 1 Rischi ambientali e di contesto



Fonte: "Il rischio d'impresa: dalla conoscenza alla risonanza", Pellicano (2003)

Dalla matrice distinguiamo principalmente due tipi di rischi:

- *rischio ambientale*: dovuto a problemi di informazioni;
- *rischio di contesto*: dovuto a problemi di relazioni.

Tra i rischi ambientali, legati ad eventi negativi che si riflettono nella relazione, ma che hanno natura oggettiva, distinguiamo i *rischi di non conoscenza* e i *rischi aleatori o puri*. I primi sono rischi non prevedibili, mentre i secondi sono prevedibili.

Per meglio comprendere la distinzione ricorriamo ad alcuni esempi: nel caso del "rischio di non conoscenza" ipotizziamo (per assurdo) l'emanazione di una legge che ritenga non più a norma i caschi che gli operai dei cantieri devono utilizzare per la sicurezza sul lavoro, che comporta pertanto (per l'azienda produttrice) il loro mancato utilizzo e, quindi, l'acquisto. Nel caso dei "rischi aleatori (o puri)", invece, ipotizziamo il caso della restituzione di un prodotto da parte del cliente all'impresa produttrice, in seguito ad un difetto di fabbricazione nel processo produttivo.

Tra i rischi di contesto distinguiamo:

- *rischi di non risonanza*: se la risonanza implica interessi e fini comuni tra l'impresa ed il sovra-sistema, ed in particolare con il sovra-sistema rilevante, il rischio di non risonanza implica un non interesse e fine comune dovuto a problemi di relazione tra le due entità sopra riportate. Dallo studio dell'Approccio Sistemico Vitale (A.S.V., cfr. Golinelli M.G., 2000) giova ricordare che i sovra-sistemi sono apportatori di risorse, in cambio delle quali intendono ottenere benefici in grado di soddisfare le loro esigenze e aspettative. Per ottenere tali risorse l'impresa necessita della risonanza con il sovra-sistema, in mancanza della quale si verifica una non risonanza. Quest'ultima può essere collegata alla non conoscenza quando si verifica una mancata comprensione delle finalità che il sovra-sistema intende soddisfare;

– *rischio di non etica*: è un rischio legato ad un comportamento scorretto dell'impresa nei confronti del sovra-sistema. Si differisce da quello di *non risonanza* perché legato a fattori prevedibili. In questo caso l'impresa sarà doppiamente danneggiata se il sovra-sistema si renderà conto del comportamento scorretto della stessa; infatti il sovra-sistema non solo le sottrarrà la risorsa, ma potrà realizzare nei confronti dell'impresa anche azioni ritorsive (ad esempio, intentare causa, operare una pubblicità negativa, ecc.).

Esiste una differenza sostanziale tra il *rischio di non etica* e il *rischio aleatorio*: quest'ultimo è legato ad un difetto in fase di produzione del bene, mentre il rischio di non etica è legato a fattori intrinseci del prodotto.

I *rischi di contesto* sono eventi negativi che si riflettono nella relazione che hanno natura soggettiva perché derivanti dall'impostazione della relazione stessa.

1.4. Rischi "ambientali" e "rischi di contesto"

In merito ai rischi ambientali e di contesto, è possibile osservare che mentre i rischi ambientali richiedono, da parte del *Risk Manager*, opere di protezione, i rischi di contesto richiederanno opere di prevenzione.

Ritornando alla matrice relativa alla sintesi dei rischi, allora, possiamo analizzare il concetto di prevenzione e di protezione rispettivamente per i *rischi aleatori* e quelli di *non etica*; infatti i primi costituiscono *prevenzione* (perché non potendoli evitare ci si tutela attraverso l'assicurazione), i secondi costituiscono *protezione* (in quanto, non potendoli assicurare, ci si protegge attraverso comportamenti etici).

Dalla matrice di seguito riportata risulta che la situazione di maggiore criticità per il *risk management* si riconduce proprio in merito al rischio aleatorio e, con una visione più ampia, estendibile anche agli altri rischi.

Matr. 2 Protezione e prevenzione dei rischi ambientali e di contesto

	Rischi ambientali	Rischi di contesto
Non prevedibili	Protezione per i rischi di non conoscenza	Prevenzione per i rischi di non risonanza
Prevedibili	Protezione per i rischi aleatori	Prevenzione per i rischi di non etica

Fonte: Coviello, Il Governo dei rischi d'impresa, Giappichelli Editore, Torino, 2005

Per meglio comprendere la distinzione effettuata in matrice, occorre ricordare alcune caratteristiche dei rischi così evidenziati, distinguendo i *rischi di non conoscenza*, che si riferiscono sia ad eventi ignoti, sia ad eventi che l'impresa non ritiene di considerare, in quanto, pur avendo coscienza delle possibilità del loro verificarsi, non riesce a valutare le probabilità del manifestarsi e le possibili conseguenze sui risultati attesi (Golinelli, 2000).

Per tale tipologia di rischio, il risk manager dovrà provvedere ad una misura protezionistica (che certamente non sarà l'assicurazione)[5] quali il *capitale allocato*.

Il capitale allocato quantifica, in termini monetari, il complesso dei rischi di non conoscenza che l'impresa si trova a dover fronteggiare nei suoi processi di gestione (Gatti, 2001). Per la sua determinazione è necessario considerare le seguenti quantità: risultato netto obiettivo del piano da realizzare; la stima della perdita massima possibile del piano[6]; la stima della massima perdita possibile con riferimento al passato dell'impresa[7]. La somma delle due stime permette di ottenere il capitale allocato, ossia:

Capitale Allocato = stima della perdita massima possibile del piano + stima della massima perdita possibile con riferimento al passato dell'impresa

I *rischi aleatori*, invece, sono rischi relativi a fenomeni non evitabili (Golinelli G.M., 2000) che l'impresa riesce ad individuare e a misurare attraverso strumenti probabilistici, valutandone le possibili conseguenze che la loro manifestazione potrebbe arrecare[8].

L'impresa, anche in relazione alla propria capacità di risposta in termini di azioni di marketing, è in grado di stimare, sulla base di razionali impostazioni, anche probabilistiche, l'impatto massimo possibile sui propri volumi di produzione e vendita[9].

La ragione per la quale i *rischi aleatori* non riescono ad essere evitati dall'impresa è dovuta al fatto che essi sono di tipo ambientale e quindi il loro verificarsi è indipendente dall'agire dell'impresa stessa.

In questo caso il *risk manager*[10], figura professionale dedicata alla gestione integrata dei rischi aziendali, per tutelare tali rischi, ricorrerà ad un processo ben definito di misura protezionistica, rappresentata anche dall'assicurazione.

---

[5] Infatti, i rischi di non conoscenza, per definizione, non sono assicurabili perché incerti nella probabilità di verificarsi e quindi negli effetti che potranno apportare.

[6] La stima viene calcolata sulla base del risultato netto obiettivo determinato da calcoli probabilistici.

[7] È rappresentata dalla situazione patrimoniale dell'impresa all'inizio del piano, cioè al tempo t_0. Tale situazione è espressione delle passate dinamiche evolutive dell'impresa.

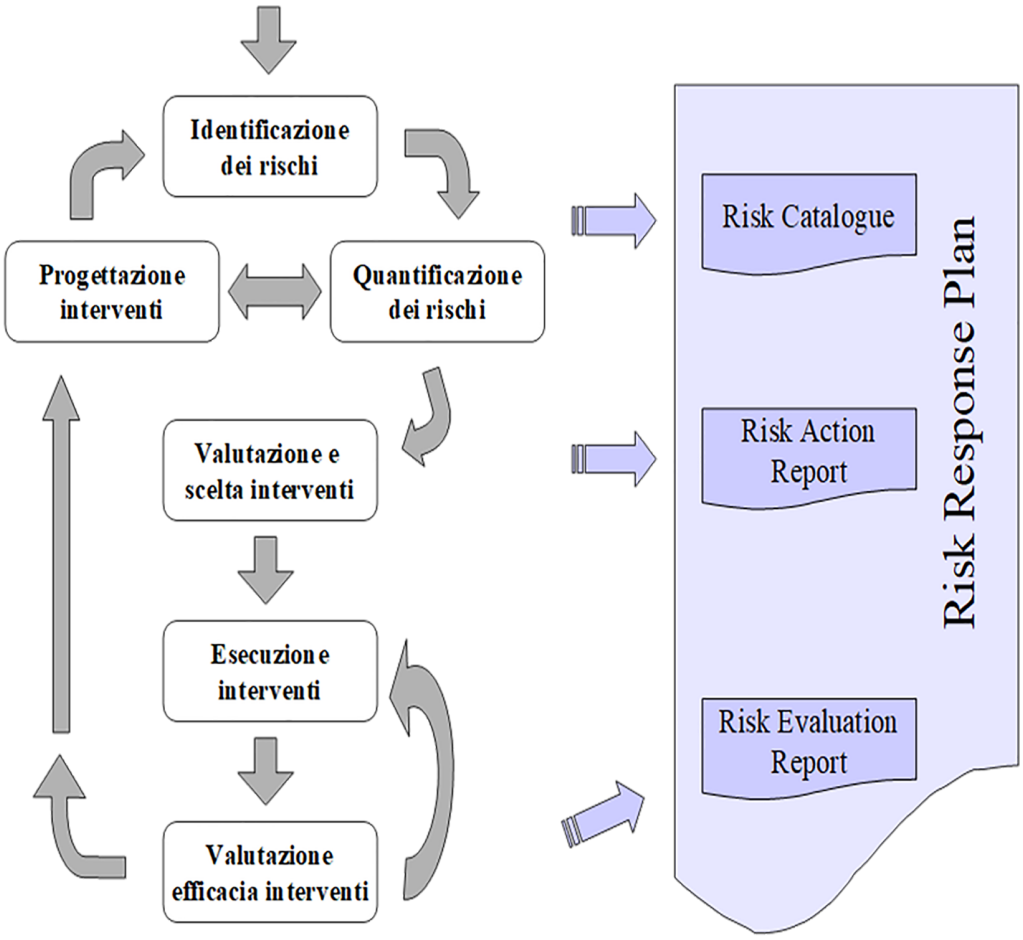
[8] A titolo esemplificativo, si faccia riferimento ad una impresa che, sulla base di accurate previsioni dell'ambiente esterno, sia in grado di valutare la probabilità che, nell'intervallo di tempo considerato, su alcuni segmenti di mercato, si verifichino incrementi e su altri, di significativo interesse, decrementi nei consumi con riflessi negativi sul consumo complessivo.

[9] Per una analisi delle impostazioni seguite dalle imprese per valutare i riflessi di possibili accadimenti nell'economia della gestione, cfr. Massaroni E., L'azione di governo nell'ottica della gestione strategica, Cedam, Padova, 1994.

[10] I Risk Manager è una figura professionale dedicata alla gestione integrata dei rischi aziendali, quelli che possono avere un'influenza sugli obiettivi strategici prefissati dalla direzione. Parliamo di rischi finanziari, operativi, strategici, di legal & compliance. Compito del Risk Manager è individuare e analizzare i potenziali rischi in cui può incorrere l'azienda, valutarli in base alla loro possibile gravità e frequenza, quindi individuare la politica migliore per ottimizzare la loro gestione, in linea con la linea scelta dal top management e con le capacità finanziarie dell'azienda. Una volta definite le misure di trattamento del rischio, in coordinamento eventuale con i tecnici di settore, il Risk Manager si accerta dei risultati e li controlla nel tempo. E' suo compito anche definire le coperture assicurative ritenute necessarie e i rischi che possono invece essere assunti in proprio dell'azienda come forma di "autoassicurazione". Il ruolo del Risk Manager si esplica anche nella valutazione di possibili rischi e responsabilità per l'azienda insiti nei contratti con terzi. In tal senso assiste tutte le funzioni aziendali fornendo le proprie competenze per l'individuazione delle potenziali criticità insite in ogni operazione (Fonte: ANRA).

In pratica con tale misura si mira a proteggere il patrimonio dell'impresa dal danno che l'evento non evitabile (con maggiore o minore probabilità di verificarsi) può arrecargli.

Fig. 3 Risk Response Plan



Fonte: DPO https://www.dpo.it/ka-risk-management/?gclid=Cj0KCQiAubmPBhCyARIsAJWNpiOZ-yyjVkXHxz_7C-gM0g_aaYxxg_6wpHjEtuMOkziiw99TSPGO4BQaAlx3EALw_wcB

I *rischi di non etica* afferiscono ai rischi di contesto, ossia di un rischio legato a problemi nelle relazioni; infatti essi fanno riferimento ad un comportamento scorretto tra l'impresa e i suoi interlocutori. Suddetto comportamento è generato dalla volontà[11] delle parti.

Poiché tali rischi sono di contesto, il risk manager adotterà misure preventive per tutelare l'impresa (Bannister & Bawcutt, 1982; Massaroni, 1994). In particolar modo, se il comportamento scorretto è dipeso dall'impresa, allora il risk manager farà pressione sull'impresa affinché si promuovano comportamenti corretti evitando così eventuali sanzioni a cui la stessa potrebbe andare incontro. Se, invece, il comportamento scorretto è dipeso dagli interlocutori, allora il *risk manager* farà

[11] Tale rischio può dipendere anche solo dalla volontà di una delle parti ed in particolar modo solo dell'impresa o solo degli interlocutori.

pressione sulla struttura dell'impresa ricorrendo a meccanismi tipici della "teoria delle agenzie"[12] (Michael & Meckling, 1976).

Tali meccanismi sono rappresentati da una opportuna selezione degli interlocutori; infatti se, ad esempio, l'impresa instaura contatti con fornitori di cui non ha alcuna conoscenza o informazione, il rischio (di non etica) a cui andrà incontro sarà sicuramente maggiore (Coviello, 2005; Pellicano, 2003). Per converso se l'impresa instaura contatti con fornitori che mostrano all'apparenza atteggiamenti corretti e quindi affidabili, il rischio (molto probabilmente) tenderà a ridursi.

Il "rischio di non risonanza" è anch'esso un rischio di contesto, che implica principalmente un non interesse e fine comune tra l'impresa ed il sovra-sistema, ed in particolare con il sovra-sistema rilevante dovuto ad incompatibilità, mancanza di sintonia tra le due entità sopra riportate. Tale incompatibilità è dovuta da una "non convergenza" di interessi ed aspettative comuni tra le parti (Golinell & Gatti, 2001).

Sulla base di quanto descritto, si trae una importante differenza tra i rischi di non risonanza e quelli di non etica. A differenza di quest'ultimi, i *rischi di non risonanza* riguardano comportamenti corretti che, in seguito ad una componente imponderabile, fanno sì che la relazione tra le parti non vada a buon fine e, quindi, non si raggiungano gli effetti voluti (in definitiva, si equivale a sostenere che i rischi di non risonanza sono dovuti a comportamenti colposi delle parti, mentre i rischi di non etica sono dovuti a comportamenti dolosi delle parti stesse).

In tal caso il *risk manager* adotterà una misura preventiva intervenendo sulla struttura dell'impresa affinché tra le parti si verifichi una convergenza di interessi[13].

1.5. Rischi statici e rischi dinamici

Dalla matrice precedentemente riportata è possibile notare che i rischi di non conoscenza e quelli di non risonanza sono dinamici, mentre i rischi aleatori sono statici. I rischi di non etica non sono né dinamici e nè statici.

I *rischi statici (o puri)* sono quei rischi che rappresentano una variazione di segno negativo rispetto ad una data situazione prevista; tale variazione può determinare perdita assoluta (distruzione della ricchezza esistente) e/o perdite relative (riduzione o distruzione di ricchezza rispetto a quelle che si era prevista di produrre). Il loro effetto sul risultato di esercizio è sempre negativo, perché una loro assunzione non potrebbe produrre mai utili. Essi, però, possono essere assoggettati ad un rigoroso controllo scientifico (impossibile, invece, per i rischi dinamici, ndr) (Borghesi, 1997).

I rischi *dinamici (o impuri)* sono quei rischi connessi ad azioni e decisioni intraprese con intento speculativo, ossia allo scopo di produrre ricchezza. Il loro effetto sul risultato di esercizio è sia positivo che negativo, perché una loro assunzione può dare origine sia ad utili che a perdite (Carter & Doherty, 1984).

Il fatto che i rischi dinamici possano produrre sia perdite che utili, li fa accettare di buon grado dagli imprenditori ed, anzi, si può affermare che lo sviluppo e la cre-

[12] La "Teoria dell'Agenzia", elaborata negli anni '70 nell'ambito delle scienze politiche ed economiche, studia la situazione in cui un soggetto o un ente (l'Agente) è in grado di prendere delle decisioni e/o di intraprendere delle attività per conto di un altro soggetto o ente (il Principale), ma le due parti (Principale e Agente) hanno interessi divergenti e informazioni asimmetriche (l'Agente possiede più informazioni del Principale). L'Agente potrebbe avere interessi propri (che chiameremo secondari) che potrebbero andare in conflitto con gli interessi del Principale (che chiameremo primari). Cfr. Jensen, Michael C. and William H. Meckling, Theory of the firm: Managerial behavior, agency costs and ownership structure, 1976.

[13] Il meccanismo utilizzato è identico a quello visto per i rischi di non etica.

scita di un sistema economico sono condizionati dall'assunzione di un certo numero di rischi dinamici. Al contrario, è interesse di tutti controllare e ridurre i rischi statici, minimizzando le perdite accidentali.

Una più attenta distinzione fra *rischi puri (o statici)* e *rischi impuri (o dinamici)* può essere rilevata attraverso la tabella 1.

Tab. 1 Categorie di rischio

Rischi impuri o dinamici	Rischi puri o statici
DI ORIGINE NATURALE	
Ubicazione degli stabilimenti	Tempesta
Sfruttamento di risorse naturali	Inondazione
	Alluvione
	Smottamento
	Grandine
	Gelo
	Terremoto
DI ORIGINE TECNICA E TECNOLOGICA	
Impianti specializzati	Esplosione e scoppio
Automazione di fabbrica	Incendio e scoppio
Obsolenza di attrezzature	Guasti alle macchine
Scarsa manutenzione	Malattie professionali
Pericolosità dei processi	Infortuni
Sistemi di sicurezza in uso	
Nuovi processi e nuovi prodotti	
DI ORIGINE ECONOMICA	
Politiche di vendita	Perdite pecunarie per ritiro e rimpiazzo dei prodotti
Struttura dei costi di produzione	Garanzie di fornitura
Controllo di qualità	
Difficoltà di approvvigionamento	
Inflazione	
Recessione	
DI ORIGINE FINANZIARIA	
Ricorso al credito	Insolvenza commerciale di clienti
Insufficienza di capitale proprio	Perdite pecunarie
Mancanza di risparmio	Perdite su cambi
Difficoltà di trasferimento valutario	

Fonte: Tratta ed adattata da Chiarlo M., op. cit.

Alcuni eventi della seconda classe (rischi puri), pur non dipendendo in senso assoluto dall'impresa (si tratta in particolar modo delle perdite pecuniarie per ritiro e rimpiazzo dei prodotti), sono stati volontariamente inseriti nel prospetto per sottolineare che il sistema aziendale, in quanto produttore e distributore di ricchezza, contribuisce con le sue scelte e le sue decisioni a determinare le condizioni esterne esistenti in un dato momento e i loro mutamenti.

Nell'attuale sistema socio-economico, l'impresa è sempre di più legata al sistema sociale in cui è inserita. Per tale motivo si assiste ad un progressivo aumento della complessità dei fattori ambientali; i rischi puri crescono in numero e in dimensione e richiedono una adeguata pianificazione.

Laddove non è possibile rimuoverli, occorre capire e prevedere le circostanze in cui tendono a manifestarsi, identificare le risorse e le azioni per limitare gli effetti. Non pianificare le azioni di difesa, significherebbe rispondere agli eventi solo dopo che essi si sono verificati, con danni e perdite, cioè nel momento meno opportuno, in una posizione di estrema debolezza strutturale (Chiarlo, 1992, 1993).

In tal senso, il *governo del rischio* assume un significato pregnante, anche perché consente all'organo di governo di elaborare progetti di sviluppo basati, se del caso, sul ricorso all'indebitamento (Golinelli, 2000).

Il raggiungimento di tali obiettivi è legato alla capacità dell'impresa di accrescere la conoscenza degli eventi dannosi. I rischi conseguenti agli eventi dannosi che l'impresa ha la capacità di rilevare possono essere gestiti dall'organo di governo, oltre al ricorso al trasferimento assicurativo, anche attraverso la predisposizione di relazioni con altri soggetti che caratterizzano l'ambiente di riferimento dell'azienda (Golinelli, 2000). Pertanto, il rischio può essere trasferito ad un soggetto che fa parte della struttura dell'impresa o ad un soggetto che non è inserito nella sua struttura.

Ne risulta che la possibilità per l'impresa di gestire il rischio attraverso il ricorso al trasferimento assicurativo piuttosto che ad impostazioni contrattuali con soggetti terzi è connessa:

- alla capacità dell'impresa di apprendere e ritenere gli eventi suscettibili di influenzare negativamente la sua evoluzione;
- alla sua capacità di trasferire la gestione dei rischi risultanti dagli eventi sfavorevoli percepiti;
- alla attitudine e propensione al rischio dei soggetti collocati nell'ambiente di riferimento (Golinelli, 2000).

Il rischio è incertezza. Una definizione del genere, se può sembrare accettabile per la sua semplicità, necessita di alcune precisazioni idonee a fugare ipotetici equivoci.

Alcuni autori (tra cui R. L. Carter, N. A. Doherty) mettono in evidenza che, mentre il rischio appartiene alla natura, allo stato delle cose, l'incertezza è il prodotto della mente umana che agisce nella misura in cui il soggetto è in grado di percepirla, per le sue conoscenze e la sua sensibilità. Con ciò si postulava la presenza di un rischio soggettivo (incertezza) in contrapposizione alla sua vera nozione che è oggettiva.

Il rischio esiste anche se il soggetto su cui è destinato a ripercuotersi economicamente non è psicologicamente in grado di avvertirlo, per il suo scarso senso di

previdenza. Allo stesso modo, il livello delle conoscenze di cui dispone un uomo in una determinata epoca e in un determinato luogo (ed espresso dal grado di scienza e di cultura della società), non influisce sul rischio se non nella quantità in cui i nuovi mezzi consentono di dominare in parte le forze naturali o sociali o di mitigare gli effetti.

Le nuove scoperte scientifiche, dischiudendoci le cause di tanti fenomeni biologici, fisici e chimici, ci possono consentire un miglior apprezzamento del rischio ed una sua gestione più proficua.

Il rischio è dispersione di risultati intorno alla media. Il valore medio a cui si fa riferimento è la speranza matematica del risultato economico di una certa operazione aleatoria e la dispersione è misurata dallo scarto quadratico medio della variabile statistica relativa (Chiarlo, 1993).

Le osservazioni fatte consentono di definire il rischio come possibilità oggettiva che i risultati economici di un determinato evento, incerto nel suo manifestarsi, differiscano da quelli previsti.

In termini generali, il rischio viene qualificato in termini di scostamenti negativi rispetto all'obiettivo preconfigurato (Golinelli, 2000). Il rischio viene collegato alla potenzialità di un evento sfavorevole, laddove per evento sfavorevole si intende la variazione di segno negativo rispetto ad una data situazione prevista (Borghesi, 1985).

Bibliografia

Barile, S., (2000). *Contributi sul pensiero sistemico in economia d'impresa*. Salerno: ARNIA.

Bertini, U. (1987). *Introduzione allo studio dei rischi nell'economia aziendale.* Giuffrè Editore.

Borghesi, A. (1985). *La gestione dei rischi di azienda*. Cedam.

Carter, R. L., & Doherty, N. A. (1974-1984). *The development and scope of risk management, in Handbook of risk management*. London: Kluwer-Harrap Handbook.

Chiarlo, M. (1993). *Economia dell'assicurazione danni*. Genova: ECIG.

Chiarlo, M. (1992). Risk Manager: un nuovo ruolo all'interno dell'impresa. In *Economia e Diritto del terziario*, *1*.

Coviello, A. (2005). *Il governo dei rischi d'impresa. Il risk management tra prevenzione e trasferimento assicurativo*. Torino: Giappichelli editore.

Coviello, A. (2009). I processi di internazionalizzazione delle imprese minori tra relazioni ed occasionalità. In *Rivista "Economia, Azienda e sviluppo*, *1.*

Coviello, A., & Di Trapani, G. (2015). Il risk management nelle imprese italiane tra prevenzione e ritenzione dei rischi. In *Rivista elettronica di diritto, economia, management*, 1.

Coviello, A., & Di Trapani, G. (2017). *The management of a risk identification*, 1st Scientific International Conference on CBRNe, Roma, 21-23/5.

Coviello, A., & Di Trapani, G. (2018). *The Risk Management and the transfer to the insurance market*, SICC 2017 Conference, Springer International Publishing.

Coviello, A., & Di Trapani, G. (2015). The system risk in smaller Italian companies. In *International journal of scientific and research publications*, *9.*

Coviello, A., & Di Trapani, G, (2013). Supply risk management: mitigation strategy. In *Journal of International Scientific Publications: Economy & Business*, *7*(3).
Coviello, A., & Vallone, M. (2000). *Truffa in nome della legge. Le nuove frontiere della criminalità nel settore assicurativo*. Napoli: edizioni Il Denaro.
Gatti, C. (2001). L'approccio sistemico al governo dell'impresa. In *Economia e diritto del terziario*, *2.*
Golinelli, G. M. (2000). *L'approccio sistemico al governo dell'impresa. La dinamica evolutiva del sistema impresa tra economia e finanza.* Padova: Cedam.
Jensen, M. C., & Meckling, W. H. (1976). Theory of the firm: Managerial behavior, agency costs and ownership structure. In *Journal of Financial Economics*, *3*(4).
Massaroni, E., Esposito De Falco S., & Rossi S. (2009). The network in the viable system approach to the firm's government. Methodological aspects and concrete application. In *Sinergie*, *16*(80).
Massaroni, E. (1976). *L'azione di governo nell'ottica della gestione strategica*. Padova: Cedam.
Pellicano, M. (2003), *Il rischio d'impresa: dalla conoscenza alla risonanza*, Intervento al seminario *"Prevenire le crisi d'impresa: elementi e modelli segnaletici"*, Facoltà di Economia, Università degli studi di Salerno, 27 0ttobre.
Saraceno, P. (1972), *Il governo delle aziende*. Libreria Universitaria Editrice.

2

LA VALUTAZIONE DEI RISCHI: IL RUOLO DELLA PREVENZIONE E PROTEZIONE

di Antonio Coviello (CNR-IRISS)

2.1. Identificare, valutare e gestire il rischio

Il processo di identificazione del rischio costituisce il punto di partenza di tutta l'attività di *risk management* che ne influenza, inevitabilmente, la qualità dei risultati (Coviello, 2005). Tale operazione è amplificata dall'impossibilità di adottare un unico modello di riferimento universalmente applicabile, in quanto l'eterogeneità e la rapida evoluzione che caratterizzano ogni singola realtà aziendale, consentono di generalizzare solo sotto il profilo metodologico.

In tale processo, quindi, rientra lo svolgimento delle attività tipiche delle fasi di identificazione di tutte le situazioni in grado di generare perdite da eventi accidentali e di monitoraggio dei risultati, ottenuta attraverso la sistematica ripetizione del processo.

La costruzione di una metodologia di identificazione deve necessariamente soddisfare due diversi ordini di esigenze, fornendo da un lato i necessari strumenti logico-operativi per la ricerca delle informazioni nella realtà, dall'altro precisi criteri di strutturazione delle stesse, al fine di ottimizzare la coerenza informativa tra processi. Essa, inoltre, deve necessariamente basarsi su strumenti logico-operativi coerenti e strutturati (Kloman Felix, 1992).

Gestire il rischio comporta inevitabilmente un impiego di risorse aziendali, il cui "sacrificio" – in un'ottica di allocazione ottimale delle stesse – è giustificabile solo dopo un'attenta valutazione dei connessi "benefici".

L'obiettivo quindi, è quello di delineare i tratti fondamentali di un corretto e razionale processo di valutazione del rischio, in grado di offrire a chiunque si occupi di

risk management uno schema concettuale di riferimento entro cui collocare le diverse possibili alternative di gestione, al fine di operare una coerente e consapevole valutazione dell'opportunità economica di eventuali azioni di prevenzione, protezione, trasferimento e ritenzione del rischio (Coviello, 2005; Coviello & Di Trapani, 2015, 2017, 2018).

Per operare consapevoli scelte in tema di valutazione del rischio, occorre innanzitutto conoscere le caratteristiche di quest'ultimo (Kerven-Rubise, 1991) . Tale compito è demandato alla fase di misurazione, il cui obiettivo è l'individuazione, per una determinata unità di rischio e per un determinato intervallo di tempo, delle caratteristiche di *frequenza, gravità e perdite potenziali* del rischio esaminando.

Per *frequenza* del rischio si intende il numero di sinistri, riconducibili al rischio in esame, che l'unità di riferimento potrebbe ragionevolmente subire nel periodo di tempo considerato. Essa descrive la possibilità di "nascita" degli eventi dannosi, prescindendo dalle conseguenze degli stessi. Rifacendosi alla divisione tra pericoli e casualità la frequenza misura i pericoli cui l'azienda indagata è esposta (Coviello, 2005; Coviello & Di Trapani, 2015).

Per *gravità*, invece, si intende l'entità dei danni che ogni singolo sinistro, riconducibile al rischio in esame e subìto dall'unità di riferimento nel periodo di tempo considerato, potrebbe ragionevolmente generare. Tale parametro descrive le conseguenze di ogni singolo sinistro, prescindendo dalla probabilità di "nascita" dello stesso. Sempre rifacendosi alla divisione tra pericoli e casualità, la gravità misura le casualità cui l'azienda indagata è esposta.

Per *perdite potenziali*, infine, la dottrina intende l'ammontare totale delle perdite riconducibili al rischio in esame che l'unità di riferimento potrebbe ragionevolmente subire nel periodo di tempo considerato. La valutazione delle perdite potenziali descrive, quindi, la portata complessiva del rischio indagato.

Le caratteristiche di un rischio nei termini suddetti possono essere indagate ed espresse attraverso diverse tecniche, fondamentalmente riconducibili a due macro categorie: le tecniche di natura statistica e le tecniche di natura discrezionale. Le tecniche statistiche applicano alla valutazione del rischio i principi della statistica inferenziale[1].

Le tecniche discrezionali, invece, trovano spesso applicazione quando la valutazione del rischio deve avvenire in situazioni caratterizzate da basso livello di informazioni disponibili, o perché le informazioni in tema di sinistri sono numericamente esigue o perché eccessivamente disomogenee e quindi non utilizzabili per razionali analisi statistiche. In tali situazioni la valutazione può avvenire solo attraverso l'esperienza e la conoscenza dello specifico rischio da parte dell'analista. Visto l'ampio margine di discrezionalità è necessario cercare di individuare delle linee guida, in grado di ottenere un'analisi obiettiva, ancorando la valutazione a ben definite situazioni di riferimento.

Il processo di gestione del rischio ha il duplice obiettivo di individuare tutte le possibili alternative di gestione dei rischi emersi durante la fase di identificazione (esplicando, per ognuna i relativi costi e benefici) e di realizzare nel concreto quelle selezionate (Gilardoni, 1992).

[1] L'inferenza statistica (o statistica inferenziale) è il procedimento per cui si inducono le caratteristiche di una popolazione dall'osservazione di una parte di essa (detta "campione"), selezionata solitamente mediante un esperimento casuale (aleatorio).

Le tecniche di gestione si possono suddividere in due classi fondamentali, a seconda che agiscano direttamente sulle caratteristiche intrinseche delle determinanti del rischio (tecniche di controllo), oppure sulle relative conseguenze economico-finanziarie una volta che l'evento si sia manifestato e abbia prodotto i suoi danni (tecniche di finanziamento del rischio).

Le tecniche di controllo del rischio, a loro volta, pur essendo decisamente numerose, variegate ed in continua evoluzione, sono classificabili lungo due dimensioni, a seconda che si voglia enfatizzare il loro impatto sul profilo di rischio, oppure lo strumento a tale scopo utilizzato. Nel primo caso, si distingue tra *tecniche di prevenzione* – se in grado di ridurre la probabilità di verificarsi di eventi dannosi – e *tecniche di protezione* – se in grado di ridurre i danni conseguenti al sinistro; nel secondo tra tecniche di controllo fisico, procedurali e tecniche psicologiche.

Le tecniche di gestione consistono nell'utilizzo di impianti e/o congegni fisici in grado di ridurre la probabilità di manifestazione di un sinistro o le perdite conseguenti.

Le tecniche di controllo consistono invece nell'imposizione di particolari regole di comportamento che, se rispettate, sono ancora una volta in grado di modificare la probabilità di manifestazione del sinistro o le perdite conseguenti.

Le tecniche psicologiche, infine, consistono nel trasferire all'interno dell'intera struttura organizzativa una cultura di gestione dei rischi, attraverso corsi formativi, incontri e dialoghi interpersonali.

Le tecniche di finanziamento del rischio si possono classificare in funzione del soggetto economico su cui ricadono le conseguenze economico-finanziarie dei sinistri, distinguendo tra forme di trasferimento e forme di ritenzione. Nel primo caso, l'obiettivo di "ammorbidire" le conseguenze di eventuali sinistri sull'equilibrio economico-finanziario dell'azienda si realizza trasferendo tali conseguenze ad altri soggetti economici (tipicamente attraverso accordi contrattuali o acquisto di coperture assicurative); nel secondo, attraverso un "preventivo" processo di pianificazione finanziaria (tipicamente realizzato attraverso accantonamenti contabili, aperture di linee di credito contingenti, processi interni di autoassicurazione, ricorso a compagnie captive, ecc.).

Le tecniche di finanziamento del rischio si pongono, a seconda dei casi, in una posizione di subordine, complementarietà o alternatività rispetto a quelle di controllo. Si pongono in subordine, sia perché qualsiasi strategia di finanziamento del rischio è attuabile in termini sufficientemente convenienti solo in presenza di livelli di sinistrosità contenuti o comunque strettamente controllati, sia in tutti i casi in cui un sinistro coinvolga valori (come la tutela della vita umana e la salvaguardia dell'ambiente) che non possono – o meglio, non dovrebbero – essere ricondotti ad un mero calcolo di convenienza economico-finanziaria e che quindi devono essere necessariamente tutelati. In ogni caso nessun programma di controllo è, ad eccezione di casi del tutto particolari, in grado di eliminare completamente il rischio.

2.2. La cultura della prevenzione e protezione dei rischi

La gestione di un rischio non può limitarsi alla sua identificazione e misurazione, ma anche al suo trattamento; il riferimento al concetto di assicurabilità che si pro-

porne di fornire metodologie e tecniche atte a fronteggiare, con i minori danni possibili, gli eventi sfavorevoli con rapidità ed efficacia (Coviello, 2019).

Il moltiplicarsi delle problematiche di sicurezza impone gli Stati a concentrarsi sia sul contenimento del rischio (mediante adeguate analisi ed il progressivo miglioramento dei sistemi e delle procedure di sicurezza), sia sulla gestione finanziaria delle esposizione (mediante una più efficace programmazione delle risorse destinate alle coperture dei rischi).

Il sistema di prevenzione prevede una fase di valutazione dei rischi. Oggi le conoscenze scientifiche sono tali per cui calamità naturali come terremoti, alluvioni, inondazioni, eruzioni vulcaniche, ecc., possono essere previste esprimendo un grado (basso, medio, alto) di probabilità del manifestarsi dell'evento e delle sue tragiche conseguenze (Richard Zublena, 2017).

Sovente si assiste a casi in cui drammatici eventi – quali appunto le calamità naturali – colpiscono improvvisamente ed inaspettatamente i patrimoni, producendo inevitabilmente non solo ingenti perdite economiche, ma ripercussioni nell'immagine pubblica.

Oggi, infatti, non è più possibile parlare semplicisticamente di "causa di forza maggiore".

Se si pensa agli avvenimenti che possono cagionare danno economico, si rileva che questi hanno distinte connotazioni che meritano approfondimenti per consentire una loro efficace prevenzione.

Nella esperienza comune, non si trovano mai situazioni chiaramente positive o negative; il più delle volte si trovano delle situazioni intermedie, che per fattori esterni o per azioni interne possono rapidamente trasformarsi in vantaggi o svantaggi (Coviello & Di Trapani, 2015).

Dipende, quindi, in parte dalle circostanze ma ancora di più dalla conoscenza, dalla preparazione e dall'applicazione, ciò rappresenta uno dei motivi fondamentali per chi si occupa di risk management: conoscere in modo preventivo i rischi e le possibilità su cui lavorare.

Senza la conoscenza del rischio non c'è possibilità di preparare o di adottare azioni correttive migliorative.

Generalmente l'attività di conoscenza e di analisi del rischio coincide con la definizione di valutazione del rischio (Coviello, 2005).

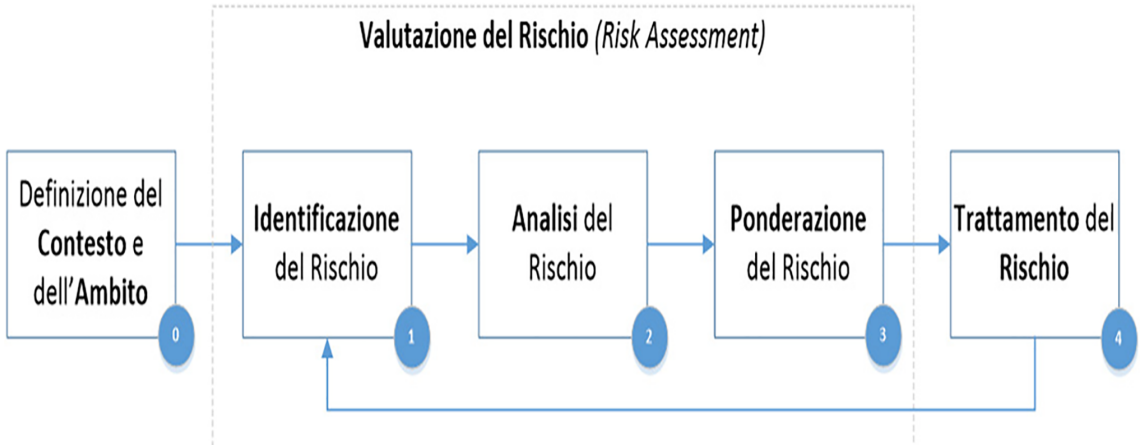
In particolare, ciò è rappresentato da un processo continuo di miglioramento, al pari di un procedimento di qualità, dato che nel tempo i fattori esterni o interni di rischio possono cambiare o presentarsi in forme impreviste.

Se la conoscenza del rischio ci permette di capire quali comportamenti evitare, il comportamento successivo, quello che si svolge nell'azione, è un fattore fondamentale di successo o di insuccesso (Dickson, 1992; Borghesi, 1997; Barile, 2000).

Questo aspetto successivo di approccio al rischio è influenzato da diversi comportamenti, ma anche da fattori ambientali, dai "valori" in gioco e dalla propensione a sostenere perdite di beni (siano essi nostri o di altri), che potremmo essere costretti a rimborsare a causa del nostro o altrui comportamento non particolarmente attento (Sciarelli, 2001).

Quella che in condizioni favorevoli ci sembra una grande possibilità, che vale il rischio, può trasformarsi allora rapidamente in un disastro (Coviello, 2005).

Fig. 1 Processo di conoscenza del rischio



Fonte: ICT security magazine

Uno dei fattori determinanti nella crescita, allora, è la sempre maggiore importanza della gestione strategica di vertice, che comporta tra l'altro la necessità di garantire al management un adeguato monitoraggio dei rischi e della loro copertura; di qui la constatazione sulla crescente importanza del risk management d'impresa, che comporta inevitabilmente un utilizzo parallelo di strutture interne e di consulenze esterne.

Anche le politiche di prevenzione e la loro successiva gestione, dovrebbero rientrare nelle funzioni aziendali interne all'azienda (pubblica o privata che sia): nessun terzo potrebbe pensare a soluzioni adeguate senza avere validi interlocutori nell'ambito aziendale. In definitiva, un opportuno mix di gestione strategica interna e di supporto da operatori esterni potrebbe sicuramente rappresentare la strada consigliata per una azienda attenta alle problematiche di risk management.

2.3. Il ruolo della Prevenzione e Protezione

Per meglio comprendere il fenomeno sin qui riportato, è possibile addivenire ad una distinzione tra le attività di protezione e quelle di prevenzione.

Per attività di *prevenzione dei rischi* si intendono l'insieme delle opere e azioni volte a evitare o limitare il verificarsi di eventi e quindi dei sinistri ad essi collegati.

L'evento sinistroso si origina da una relazione non proficua tra le parti che sfocia in un conflitto: non sono più presenti, volontariamente, interessi e fini comuni tra le parti (Rischio di non risonanza); le parti adottano, di propria volontà, comportamenti scorretti (Rischio di non etica). (Golinelli, 2000).

La prevenzione si riferisce, quindi, ad un'attività sostanzialmente di consulenza interna, volta ad influire sui comportamenti relazionali dell'impresa, al fine di evitare che attraverso comportamenti non adeguati (propri o della controparte, rischio di non risonanza), o scorretti (propri o della controparte, rischio di non etica), emergano danni all'impresa a seguito del cattivo esito della relazione.

Fare prevenzione diventa fondamentale, ad esempio, soprattutto durante le crisi finanziarie, le emergenze e gli eventi atipici ed imprevedibili, ma non sono impensabili le loro conseguenze. Effetto domino, esiti multipli, punti nevralgici possono essere identificati e governati.

Fig. 2 Prevenzione dei rischi d'impresa



Fonte: Economia prime e dopo (https://www.economiaprimaedopo.it/vicino-alle-imprese/gestione-rischi-dimpresa/)

Una oculata gestione del rapporto contrattuale in tutte le sue fasi (consideriamo anche il problema della selezione dell'interlocutore e di come regolamentare il rapporto e di come gestirlo) costituisce una modalità attraverso la quale prevenire i rischi di non risonanza e di non etica (Pellicano, 2003; Coviello, 2005).

Per *protezione* si intende quella serie di attività che si manifestano attraverso azioni concrete, che si avvalgono di strumenti, volte a proteggere l'impresa dagli effetti dannosi che si cagionano a seguito del verificarsi di determinati eventi prevedibili (a cui è possibile associare una probabilità di accadimento) o imprevedibili sui quali (a prescindere dalla prevedibilità) l'impresa non è in grado di influire nel tentativo di evitare nell'accadimento l'emersione del danno.

In sostanza sono rischi legati al verificarsi di fenomeni che accadono in un ambiente oggettivamente dato più o meno conoscibile, ma non influenzabile. Esse vengono anche considerate come l'insieme delle opere e azioni volte a limitare l'estensione del sinistro. Tali azioni, quindi, trovano la loro applicabilità quando l'evento non può essere evitato.

L'evento sinistrorso non si origina da una relazione non proficua, ma da accadimenti che sono al di fuori della propria sfera di azioni e, quindi, di influenza.

Più in generale, le azioni di protezione vengono suddivise in due grandi famiglie: le opere di protezione "passiva" e le opere di protezione "attiva".

Rientrano nella *protezione attiva* quelle attività che per poter funzionare richiedono una specifica azione, normalmente utilizzante energia elettrica (ad esempio, nel caso di opere protezionistiche antincendio, appartengono a questa categoria gli impianti di estinzione automatica dei fuochi, l'evacuazione dei fumi attraverso attuatori, ecc.).

Appartengono invece alla *protezione passiva* tutte quelle opere che sono comunque presenti e non richiedono alcun altro intervento (nel ricollegarci sempre alle opere protezionistiche antincendio consideriamo, a titolo di esempio, le strutture resistenti al fumo, la separazione tra zone con carichi di incendio significativi, ecc.).

La scelta di una "famiglia" piuttosto che l'altra rileva un particolare atteggiamento nei riguardi della protezione. La protezione attiva (che, se funzionante correttamente, riduce notevolmente l'ammontare del sinistro in confronto alla protezione passiva) richiede una corretta progettazione ed un'adeguata opera di controllo e manutenzione preventiva, pena l'efficacia della prestazioni sperate (Balbo, 1994).

Fig. 3 La gerarchia delle misure di riduzione del rischio: eric sp

L'acronimo ERIC-SP per memorizzare la gerarchia delle misure di riduzione del rischio ***Nella gerarchia occorre partire dalla prima lettera (Eliminate) verso l'ultima (PPE)***		
E	Eliminate the hazard Elimina le fonti di pericolo	Luogo sicuro
R	Reduce the hazard Riduci le fonti di pericolo	
I	Isolate people from the hazard Isola le persone dai pericoli	
C	Control exposure to the hazard Controlla l'esposizione al pericolo	
S	Safe System of Work Procedure di sicurezza	Operatore sicuro
P	Personal Protection Equipment Dispositivi di protezione individuale	

Fonte: Safety security magazine

Il controllo dei rischi, insieme alla fase relativa alla loro valutazione, costituiscono le fasi più qualificanti dell'intero processo. Per una migliore comprensione di tale fase, prendiamo in considerazione l'esempio di un terremoto.

In tale ipotesi il controllo dei rischi può esplicarsi in tre situazioni differenti:
- prima del verificarsi dell'evento;
- durante il verificarsi dell'evento;
- dopo il verificarsi dell'evento.

Le azioni di controllo dei rischi prima del verificarsi dell'evento sinistrorso sono suddivisibili in due grandi categorie: le opere di prevenzione, che – come si ricorderà – rappresentano l'insieme delle operazioni e azioni volte ad evitare o limitare il verificarsi di eventi. Tra le opere di prevenzione acquistano particolare impor-

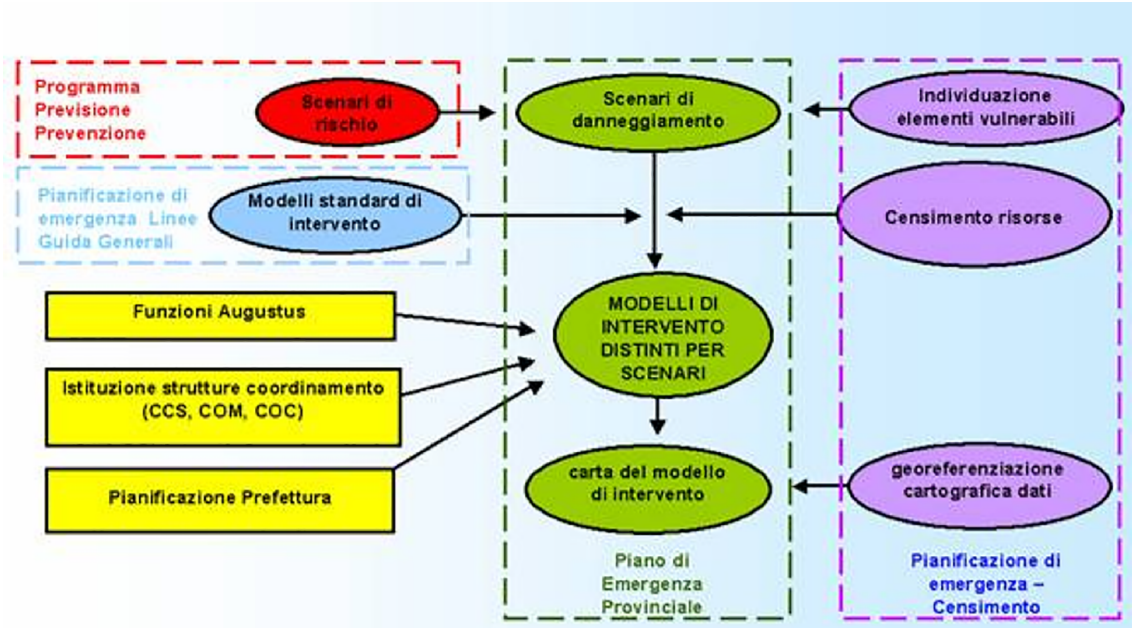
tanza le “norme comportamentali”, che prevedono comportamenti corretti da parte di coloro svolgono determinate funzioni nelle imprese.

La seconda categoria di azioni di controllo prima del verificarsi dell’evento sinistrorso, si riferisce alle opere di protezione, che rappresentano l’insieme delle azioni volte a limitare l’estensione del sinistro (e non dell’evento, che non potrà essere evitato).

Le azioni di controllo dei rischi durante il verificarsi dell’evento sinistrorso è, invece, rappresentato dai cosiddetti “piani di emergenza”, che sono costituiti dall’insieme delle azioni che devono essere realizzate, al momento del sinistro, per mettere in salvo – in primo luogo – le persone e, successivamente, i beni.

Il Piano di emergenza, quindi, è un documento che contiene le operazioni da mettere in atto, allo scopo di ridurre al minimo l’esposizione ai rischi connessi all’attività lavorativa o a situazioni di eventi eccezionali. Tali piani devono essere preparati a monte e non durante l’evento sinistrorso; infatti l’individuazione a priori delle azioni opportune da effettuare in caso di sinistro può ridurre drasticamente il danno diretto e, soprattutto, il tempo necessario al ripristino delle condizioni esistenti prima del sinistro.

Fig. 4 Elementi costitutivi del piano d’emergenza



Fonte: https://www.ambiente-territorio.com/protezione_civile.htm

I Piani di Emergenza di Protezione Civile sono uno strumento fondamentale per la gestione di tali possibili situazioni di emergenza. Sono uno strumento di pianificazione che, sulla base di scenari di riferimento, individuano e disegnano le diverse strategie finalizzate a ridurre il danno ovvero il superamento dell’emergenza. Obiettivo dei Piani è la salvaguardia delle persone e, quando e se possibile, dei beni presenti in un’area a rischio.

Il piano di emergenza deve essere scritto e indicherà le operazioni da svolgersi in caso di necessità (nonché il nominativo del responsabile di ogni operazione e gli eventuali sostituti).

Le azioni di controllo dei rischi dopo il verificarsi dell'evento sinistrorso, infine, è rappresentato dai cosiddetti "piani di ripristino" che sono rappresentati dall'insieme delle azioni volte a ripristinare la capacità produttiva prima dell'evento sinistrorso.

Fig. 5 Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni-PGRA



Fonte: Autorità di Bacino del Fiume Arno. (http://www.adbarno.it/adb/?page_id=5474)

Le azioni di recupero (prestabilite in anticipo nel piano di ripristino), possono ridurre drasticamente il tempo necessario alla ripresa delle attività imprenditoriali interrotte dal sinistro, anche se bisogna tenere conto che appare sicuramente difficile individuare a priori tutti i sinistri possibili e di conseguenza tutte le eventuali azioni di rimedio.

Per questo motivo alcuni autori (Bannister, Bawcutt, 1982; Barlow *et al.*, 1993; Balbo, 1994; Coviello, 2005) ritengono più efficace la creazione di specifiche unità lavorative (c.d. *Emegency Risk Management Team),* costituito da persone che dovranno conoscere approfonditamente tutte le problematiche connesse alla produzione, l'approvvigionamento e la gestione delle informazioni che, appositamente addestrate a lavorare insieme (anche attraverso simulazioni), saranno in grado di ricercare (al momento del sinistro ed in tempo reale) le soluzioni più idonee per gestire la "crisi".

In definitiva, affinché le opere di protezioni siano efficienti è necessario che siano a loro volta efficienti le opere di prevenzione: maggiore è l'efficienza delle opere di prevenzione, maggiore sarà l'efficienza di quelle di protezione.

Bibliografia

Balbo, G. (1994). Risk management: contributo alla valutazione del ritorno economico degli investimenti per la prevenzione dei rischi di proprietà. In *Sinergie*, *12*(35).

Bannister, J. E., & Bawcutt, P. (1982). *Practical Risk Management*. Publisher Hyperion Books.

Barlow, R. E., Claroti, C. A., & Spizzichino, F. (1993). *Reliability and Decision Making*. Chapman and Hall/CRC.
Coviello, A. (2013). *Calamità naturali e coperture assicurative. Il risk management nel governo dei rischi catastrofali*. Palermo: Dario Flaccovio Editore.
Coviello, A. (2017). Increasing resìlience to natural disaster: a common challenge of industry, research and risk management, convegno "New Trends and Challenges in Natural Hazards Assessment and Mitigation", Università degli Studi di Napoli Federico II, 10 febbraio.
Coviello, A. (2019). Assicurazioni: come proteggersi dalle calamità naturali. In *Almanacco della scienza (CNR)*, *4*.
Coviello, A., Di Trapani, G. (2015). Il risk management nelle imprese italiane tra prevenzione e ritenzione dei rischi. In *Rivista elettronica di diritto, economia, management*, *1.*
Coviello, A., & Di Trapani, G. (2016). Le Scelte di Risk Management nella Gestione delle Catastrofi Naturali. In *Rivista elettronica di diritto, economia, management*, *2*.
Coviello, A., & Di Trapani, G. (2017). *The management of a risk identification*, in 1st Scientific International Conference on CBRNe, Roma, 21-23/5.
Coviello, A., & Di Trapani, G. (2018). *The Risk Management and the transfer to the insurance market,* SICC 2017 Conference, Springer International Publishing.
Coviello, A., & Pellicano, M. (2010). *Marketing Assicurativo*. Napoli: Liguori Editore.
Gilardoni, A. (1992). *La protezione aziendale. Impostazione strategica e gestionale*. Milano: Egea.
Gilardoni, A. (1994). *Il crisis management.* In *Sinergie, 35*.
Gerini, O. (2003). "The paragdigms of value. The risk shift from public to private: which role for insurance and financial groups?", Montepaschi Vita Annual Forum, 26 settembre.
Grossi, P., Kunreuther, H., & Windeler, D. (2005). *An Introduction to Catastrophe Models and Insurance*. Springer.
Herliner Baruch (1992). *Limite of insurability of risk.* New York: *Prentice Hall.*
Kerven-Rubise (1991). *L'archipel du danger.* Paris: CPE Economica.
Kloman Felix (1992). *Risk Management Today*, in The Geneva Papers on Risk and Insurance n. 64, luglio.

3

L'ASSICURAZIONE DEI DANNI DA CALAMITÀ NATURALI

di Antonio Coviello (CNR-IRISS)

3.1. La relazione tra risk management ed assicurazione

Uno dei principi cardine del *Risk Management*[1], prevede la gestione secondo una logica unitaria della sicurezza fisica e dell'assicurazione.

Questi due strumenti possono trovarsi fra loro in rapporto di complementarietà o di sostituibilità. Mentre i rapporti di complementarietà fra prevenzione ed assicurazione sono abbastanza banali – a condizione che la compagnia analizzi seriamente la qualità del rischio assunto e calibri di conseguenza i premi praticati – è indubbio che esista sempre una lucida comprensione dei rapporti di sostituibilità (Carniol, 1996).

La *ritenzione del rischio* è una soluzione praticabile quando il rischio, o certe quote di rischio, siano sopportabili con le normali risorse finanziarie aziendali. È noto che, se consideriamo i flussi finanziari positivi e negativi che ne derivano, l'assicurazione non è mai economicamente conveniente nel lungo periodo. Infatti, se il premio pagato dal cliente è maggiore, salvo errate valutazioni dell'assicuratore, della perdita media attesa legata al rischio sopportato senza grave turbamento dell'equilibrio finanziario – aziendale, la ritenzione può rivelarsi una soluzione interessante e vantaggiosa (Forestieri, 1999; Coviello, 2005).

Senza voler indulgere ad una finanziarizzazione del *Risk Management,* è indubbio che la ritenzione rappresenti, rispetto alla prevenzione e all'assicurazione, un

[1] Con il termine Risk management (gestione del rischio) ci si riferisce all'insieme di processi attraverso cui un'azienda identifica, analizza, quantifica, elimina e monitora i rischi legati ad un determinato processo produttivo. La norma di riferimento, ovvero la *ISO 31010* "Risk assessment Techniques", all'allegato B, descrive in maniera dettagliate ben 41 tecniche di identificazione e valutazione dei rischi.

terzo polo di interesse cui la gestione dei rischi puri deve dedicare molta attenzione. Un *Risk Management* evoluto e moderno implica, dunque, che il *risk manager* dedichi parte della sua attività alla pianificazione finanziaria degli interventi, da realizzare in stretta collaborazione con la Direzione & Finanza.

È assai comune il convincimento che lo sviluppo del *Risk Management* sia strettamente connesso all'evoluzione del rapporto impresa-assicuratore. Negli Stati Uniti la maggiore accelerazione della crescita del *Risk Management* è coincisa – a partire dagli anni ottanta – con una congiuntura particolarmente sfavorevole del mercato assicurativo, caratterizzata tra l'altro da notevoli difficoltà nell'ottenere la copertura per alcune categorie di rischio.

Occorre rilevare, soprattutto in Italia, la scarsa diffusione – unitamente all'arretratezza culturale che la accompagna – della funzione del *Risk Management.*

Nell'opinione dei più, la pratica del mercato assicurativo italiano riflette purtroppo questo modello, che opera a sfavore della diffusione del *Risk Management,* e sarebbe limitativo spiegare le deficienze gestionali delle imprese con l'atteggiamento talvolta "diseducativo" delle compagnie di assicurazione.

Si può sostenere, in termini generali, che il *Risk Management* tenda a svilupparsi soprattutto per l'incentivo di assicuratori esigenti circa le misure di sicurezza, indisponibili all'assunzione di qualsiasi rischio, e rigorosi nella ricerca dell'economicità della gestione tecnica (Coviello, 1999). Le caratteristiche del rapporto con l'assicuratore devono essere inquadrate al di là del problema della copertura. Alla polizza è possibile affiancare una serie di servizi complementari, che l'impresa può avere convenienza a richiedere all'assicuratore in virtù delle competenze specialistiche di quest'ultimo (Coviello, 1998).

L'*analisi del rischio*[2] è costituita dall'insieme di operazioni e metodologie impiegate per l'identificazione e la valutazione dei rischi puri. Le minacce cui il patrimonio aziendale è esposto hanno la proprietà di non essere facilmente rilevabili, anzi, di essere abitualmente nascoste dietro situazioni in apparenza normali e sicure. L'analisi del rischio consiste in un lavoro di raccolta e di elaborazione di informazioni volto a migliorare la conoscenza dei rischi, ad aumentare la precisione degli interventi ed a perfezionare la qualità dei processi decisionali; mentre l'identificazione ha lo scopo di accertare quali siano le minacce, e di descriverne origine ed effetti potenziali, la valutazione ne stabilisce l'entità, se possibile, tramite una misura quantitativa, massima perdita possibile, perdita media, ecc.

Entrambe le fasi dell'analisi del rischio sono indispensabili, anche se la prima è più popolare e la seconda viene talvolta intesa come una elaborazione aggiuntiva poco utile. La valutazione del rischio è volentieri demandata all'assicuratore che, a sua volta, spesso non realizza analisi approfondite, ma si limita all'applicazione di alcuni parametri standard di quantificazione della minaccia (Coviello, 1998, 2005)[3].

---

[2] L'analisi del rischio è un vero e proprio un insieme di tecniche che utilizzano dati e calcoli scientifici per produrre stime affidabili sulla comparsa di pericoli specifici in determinati scenari. L'analisi del rischio può essere applicata ai diversi settori delle attività umane, è quindi un processo che consente di descrivere qualitativamente e quantitativamente la probabilità e l'impatto potenziale di alcuni rischi (valutazione del rischio), di formulare decisioni o proporre alternative/opzioni di controllo degli stessi (gestione del rischio) e di comunicare a tutti i soggetti interessati i risultati della valutazione del rischio e le decisioni che si suggerisce di prendere (comunicazione del rischio).(Fonte. SicurImpresa).

[3] Per approfondimenti si veda pure Coviello A., Così il Risk Manager aiuta l'impresa, Il Denaro n.41, 1998.

Fig. 1 Fasi analisi del rischio



Fonte: Sicurimpresa

Gli effetti di un'insufficiente analisi del rischio sono diversi:

- impreparazione di fronte al materializzarsi di minacce non individuate o fortemente sottovalutate;
- allocazione errata delle risorse fra gli interventi assicurativi e non, relativi a diverse minacce, con eccessi di spesa per rischi poco rilevanti e carenze per rischi realmente pericolosi;
- impossibilità, per mancanza di valide informazioni, di utilizzare metodologie decisionali orientate a criteri di convenienza economica.

Più in generale, la diffusione di approcci rigorosi all'analisi del rischio deve essere vista come una componente decisiva per l'evoluzione della pratica della gestione dei rischi puri. Le imprese moderne fanno della quantità e della qualità dell'informazione una chiave dell'efficienza e del successo competitivo. Il *Risk Management* non può inserirsi fra le aree importanti della gestione senza disporre di un valido sistema informativo, alimentato principalmente da notizie e dati sui rischi (Corvino, 1996).

La *prevenzione del rischio* costituisce un problema sul quale non è agevole costruire generalizzazioni empiriche e teoriche. La difesa fisica delle risorse aziendali contro le minacce accidentali o dolose, è un'idea che cela sotto l'unitarietà concettuale una grande frammentazione delle problematiche. Ad esempio, la protezione dei sistemi informatici e la repressione della contraffazione del marchio, hanno ben poco in comune (per competenze richieste come per strumenti operativi, principi gestionali, attori di riferimento). A tale eterogeneità corrispondono soluzioni organizzative autonome, che impediscono di individuare nell'azienda un'area responsabile per la gestione della prevenzione nel suo insieme (Dickson, 1992).

Le metodologie decisionali sono l'insieme di approcci, tecniche, regole impiegate per scegliere, fra due o più alternative disponibili, quella più conveniente in rapporto a dati obiettivi. Tutti i problemi ammettono come minimo due alternative, perché si deve in ogni caso decidere almeno fra il fare e il non fare nulla.

In un'impresa, le metodologie decisionali devono avere una caratterizzazione economica, dato che economica è la natura degli obiettivi da raggiungere. Ciò significa che, in linea di principio, la risoluzione di qualsiasi problema decisionale deve essere individuata mediante un raffronto dei costi e dei ricavi associati alle alternative a disposizione. Si sottraggono a questa logica i casi in cui un comportamento è obbligatorio, oppure, giustificato da considerazioni strategiche che sfuggono alla quantificazione economica.

Nel campo del *Risk Management,* le metodologie decisionali soffrono dell'elevata incertezza dei rischi puri. Per decidere in maniera economicamente corretta, si dovrebbe conoscere con esattezza la perdita che un certo rischio arrecherà in un dato periodo, ma, evidentemente, questa informazione si potrebbe acquisire solo se il rischio fosse certo, ossia se il rischio non fosse rischio.

Ne consegue che è inevitabile dare spazio nel *Risk Management* a metodi di decisione meno rigorosi, in cui giochino esperienza personale e regole empiriche. Ciò senza comunque escludere il calcolo economico, che può essere esercitato anche su informazioni incerte, purché dotate di buona credibilità, a condizione di realizzare un serio lavoro di identificazione e valutazione, così da ottenere informazioni valide su molti rischi, soprattutto su quelli di non rarissima manifestazione (Space, 1994)[4].

Il *broker*[5] e l'*assicuratore in genere* sono un importante parametro di riferimento nelle decisioni (Coviello & Pellicano, 1999); a volte poi vi è un atteggiamento di accettazione passiva delle disposizioni di legge, o a seconda dei casi, dell'opinione del broker o dell'assicuratore.

In imprese altamente decentrate e contraddistinte da scale gerarchiche allungate, il vertice interviene direttamente solo su materie rilevanti e pertanto il suo coinvolgimento nel *Risk Management* deve essere interpretato come un segnale di interesse verso le problematiche dei rischi puri. Al contrario, nelle imprese accentrate e gerarchicamente corte, il vertice, che spesso coincide con la proprietà, tende a partecipare a qualunque decisione e la non rara assunzione diretta della gestione dei rischi puri, intesa quale mero acquisto di polizze assicurative, deve essere vista come indicatore di una sostanziale inesistenza di *Risk Management* (Tagliavini & Misani, 1999).

3.2. Assicurabilità e ruolo del risk manager

Il risk management all'interno di una organizzazione dovrebbe essere parte integrante sia della tecnologia che della gestione. In questa ottica "la sfida del risk management è di imparare a vivere con l'incertezza, così che il rischio possa essere uno stimolo accettabile piuttosto che una inaccettabile minaccia" (Kloman, 1992).

[4] Per ulteriori approfondimenti si legga pure la pubblicazione curata da Space- centro europeo per gli studi sulla protezione aziendale, *Indagine generale sul Risk Management*, 1994.

[5] Il mediatore di assicurazione, intermediario assicurativo (o in inglese *insurance broker*) è un professionista il cui compito è quello di mediare tra le compagnie di assicurazioni e i propri clienti o stakeholder, e ha generalmente lo scopo di reperire sul mercato le soluzioni assicurative rispondenti alle esigenze di coloro che si affidano al suo servizio. Solitamente, una rilevante forza contrattuale e una vasta offerta di servizi sono le sue caratteristiche salienti.

Il ruolo del risk management nella società, pertanto, è di aiutare gli individui e le imprese a convivere con l'incertezza in modo produttivo e prudente. Di qui la recente enucleazione di una nuova scienza: la "chindinica" (dal greco kindunos=pericolo), la scienza del pericolo che intende spiegare il comportamento umano di fronte alle situazioni di pericolo attraverso l'emergere di un certo numero di regolarità, che sembrano apparire là dove il pericolo si manifesta (Borghesi, 1994). Essa si propone di conoscere, comprendere e rappresentare i differenti aspetti del pericolo (Kerven-Rubise, 1991).

Ovviamente va da sé che, così come è stato ribadito da diversi studiosi della materia, la gestione di un rischio non può limitarsi alla sua identificazione e misurazione, ma anche al suo trattamento. Al *risk manager*, invece, competerà la gestione strategica ed operativa dei rischi puri e tutte quelle attività di supporto alle altre funzioni aziendali in relazione ai più generali rischi imprenditoriali (Borghesi, 1994). Infatti la mancata sinergia tra dirigenti-responsabili di altre funzioni aziendali provocherebbe effetti negativi quali una mancata strategia complessiva nei riguardi dei rischi, indispensabile a garantire la protezione dell'organizzazione degli eventi sfavorevoli (Giarini, 1994).

Qualsiasi sistema funzionante per ottenere un qualche futuro risultato è per definizione in una situazione di incertezza, anche se le differenti situazioni sono caratterizzate da differenti livelli di rischio, incertezza e perfino indeterminazioni (Giarini, 1994). Rischio ed incertezza sono parte della condizione umana, e la razionalità sta nel controllare e ridurre essi a livelli accettabili e gestibili in determinate situazioni, e non tanto di evitare il rischio ed eliminare l'incertezza.

La natura molto sistemica dell'economia moderna ed i crescenti livelli di complessità degli sviluppi tecnologici richiedono una sempre più approfondita conoscenza economica ed il controllo della crescente vulnerabilità di questi sistemi. Paradossalmente la vulnerabilità cresce al crescere delle prestazioni delle moderne tecnologie e della qualità; infatti errori ed incidenti di gestione accadono sì in misura minore (in quanto ridotti numericamente grazie al migliorare della tecnologia), ma i loro effetti hanno adesso conseguenze sistemiche più costose (Giarini, 1994).

La nozione di vulnerabilità ha rilevanza anche in riferimento alla nozione di efficienza; infatti la vulnerabilità è un fattore che influenza la produttività reale dell'economia industriale: il rischio è divenuto sempre più concentrato ai livelli in cui la vulnerabilità è tale che la totale incertezza dei processi economici cresce (Giarini, 1994).

Dal punto di vista della *gestione dei rischi* (anche per ben chiarire la funzione dello Stato per i suoi interventi diretti per alcune tipologie di rischio, quali le calamità naturali che di seguito verranno analizzate), appare opportuno fare riferimento al concetto di assicurabilità[6].

[6] Il concetto fa ovviamente riferimento all'assicurazione, che è il trasferimento da un soggetto a un altro di un rischio. Il soggetto che trasferisce il rischio è l'assicurato, quello che se lo accolla è l'assicuratore. Un contratto di assicurazione è quindi una garanzia che un soggetto pone contro la possibilità che si verifichi un evento futuro e incerto che recherebbe un danno per il suo patrimonio o per la sua salute. L'esistenza di un contratto di assicurazione è vincolato alla non controllabilità dell'evento, nè da parte dell'assicuratore, nè da parte dell'assicurato. Questa non controllabilità viene chiamata "alea di rischio". Tramite il contratto d'assicurazione si quantifica il danno che l'evento apporterebbe se si verificasse. Dopo questa operazione, la società assicuratrice si assume la gestione finanziaria dell'evento aleatorio, in cambio del versamento di un premio. Nel caso l'evento si verifichi, la compagnia verserà un capitale o una rendita, a seconda degli accordi che sono stati stipulati.

Tale espressione si traduce essenzialmente nella possibilità di gestire razionalmente il rischio di tipo puro (Herliner, 1992; Coviello, 2000)[7].

L'assicurabilità, quindi, è connessa con il fatto che le caratteristiche peculiari del rischio (frequenza e gravità) si compongano in maniera tale che il rischio possa essere prevedibile ed economicamente gestibile all'interno di un ragionevole livello di confidenza probabilistica (Giarini, 1994).

Alla luce di ciò è possibile comprendere il perché molte imprese hanno preso coscienza del fatto che alla base del successo non basta la semplice gestione operativa e strategica delle variabili competitive (clienti, fornitori, concorrenti; cfr. Porter, 1985; Coviello & Pellicano, 2010), ma anche la capacità di tutelare le risorse materiali (prodotti finiti, immobili, macchinari, ecc.) e immateriali (marchi, immagine, ecc.), essenziali per il normale svolgimento delle attività di produzione di beni ed erogazione di servizi (Gilardoni, 1994).

Pertanto, eventi di origine naturale (quali terremoti, alluvioni, incendi e così via), unitamente ad eventi di origine umana, siano essi colposi o dolosi, nel manifestarsi improvvisamente possono seriamente compromettere il patrimonio aziendale, fino al limite estremo di provocare il fallimento dell'impresa stessa.

Al fine di analizzare tali fenomeni, inserito nel più vasto ambito della protezione aziendale, si va sempre più diffondendo la tecnica del *crisis*[8] *management* (Casciaro, 1993), che ha come obiettivo quello di fornire metodologie e tecniche atte a fronteggiare gli eventi sfavorevoli con rapidità ed efficacia e con i minori danni possibili (Gilardoni, 1994; Coviello & Pellicano, 2010).

Il 'Crisis Management', inoltre, può essere considerato anche come il 'management delle situazioni eccezionali o che non rientrano nell'ordinario' (Roux-Dufort, 2007), con lo scopo di proteggere gli stakeholders dell'organizzazione, le comunità e le risorse in caso di crisi (Wang, 2008)[9].

In tal senso la definizione di crisi è correlata a forti elementi di soggettività: solo se un determinato fenomeno avrà quelle caratteristiche tipiche (individuate da Hermann) della minaccia (intesa come un fenomeno capace di ostacolare la mission aziendale), del tempo (le decisioni da prendere per affrontare la situazione dovranno essere rapide, pena la perdita totale del controllo), e della sorpresa (l'effetto creato dall'evento provocherà una sensazione di smarrimento del management), si potrà parlare di crisis management tale da rendersi necessarie talune operazioni indispensabili, quali l'individuazione delle dinamiche di accadimento della crisi stessa, isolare i meccanismi causali che caratterizzano tale situazione ed indicare gli strumenti che consentono la soluzione ottimale (Gilardoni, 1994).

Ne consegue, allora, che la protezione aziendale comprende tutta una serie di attività mirate a prevenire, fronteggiare e ripristinare i beni oggetto di eventi dan-

---

[7] Per approfondimenti si veda in particolare Baruch Herliner, Limite of insurability of risk, Prentice Hall, New York, 1992.

[8] Dal greco "Krisis", che determina decisione, scelta e che determina un cambiamento.

[9] Uno studio condotto nel 2007 (Jaques T.) evidenzia come molti ricercatori identificassero il Crisis Management come sinonimo di "elenco di cause di crisi da risolvere" e "modelli per la risoluzione della crisi" e solo dopo il 1987 si sia arrivati a dare autonomia al Crisis Management ed a farlo rientrare a pieno titolo nel Managment strategico (sull'argomento si può consultare anche Penrose, 2000). In altri casi il Crisis Management è stato infatti associato ad altri studi derivandone un coacervo di definizioni ed interconnessioni disciplinari tanto da risultarne quella che è stata definita la "Torre di Babele" (Shrivastava, 1993; Roux-Dufort, 2007; Pearson e Clair, 1998). Negli USA il Crisis Management ha acquisito piena autonomia solo dopo il caso Tylenol del 1982 mentre in Europa bisogna "attendere" il disastro di Chernobyl (1986) (Jaques, 2009). Cfr. Secci M.C., dottorato ricerca, 2010.

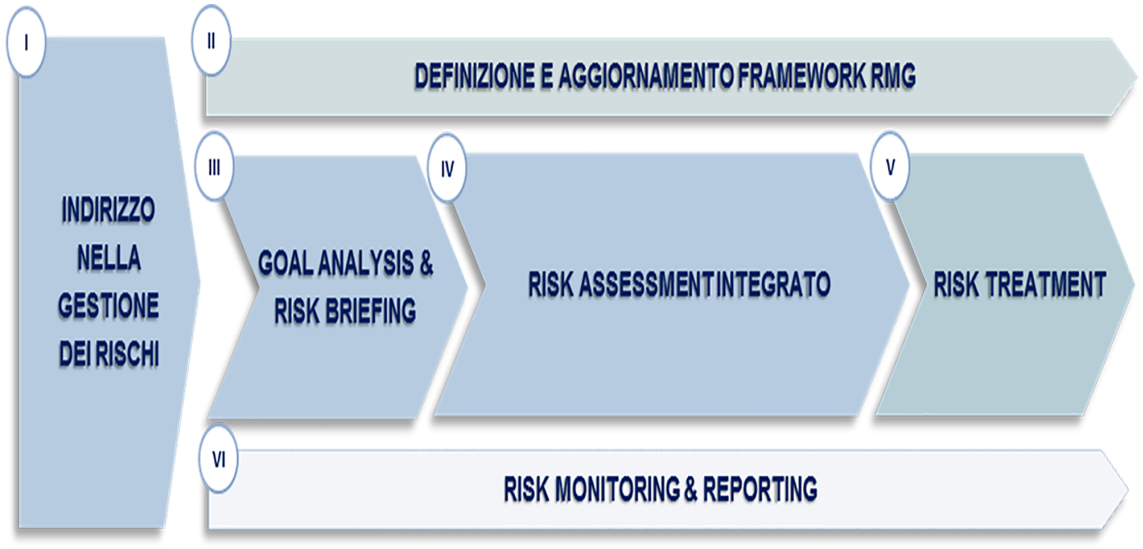
nosi (in tal caso, rispettivamente, si parlerà di attività anticipatorie, contestuali e susseguenti; cfr. Gilardoni, 1994), nel minor tempo possibile.

Secondo la consuetudinaria terminologia assicurativa, è possibile suddividere i danni subiti in danni diretti, intendendo quelli di prevalente natura patrimoniale, visibili e valutabili (es. i danni provocati a fabbricati, macchinari, merci, ecc.); danni indiretti, spesso di natura reddituale che derivano dalla riduzione (parziale o totale) dell'attività operativa, che colpiscono il più delle volte la produzione e, quindi, il profitto (es. spese supplementari); danni indotti che, a differenza dei danni diretti, sono poco visibili e difficilmente valutabili, e afferiscono ad esempio alla perdita di quota di mercato o di immagine o di opportunità, causa i danni subiti. Infine, i danni consequenziali, consistenti negli effetti permanenti anche dopo il ripristino delle attività (Coviello & Pellicano, 2010).

Attraverso, quindi, il giusto impiego di risorse umane e finanziarie atte a progettare ed attuare azioni di prevenzione, con l'attività della protezione aziendale e, nel suo ambito, del *risk management* si cerca di anticipare l'avvenimento dannoso; ovviamente, la vastità delle minacce a cui è soggetta l'impresa non consente una completa eliminazione dei rischi che incombono su di essa, poiché economicamente troppo oneroso.

Il giusto mix di combinazioni a disposizione del management aziendale, comprese tra l'eliminazione del rischio e la sua completa assunzione consente, invece, scelte intermedie, tra cui il trasferimento a terzi, la riduzione delle sua entità ed, infine, il ricorso alle coperture assicurative, sempre più richieste dalle imprese a seguito dei sempre crescenti rischi che incombono sulle imprese, e divenuti oramai di difficile assunzione anche da parte delle compagnie assicuratrici (Coviello, 2020).

Fig. 2 La gestione integrata dei rischi



Fonte: Poste Italiane

Nonostante ancora inadeguatamente valutato al livello dell'analisi economica in un economia di servizio, il richiamo è rivolto a quelle vulnerabilità "inassicurabili",

che siano sociali o legate all'ambiente o a ogni altro tipo di attività economica, che ricadono di fatto sulle istituzioni pubbliche o sulla società in generale. Al contrario, tutti i rischi ragionevolmente assicurabili, sono il campo di riferimento delle istituzioni private.

Le politiche che trasformano i rischi "inassicurabili" in "assicurabili", rinforzano sia la funzione economica dello stato che quella promossa dagli enti privati, ed in questa prospettiva esiste un grande spazio di complementarità fra le due funzioni (Gerini, 2003).

L'accresciuta complessità e le interdipendenze dei mercati finanziari richiedono che una sempre maggiore attenzione sia dedicata alle analisi dei mercati e al potenziamento delle funzioni di valutazione e controllo dei rischi. La moderna dottrina aziendalistica propone un modello definito *Global Risk Management* ovvero di "gestione integrata del rischio", che si impone come un nuovo approccio culturale e che si traduce in una logica gestionale diretta all'introduzione graduale dell'attività di controllo in azienda supportandola nella creazione di un clima etico correttamente orientato.

Il mercato assicurativo, allora, deve attrezzarsi non solo alla gestione del rischio, ma per reggere alle innovazioni che stanno per essere introdotte nella legislazione comunitaria (in termini di redazione dei bilanci, di regolamentazione dei conglomerati finanziari, di intermediazione assicurativa, di solvibilità), è necessario identificare e realizzare modelli di "gestione integrata dei rischi" (Pontremoli, 2003)[10].

3.3. L'assicurazione delle calamità naturali

Sono notori i benefici dell'assicurazione all'economia: esiste una relazione tra il livello di penetrazione assicurativa di un paese e la capacità di quel paese a reagire prontamente ad una catastrofe naturale. Ciò anche perché il mercato assicurativo danni è in grado di fornire un contributo sostanziale alla crescita economica di uno stato.

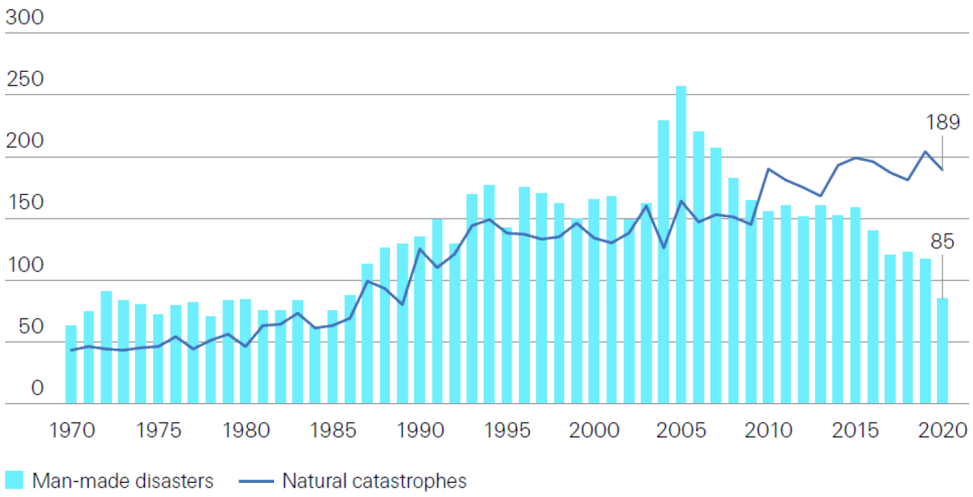
In primo luogo, gli assicuratori riducono l'incertezza che le aziende si trovano ad affrontare, incoraggiando l'incremento degli investimenti e riducendo il livello di capitali necessario alle società per operare.

Inoltre, gli assicuratori investono ingenti somme nelle economie e promuovono in questo modo lo sviluppo dei mercati finanziari aumentando, nel contempo, le possibilità di accesso al capitale da parte delle aziende (Bertagna E, in Coviello A., 2013).

L'assicurazione, poi, fornisce una sicurezza alternativa a quella offerta dallo stato, riducendo così, come abbiamo visto nel caso dei disastri naturali, il potenziale carico sulle finanze del governo. Il trasferimento del rischio facilitato dall'assicurazione, infine, sostiene i guadagni e quindi i consumi nel lungo termine, promuovendo la crescita economica (Bertagna E., in Coviello A., 2013).

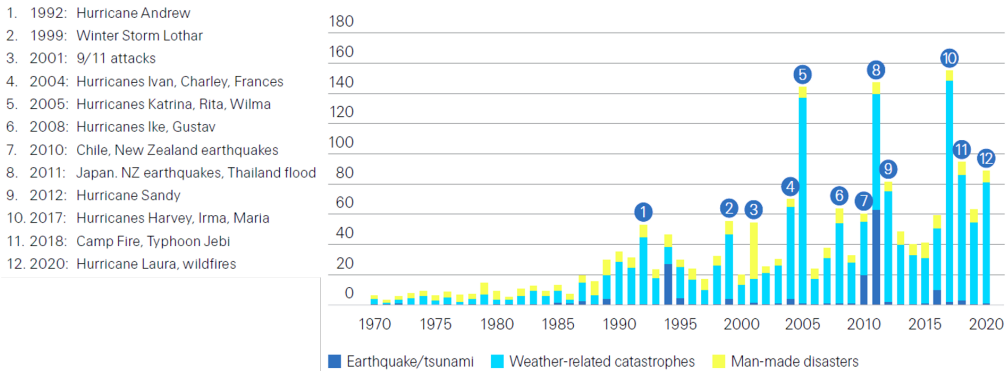
[10] Questi modelli debbono essere in grado di consentire una quantificazione personalizzata dei mezzi finanziari necessari a raggiungere il livello di sicurezza previsto dai piani di sviluppo e di garanzia nel lungo termine nei confronti sia degli assicurati sia degli azionisti. Inoltre nel trasferire i rischi dal pubblico al privato bisogna tener presente che l'industria assicurativa è l'unico settore in cui necessariamente ingenti sono gli investimenti in titoli a copertura degli impegni assunti nei confronti degli assicurati e dei danneggiati e che tali investimenti sono esposti alla volatilità e alla instabilità dei mercati finanziari ed immobiliari. Cfr. Pontremoli R., "The paragdigms of value. The risk shift from public to private: which role for insurance and financial groups?", Montepaschi Vita Annual Forum, 26 settembre 2003.

Fig. 3 Numero degli eventi catastrofali calamità naturali e "man-made" (1970-2020)



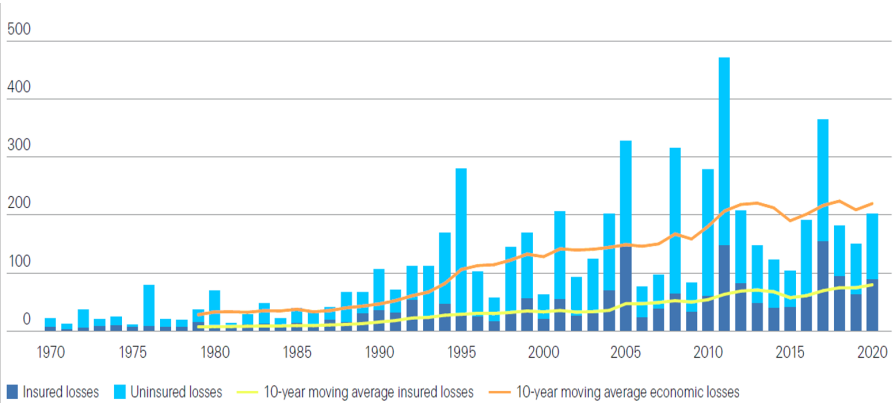
Fonte: SWISS RE INSTITUTE, "Sigma n.1/2021" – ANIA

Fig. 4 Calamità naturali: impatto economico. Danni catastrofali assicurati (1970-2020), in miliardi di dollari



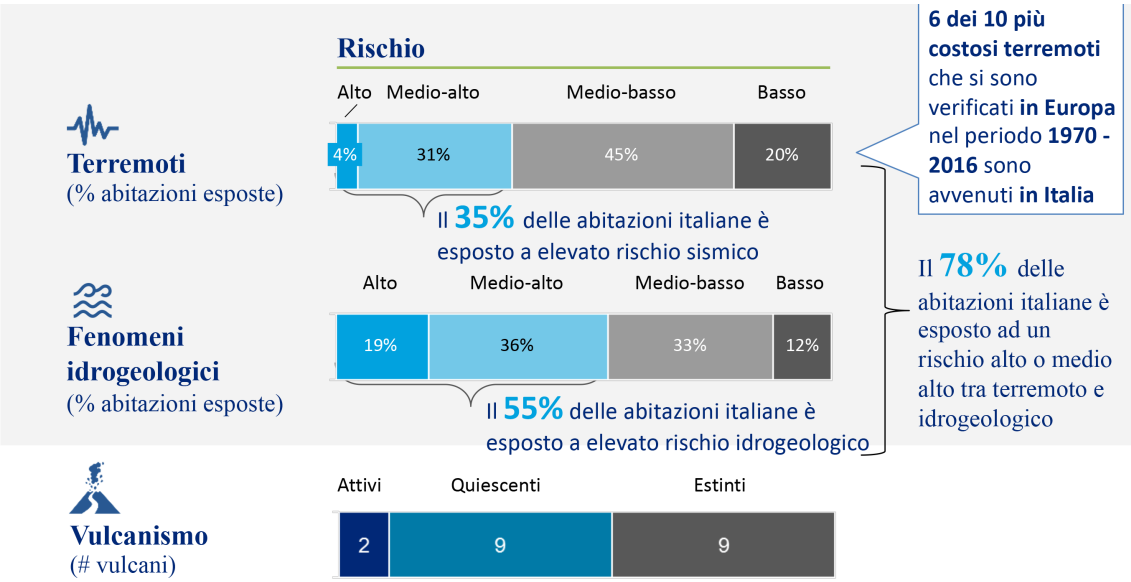
Fonte: SWISS RE INSTITUTE, "Sigma n.1/2021" – ANIA

Fig. 5 Gap tra danni totali e danni assicurati (1970-2020)



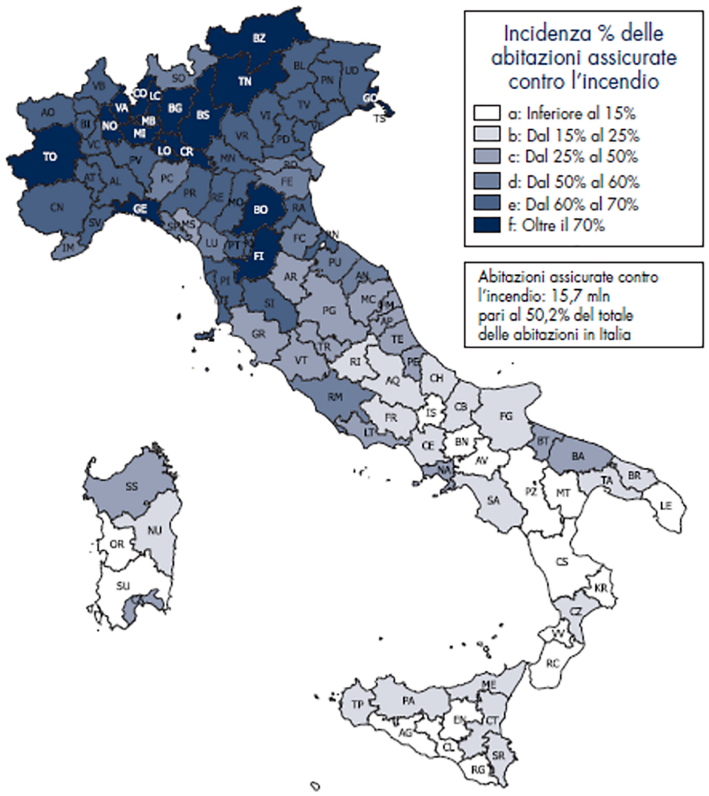
Fonte: SWISS RE INSTITUTE, "Sigma n.1/2021" – ANIA

Fig. 6 Italia: fattori di rischio e livello di esposizione



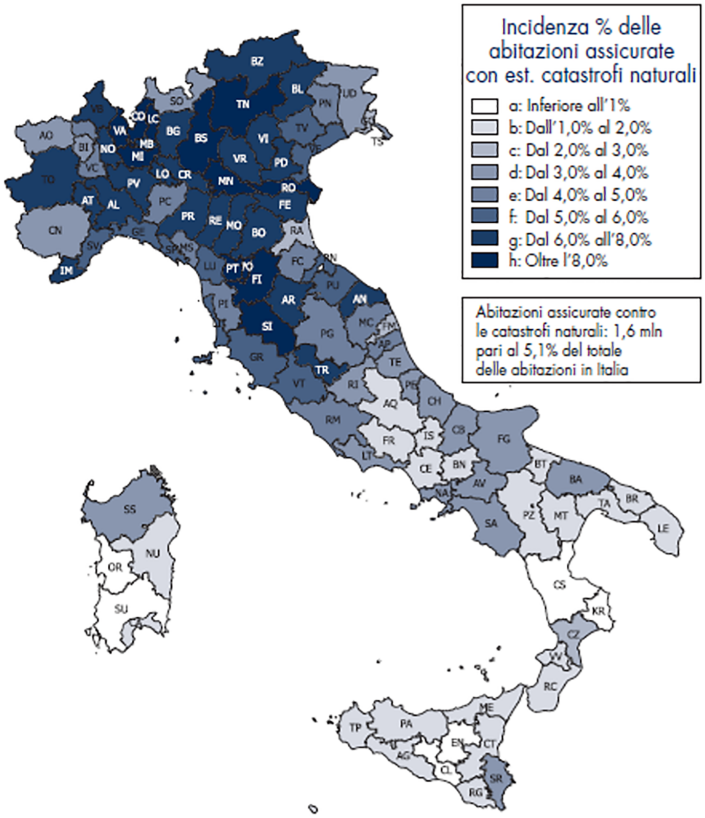
Fonte: ANIA, ISPRA, EM-DAT 2017

Fig. 7 Incidenza provinciale delle abitazioni assicurate contro l'incendio – marzo 2021



Fonte: ANIA

Fig. 8 Incidenza provinciale delle abitazioni assicurate per le catastrofi naturali sul totale abitazioni esistenti – marzo 2021



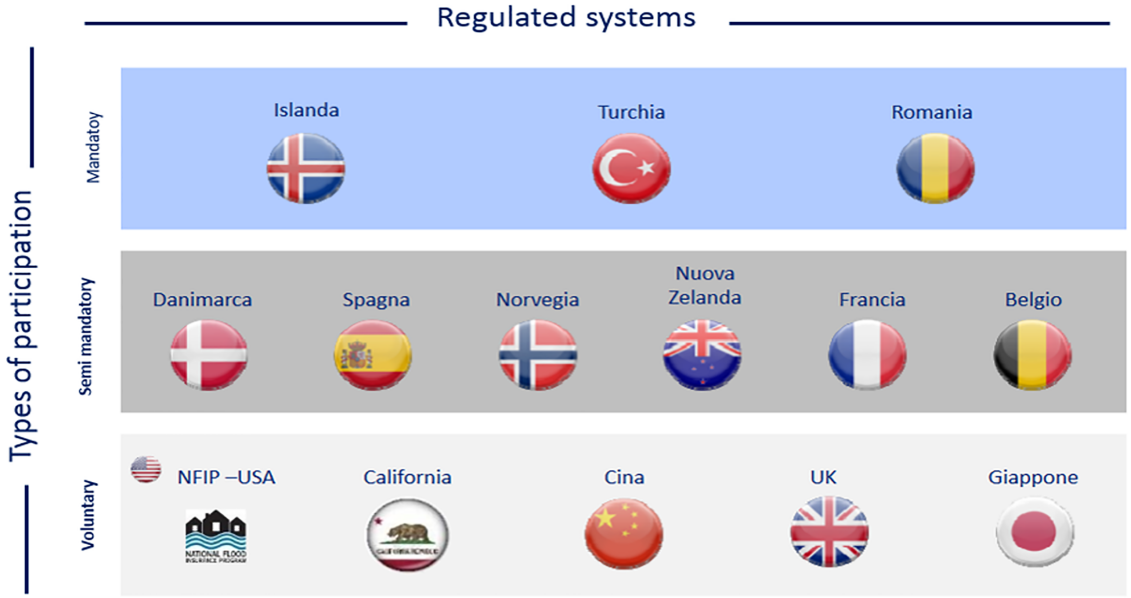
Fonte: Ania

Fig. 9 Principali criticità insite nella domanda e nell'offerta delle assicurazioni contro le catastrofi naturali

Domanda	Offerta
Convinzione diffusa di esistenza di un diritto al risarcimento - L' esperienza passata induce i cittadini a pensare ad un diritto al risarcimento dei danni a carico dello Stato. Inoltre, i risarcimenti totali non possono superare l'entità del danno stesso ostacolando (solo in parte) atti di previdenza. **Scarsa cultura assicurativa** - Vi è scarsa responsabilizzazione individuale e di conseguenza la cultura di pianificazione previdenziale non è elevata. **Errore di percezione del rischio e della copertura assicurativa** – i potenziali assicurati potrebbero rinunciare ad assicurarsi e ritenere «conveniente» autoassicurarsi qualora ritengano erroneamente l'oggetto della copertura afferente ad un evento eccessivamente raro.	**Antiselezione e difficoltà raggiungimento massa critica** - I cittadini sensibili alla copertura assicurativa sono presumibilmente quelli che vivono nelle aree più pericolose. Difficoltà nel raggiungimento della massa critica necessaria per una efficiente mutualità tra i rischi. **Necessaria una capacità del sistema molto elevata** - Il nostro Paese è particolarmente esposto a calamità naturali il che rende necessaria l'allocazione di un'elevata quantità di capitale per sviluppare l'attività assicurativa in questo campo. **Ambiguità del rischio** – La stima della distribuzione di probabilità del danno e dunque del prezzo delle coperture assicurative è soggetta a fonti di incertezza rilevanti. Ciò può indurre gli assicuratori ad una prudenza nella sottoscrizione dei rischi superiore rispetto ad altri ambiti.

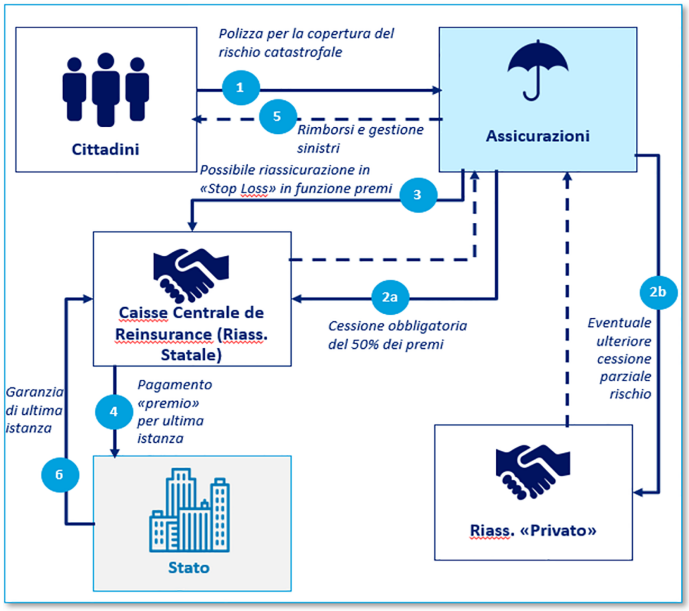
Fonte: Ania

Fig. 10 Modelli di sistemi regolamentati per l'assicurazione dei rischi catastrofali



Fonte: ANIA

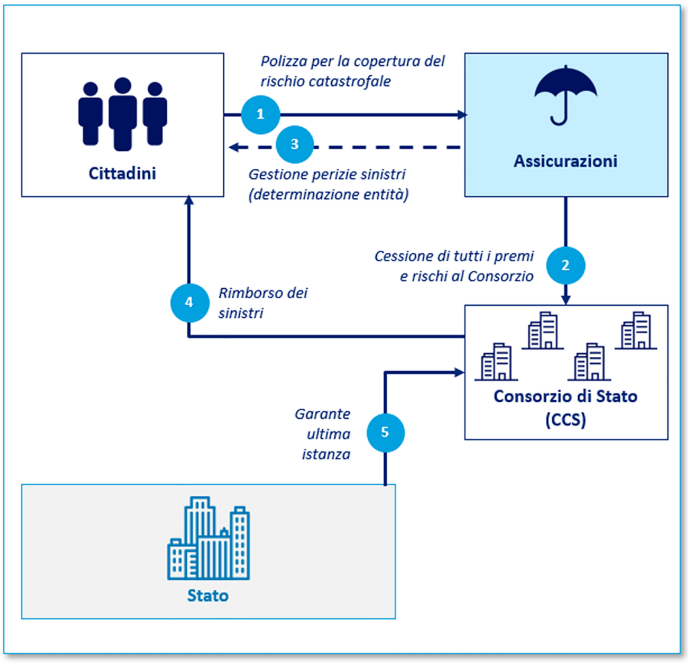
Fig. 11 Il confronto internazionale: focus Francia



- **Sistema:** regolamentato
- **Copertura assicurativa:** 95% abitazioni
- **Modalità di adesione:** semi-obbligatoria, in quanto polizza catastrofale accessoria alla polizza incendio (incendio non obbligatoria) → *Tuttavia polizza incendio obbligatoria per stipula mutui, affitto immobili, …*
- **Rischi coperti:** alluvioni, terremoti, eruzioni vulcaniche, tsunami, spostamento dei ghiacciai
- **Beni assicurabili:** immobili e loro contenuto, locali commerciali/ industriali, veicoli terrestri
- **Premio:** flat del 12% (% fissata da regolamentazione) del relativo premio incendio → premio medio garanzia catastrofi pari a ca. 21 € per abitazione privata
- **Risk Owner**: Partnership pubblico privata
- **Ruolo Assicurazioni**: operano singolarmente (no pool) e cedono obbligatoriamente il 50% dei premi alla società di Riass pubblica (CCR). Possono cedere altri premi alla Riass privata. Possono riassicurare in Stop Loss ulteriore quota premi con CCR
- **Ruolo Stato**: opera come Riassicuratore attraverso la CCR - Caisse Centrale de Reinsurance, società di riassicurazione pubblica (opera con regole del settore privato, es: margine di solvibilità, …) che beneficia ruolo ultima istanza dallo Stato. CCR copre circa il 55% dell'esposizione al rischio totale del sistema regolamentato. Lo Stato riceve il «premio» da CCR per ruolo di ultima istanza, che è gestito da Stato come se fosse una «imposta»
- **Capacità sistema**: illimitata

Fonte: ANIA

Fig. 12 il confronto internazionale: focus Spagna

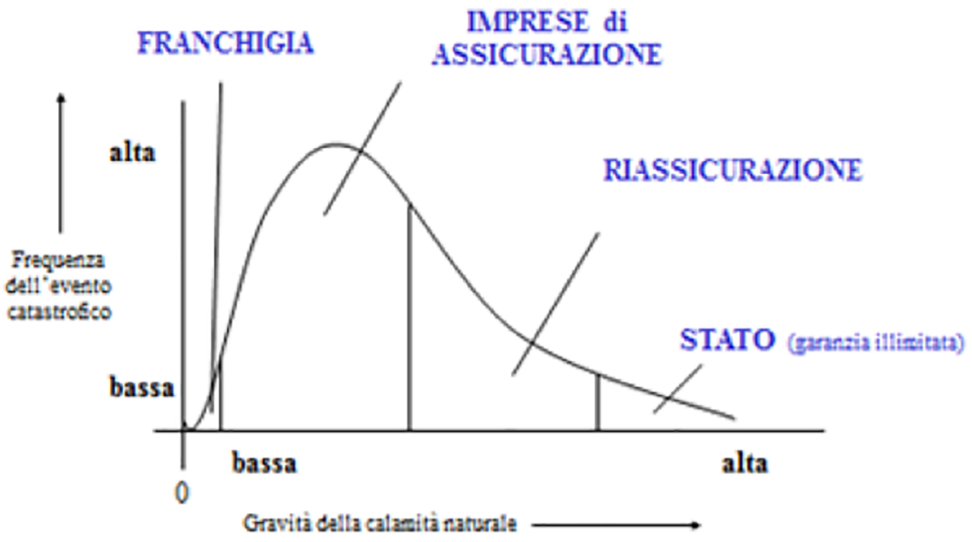


- **Sistema:** regolamentato
- **Copertura assicurativa:** 75% abitazioni
- **Modalità di adesione:** semi-obbligatoria, in quanto polizza catastrofale accessoria alla polizza incendio (obbligatoria se connessa al mutuo ipotecario)
- **Rischi coperti:** alluvioni, terremoti, eruzioni vulcaniche, tsunami, caduta di corpi siderali, terrorismo
- **Beni assicurabili:** immobili e loro contenuto, locali commerciali/ industriali, veicoli terrestri
- **Premio:** flat
- **Risk Owner**: Stato
- **Ruolo Assicurazioni**: operano singolarmente e si occupano delle attività operative di sottoscrizione dei contratti e delle perizie. Cedono polizze e rischi al Consorzio dello Stato
- **Ruolo Stato**: opera attraverso un Consorzio statale (Consorcio de Compensacion de Seguros) che riceve i premi dalle compagnie e gestisce il rischio secondo le leggi del settore privato (es: riserve tecniche, margine di solvibilità, ...). Il Consorzio si occupa anche del pagamento dei sinistri. Inoltre ricopre il ruolo riassicuratore di ultima istanza in caso di insufficienza di mezzi finanziari del Consorzio (ad oggi non è mai stato necessario)
- **Capacità sistema**: illimitata

Fonte: ANIA

Nel grafico seguente è rappresentata una ipotesi di ripartizione del rischio per danni da calamità naturali.

Graf. 1 Ipotesi di ripartizione del rischio da calamità naturale



Fonte: Panarelli P. (in Coviello A., 2013)

La curva rappresenta il danno in funzione della sua frequenza e della sua gravità. Il modello, basato su una combinazione di ripartizione del danno tra Stato e privati prevede: la presenza di franchigie a carico degli assicurati (che, oltre a consentire una riduzione dell'entità dei risarcimenti e della conseguente capacità necessaria al sistema, comporta il vantaggio di responsabilizzare l'assicurato nella prevenzione e nel contenimento dei danni); l'intervento delle compagnie di assicurazione (limitato entro una certa soglia legata alla capacità del mercato) che permette di avere a disposizione del sistema la consolidata esperienza assicurativa in fase di assunzione del rischio e di valutazione e liquidazione del danno sulla base del valore di ricostruzione a nuovo; l'intervento del mercato riassicurativo che può affiancare quello assicurativo secondo la capacità finanziaria del proprio sistema; l'intervento dello Stato, il quale potrebbe far anche ricorso al mercato riassicurativo che interverrebbe offrendo una garanzia illimitata di ultima istanza per quegli eventi caratterizzati da bassa frequenza di accadimento e alta gravità dell'evento calamitoso (Panarelli P., in Coviello A., 2013).

In definitiva, una partnership pubblico-privato produrrebbe vantaggi per tutti: lo Stato non sarebbe più esposto a interventi economici non coperti da adeguati stanziamenti in bilancio per far fronte alle conseguenze dei ricorrenti eventi calamitosi; le compagnie di assicurazione amplierebbero il loro mercato; i cittadini otterrebbero indennizzi equi in tempi rapidi e certi (Panarelli P., in Coviello A., 2013).

Fig. 13 5 Punti chiave da considerare nel disegno di un sistema assicurativo per l'Italia (ANIA)



Fonte: ANIA

Bisogna tenere tuttavia presente che la capacità dell'industria di riassicurazione può rivelarsi inadeguata nell'ambito della gestione dei rischi derivanti da calamità naturale.

Tale capacità, per quanto risulti comunque ampia rispetto al mercato assicurativo nel suo complesso, rimane però piccola se confrontata con quella dei mercati finanziari. Ciò ha suggerito di trasformare, in determinate condizioni, le polizze as-

sicurative in strumenti finanziari, per consentire il trasferimento del rischio ai mercati (Bruggeman *et al.*, 2013).

Nell'ambito delle politiche di fronteggiamento dei rischi, il sistema tradizionale dell'assicurazione danni mostra da tempo sintomi di invecchiamento. In questo contesto, l'idea di trasferire il rischio in forme alternative all'assicurazione, ed a soggetti differenti dagli assicuratori, è oggetto di crescente attenzione. Tale idea si basa su un presupposto assai semplice: ciò che le compagnie di assicurazione fanno mediante la diversificazione delle esposizioni in portafogli di polizze, gli investitori finanziari possono replicarlo mediante la diversificazione dei rischi in portafogli di assets.

A tal fine, occorre soltanto progettare attività finanziarie che incorporino rischi puri e siano appetibili per i mercati finanziari. Ciò è quanto è effettivamente accaduto, a partire dalla metà degli anni Novanta, negli Stati Uniti, dove sono apparsi numerosi strumenti para-assicurativi. Infatti, l'entità elevata di risarcimenti dovuti da catastrofi naturali, ha indotto molte compagnie assicuratrici americane a rivolgersi ai mercati dei capitali tramite l'acquisto di prodotti c.d. derivati e l'emissione di titoli assicurativi. In particolare, come accennato, sono stati trasferiti ai mercati finanziari soprattutto rischi catastrofali, ossia rischi legati ad eventi che generano perdite, come i terremoti e alcuni gravi fenomeni atmosferici.

Ciò non è casuale, perché uno dei vantaggi di ricorrere ai mercati finanziari consisterebbe nel fatto che essi hanno apparentemente una capacità, in termini di volumi di transazioni, assai maggiore di quella del mercato riassicurativo e, quindi, appaiono più preparati ad assorbire grandi esposizioni. Peraltro, anche in questo caso, ci si può attendere un progressivo allargamento rischi di natura differente e ad esposizioni di più limitato ammontare. Infatti, al di là della maggiore capacità, i mercati finanziari offrirebbero numerosi vantaggi, legati alle modalità delle contrattazioni agli specifici strumenti finanziari utilizzati.

Usare i mercati finanziari, significherebbe affidare i propri rischi a soggetti diversi dai tradizionali assicuratori o riassicuratori. In effetti, istituzioni finanziarie come le *investment banks*, sono stati fra i principali protagonisti delle prime applicazioni. La possibilità di poter trasferire i rischi puri ai mercati finanziari o di sfruttamento dei contratti tipici di questi mercati, è testimoniata dall'utilizzo quasi esclusivo degli assicuratori come mezzo per coprire i propri portafogli come alternativa o complemento alla riassicurazione, in quanto è proprio nel mercato riassicurativo che sorgono le maggiori innovazioni nelle modalità di trasferimento del rischio puro, per poi estendersi a valle verso le imprese industriali o di servizi.

Bibliografia

ANIA (2022). Ufficio Studi e Ricerche, dati pubblicati.

Baruch Herliner (1992). *Limite of insurability of risk*. New York: Prentice Hall.

Bertagna, E. (2013). Le catastrofi naturali e il pericolo della sottoassicurazione delle economie emergenti. In A. Coviello (Ed.), *Calamità naturali e coperture assicurative*. Palermo: Collana Sigea.

Borghesi, A. (1994). Chindinica e risk management. In *Sinergie*, 35.

Bruggeman, V., Faure, M., & Heldt, T, (2013). *Insurance against catastrophe: government stimolation of insurance markets for catastrophic events*. Maastricht: University.

Carniol, F. (1996). *Risk Management. Strumenti e politiche per la gestione dei rischi puri d'impresa*. Milano: Cerap, Egea.
Casciaro, T. (1993). *Verso l'integrazione scientifica del crisis management,* Working paper *5*, Space, Milano: Università Bocconi.
Chiarlo, M. (1992). Risk manager: un nuovo ruolo autonomo all'interno dell'impresa. In *Economia e diritto del terziario*, *1*.
Corvino, G. P. (1996). Il Risk Management: obiettivi, struttura, logica e processi. In G. Forestieri (Ed.), *Risk Management strumenti e politiche per la gestione dei rischi puri dell'impresa*. Egea.
Coviello, A. (2019). Assicurazioni: come proteggersi dalle calamità naturali. In *Almanacco della scienza* (CNR), *4*.
Coviello, A., & Di Trapani, G. (2018). *The Risk Management and the transfer to the insurance market,* SICC 2017 Conference. Springer International Publishing.
Coviello, A., & De Gaetano, A., D'Antonio, C., Trocciola, A., & Coviello, G. (2018). Risk management e coperture assicurative. Strumenti di prevenzione e protezione per i danni da calamità naturali. In *Urbanistica informazioni (Online)*, 278.
Coviello, A., & Di Trapani, G. (2017). *The management of a risk identification*, in 1st Scientific International Conference on CBRNe, Roma, 21-23/5.
Coviello, A., & Di Trapani, G. (2017). *Il finanziamento per la ricostruzione post-terremoto e post-catastrofe: Strumenti*, Atti X Giornata Studi INU "Crisi e Rinascita delle Citta". Dipartimento di Architettura – Università di Napoli Federico II di Napoli, 15 dicembre.
Coviello, A. (2017). *Increasing resìlience to natural disaster: a common challenge of industry, research and risk management,* convegno. New Trends and Challenges in Natural Hazards Assessment and Mitigation. Università degli Studi di Napoli Federico II, 10 febbraio.
Coviello, A., & Di Trapani, G. (2017). *The management of natural disasters: earthquakes and catastrophic risks. The role of insurance industry*, in XV International Forum – Le Vie dei Mercanti, Napoli I Capri, 15-16-17/6.
Coviello, A., & Di Trapani, G. (2016). Le Scelte di Risk Management nella Gestione delle Catastrofi Naturali. In *Rivista elettronica di diritto, economia, management*, *6*(2).
Coviello, A., & Di Trapani, G. (2015). Il risk management nelle imprese italiane tra prevenzione e ritenzione dei rischi. In *Rivista elettronica di diritto, economia, management*, *1*.
Coviello, A. (2013). *Calamità naturali e coperture assicurative. Il risk management nel governo dei rischi catastrofali*. Palermo: Dario Flaccovio Editore.
Coviello, A., & Pellicano, M. (2010). *Marketing Assicurativo*. Napoli: Liguori Editore.
Coviello, A. (1999). *Imprese ed assicurazioni: il risk manager*. Dossier 128, Roma.
Coviello, A. (1998). Così il Risk Manager aiuta l'impresa. In *Il Denaro*, 41.
Desantis, S. (2022). Intervento/lezione all'Università Suor Orsola Benincasa di Napoli nell'ambito del Corso di Marketing Assicurativo, aprile.
Dickson, G. C. A. (1992). Education in Risk Management. In *The Geneva Papers.*
Focarelli, D. (2022). Intervento/lezione all'Università Suor Orsola Benincasa di Napoli nell'ambito del Corso di Marketing Assicurativo, aprile

Forestieri, G. (1996). *Risk Management: strumenti e politiche per la gestione dei rischi puri dell'impresa.* Collana Cerap: Egea.
Giarini, O. (1994). La nuova economia mondiale dei servizi. In *Sinergie*, *35*.
Gilardoni, A. (1992). *La protezione aziendale. Impostazione strategica e gestionale*. Milano: Egea.
Gilardoni, A. (1994). Il crisis management. In *Sinergie*, *35.*
Gerini, O. (2003). *The paragdigms of value. The risk shift from public to private: which role for insurance and financial groups?*. Montepaschi Vita Annual Forum, 26 settembre.
Grossi, P., Kunreuther Don Windeler, H. (2005). *An Introduction to Catastrophe Models and Insurance*. Springer.
Herliner Baruch (1992). *Limite of insurability of risk.* New York: Prentice Hall.
IVASS (2021). Relazione annuale.
Kerven-Rubise (1991). *L'archipel du danger.* Paris: CPE Economica.
Kloman Felix (1992). *Risk Management Today*. In *The Geneva Papers on Risk and Insurance*, *64*.
Panarelli, P. (2013). *La pertnership pubblico-privata nella copertura dei rischi da calamità naturali*. In A. Coviello (Ed.), *Calamità naturali e coperture assicurative*. Palermo: Collana Sigea.
Pontremoli, R. (2003). *The paragdigms of value. The risk shift from public to private: which role for insurance and financial groups?*. Montepaschi Vita Annual Forum, 26 settembre.
Tagliavini, P., & Misani, N. (1999). *Indagine generale sul risk management in Italia*. Milano: Egea.

4

I RISCHI CATASTROFALI A SCALA PLANETARIA ED IL CASO IN ITALIA

di Renato Somma (INGV e CNR-IRISS)

4.1. Introduzione

Il rapporto sui rischi globali pubblicato dal World Global Forum (Global Risk Report – GRR, 2020) rappresenta un punto di svolta in un momento di forte incertezza globale e di rafforzamento del malcontento popolare nei confronti dell'ordine politico ed economico esistente amplificato anche dalla pandemia da SARS-COV19 (Fig. 1).

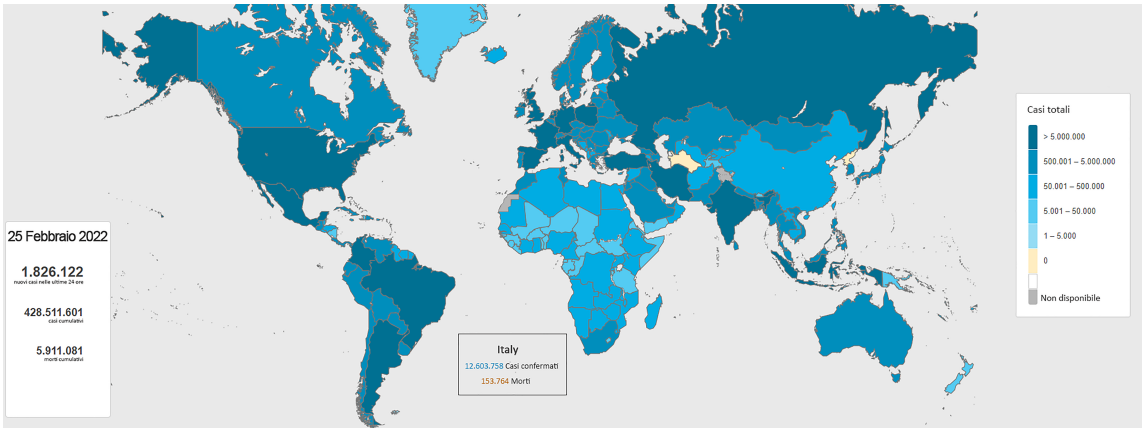
Il rapporto GRR ha evidenziato la necessità di "riforme fondamentali del capitalismo di mercato" e di una ricostruzione della solidarietà dei popoli. La ripresa economica globale in corso, mostra che le nuove opportunità di uno sviluppo ecosostenibile non devono essere sprecate: così l'urgenza di affrontare le prossime sfide sistemiche è rafforzata in mezzo al proliferare di segnali di incertezza, instabilità e fragilità.

La società contemporanea è diventata abile nel mitigare i rischi convenzionali che possono essere facilmente isolati e gestiti con approcci standard di gestione del rischio, ma è meno competente quando si tratta di affrontare rischi complessi dei sistemi interconnessi a scala planetaria, come per le organizzazioni, le economie e l'ambiente. La rapida velocità dei cambiamenti globali sta mettendo a dura prova le capacità di risposte efficaci delle istituzioni, delle comunità e degli individui.

Il recente studio del GRR sulla percezione dei rischi globali ha evidenziato che i rischi ambientali sono cresciuti di importanza negli ultimi anni. Questa tendenza negli ultimi decenni è continuata anche nell'anno che si è appena concluso, mo-

strando che tutti i rischi appartenenti alla categoria ambientale (Tempeste e Cicloni, Eventi meteorologici estremi, Aumento delle emissioni di gas serra, Cambiamento climatico, Approvvigionamento idrico, Perdita di biodiversità, Grandi catastrofi naturali, Fallimento della mitigazione e dell'adattamento al cambiamento climatico, Inondazioni) vengono classificati elevati rispetto alla media degli altri rischi sia per la probabilità che per l'impatto su un orizzonte temporale di 10 anni (2008-2018).

Fig. 1 Numero di casi da COVID-19 a scala globale (WHO Coronavirus COVID-19) Dashboard



Fonte: https://covid19.who.int

Il nostro pianeta sembra spinto sull'orlo del baratro e il danno sta diventando sempre più chiaro. La biodiversità si sta perdendo a tassi di estinzione di massa, i sistemi agricoli sono sotto pressione e l'inquinamento dell'aria e del mare è diventato una minaccia sempre più pressante per la salute umana.

Una tendenza all'unilateralismo degli stati nazionali può rendere più difficile sostenere le risposte multilaterali a lungo termine che sono necessarie per contrastare il riscaldamento globale, il dissesto idrogeologico ed il degrado dell'ambiente globale.

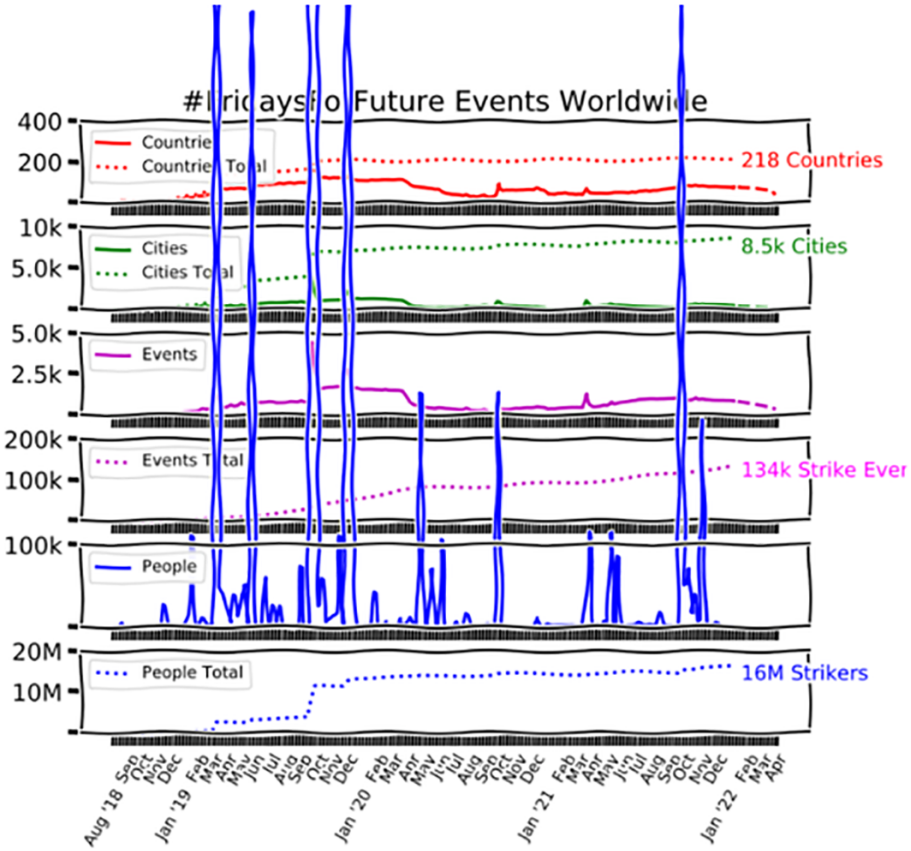
In particolare, l'anno di svolta è stato il 2017 in quanto caratterizzato da uragani ad alto impatto, da temperature estreme e per aver raggiunto il primato nell'incremento delle emissioni di CO2.

Anche le recenti proteste del movimento "Friday For Future" (FFF), capitanato dall'attivista Greta Thumberg, hanno evidenziato un collante trasversale tra almeno tre generazioni che coprono l'arco temporale del vecchio millennio e del nuovo mostrando un forte interesse collettivo a difesa del Pianeta Terra (Hagerdon, 2019).

La loro richiesta di azione ha scatenato un risveglio internazionale, con studenti e attivisti che si sono uniti in tutto il mondo per protestare fuori dai loro parlamenti locali e dai municipi rappresentando una nuova ondata di speranza di cambiamento, ispirando milioni di persone ad agire sulla crisi climatica (Fig. 2). In risposta alla sua netta presa di posizione, la politica ha riconosciuto la necessità di concentrare ingenti risorse finanziarie per azioni di mitigazione sul cambiamento climatico in atto e la conseguente più grande crisi ambientale.

I rischi ambientali sono cresciuti di importanza nei 13 anni di storia del Global Risks Report mostrando che essi si posizionano nel quadrante in alto a destra del Global Risks Landscape 2018 (Fig. 3), indicando percezioni di probabilità e impatto superiori alla media.

Fig. 2 I dati inerenti le attività del movimento Friday For Future (Persone totali coinvolte, Eventi, Città, Paesi)

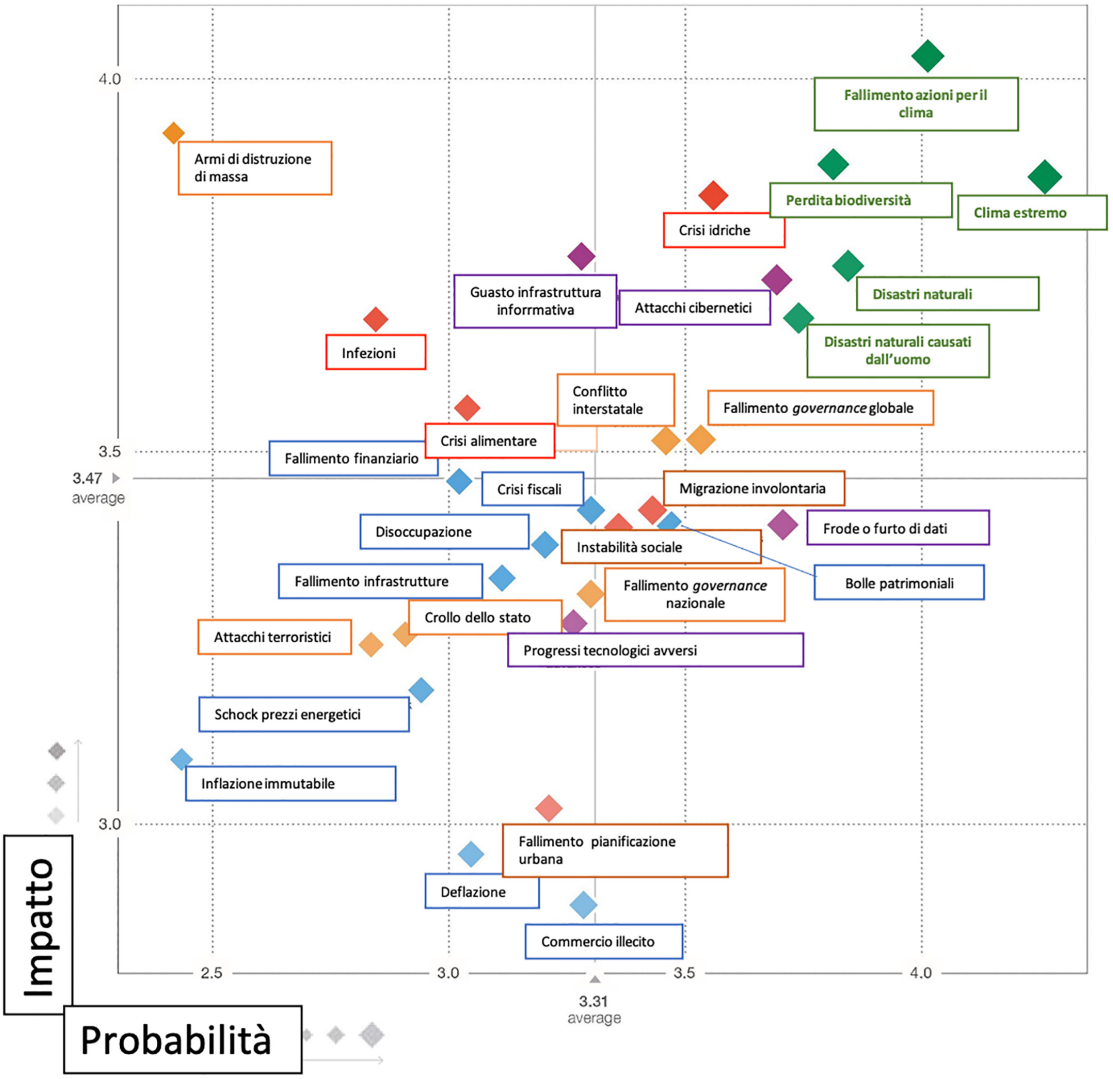


Fonte: FFF https://fridaysforfuture.org

Tra le sfide ambientali più pressanti che dobbiamo affrontare ci sono eventi meteorologici estremi ed aumento delle temperature; l'accelerazione della perdita di biodiversità; l'inquinamento di aria, suolo e acqua; i fallimenti della mitigazione e dell'adattamento al cambiamento climatico; e la transizione ecologica mentre ci muoviamo verso un futuro a basse emissioni di carbonio.

Tuttavia, la vera sfida sistemica risiede nella profondità dell'interconnessione che esiste tra questi rischi ambientali che tra questi e i rischi in altre categorie, come le crisi idriche e la migrazione involontaria.

Fig. 3 Diagramma di impatto rispetto alla probabilità di accadimento dei rischi ambientali (rombi in verde) e degli altri rischi economici (rombi in blu), geopolitici (rombi in arancione), sociali (rombi in rosso), tecnologici (rombi in viola)



Fonte: World Economic Forum Risk Perception 2017-2018

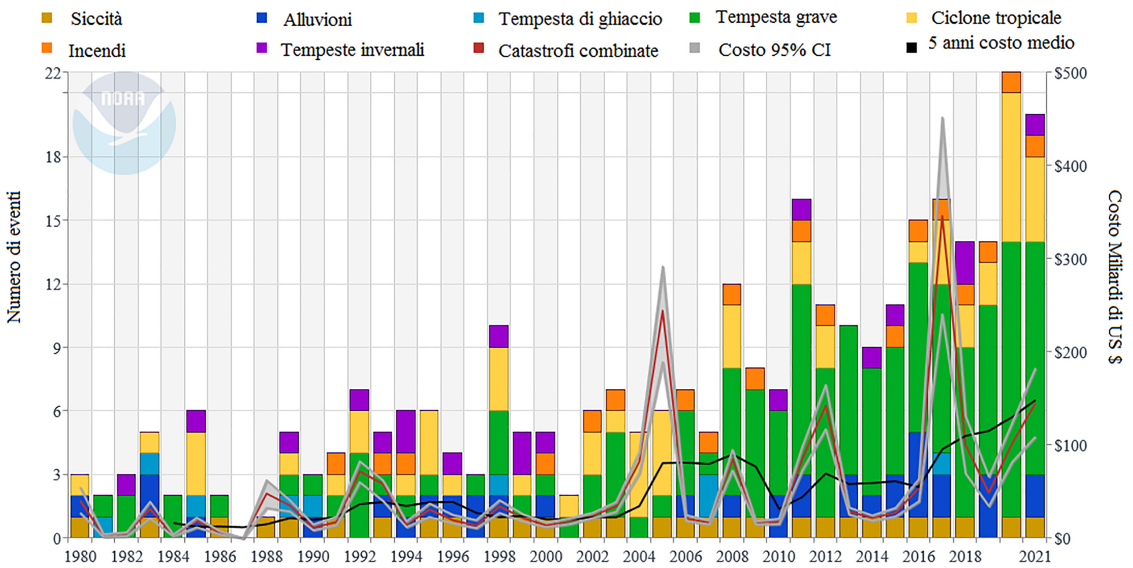
4.2. L'anno dei record climatici: il 2017

Gli eventi meteorologici estremi nel 2017 hanno incluso uragani atlantici insolitamente frequenti, con tre tempeste ad alto impatto (Harvey, Irma e Maria) che hanno toccato terra in rapida successione. Secondo l'indice Accumulated Cyclone Energy (ACE), che è usato per misurare l'intensità e la durata delle tempeste atlantiche, il mese di settembre 2017 è stato il mese più intenso da record. È stata anche la stagione degli uragani più costosa di sempre.

Questi incidenti estremi continuano una tendenza verso eventi meteorologici sempre più costosi negli ultimi decenni (vedi i dati degli Stati Uniti in Fig. 4), anche se l'aumento dei costi riflette fattori quali l'ubicazione e la concentrazione delle risorse, nonché il cambiamento dei modelli meteorologici.

Le precipitazioni estreme possono essere particolarmente dannose, ad esempio dei dieci disastri naturali che hanno causato il maggior numero di morti nella prima metà del 2017: otto riguardavano inondazioni o frane. Le tempeste e altri pericoli legati al tempo sono anche una delle principali cause di sfollamento, con gli ultimi dati che mostrano che il 76% dei 31,1 milioni di persone sfollate nel corso del 2016 sono state costrette ad abbandonare le loro abitazioni a causa di eventi meteorologici.

Fig. 4 Numero di eventi metereologici negli Stati Uniti e relativi costi in miliardi di US$



Fonte: https://www.ncdc.noaa.gov/ billions

L'anno 2017 dovrebbe essere tra i tre anni più caldi da record – il più caldo è stato il 2016 – e l'anno non-El Niño più caldo di sempre. Nei primi nove mesi dell'anno, le temperature hanno superato di 1,1°C i livelli preindustriali e ulteriori aumenti sono inevitabili (l'obiettivo più ambizioso nell'accordo di Parigi prevede aumenti fino a 1,5° C). I cambiamenti della media stanno dando luogo a estremi localizzati: durante il 2017, si sono registrate temperature record da alcune parti dell'Europa meridionale all'Africa orientale e meridionale, al Sud America e a parti della Russia e della Cina. La California ha avuto la sua estate più calda e alla fine di novembre, gli incendi boschivi negli Stati Uniti erano almeno il 46% al di sopra della media decennale, e sono proseguiti fino a dicembre. Il Cile ha avuto incendi più estesi, otto volte la media di lungo periodo, mentre in Portogallo sono state registrate più di 100 morti legate agli incendi selvaggi.

Secondo l'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Alimentazione e l'Agricoltura, si stima che vi sia una possibilità su venti per il prossimo decennio che eventi estremi quali le ondate di calore, le siccità e le inondazioni causino un fallimento simultaneo della produzione di mais nei due principali produttori mondiali, Cina e Stati Uniti, provocando gravissime carestie.

Le pressioni sui sistemi ambientali e agricoli si intensificheranno nei prossimi anni con l'aumento della popolazione globale, che spinge verso l'alto la domanda di produzione di carne (circa l'80% della deforestazione nei paesi dell'Amazzonia è imputabile all'allevamento di bestiame).

L'inquinamento del suolo e dell'acqua causano circa la metà dei decessi, secondo i risultati pubblicati nel 2017 dalla Lancet Commission on Pollution and Health. La Commissione stima il costo annuale complessivo dell'inquinamento per l'economia globale a 4,6 trilioni di dollari, equivalente a circa il 6,2% della produzione. Molti dei rischi associati alla salute non sono ancora del tutto ben compresi: ad esempio, dove va a finire l'enorme volume di rifiuti di plastica nell'acqua del mondo (circa 8 milioni di tonnellate ogni anno), Così può accadere che le persone che mangiano frutti di mare potrebbero ingerire fino a 11.000 pezzi di micro-plastica ogni anno, anche se esse si trovano anche nell'83% dell'acqua di rubinetto. La preoccupazione è che le microfibre possano legarsi ai composti contenenti pesticidi o metalli tossici, fornendo a queste tossine una via preferenziale d'accesso al nostro organismo.

I potenziali effetti di ricaduta della transizione legata al clima saranno di più ampia portata rispetto agli effetti sulle norme di divulgazione finanziaria. Per esempio, è probabile che i drammatici cambiamenti nelle modalità in cui l'energia viene prodotta o trasportata.

In questo contesto, i cambiamenti economici strutturali nei paesi e nelle regioni interessate potrebbero anche alimentare in maniera esponenziale i rischi sociali e geopolitici con degli effetti ambientali devastanti sulle risorse disponibili ed in particolare sui beni comuni della Terra.

L'urgenza di agire immediatamente per fermare il cambiamento climatico è stata dimostrata sempre nel 2017 in quanto le emissioni di CO2 sono aumentate per la prima volta in quattro anni, portando le concentrazioni atmosferiche di CO2 a 403 parti per milione, rispetto a una linea di base pre-industriale di 280 parti per milione (Fig. 5) ed un innalzamento della temperatura globale di 1,1 °C con delle enormi conseguenze economiche a scala globale (Kahn *et al.*, 2019).

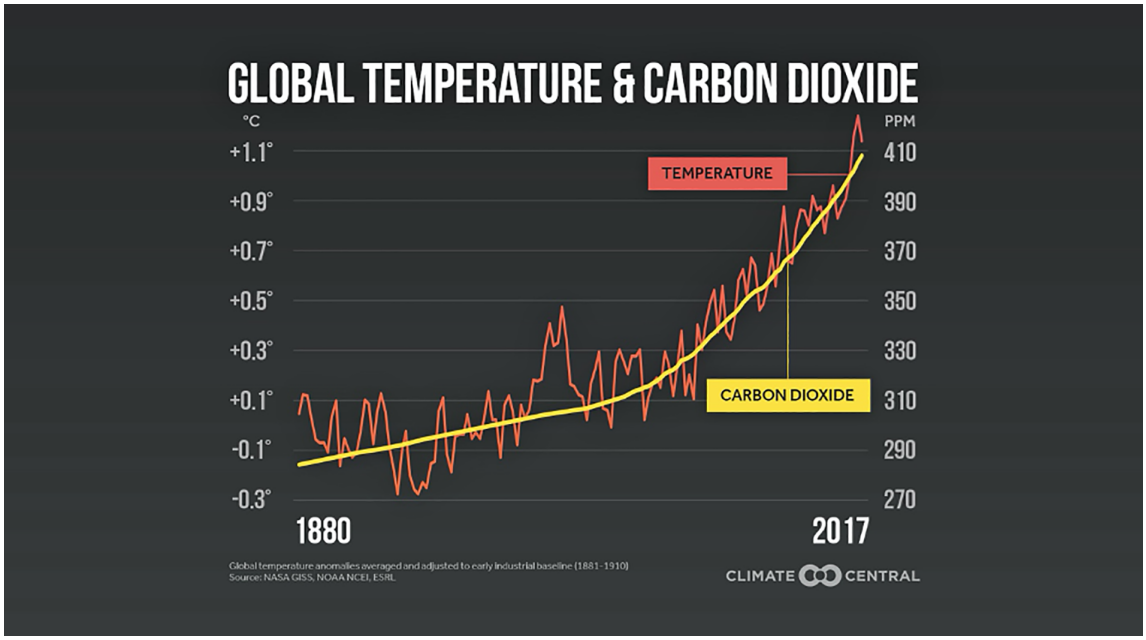
L'aumento delle emissioni è stato in parte il risultato dello sviluppo in Cina, dove le ondate di calore hanno portato a un incremento del 6,3% nel consumo di energia, e l'estrema siccità nel nord ha portato ad un passaggio dalla produzione di energia idroelettrica a quella a carbone. Altre motivazioni inducono a valutare un ulteriore incremento delle concentrazioni di CO2 in futuro.

Tale fenomeno si manifesta con l'azione di compensazione da parte degli oceani che fin ora hanno assorbito il il 93% dell'aumento delle temperature globali tra il 1971 e il 2010. Tale fenomeno ovviamente potrebbe diminuire nel tempo la capacità di l'eccesso di CO2. Inoltre, la ricerca suggerisce anche che le foreste tropicali stanno rilasciando piuttosto che assorbire anidride carbonica.

Oltre ad affrontare le sfide ambientali immediate che abbiamo di fronte, dobbiamo concentrarci sui potenziali rischi economici e sociali che possono sorgere

con l'accelerazione della transizione verso un mondo a basse emissioni di carbonio e più sicuro dal punto di vista ambientale.

Fig. 5 Innalzamento della temperatura globale (°C) ed emissione di CO2 (ppm)



Fonte: Climate Central

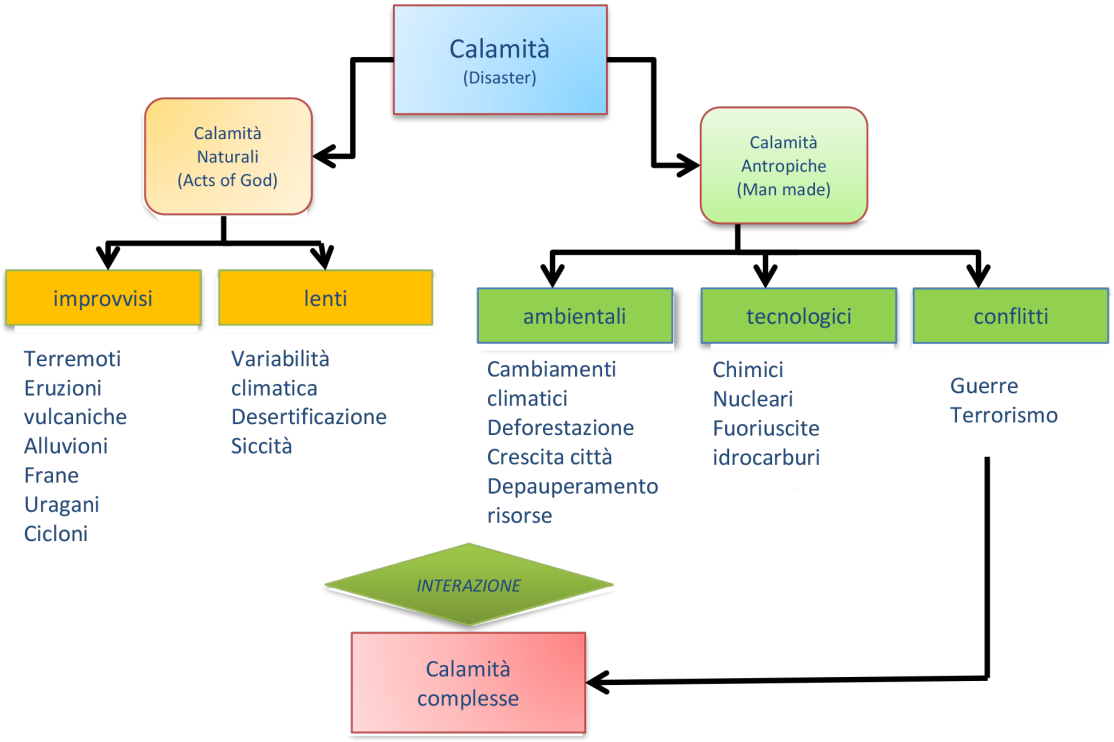
I movimenti verso la divulgazione finanziaria per quantificare i rischi di transizione che le imprese affrontano sono diventati molto accelerati, così come l'idea del disinvestimento dai combustibili fossili: ad esempio, nel novembre 2017 i manager del fondo sovrano norvegese hanno raccomandato di disinvestire dalle azioni di petrolio e gas, e la Banca Mondiale ha effettuato una moratoria dal 2019 sul finanziamento degli investimenti legati al petrolio e al gas.

4.3. I rischi catastrofali ed il loro impatto economico e sociale nel mondo

I rischi catastrofali (o disastri) vengono suddivisi in due categorie principali (Fig. 6) se dipendono da Dio (Acts of God) oppure dipendono dall'uomo (man-made o tecnici).

Le compagnie di assicurazione nella valutazione dei premi sui rischi convenzionali si basano sulle statistiche dei sinistri, nel caso dei rischi catastrofali causati da fenomeni naturali e/o umani i dati statistici presi in considerazione non vengono considerati affidabili. Il principale problema sostenuto dalle assicurazioni nella valutazione dei rischi delle calamità naturali è legato alla loro bassa frequenza temporale. Le compagnie in genere dispongono di un insieme di dati non significativo e, quindi, poco rappresentativo degli eventi estremi. Questo avviene per due motivi essenziali: si dispone di una ridotta finestra temporale dei rischi e di una limitata frequenza relativa ai dati dei parametri che governano le catastrofi (misure strumentali su frequenza di accadimento, magnitudo, periodo, ecc.).

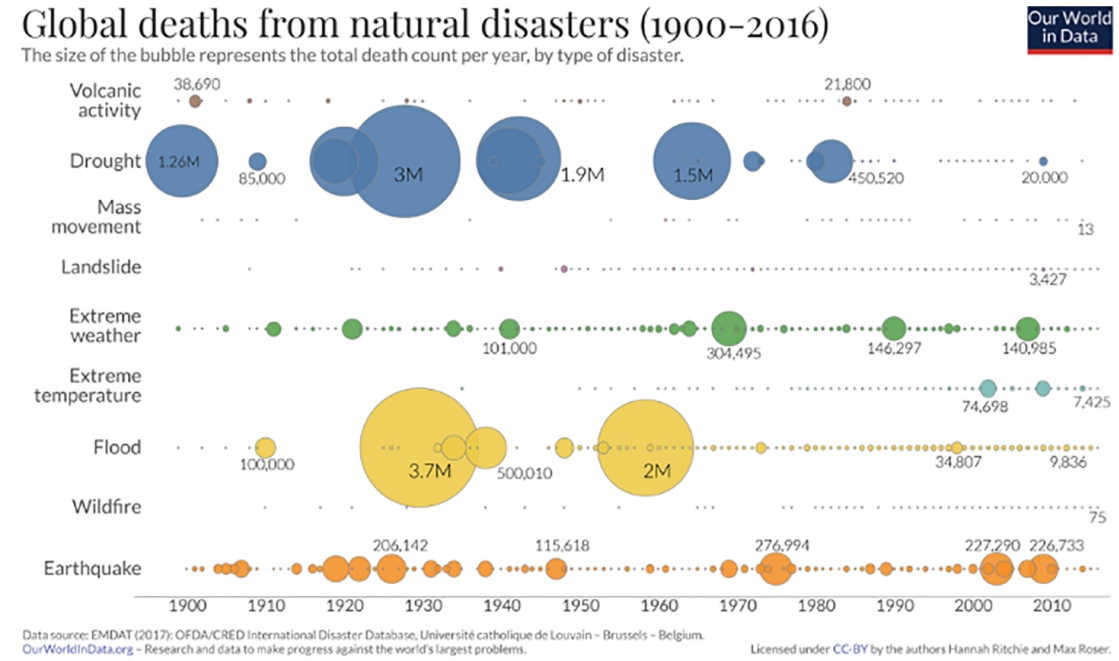
Fig. 6 Interazione tra le tipologie di calamità



Fonte: Modificato da Unesco, 2022

A tali difficoltà si è fatto ricorso attraverso la ricostruzione di banche dati che potessero garantire la carenza di dati, creando sin dagli anni '70 le prime banche dati sui rischi. In particolare, le banche dati europee e mondiali si sono implementate sui rischi inserendo anche una valutazione economica dei disastri, a cui le compagnie assicurative e le società di sicurezza hanno attinto i dati per lo studio delle polizze e, quindi, simulato possibili scenari di rischio. Le più autorevoli banche dati mondiali sui rischi naturali sono state realizzate dalle principali compagnie assicurative europee quali la Aon Re, la Munich Re e la Swiss Re, dalle istituzioni dell'Onu quali la EMDAT della CRED (Centro di Ricerche sull'Epidemiologia Delle catastrofi) dell'Università di Lovain in Belgio e la CATNAT, il sito di informazione francofono sui rischi naturali. Il più completo database sulle catastrofi naturali è della Munich Re ed è stato operativo dal 1974, consente di studiare le calamità naturali avvenute nel mondo a partire dalla eruzione pliniana del Vesuvio del 79 d.C. Con finalità diverse era nato il CRED, fondato nel 1973 dal professor Michel Lechat, epidemiologo dell'Università cattolica di Lovain, per lo studio dei problemi di salute in situazioni di emergenza, includeva tutti i disastri naturali (terremoti, inondazioni, carestie, siccità) e quelli causati dall'uomo nella migrazione di persone a causa di guerre civili e conflitti. Nel 1980 è divenuto un centro dell'OMS (Organizzazione Mondiale Sanità), e dispone di un data-base EMDAT, dell'impatto dei disastri naturali nel mondo a partire dal 1900 (Fig. 7).

Fig. 7 Distribuzione temporale dei morti a seguito delle calamità naturali dal 1900-2016



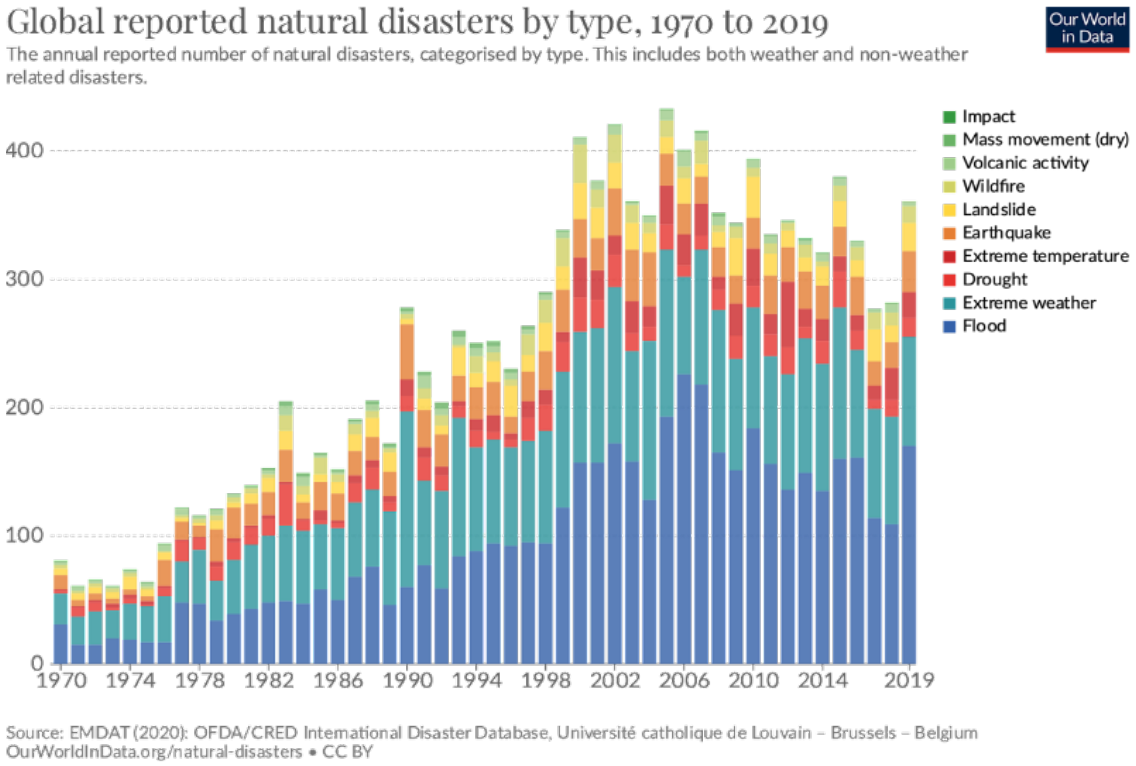
Fonte: EMDAT, 2017

L'analisi e il confronto di queste banche dati evidenzia che nel futuro le catastrofi saranno sempre più frequenti e disastrose nel mondo. Il loro trend risulta essere in forte ascesa a partire dagli anni '70 (Fig. 8) a seguito dell'aumento della concentrazione della popolazione in aree metropolitane o maggiormente vulnerabili e, soprattutto, a causa dei cambiamenti climatici globali (causa principale l'effetto serra) (Enenkel *et al.*, 2020).

La concentrazione della popolazione nelle aree metropolitane è tra le principali cause degli aumenti di costo degli eventi estremi. Le megalopoli hanno un enorme rischio potenziale di perdita economica perché spesso sono situate in zone ad elevato rischio e fortemente industrializzate, tale rischio aumenta in quanto esse hanno la caratteristica di espandersi costantemente sia in dimensioni che in popolazione. In conseguenza, la loro ubicazione e la loro progressiva espansione determina che sono maggiormente esposte all'aumento del valore dei danni per la suscettibilità a rovina delle infrastrutture civili ed industriali.

Il problema fondamentale è la rapida crescita della popolazione mondiale che ha superato i sette miliardi di persone nell'ottobre del 2011 con una massima concentrazione nelle megalopoli. Tale fenomeno di urbanizzazione globale, iniziato negli anni '50 (solo un 1/3 di persone nel 1950 viveva nelle grandi città), porterà nel 2025 circa i 2/3 della popolazione terrestre nelle megalopoli (si stimano 5 miliardi di abitanti su 8,3). L'espansione demografica delle metropoli comporterà l'aumento della probabilità di danni al patrimonio ed una maggiore perdita di vite umane in caso di eventi estremi di tipo catastrofale. Molti autori stimano previsionalmente che un evento calamitoso (quale ad es. un sisma) che colpisca una delle megalopoli potrà determinare un numero di vittime che si avvicina al milione (attualmente 10 delle 16 megalopoli sono a rischio sismico).

Fig. 8 Distribuzione temporale delle calamità naturali dal 1970



Fonte: EMDAT, 2020

I costi legati alle catastrofi naturali (Fig. 9) sono nettamente superiori rispetto a quelli antropici (Sobel, 2020). Il 2020 si è rivelato uno degli anni più impegnativi della storia moderna. A seguito di un numero superiore alla media di catastrofi naturali con un significativo impatto umanitario e finanziario, insieme alla pandemia più prolifica dal 1918. In particolare, gli eventi estremi più diffusi e degni di nota nel 2020 sono stati registrati negli Stati Uniti durante una stagione da record per gli uragani atlantici: 30 tempeste nominate, 13 uragani di cui 6 maggiori. La terraferma degli Stati Uniti ha visto ben 12 di quelle tempeste nominate (compresi sei uragani) toccare il suolo.

Gli uragani hanno occupato la maggior parte dei titoli dei giornali, ma il pericolo più costoso per gli Stati Uniti è stata una tempesta convettiva grave (SCS). Il pericolo ha superato il 2011 come la stagione più costosa del tempo raggiungendo un record, precedentemente considerato l'anno di riferimento per SCS, ed è stato guidato dallo storico derecho che ha spazzato il Midwest il 10 agosto. Inoltre, gli incendi boschivi negli Stati Uniti occidentali hanno anche provocato un nuovo record dell'era moderna per gli acri bruciati e determinato il terzo maggior esborso annuale per gli assicuratori.

L'impatto di COVID-19 sulla risposta ai disastri naturali da una prospettiva umanitaria è stato enorme che ha spinto le organizzazioni mondiali, come le Nazioni Unite (ONU), a chiedere sostegno finanziario e volontari per aiutare le persone in difficoltà.

Il settore assicurativo si è trovato di fronte a enormi sfide nel tentativo di accelerare il processo di risarcimento, bilanciando al tempo stesso i disastri multipli su larga scala, a seguito di controversie pendenti per incidenti legati a COVID-19, all'aumento dei costi di sostituzione a causa di una catena di approvvigionamento interrotta e ad altri scenari complessi.

Fig. 9 Costo dei danni dei disastri naturali in miliardi di dollari nel XXI secolo



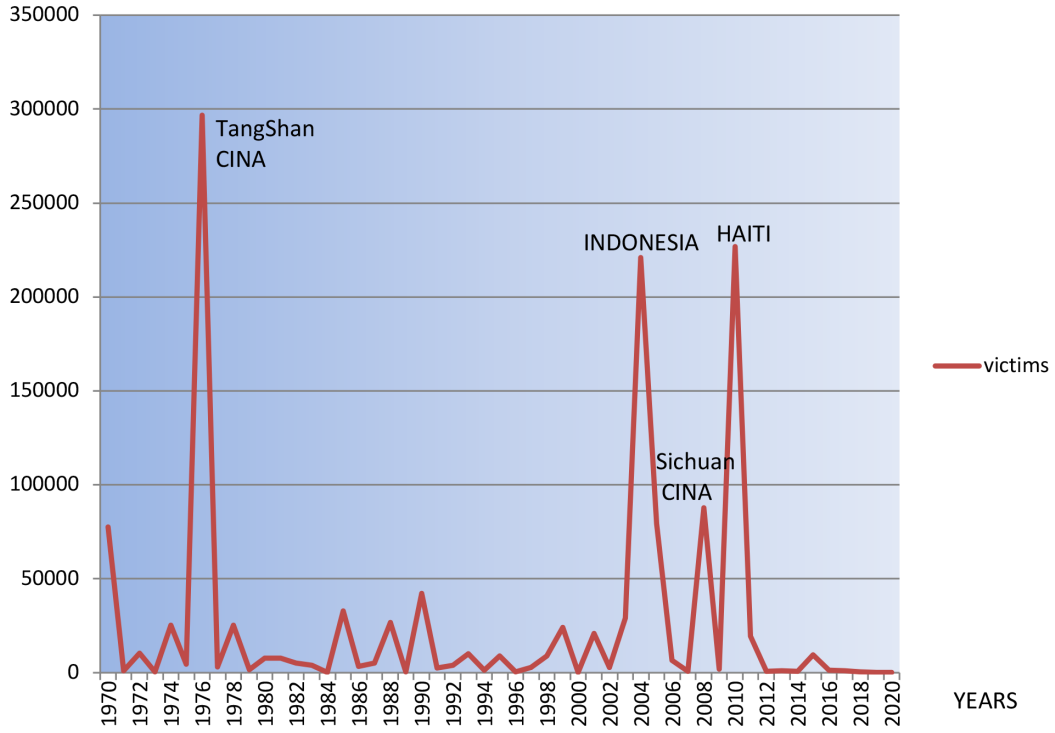
Fonte: Aon, 2021

Tuttavia, il settore riassicurativo è riuscito a superare questa fase, in quanto la continua e forte capitalizzazione ha permesso di gestire tutti i disastri dove era presente la copertura.

L'aspetto più importante del 2020 è stato il riconoscimento di come eventi concomitanti possano avere notevoli implicazioni globali. Questi "estremi composti" o "connessi" sicuramente forniranno opportunità di apprendimento critico per una migliore pianificazione, dato che il mondo diventa sempre più complesso e affronta rischi emergenti. Il 2020 ha anche evidenziato argomenti come il divario di protezione per popolazioni poco servite e sempre più vulnerabili, la necessità di ulteriori investimenti intorno alle strategie di mitigazione del rischio per navigare le nuove forme di volatilità, e la crescente influenza del cambiamento climatico sulla vita quotidiana.

In linea generale accade che nei paesi in via di sviluppo si verifica una maggiore mortalità a seguito delle calamità naturali, mentre le perdite economiche sono inferiori per la bassa concentrazione di valore economico in quelle aree; nei paesi industrializzati, invece, si riscontra una minore mortalità ed un maggiore danno per esposizione delle infrastrutture. Tale dicotomia si accentuata nell'ultimo cinquantennio per i terremoti, il nostro pianeta è stato colpito da tre fortissimi terremoti con un numero elevato di vittime: nel 1976 a TangShan (Cina), circa 242.769 vittime (alcune stime attestano 650.000 morti), nel 2004, in Indonesia, dove dopo il sisma si è generato un violento tsunami che ha mietuto circa 220.000 vittime e nel gennaio 2010 ad Haiti, anch'esso con oltre 220.000 morti, che rappresenta più del 2% della popolazione residente nell'isola caraibica (Fig. 10).

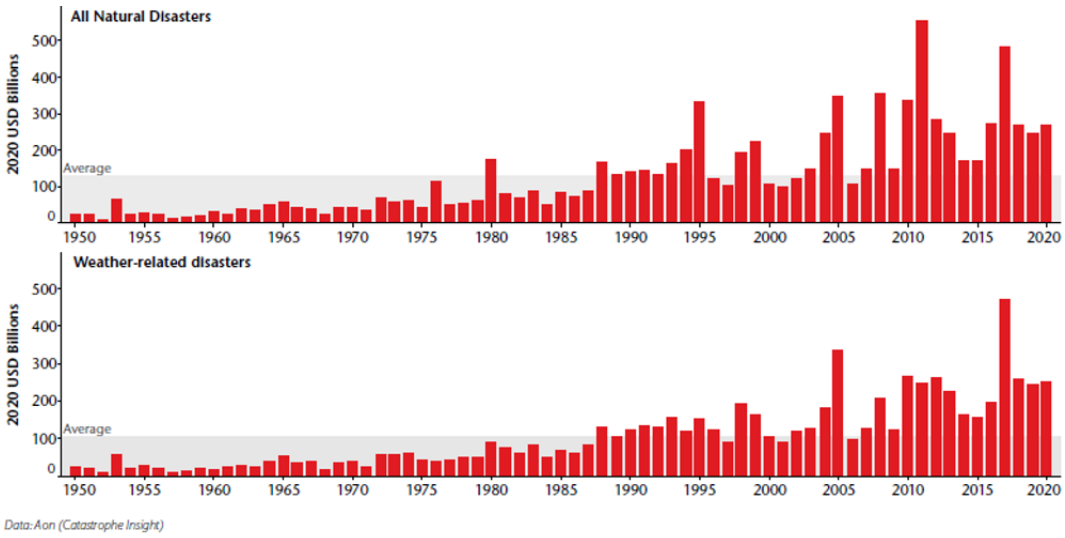
Fig. 10 I più forti terremoti al mondo negli ultimi cinquanta anni in base ai morti totali per anno



Fonte: CRED, 2019

Altre indicazioni si ottengono se si analizzano le valutazioni delle compagnie di assicurazione dei danni provocati dagli eventi catastrofali di natura meteorologica negli ultimi settanta anni.

Fig. 11 Danni in miliardi di dollari causati per gli eventi catastrofali nel mondo 1950-2020



Fonte: Aon, 2021, mod.

Se confrontiamo l'entità del sinistro con la sua natura (Fig. 11), si ha che i maggiori eventi estremi che hanno provocato danni maggiori sono dovuti agli uragani che hanno colpito gli USA nel 2005 (Katrina, Rita e Wilma), con danni complessivi pari a circa 201 miliardi di dollari e nel 2017 (Harvey, Irma e Maria) con danni pari a 245 miliardi di dollari (CRED, 2019; Guoqiang Shen & Seong Nam Hwang, 2019).

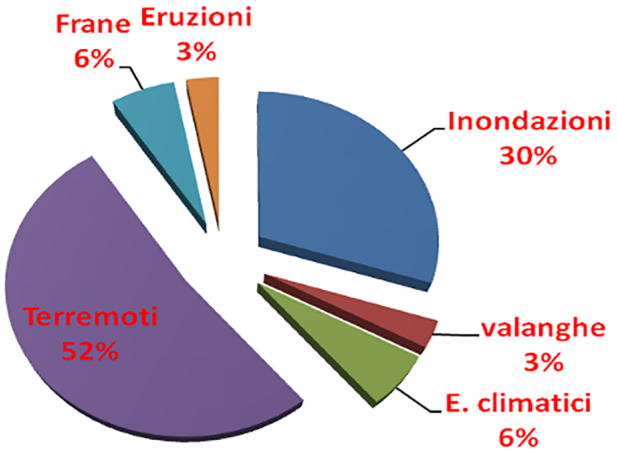
4.4. I rischi catastrofali nel Bel Paese

In Italia la prima ricerca sistematica degli eventi catastrofali è stata condotta dall'ENEA insieme alla SGA (Società Geofisica Ambiente) con la creazione nel 1990 della banca dati GIANO (opera non pubblicata) con l'obiettivo di costruire una anamnesi degli eventi naturali estremi del passato. L'esperienza della banca dati Giano portò a realizzare la prima banca dati delle catastrofi naturali EVA (EVenti Ambientali): una rappresentazione della pericolosità ambientale del territorio italiano per una valutazione probabilistica sulla possibilità di manifestazione di eventi similari nel prossimo futuro (rischio) ai fini della pianificazione territoriale e progettuale (Trocciola, 2013).

Altra banca dati significativa a livello nazionale sui rischi di natura idrogeologica (alluvioni e frane) è la banca dati AVI (Aree Vulnerate Italiane) realizzata negli anni '90 dal GNDCI (Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche) del CNR, che risulta essere il primo data-base per la mitigazione del rischio idraulico in Italia del XX secolo con una indicazione non quantitativa delle aree suscettibili a rischio idrogeologico.

La ricerca scientifica e le conoscenze tecnico-applicative evidenziano come il territorio italiano è fortemente caratterizzato da una diffusa, variegata e alta pericolosità naturale (frane, terremoti, eruzioni vulcaniche, erosione costiera, subsidenza, ecc.) che si trasforma in un elevato grado di rischio, dati il valore e la consistenza incommensurabili del nostro patrimonio artistico, culturale, archeologico, ambientale, urbanistico, infrastrutturale e produttivo. Se consideriamo, ad esempio, il numero di morti in Italia in seguito alle calamità naturali dal XX secolo (Fig. 12) esso è dovuto soprattutto agli eventi estremi del terremoto (52%) e delle alluvioni (30%).

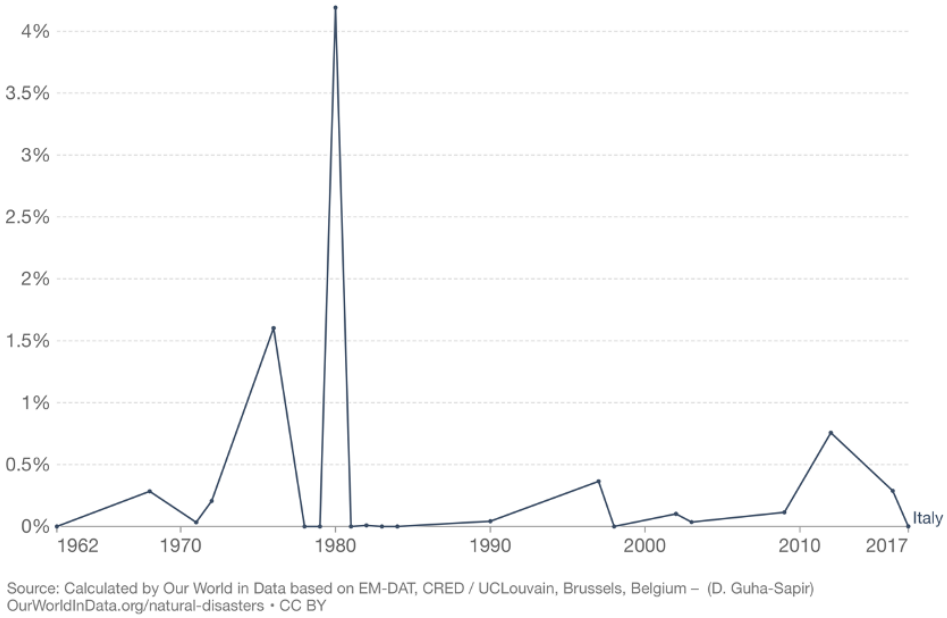
Fig. 12 Numero di vittime in Italia in base alle tipologie di eventi estremi dal XX secolo



Fonte: Munich Re, mod.

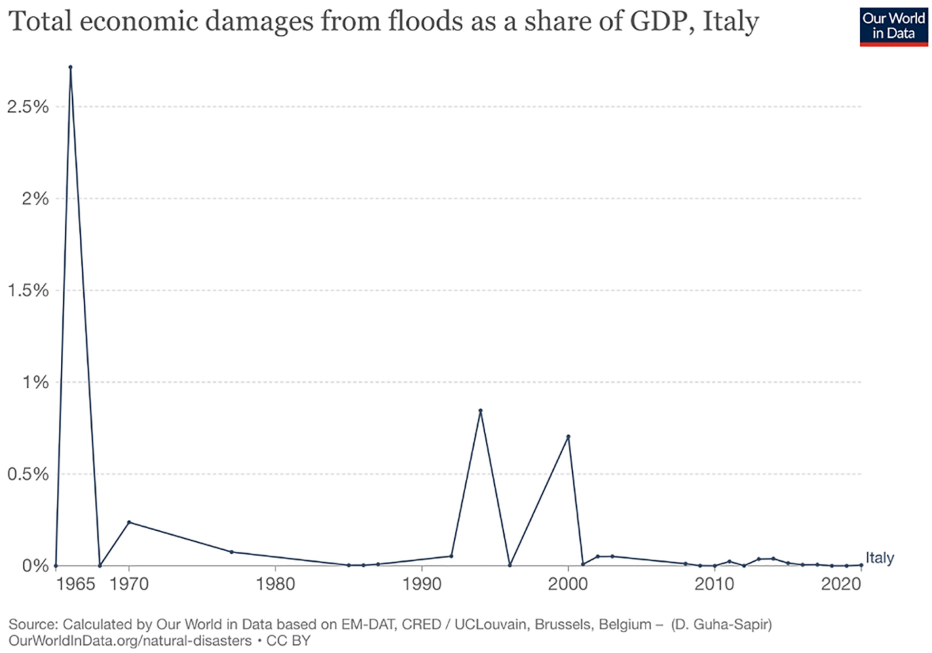
I due grafici della EM-DAT CRED (Figg. 13 e 14) rappresentano i danni economici per le principali catastrofi naturali (terremoti e alluvioni) dell'Italia espresse come percentuale del PIL a partire dagli anni '60.

Fig. 13 Danni economici totali da terremoti come percentuale del PIL, Italia dal 1960-2020



Fonte: EM-DAT; 2021

Fig. 14 Danni economici totali da inondazioni come percentuale del PIL, Italia dal 1960-2020



Fonte: EM-DAT, 2021

Dal primo grafico dei terremoti si nota che i più severi terremoti si sono avuti a partire dagli anni settanta ed hanno mietuto più vittime (990 in Friuli 1976 e 2914 Irpinia 1980), con un influenza elevata dei danni per il terremoto dell'Irpinia (oltre il 4% del PIL).

Successivamente a questi eventi, si sono succeduti i terremoti dell'Umbria (1997), L'Aquila (2009), Emilia Romagna (2012) e Centro Italia (2016/2017), quest'ultimo ha interessato ben quattro regioni (Abruzzo, Lazio, Marche ed Umbria). L'Italia è infatti caratterizzata dal rischio sismico più elevato nell'Europa comunitaria per gran parte del suo territorio (il 40%) e dove circa 23 milioni di persone vivono in comuni esposti ad un elevato rischio sismico (classificati in I e II categoria dal Dipartimento della Protezione Civile).

Per quanto concerne i costi sociali ed economici legati alle inondazioni, essi sono ad una scala inferiore, e dopo la grande alluvione che interessò il Polesine del 1951 essi sono cresciuti rapidamente nel tempo.

In particolare, si evidenzia nella fig.14 che l'alluvione del 4 novembre 1966 del fiume Arno nella città di Firenze inondò il centro storico con notevoli danni al patrimonio artistico, ha raggiunto un picco di danni economici superiore al 2,5 del PIL italiano di allora. Segue a questo evento di rilevante entità economica le alluvioni che hanno devastato il nord-ovest di Italia prima la regione Piemonte il 5 e 6 novembre del 1994 e sempre il Piemonte con la Valle d'Aosta il 17 ottobre del 2000.

Le province di Cuneo, Torino, Asti e Alessandria furono colpite dall'evento alluvionale del 1994 che causò l'esondazione dei fiumi Po, Tanaro e dei loro affluenti, con 70 vittime e 2.226 sfollati; mentre nel 2000 le forti precipitazioni interessarono soprattutto il nord della regione piemontese e l'intera Valle d'Aosta, coinvolgendo il bacino del Po con un bilancio di 23 morti e circa 40.000 sfollati.

Le vittime e i danni delle alluvioni in Italia in seguito a questi eventi sono stati notevolmente inferiori e sono diminuiti nel corso degli anni per una maggiore attenzione nella previsione e prevenzione di queste calamità naturali con gli interventi effettuati dalle Autorità di bacino preposte (oggi Distretti idrografici), che hanno sovrinteso alla difesa e alla protezione del territorio.

4.5. Conclusioni

Nei prossimi anni le istituzioni governative dovranno considerare come preponderanti i rischi naturali e la gestione del rischio climatico, in quanto rappresentano una minaccia per i sistemi finanziari, sociali e politici. In particolare, come evidenziano i nuovi studi sugli effetti del cambiamento climatico accompagnati dall'azione di protesta dalle associazioni ambientaliste FFF, si avranno delle conseguenze critiche sul pianeta Terra con un incremento dei rischi diretti più frequenti e di maggiore intensità, con eventi estremi di alluvioni, tempeste, siccità, mareggiate, ecc. e di nuovi rischi indiretti (cambiamenti normativi, geopolitici, di mercato e finanziari), con il risultato di ingenti conseguenze economiche. Ad esempio, è previsto che il cambiamento climatico taglierà il PIL italiano pro-capite dello 0,89% nel 2030, del 2,56% nel 2050 e del 7,01% nel 2100 (Kahn *et al.*, 2019). Inoltre, l'evidenza dell'impegno e della sostenibilità dei costi delle catastrofi naturali, a livello locale e globale, deve far assumere al nostro governo anche l'importanza di un sistema

assicurativo sui rischi naturali, fondato su valide e salde valutazioni tecniche, legislative, economiche e comportamentali. Come avviene per le coperture assicurative adottate in Europa, in cui si distinguono paesi per le quali lo Stato interviene nel sistema di garanzia assicurativa (Francia, Spagna, Norvegia, Svizzera) o altri paesi in cui le coperture assicurative sono di pertinenza esclusiva delle imprese di assicurazione.

L'istituzione di una assicurazione obbligatoria sulle calamità naturali in Italia rappresenterà un valido mezzo di surrogazione economica del danno e non potrà, in nessun caso, evitare l'evento estremo dannoso: in quanto la calamità naturale deve essere affrontata con adeguati e dinamici strumenti di prevenzione, di previsione, di monitoraggio e d'informazione.

Bibliografia

Aon (2021). Disponibile su: https://www.statista.com/chart/25378/natural-disaster-losses-worldwide/.

CRED (2018). *Natural Disasters 2018. Brussels: CRED, 2019*. Disponibile su: https://emdat.be/ sites/default/files/adsr_2018.pdf.

EMDAT (2020). Disponibile su: https://www.emdat.be/index.php.

Enekel, M., Brown, N. E., Vogt, J. V., McCarty, J. L, Reid Bell, A., Guha-Spir, G., Dorigo, W., Vasilaky, K., Svoboda, M., Bonifacio, R., Anderson, M., Funk, C. Osgood, D., Hain, C., & Vinck, P. (2020). Climiatic Change 162: 1161-1176 Friday For Future Who we are https://fridaysforfuture.org/what-we-do/who-we-are/.

Global Risk Report - World Economic Forum GRR, (2020). Disponibile su: https://www.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2020.

Shen, G., & Hwang, S. N. (2019). Spatial-Temporal snapshots of global natural disaster impacts Revealed from EM-DAT for 1900-2015. In *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, *10*(1), pp. 912-934.

Hagedorn, G., Kalmus, P., Mann, M., Vicca, S., Van den Berge, J., van Ypersele, J. P., Bourg, D., Rotmans, J., Kaaronen, R., Rahmstorf, S., Kromp-Kolb, H., Kirchengast, G., Knutti, R., Seneviratne, S. I., Thalmann, P., Cretney, R., Green, A., Anderson, K., Hedberg, M., Nilsson, D., Kuttner, A., & Hayhoe, K. (2019). Concerns of young protesters are justified. In *Science*, *364*(6436), pp. 139-140.

Kahn, M. E., Mohaddes, K., Ng, R. N. C., Peresan, M. H., Raissi, M., & Yang, J-C (2019). Long-Term Macroeconomic effects of climate change: a cross-county analysis IMF Working paper p. 58.

Munich Re (2010). Disponibile su: https://www.ilcambiamento.it/articoli/intervista_hoppe_munich_re_catastrofi_naturali.

Sobel, A. (2020). Weather, Climate & Catastrophe Insight-2020. In *Annual Report, AON,* p. 74.

Trocciola, A. (2013). Le calamità naturali: lo stato dell'arte ed i danni socio-economici. In A. Coviello (Ed.), *Calamità naturali e coperture assicurative*. Flaccovio Editore.

UNESCO (2020). http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/special-themes/science-education/environment/disaster-preparedness-and-mitigation.

WHO (2022). Coronavirus COVID-19. Dashboard. Disponibile su: https://covid19.who.int.

PARTE SECONDA

Rischi vulcanici e sismici in Italia (forze endogene)

5

SULLA MITIGAZIONE DEL RISCHIO VULCANICO PIÙ ALTO AL MONDO: L'AREA NAPOLETANA

di Giuseppe De Natale (INGV e CNR-INO), Claudia Troise (INGV e CNR-INO), Renato Somma (INGV e CNR-IRISS), Massimo Buscema (Centro Ricerche SEMEION e University of Colorado), Guido Maurelli (Centro Ricerche SEMEION), Antonio Coviello (CNR-IRISS), Stefano Petrazzuoli (Studio di Ingegneria Strutturale), Alfredo Trocciola (ENEA) e Adriano Giannola (SVIMEZ)

5.1. Introduzione

L'area Napoletana è caratterizzata dal più alto rischio vulcanico al Mondo, poiché risulta inclusa in tre aree vulcaniche attive (Vesuvio, Campi Flegrei ed Ischia), caratterizzate da un vulcanismo altamente esplosivo e da un'altissima densità di popolazione. Il risultato è che più di tre milioni di persone vivono entro una distanza di 20 km da una possibile bocca eruttiva.

La mitigazione di un rischio così estremo è resa difficile dal fatto che, attualmente, la previsione delle eruzioni vulcaniche è una procedura fortemente empirica e dalla probabilità di successo molto bassa (nel migliore dei casi dal 20% al 30%).

Il presente lavoro inizia con una breve descrizione dello stato dell'arte della previsione delle eruzioni, sulla quale è in pratica completamente basato l'attuale Piano di Emergenza. Dopodichè, una volta chiariti i problemi intrinseci, di tipo scientifico ed operativo, di tale Piano attuale, vengono suggerite le linee guida per un Piano di Emergenza che possa realmente risultare efficace nella mitigazione dei rischi estremi posti dal vulcanismo in quest'area.

Il problema è posto in forma multidisciplinare, e considera i principali aspetti sociali, economici ed urbanistici.

I benefici di un approccio completo e multidisciplinare, da noi suggerito, sono quindi resi evidenti non solo rispetto ai Piani di Emergenza attualmente esistenti, ma anche nell'ambito di una visione più larga dei problemi posti dallo sbilanciamento attuale tra aree costiere ad altissimo rischio densamente popolate ed aree interne in grave crisi demografica dovuta allo spopolamento.

5.2. La previsione delle eruzioni: una scienza empirica e fortemente incerta

La previsione delle eruzioni vulcaniche per una evacuazione preventiva delle aree a rischio è l'unico difesa da un'eruzione imminente. Non esiste infatti alcuna possibile difesa alternativa contro i prodotti piroclastici di maggiore pericolosità (flussi piroclastici, flussi di lava particolarmente veloci, intensa caduta di pomici e ceneri).

La previsione delle eruzioni, a livello mediatico ma anche talvolta in ambito accademico, è generalmente considerata semplicisticamente fattibile, al contrario della previsione dei terremoti che, altrettanto semplicisticamente, è considerata impossibile. Entrambe le affermazioni sono egualmente errate; la previsione delle eruzioni è considerata fattibile perché i vulcani sono strutture definite e ben localizzate, ed esistono fenomeni precursori di eruzioni largamente osservati; le zone sismiche sono invece molto estese, e difficili da monitorare specificamente. Il problema è che non è assolutamente definito, per un generico vulcano, quale sia il livello oltre il quale le anomalie fisico-chimiche genericamente considerate 'fenomeni precursori' annuncino un'eruzione imminente. Questo è vero anche, in generale, per vulcani con un'alta frequenza eruttiva osservata in epoca moderna; ed è ancor più vero per vulcani, come quelli dell'area Napoletana, quiescenti da molti decenni o da secoli: dal 1944 (Vesuvio), 1538 (Campi Flegrei) e 1302 (Ischia).

La previsione delle eruzioni, in realtà, è ancora una disciplina largamente empirica, con risultati fortemente incerti (Winson *et al.*, 2014). Sebbene alcuni studi recenti stanno cercando di sviluppare tecniche di previsione con maggiori vincoli fisici (Kilburn, 2012; Robertson & Kilburn, 2016; Kilburn *et al.*, 2017), tali ricerche sono ancora ad uno stadio di ricerca scientifica di punta, di fatto non generalizzabili per un utilizzo pratico che dia garanzie di affidabilità.

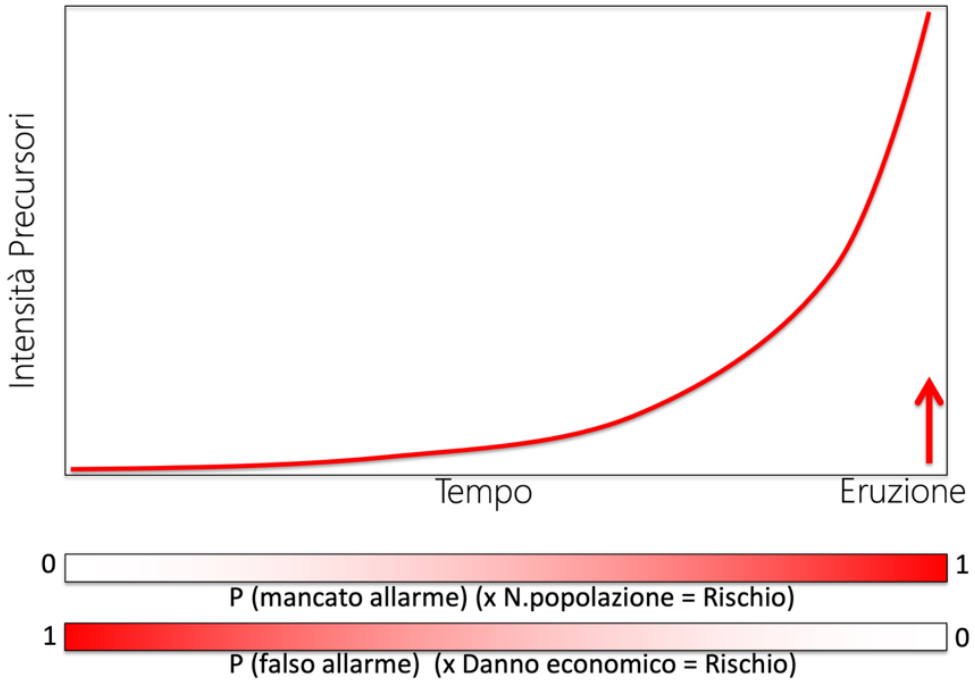
Il problema della previsione delle eruzioni è schematizzabile come mostrato in figura 1.

Come si evince dalla figura, una previsione di successo avviene quando un allarme, definito dal superamento di una certa soglia di 'fenomeni precursori', è effettivamente seguito entro breve tempo da un'eruzione.

Seguendo la stessa logica, in contrasto con una previsione appropriata, ci possono essere due tipologie di errori: falso allarme e mancato allarme. Nel caso più generale, descritto dalla figura 1, un certo trend di anomalie fisico-chimiche (fenomeni precursori, che normalmente implicano aumento di sismicità, sollevamento del suolo e variazioni nella composizione chimica delle acque e dei gas) cresce, fino ad arrivare eventualmente all'eruzione. Se un allarme è dato nella fase iniziale di crescita dei fenomeni, c'è una probabilità trascurabile di mancato allarme, ma una grande probabilità di falso allarme. Al contrario, quando si attende che i fenomeni anomali divengano estremamente marcati, si minimizza la probabilità di falso allarme ma si massimizza quella di mancato allarme: si rischia cioè che l'eruzione arrivi senza più avere il tempo di evacuare le aree esposte.

Allora, dato il completo 'trade off' tra probabilità di mancato allarme e di falso allarme, l'istante in cui dare effettivamente un allarme (che porti all'evacuazione) dovrebbe essere scelto in modo da minimizzare il 'costo': che nel caso di un falso allarme è proprio il costo, economico e sociale, di un'evacuazione inutile; mentre nel caso di un mancato allarme consiste nella perdita di innumerevoli vite umane.

Fig. 1 Schema di una evoluzione 'ideale' di segnali precursori di un'eruzione. Dichiarando un allarme nella fase iniziale della crescita dei precursori, si minimizza la probabilità di mancato allarme, ma si massimizza la probabilità di falso allarme. Al contrario, se si attende che i segnali precursori arrivino a livelli molto alti, la probabilità di falso allarme è bassa, ma è altissima quella di mancato allarme (ossia si rischia di dare l'allarme 'troppo tardi' per avere il tempo di evacuare l'area esposta)



Fonte: De Natale *et al.* (2020)

È dunque evidente che, nel caso di un numero enorme di abitanti esposti (come nel caso dell'area vulcanica Napoletana), la probabilità di mancato allarme può essere assolutamente insostenibile anche per valori molto bassi di probabilità di eruzione; di contro, però, un falso allarme potrebbe avere costi economici e sociali altissimi.

Una errata o del tutto assente considerazione di questo problema, nel caso in questione in cui il valore esposto è altissimo, può ulteriormente implicare pesantissime responsabilità, anche giudiziarie, per i decisori.

L'estrema complessità e scarsa affidabilità delle attuali tecniche di previsione delle eruzioni, insieme alla criticità della mitigazione del rischio vulcanico quando esso assume valori estremi, è stata evidenziata in maniera molto completa da De Natale ed al. (2020). Una delle fonti principali, che consente di valutare l'attuale grado di attendibilità della previsione delle eruzioni, è data dal Consensus Study Report (2017), che riporta i risultati di tutti i tentativi di previsione delle eruzioni nel Mondo a partire dal 1980. La scelta del 1980 come anno zero non è causale, in quanto rappresenta l'anno dell'eruzione del Mount St. Helens (WA, USA), che può

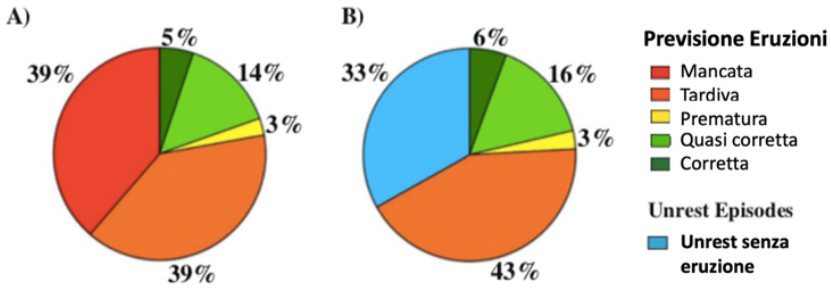
essere considerata il punto di partenza delle moderne tecniche di previsione delle eruzioni vulcaniche.

I risultati del Consensus Study Report (2017) indicano una percentuale di successi, nella previsione delle eruzioni, molto minore del 50%. Ancora più indicativi sono i risultati ottenuti da Winson *et al.* (2014), che analizzano i risultati nella previsione applicati a 194 eruzioni avvenute dal 1990 al 2013, da 60 vulcani nel Mondo.

La figura 2 mostra i risultati principali del loro studio: soltanto il 19% delle eruzioni furono anticipate con appropriati messaggi di allerta inviati alle autorità. Un tale pessimo risultato migliora di poco se si considerano solo le eruzioni più forti (VEI>3): circa il 30% di queste eruzioni furono correttamente previste. Il risultato aumenta leggermente se si considerano solo i vulcani perfettamente monitorati, ma resta comunque sempre sotto il 50%. In aggiunta, lo studio riporta il 33% di allarmi eruzione non seguiti da eruzione (falsi allarmi).

In aggiunta, anche nei casi in cui la previsione è avvenuta con successo, bisogna tener conto di quanto tempo prima dell'eruzione sia stata possibile: l'esempio di maggior successo è infatti rappresentato dall'eruzione del vulcano Hekla nel 2000, che fu prevista con molta precisione, ma soltanto mezz'ora prima che avvenisse (Stefansson, 2011).

Fig. 2 Percentuali di successi/insuccessi (in termini di frequenze relative) nella previsione di 194 eruzioni avvenute dal 1990 al 2013 (da Winson *et al.*, 2014). (a) Frequenze relative del risultato della previsione di eruzioni, ciascuno indicato da un diverso colore. Nota che la frequenza cumulative di previsioni più o meno corrette (tonalità di verde) è soltanto del 19% rispetto al totale. (b) Proporzione delle previsioni senza effettiva Eruzione (falso allarme) rappresentata come percentuale insieme a tutte le categorie mostrate in a) eccetto la prima ('mancata')



Fonte: Winsono *et al.* (2014)

Ovviamente, una previsione con così breve anticipo è di fatto inutilizzabile per ordinare un'evacuazione di centinaia di migliaia (ma probabilmente anche di poche migliaia) di persone.

Questi risultati mostrano chiaramente che, con il livello attuale di conoscenza, è molto più probabile un mancato allarme, o anche un falso allarme, piuttosto che una previsione corretta. In tali condizioni, il 'problema della previsione', evidenziato dalla figura 1, diviene assolutamente drammatico in condizioni di rischio vulcanico estremo (ossia di numeri estremi di popolazione esposta al massimo rischio).

Prima di continuare la discussione di questo problema applicato al rischio estremo dell'area Napoletana, è utile richiamare gli elementi principali dei Piani di Emergenza attuali elaborati per queste aree. Vogliamo qui sottolineare che non è nostra intenzione criticare il lavoro alla base di tali Piani, che è anzi assolutamente meritevole ed ha portato comunque ad un primo utile protocollo da attuare in un'eventuale emergenza. Il nostro intento è infatti costruttivo, e vuole indicare i molti punti deboli e l'assoluta necessità di completare ed integrare i protocolli attuali, in modo da renderli praticamente utilizzabili. Come vedremo, sebbene le informazioni alla base degli attuali piani costituiscano un'importante base di partenza, tutto l'impianto successivo deve essere necessariamente modificato ed integrato, per renderli razionali ed effettivamente applicabili.

Passiamo quindi a riassumere i punti principali degli attuali Piani di Emergenza:

1. definire una 'zona rossa', che di fatto rappresenta la zona a massima probabilità di invasione da flussi piroclastici da eruzioni di grande taglia, che deve quindi essere avacuata prima dell'eruzione;
2. definire un Sistema 'a semaforo', basato sui livelli progressivi di crescita delle 'anomalie' (o 'fenomeni precursori', di figura 1), con colori Verde, Giallo, Arancione, Rosso;
3. raggiunto il livello 'Rosso', tuta la zona rossa deve essere completamente evacuata entro 72 ore.

Mentre i livelli da Verde ad Arancione sono decisi dalla Protezione Civile Nazionale, con la consulenza della 'Commissione Grandi Rischi Vulcani', ossia un pool di esperti nazionali, il passaggio dall'Arancione al Rosso viene deciso direttamente dal Capo del Governo (Premier).

È chiaro che gli attuali Piani di Emergenza si basano sull'assunzione che la previsione dell'eruzione (dichiarazione di allerta 'Rosso') sia pressochè certa o comunque corretta con alta probabilità; cosa che, come dimostrato dalla casistica globale, è impossibile.

5.3. I Piani di Emergenza in Campania

I Piani di Emergenza vulcanici in Campania rappresentano uno degli argomenti più spinosi, scientificamente, tecnicamente e politicamente, degli ultimi 35 anni. Senza volerne ripercorrere in dettaglio la storia, che inizia nel 1983-1984 con il problema, concretissimo, dell'evacuazione completa di Pozzuoli a fine 1984 a causa dell'eccezionale fenomeno di bradisisma accompagnato da intensa sismicità, possiamo sottolineare che questo argomento è diventato progressivamente più sentito dall'opinione pubblica (all'inizio abbastanza distratta e distante), fino ad assumere, negli ultimi anni, la forma di una vera e propria continua 'emergenza' mediatica, con caratteri preoccupanti a livello sociale, da 'psicosi collettiva'.

Sebbene sia molto più noto al grande pubblico, in Italia, il problema del rischio sismico, questo in realtà nel nostro Paese è un problema minore, che continua a far vittime e danni eccessivi (anche per terremoti normalmente classificati a livello internazionale di 'bassa' magnitudo) solo per la cronica mancanza di investimenti

nella 'prevenzione', che consisterebbe molto semplicemente nel consolidamento degli edifici, in particolar modo quelli storico-archeologici di grande valore ma estremamente vulnerabili, per renderli resistenti a livelli di magnitudo tutto sommato contenute (il territorio Italiano non può dar luogo a terremoti di magnitudo estreme, come in altre aree).

Il vero rischio naturale che non ha eguali al Mondo, in Italia, è rappresentato dal rischio vulcanico. Il più alto rischio vulcanico al Mondo è infatti concentrato nell'area Napoletana, sia per la pericolosità delle tre aree vulcaniche che contornano Napoli (Vesuvio, Campi Flegrei, Ischia), sia per l'altissima densità di popolazione nelle zone più esposte; sicuramente le più densamente urbanizzate d'Europa. A differenza del rischio sismico, da quello vulcanico non ci si può difendere completamente consolidando infrastrutture ed edifici, ma l'unica possibilità è quella di evacuare le aree più esposte prima dell'accadimento di un'eruzione.

Attualmente, esistono (allo stadio più o meno completo, difficilmente giudicabile in maniera 'oggettiva'. Piani di Emergenza per le due aree vulcaniche principali: Vesuvio e Campi Flegrei. Ischia, sebbene vulcanicamente attiva, non è stata per ora ancora considerata.

I Piani di Emergenza per Vesuvio e Campi Flegrei, sostanzialmente analoghi nelle caratteristiche principali, prevedono 4 livelli di allerta: quiescente o 'base' (verde); con attività leggermente anomala o di 'attenzione' (giallo); con forti anomalie o di 'pre-allarme' (arancione); con forte probabilità di imminente eruzione o di 'allarme' (rosso). Allo scattare dell'allerta rossa in una delle aree, si mette in moto il Piano di Evacuazione completa della rispettiva 'zona rossa', ossia quella a maggior rischio di distruzione completa e morte di ogni essere vivente (per i 'flussi piroclastici', anche noti come 'nubi ardenti'). Le zone rosse del Vesuvio e dei Campi Flegrei (Fig. 3) contengono, rispettivamente, circa 700.000 e circa 600.000 residenti.

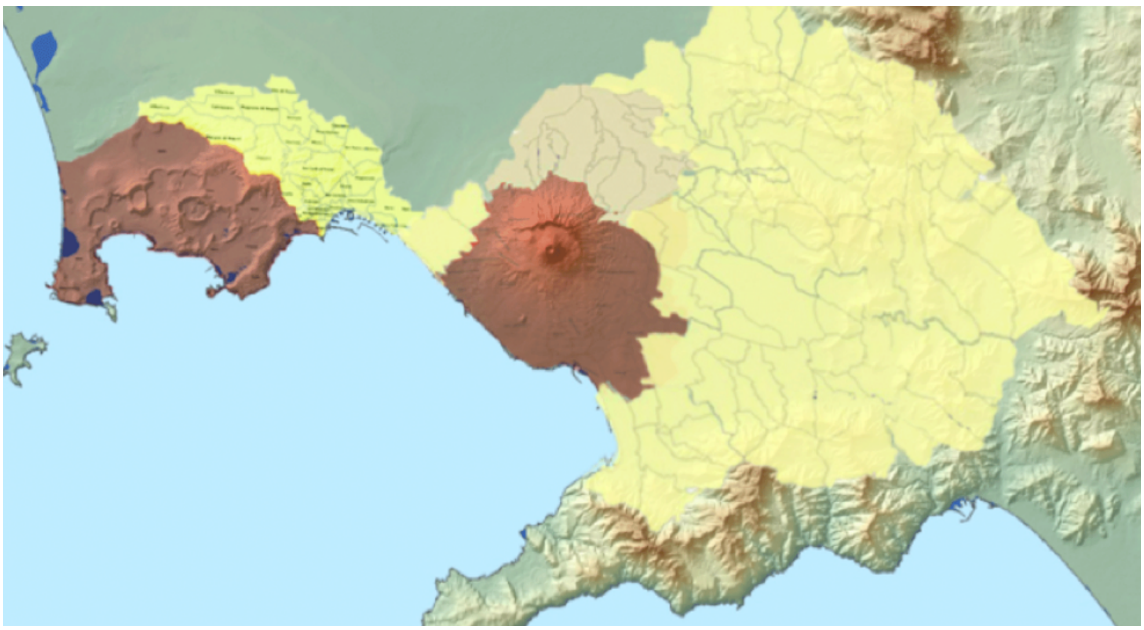
L'evacuazione completa di una tale quantità di persone deve avvenire in 72 ore al massimo (3 giorni), in gran parte mediante trasporto stradale e comunque, a nostra conoscenza, per vie di terra. I seguenti link, al sito del Dipartimento della Protezione Civile, contengono gli elementi fondamentali dei rispettivi Piani Nazionali (che dettano le linee guida, e sono poi completati dai Piani predisposti da Regione e singoli Comuni):

http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/view_dossier.wp;jsessionid=37DA6EDA9DBD5BE158C17FB29BCFB77E.worker3?contentId=DOS37087
http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/view_dossier.wp?contentId=DOS50555

I Piani di Emergenza in questione sono dall'origine (il primo Piano Vesuvio data dal 1995) oggetto di numerose critiche, da parte di cittadini, di forze politiche, dei media, per la loro ipotetica 'inattuabilità', alla luce di varie difficoltà ipotizzate: intasamento rete viaria, indisciplina dei cittadini, impreparazione dei Comuni e/o delle autorità e delle unità di soccorso preposte, ecc.

Fino ad ipotizzare addirittura, talvolta nel 'folklore' popolare, che in realtà le autorità non darebbero comunque mai l'allarme (che avvia l'evacuazione) perché la paura e la concitazione causerebbero più vittime dell'eruzione stessa.

Fig. 3 Zone rosse e gialle, per il rischio vulcanico, nell'area Napoletana. Le zone rosse rappresentano le aree a maggior probabilità di invasione di flussi piroclastici, i limiti più esterni essendo raggiunti da eruzioni di maggiore potenza. Le zone gialle rappresentano invece le aree dove sono prevedibili i maggiori spessori di depositi dovuti alla ricaduta dei prodotti più leggeri nella colonna eruttiva (ceneri e pomici)



Fonte: De Natale *et al.* (2020)

Per questi motivi, questo argomento ha oggi un valore enorme sotto molti punti di vista: economico, per l'impatto gigantesco sull'economia Italiana che avrebbe un esodo di massa, unitamente all'abbandono di molte aree a rischio; sociale, perché la sfiducia nelle Istituzioni generata dai molteplici dubbi sulla efficacia dei Piani attuali genera ormai vere e proprie 'psicosi' collettive e stati d'ansia, specialmente nell'area flegrea dove, dal 2012, è scattato il primo livello di allerta, 'Giallo'; politico, perché appunto l'efficacia di un'operazione gigantesca, di tale impatto, è fortemente condizionata dalla fiducia e dall'autorevolezza che le forze di governo (e tutte le Istituzioni) ispirano nella popolazione. È dunque, sicuramente, un problema gigantesco ed estremamente complesso, che però spiegato bene a livello Europeo potrebbe essere un'occasione per l'ottenimento di importanti risorse comunitarie, e dunque l'occasione per la soluzione, in termini anche economicamente sostenibili se non addirittura vantaggiosi, di problemi endemici e consolidati di sovrappopolazione, degrado urbano ed in ultima analisi di sviluppo del Mezzogiorno.

5.4. Linee Guida per una proposta innovativa di gestione efficace dell'emergenza vulcanica

Il rischio vulcanico in Campania interessa circa 3 milioni di persone, localizzate entro 15-20 km circa da una possibile bocca eruttiva. I tre centri vulcanici Campani, i cui processi eruttivi, per esperienza pregressa e per mancanza di evidenze teoriche contrarie, risultano indipendenti tra loro, sono: Vesuvio, Campi Flegrei ed Ischia. La presente proposta non prevede modifiche sostanziali alle zone 'rosse'

(ossia quelle a maggior rischio di invasione da flussi piroclastici), né alle zone 'gialle' (ossia quelle a maggior rischio di ricaduta e accumulo di cenere e prodotti leggeri) già definite per Vesuvio e Campi Flegrei. La zona rossa di Ischia, non ancora definita ufficialmente, possiamo ragionevolmente assumere che coinvolgerà tutta e sola l'isola. La differenza principale di questa proposta consiste nella programmazione dettagliata preventiva della possibile evacuazione; e inoltre nella possibilità di attuare evacuazioni 'limitate' (evacuazione progressiva, come attuata ad esempio in Giappone) che in presenza di segnali premonitori sempre più evidenti possa coinvolgere 'progressivamente' l'intera area rossa. Un altro punto su cui riflettere è la possibilità di utilizzare, in caso di evacuazione, anche (e soprattutto) le vie di mare, che oggi sembrano completamente escluse pur essendo in teoria le meno critiche rispetto ai problemi di 'traffico' che evidentemente affliggono il trasporto stradale; un Piano di Emergenza di Ischia, in ogni caso, potrebbe ovviamente includere solo l'evacuazione via mare. In base al Piano attuale, in caso di allerta del quarto livello (allerta 'Rossa') è prevista l'evacuazione entro 72 ore di tutti i cittadini che risiedono entro i confini della zona rossa della rispettiva area vulcanica. La fase di evacuazione, nell'attuale versione del piano, dà uno spazio limitato all'autonoma risistemazione dei residenti; che in ogni caso è decisa e determinata nella fase di pre-allarme o nella fase di allarme. La proposta attuale di revisione prevede invece che l'intero processo di evacuazione e risistemazione, di tutti i residenti, sia pre-determinato e completamente dettagliato, indipendentemente dallo stato di allerta del vulcano. In altre parole, si prevede che per tutti i residenti delle zone rosse siano preventivamente individuate le aree (entro i confini nazionali) in cui debbano essere ri-sistemati in caso di allarme rosso. In tale contesto inoltre, diversamente da quanto prevede la versione attuale del Piano di Emergenza, la fase di evacuazione e ri-sistemazione non viene intesa come fine a sé stessa, e quindi esaurita con la salvaguardia dell'incolumità dei residenti e con il loro trasferimento nelle nuove aree; viene invece dettagliato anche il reinserimento sociale e lavorativo completo dei residenti nell'area di nuovo insediamento. Questo passaggio è stato finora trascurato, ma è enormemente importante perché, come esporremo molto sinteticamente, la fase di ri-sistemazione non potrà essere 'breve', per sua natura, ma durerà per lo meno anni, se non decenni. Infatti, già la dichiarazione dell'allarme rosso implica una enorme responsabilità da parte del decisore, che corrisponde in pratica ad un rischio eruzione non più accettabile date le vite in gioco. Purtroppo, però, anche nella migliore delle ipotesi e con 'precursori' apparentemente molto chiari, la probabilità di 'falso allarme' (ossia la probabilità che l'eruzione non avvenga) è comunque molto alta; normalmente, sarà anche molto più alta della probabilità di eruzione stessa (perché, appunto, dato l'enorme valore di vite umane in gioco, anche probabilità di eruzione relativamente basse possono essere assolutamente inaccettabili). In queste condizioni, distinguiamo i due casi possibili: 1) l'eruzione non avviene entro tempi 'brevi'; 2) l'eruzione avviene. Nell'ipotesi 1), è chiaro che nel momento in cui si è dato un allarme rosso, con tutte le responsabilità di spostare centinaia di migliaia di persone, e data l'alta incertezza nella conoscenza precisa dei fenomeni vulcanici, anche dopo mesi di attesa (se non dopo anni) sarà pressoché impossibile avere la certezza che il pericolo di un'eruzione imminente sia effettivamente scongiurato; e quindi prendersi la responsabilità di un contro-esodo che riporterebbe la situazione abi-

tativa ad altissimo rischio come in precedenza. Nell'ipotesi 2), d'altra parte, anche se l'eruzione avvenisse entro tempi brevissimi (giorni) dall'evacuazione, e durasse per un periodo altrettanto breve, si porrebbero comunque due condizioni parimenti ostative alla ri-urbanizzazione delle aree evacuate: la prima, ovvia, è che dipendendo dalle condizioni eruttive alcune aree, in percentuale probabilmente significativa di tutto il territorio, sarebbero devastate dall'eruzione e quindi non ri-urbanizzabili in tempi brevi (almeno decenni). La seconda condizione ostativa, anche in presenza di un'eruzione di durata limitata, sarebbe comunque legata alla considerazione che non si potrà essere completamente certi che la fase eruttiva si sia esaurita dopo la singola eruzione di breve durata. Quest'ultima considerazione è tanto più vera in quanto, per vulcani quiescenti da decenni o da molti secoli come quelli Campani, una nuova eruzione implicherebbe comunque mutate condizioni di attività del vulcano; che renderebbero estremamente meno prevedibile (in quanto in condizioni diverse da quelle osservate in epoca moderna) l'evoluzione futura del vulcano. Da tutte queste considerazioni, basate su elementi scientifico-vulcanologici in massima parte, e per il resto su un ovvio buon senso che impone atteggiamenti estremamente 'cautelativi', discende necessariamente che, a fronte di un'evacuazione di massa, i tempi di permanenza fuori dai centri di origine dei residenti evacuati saranno, realisticamente, almeno dell'ordine di molti anni o decenni. È chiaro che con tali ordini di grandezza temporali, non è possibile pensare di 'parcheggiare' semplicemente 700.000 o 600.000 persone senza che esse siano normalmente inserite in attività lavorative, ricreative, formative (almeno per i minori) e possano accedere a servizi adeguati per ogni necessità. La soluzione deve essere quindi la previsione del completo reinserimento degli individui e/o delle famiglie nella nuova sistemazione, in previsione di un periodo di permanenza molto lungo o anche definitivo.

Una tale soluzione richiede ovviamente un procedimento molto complesso, di cui cerchiamo nel seguito di descrivere schematicamente un possibile metodo attuativo. Il metodo proposto, che a noi sembra il più razionale, richiede comunque di considerare un gran numero di dati, da incrociare allo scopo di ottimizzare l'associazione tra i nuclei familiari e le nuove aree di residenza. Tale metodo richiede quindi algoritmi di calcolo (ottimizzazione) molto sofisticati, che identifichiamo nelle tecniche che vanno sotto il nome di 'reti neurali'. Senza entrare nei dettagli (qualche elemento di approfondimento sarà dato comunque in un prossimo paragrafo) sottolineiamo comunque che l'elaborazione di centinaia di migliaia di nuclei familiari è un problema formidabile, anche per le più sofisticate tecniche; proponiamo quindi che sia effettuata prioritariamente un'analisi di fattibilità con insiemi più limitati (dell'ordine delle migliaia o al massimo decine di migliaia), per trovare le soluzioni migliori per la programmazione definitiva con grandi numeri.

Per descrivere sommariamente il procedimento, ogni cittadino delle zone rosse dovrebbe segnalare al proprio Comune, che poi trasferirà le informazioni in un data-base nazionale, il Comune in cui intenderebbe trasferirsi in caso di evacuazione, specificandone le motivazioni precise (ad esempio: possesso di seconda casa, legami familiari o sociali, opportunità lavorative, ecc.); o, in alternativa, fornire una serie di preferenze più o meno dettagliate (esempio: Regione, Comune, zona montana o marina, ecc.). In base alle specifiche ed alle preferenze espresse, le autorità Nazionali (con la creazione ad esempio di un apposito Ufficio di Coordi-

namento), insieme alle Regioni ed ai Comuni interessati, dovrebbero preventivamente pianificare la risistemazione completa dei residenti delle zone rosse in caso di evacuazione; prevedendo cioè anche il re-inserimento lavorativo (in caso di Istituzioni pubbliche attraverso un automatico trasferimento; in caso di aziende a scala nazionale mediante trasferimento e/o opportuni incentivi, ecc.) e sociale completo, in modo da rendere comunque funzionale la risistemazione nelle singole aree interessate. Oltre alla ovvia efficienza di una tale programmazione (che consentirebbe un esodo perfettamente programmato con minimi tempi 'inerti' e con minimi costi a carico della collettività), questa soluzione ha anche molti chiari ed ovvii vantaggi da un punto di vista della consapevolezza e dell'informazione preventiva. Infatti, prima di tutto si renderebbero automaticamente consapevoli i cittadini di tutto il processo di evacuazione compresa la destinazione e la vita futura; ma nello stesso tempo i residenti delle zone rosse acquisterebbero un'automatica consapevolezza di vivere in un territorio ed in una condizione di maggiore 'vulnerabilità'; nonché di maggiore attenzione alla sicurezza ed alla programmazione; ed in ultima analisi di maggiore 'sorveglianza' (i dati per la programmazione del reinserimento sociale dovrebbero essere sempre disponibili ed opportunamente aggiornati) e quindi minore 'autonomia'. Queste condizioni sono ovviamente necessarie in un territorio ad alto rischio, ed i cittadini che scelgano di risiedere (ex novo o in continuità) in queste aree devono chiaramente percepire i vantaggi, i rischi e le limitazioni di questa situazione. Una volta programmata nel dettaglio, in maniera preventiva, una eventuale evacuazione, sarà anche molto più semplice procedere, sempre preventivamente, ad un progressivo decongestionamento abitativo delle zone rosse, e ad un cambiamento progressivo dell'urbanizzazione nell'area da 'residenziale' a 'ricettivo-turistica' o comunque destinata ad altre attività. Infatti, prima di tutto la stessa popolazione, resa completamente edotta dell'eventualità di essere de-localizzata, ed avendo già pianificato la possibile sistemazione futura, potrà con buona probabilità decidere di anticipare, volontariamente, questo suo nuovo possibile 'futuro', anticipandolo col minimo rischio. Inoltre, sarà comunque molto più semplice incentivare la 'ri-sistemazione' volontaria (ad esempio, ma solo per portarne uno, detassando in tutto o in parte, per alcuni anni, le attività lavorative nella nuova sistemazione). Altra importantissima possibilità che una tale nuova visione del Piano di Emergenza apre è la possibilità di considerare una possibile evacuazione, che ha comunque un'alta probabilità di essere causata da un 'falso allarme' (e quindi nell'ottica attuale un 'errore', con tutte le ripercussioni negative del caso), una misura comunque preventiva di mitigazione del rischio vulcanico; in quanto, anche in caso di falso allarme, sarà un'occasione per rendere definitiva la ri-localizzazione della maggior parte degli ex-residenti. Perché, dopo un tempo più o meno lungo di re-inserimento nella nuova situazione, gran parte delle persone troverà molto più comodo e sicuro rendere tale nuova condizione definitiva.

In questa forma, inoltre, la programmazione dell'emergenza si presta anche a possibili soluzioni di maggiore flessibilità per l'evacuazione, rispetto all'evacuazione 'totale' oggi prefigurata: ad esempio, si possono facilmente considerare piani di 'evacuazione progressiva' che coinvolgono cioè in primis le parti più esposte, e poi via via quelle più periferiche, della zona rossa, a seconda del progressivo infittimento dei fenomeni precursori (l'esempio più semplice è

quello di evacuare la popolazione entro un raggio, intorno alla zona eruttiva presunta, via via crescente man mano che aumentano e divengono più chiari i fenomeni precursori).

Come commento finale, sembra ovvio che tale nuova ottica del Piano di Emergenza possa essere molto più facilmente coniugata con azioni di messa in sicurezza delle zone rosse (con consolidamento degli edifici, decongestionamento urbano, ecc.) e di incentivazione del cambiamento di uso degli immobili: da residenziale a ricettivo-turistico, o per altri tipi di attività.

È chiaro che la programmazione dettagliata dell'evacuazione, con il completo reinserimento sociale e lavorativo di molte centinaia di migliaia di persone, richiede uno studio dettagliato con molteplici variabili: gli individui già decisi e con forti motivazioni; gli individui meno decisi o completamente indifferenti alla sistemazione futura; l'individuazione delle aree con maggiori opportunità di reinserimento; la programmazione e dimensionamento del reinserimento lavorativo e scolastico; l'aggiornamento continuo sulla base dei mutamenti nella popolazione residente; ecc. Ottimizzare un Piano con molteplici variabili richiede l'utilizzo di sistemi informativi e di elaborazione dei dati estremamente avanzati; per questo, come già accennato, il problema può essere risolto con l'applicazione di algoritmi tipo 'reti neurali' e sistemi di Intelligenza Artificiale.

Infine, vogliamo sottolineare, come è ovvio, che questa proposta rappresenta solo una sintesi delle idee e del filo conduttore principali idee, che vanno poi concretamente sviluppate e possono essere dettagliate, integrate e corrette/modificate; attraverso un esame approfondito e controllato da più punti di vista e da tutti i necessari profili di esperienza e professionalità (che, nel caso di un approccio completo, deve coinvolgere vulcanologi, ingegneri, economisti, sociologi, psicologi, esperti di comunicazione, esperti di logistica, ecc.).

5.5. Il problema delle 'zone gialle' (a rischio ricaduta di ceneri e pomici)

Un altro problema, arduo e finora poco discusso e non affrontato, è quello della protezione degli edifici delle zone a ridosso delle aree rosse, in cui è molto alto il rischio di collasso dei tetti (e quindi degli edifici) per l'accumulo di prodotti piroclastici leggeri (ceneri e pomici) trasportati dal vento anche a notevole distanza. Queste sono le zone 'gialle' delle mappe di rischio vulcanico, che includono l'intera città di Napoli, la Provincia di Napoli quasi per intero e molte aree, particolarmente a Nord e ad Est del Vesuvio, che sconfinano nelle altre province della Campania.

È noto che l'accumulo sui tetti di appena 30 cm di cenere provoca il collasso di gran parte degli edifici, mentre 50 cm di cenere causano il collasso di praticamente qualunque solaio, anche i più robusti. Questo problema è particolarmente drammatico in caso di eruzione dei Campi Flegrei perché, siccome i venti in quota nelle nostre aree spirano mediamente verso i settori Orientali, il centro di Napoli è esattamente la zona, sottovento, dove sono previsti i massimi spessori di piroclastiti. Al contrario, rispetto alle eruzioni del Vesuvio il centro di Napoli, essendo localizzato nella direzione opposta a quella dei venti dominanti in quota, è oggettivamente (e storicamente) molto riparato.

Il problema dell'accumulo di cenere si pone ovviamente solo per i tetti piani, che però nelle nostre aree sono la grande maggioranza. La soluzione sarebbe modificare tutti gli edifici in modo che abbiano tetti spioventi. Tale soluzione è ovviamente impraticabile, mentre potrebbe essere realistico, ed in alcune zone vulcaniche del Mondo viene fatto, creare delle coperture spioventi 'montabili' per ciascun edificio delle zone gialle, da installare rapidamente in caso di eruzione (o più efficacemente nella fase di allerta 'arancione').

5.6. I rischi concatenati (catastrofali)

Il problema della numerosissima popolazione esposta al rischio vulcanico, che implica anche un notevole rischio sismico associato, può diventare ancor più critico nel caso si aggiungano altri rischi concatenati. L'esempio più attuale ed evidente è dato dalla pandemia di Covid-19. Attualmente, al 26/01/2022, nella provincia di Napoli ci sono circa 150.000 contagi attivi ufficialmente registrati, ossia in isolamento (in massima parte nei rispettivi domicili). L'intera provincia di Napoli conta circa 3.100.000 abitanti, come abbiamo visto quasi tutti localizzati in zone rosse o gialle per il rischio vulcanico; di questi, circa 1.400.000 sono localizzati in una delle due zone rosse relative al Vesuvio o ai Campi Flegrei. Statisticamente, quindi, circa la metà dei contagiati attivi, diciamo almeno 70.000 persone, sono in questa data in isolamento in una delle due zone rosse; come è noto, i contagiati ufficiali sono soltanto una frazione dei contagiati reali, che sono nella realtà almeno il doppio (contando gli asintomatici o i paucisintomatici che, in particolare se vaccinati, non hanno motivo di sottoporsi ai test).

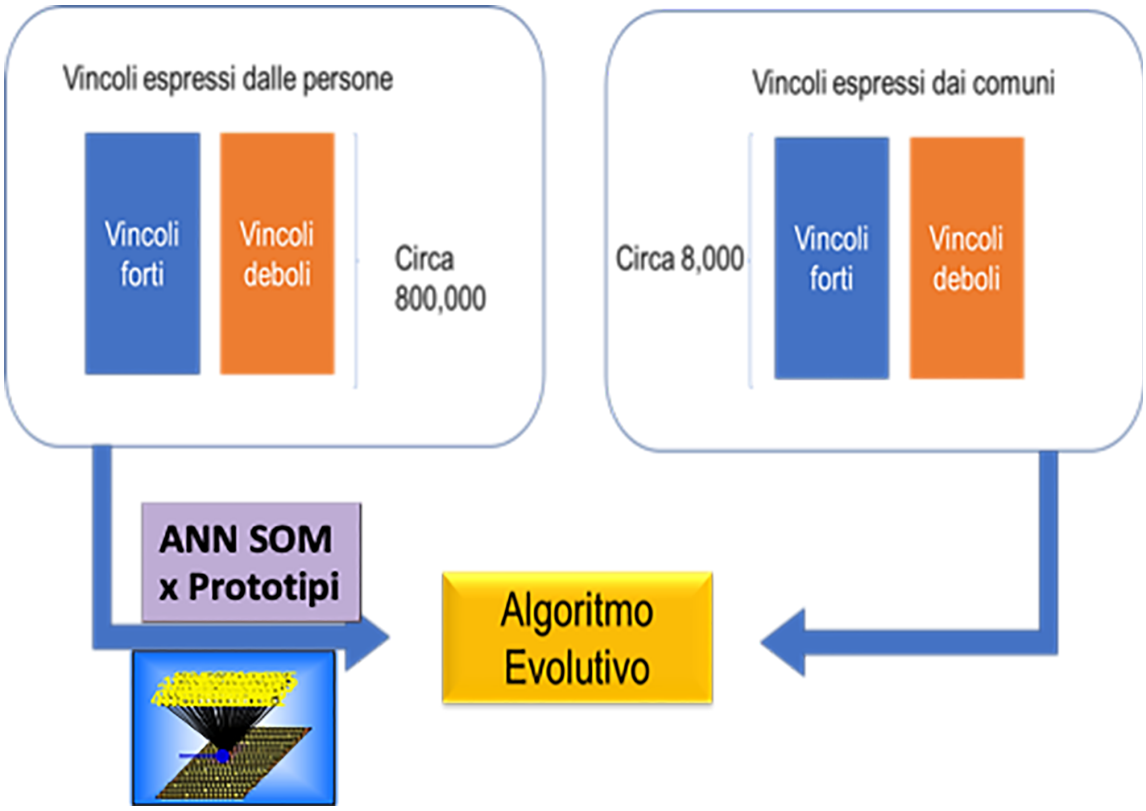
È chiaro che un'evacuazione totale che si rendesse necessaria in un simile periodo di pandemia rappresenterebbe un evento enormemente più catastrofico (de Vries *et al.*, 2021), la cui probabilità è però estremamente bassa. Il problema, però, è che anche una sismicità sostenuta, come quella ad esempio già sperimentata ai Campi Flegrei durante il bradisisma degli anni '80 (Mmax=4.2: Troise *et al.*, 2019), oppure come quella che caratterizzò l'area Vesuviana tra Ottobre 1999 e Gennaio 2000 (Mmax=3.7: De Natale *et al.*, 2004), o magari come l'evento di Ischia del 21/08/2017 (M=4.0: De Natale *et al.*, 2019), potrebbero spingere la popolazione ad evacuare spontaneamente le proprie abitazioni, accalcandosi nelle piazze con conseguenze molto serie, sia per la moltiplicazione dei contagi che per la stessa sicurezza delle persone ammalate in isolamento. Se poi il livello della sismicità o comunque di altre manifestazioni generanti allarme divenisse tale da richiedere addirittura l'evacuazione delle strutture ospedaliere, il rischio diverrebbe devastante. Immaginiamo ad esempio i problemi cui andrebbero incontro i pazienti dei reparti critici: terapia intensiva (oltre 300 posti sono in zona rossa), e sub-intensiva (oltre 1600 posti di degenza ordinaria sono in zona rossa).

La considerazione di questi ulteriori problemi fa comprendere in maniera ancor più chiara quanto sia in realtà critica, e difficilmente sottovalutabile, la situazione di rischio in cui si trovano queste aree. E quanto una corretta e significativa mitigazione di tali insostenibili rischi debba essere affrontata e portata a termine nel più breve tempo possibile, in quanto non compatibile con una società evoluta.

5.7. Il problema matematico dell'ottimizzazione della ri-sistemazione delle popolazioni

Come citato, il problema della ri-sistemazione ottimale di tutte le popolazioni delle zone rosse, da programmare con largo anticipo ed anche indipendentemente dall'emergenza, richiede l'uso di tecniche estremamente complesse basate sugli algoritmi evolutivi basati su reti neurali ed intelligenza artificiale.

Fig. 4 Schema generale per la costruzione di un algoritmo che ottimizzi la sistemazione di un gran numero di abitanti in una zona rossa (in questo schema 800.000) in un certo numero di possibili comuni Italiani (nello schema 8000). Il sistema di vincoli, per quanto riguarda le persone, può essere di tipo 'forte' (ad esempio una seconda casa, o una concreta possibilità di lavoro, in un certo comune) o 'debole' (ad esempio l'espressione di un ordine di preferenza). Anche per quanto riguarda i possibili comuni ospitanti, si può adottare un sistema di vincoli, forti o deboli. Il calcolo, in tal modo vincolato, è quindi effettuato da un algoritmo evolutivo



Fonte: Ns. elaborazione

È necessario infatti incrociare i dati, estratti dai data base esistenti o da integrare, relativi a ciascun individuo (e relativa famiglia) con i dati delle aree che potrebbero ospitarlo; aree che, man mano che si popolano di nuovi individui e famiglie evacuati, modificano le proprie caratteristiche in termini di richiesta/offerta di servizi fondamentali (es. se aggiungo 2000 persone ad un centro urbano, avrò bisogno di un congruo numero aggiuntivo di medici, farmacie, insegnanti e/o edifici scolastici, ecc.

Ma alcuni dei nuovi arrivati, ad esempio medici, farmacisti, ecc. possono contribuire a bilanciare la situazione). Anche con le tecniche e gli algoritmi più sofisticati, comunque, ottimizzare l'incrocio tra le esigenze di 600.000-700.000 persone con i relativi centri urbani che possono accoglierli, è un problema formidabile e fuori dalle possibilità attuali.

Nonostante ciò, è possibile diminuire drasticamente le variabili in gioco considerando non più i singoli individui e le loro famiglie, ma bensì 'gruppi' di individui e famiglie 'simili' dal punto di vista delle necessità e/o delle richieste, gruppi da identificare effettuando preliminarmente calcoli opportuni basati su tecniche di 'profiling'. In tal modo, il problema diviene risolvibile, sebbene ancora estremamente complesso, in tempi realistici. È importante che tali tecniche vengano comunque testate, su campioni ridotti e via via più grandi, in un opportuno 'studio di fattibilità', per capire in qual modo renderle più adatte possibile a risolvere con la minima approssimazione il problema. Il criterio generale da adottare per tali algoritmi è riportato, sebbene in maniera estremamente schematica, in figura 4.

5.8. Sul valore aggiunto di una razionale ri-sistemazione delle popolazioni delle zone rosse

La popolazione delle zone rosse ammonta oggi a circa 1.300.000 persone; a queste vanno aggiunte circa 70.000 abitanti dell'isola d'Ischia, quando anche l'isola sarà (verosimilmente) dichiarata zona rossa. Nel Piano di Emergenza attuale è prevista la disseminazione su tutto il territorio nazionale della popolazione della zona rossa per cui la rispettiva area vulcanica è considerata di imminente eruzione. L'evacuazione repentina di 600.000-700.000 abitanti da un'area densamente popolata ha costi economici ingenti: intanto, da un banalissimo calcolo percentuale (circa 1% rispetto al totale della popolazione Italiana) si può già stimare il danno economico 'diretto' in almeno l'1% del PIL; a tale stima di minima bisogna aggiungere il danno economico indotto a tutta l'Economia nazionale, nonché i costi di completa assistenza della popolazione evacuata (non è infatti attualmente previsto alcun re-inserimento nell'economia e nel tessuto sociale nazionali).

Poiché il PIL annuale del nostro Paese vale circa 2.000 miliardi di euro, ed il costo di assistenza completa alle popolazioni sfollate può essere stimato in una cifra minima di 10000-15000 € pro-capite/anno, il costo di un'evacuazione improvvisa e non programmata sarebbe di oltre 30 miliardi di euro/anno. Agli alti costi economici (verosimilmente insostenibili per tempi medio-lunghi) si aggiungerebbe l'enorme disagio sociale; la combinazione dei due fattori, ma anche il solo costo economico, costituirebbe un gravissimo problema non solo di carattere nazionale, ma su scala almeno Europea.

Viceversa, un'evacuazione programmata, razionale e soprattutto progressiva (e non repentina) potrebbe risolvere, oltre al problema enorme del rischio vulcanico nell'area Napoletana, anche un problema parimenti grave come la crisi demografica (spopolamento ed invecchiamento progressivo) di molte aree interne del Meridione d'Italia. In quest'ottica, le mete privilegiate su cui ri-allocare la popolazione residente nelle zone rosse potrebbero essere appunto le aree interne delle stesse Regioni Meridionali, ed in misura maggiore la Campania. Come conseguenza, le zone rosse vulcaniche, comunque ad altissimo valore turistico e culturale, potrebbero essere

di nuovo bilanciate in base ad un peso demografico residenziale significativamente minore, e restituite ad una loro naturale, molto maggiore vocazione turistica, culturale e di attività economiche sostenibili e ad alto valore economico.

Per incentivare il trasferimento spontaneo della popolazione delle aree a rischio vulcanico nelle aree interne a rischio demografico, è fondamentale la creazione di infrastrutture, principalmente trasporti (linee ferroviarie ad alte velocità, come ad esempio la tanto attesa Napoli-Bari, Metropolitane Regionali e collegamenti via mare con grandi navi, attraverso l'adeguamento dei Porti minori). Lungo queste linee di collegamento, l'opportuna creazione di zone economiche speciali in corrispondenza delle aree da ripopolare, costituirebbe un ulteriore incentivo ad abbandonare le aree-dormitorio sovrappopolate nelle zone rosse, trasferendosi in zone più lontane ma perfettamente collegate; consentendo il raggiungimento rapido degli stessi luoghi di lavoro (anche nelle zone rosse), oppure nuove, migliori occasioni di impiego in zone economicamente privilegiate.

In conclusione, ponendo correttamente sui tavoli Comunitari la questione dell'altissimo rischio vulcanico dell'area Napoletana, la cui proporzione ed il cui valore economico sono stati finora assolutamente sottostimati, può diventare possibile un imponente trasferimento di risorse dall'Europa al Mezzogiorno d'Italia, per risolvere problemi endemici e mai sinora seriamente affrontati come la creazione di infrastrutture degne di un Paese moderno e l'istituzione di opportuni incentivi allo sviluppo, che soli possono creare ed una crescita economica adeguata al resto d'Italia ed ai Paesi Europei più sviluppati. In quest'ottica, anche un problema gravissimo come il rischio vulcanico, affrontato seriamente e nel modo migliore può costituire un volano di grande sviluppo per il Paese.

5.9. L'opportunità del PNRR

Il PNRR è l'occasione, probabilmente irripetibile, per risolvere questo enorme problema che altrimenti potrebbe avere drammatiche conseguenze future. Nell'ambito del PNRR, ad esempio, dovrebbe verosimilmente essere finalmente realizzata una rete efficiente di trasporti veloci nel Mezzogiorno, sia interregionale principalmente sull'asse Tirreno-Adriatica (ad esempio, l'alta velocità Napoli-Bari), sia a livello regionale, sul modello della RER parigina (ma anche, in piccolo, la Circumvesuviana e la Circumflegrea, che potrebbero e dovrebbero essere potenziate ed estese). Inoltre, uno dei caposaldi principali del PNRR, specialmente al Sud, dovrebbe essere la creazione di Zone ad Economia Speciale (o ZES). Con questi strumenti, uniti ad un opportuno canale di finanziamento dedicato per la ristrutturazione urbana delle zone rosse e delle aree limitrofe, il problema della mitigazione del rischio vulcanico nell'area Napoletana può essere affrontato ed efficacemente risolto. Tale soluzione potrebbe inoltre legarsi alla soluzione di un altro spinoso problema, che attanaglia e minaccia il futuro del Mezzogiorno: lo spopolamento delle aree interne.

Infatti, l'unica reale alternativa per mitigare l'enorme problema del rischio vulcanico è quella di organizzare preventivamente una 'seconda vita' delle popolazioni delle zone rosse, una volta evacuate, contemporaneamente spingendo buona parte di esse ad intraprendere tale nuova condizione, spostando la propria residenza dalle zone rosse ad altre aree, ben prima di ogni reale allerta di

eruzione imminente. L'obiettivo deve essere infatti quello di diminuire drasticamente la popolazione residente in queste aree, in modo da rendere realmente fattibile e sostenibile un'eventuale evacuazione, che dev'essere quindi dettagliatamente e preventivamente pianificata; ma nel contempo non pregiudicando, anzi incrementando l'economia di queste aree, che sono da sempre tra le più ambite al Mondo per le bellezze naturali, la cultura millenaria ed i vantaggi dati dalla natura vulcanica.

In pratica, in queste aree si deve poter lavorare e produrre; bisogna incrementare il turismo, l'industria sostenibile ed il terziario; scoraggiando fortemente, attraverso incentivi (ad uscire) e disincentivi (ad entrare) soltanto la residenzialità. Tutto questo può avvenire se, come già avviene in molte aree metropolitane del Mondo, per motivi diversi, la popolazione può essere spostata fuori da queste aree come residenza, ma potendole raggiungere in tempi brevi per poter svolgere le proprie attività (ed i propri svaghi nel tempo libero). Il modello dev'essere quello, già ampiamente diffuso anche in zone che non hanno alcun rischio, perché offre comunque grandi vantaggi, di molte grandi aree metropolitane, come Parigi, in cui la popolazione risiede prevalentemente in agglomerati urbani limitrofi, collegati con la città da linee Metropolitane regionali veloci.

Questo gran numero di popolazione, se razionalmente ri-allocata, su base essenzialmente volontaria ed incentivata, al di fuori delle zone rosse, potrebbe costituire un serbatoio importante anche e soprattutto per ripopolare e rivitalizzare le aree in forte calo demografico, a rischio di spopolamento. Anche in questo caso, ovviamente, le opzioni più efficaci sarebbero rappresentate dalla opportuna creazione di zone economicamente privilegiate (le ZES, appunto) e della creazione di un sistema di trasporti ed infrastrutture efficienti, per collegare in breve tempo le zone interne della Campania e di altre regioni del Mezzogiorno alle aree costiere più a rischio.

La ri-allocazione in tali aree potrebbe seguire contemporaneamente due direttive: la prima, quella di rivitalizzare specificamente l'economia di queste aree (e appunto il modello ZES è focalizzato su questa necessità); la seconda, quella di costituire un'area residenziale più sicura per una parte della popolazione che potrebbe comunque (anche utilizzando le nuove forme di lavoro flessibile) continuare a svolgere le proprie attività lavorative a favore delle zone rosse. In tutti i casi, la centralità dell'area metropolitana costiera (e della città di Napoli in particolare: sia per attività lavorative che di svago) dovrebbe essere assicurata da trasporti regionali (o anche inter-regionali) veloci ed efficienti. Un tale meccanismo, una volta innescato e ben rodato, potrebbe inoltre essere parzialmente esteso ai circa 1.500.000 di abitanti che risiedono nelle cosiddette 'zone gialle', ossia a forte rischio vulcanico per la ricaduta di ceneri.

In conclusione, la ri-allocazione di circa 500.000-1.000.000 di abitanti, con relativa ri-sistemazione urbanistica ed economica delle zone rosse (prima di tutto con il consolidamento degli edifici, la loro parziale riconversione in strutture ricettive e una più generale ri-pianificazione urbana), e con la costruzione di una rete di trasporti veloci ed infrastrutture efficienti, sarebbe di per sé una eccezionale occasione di crescita economica e sociale, che risolverebbe molti altri problemi cruciali per il Mezzogiorno.

5.10. Conclusioni

Risulta in conclusione vantaggioso, per una maggiore chiarezza, riassumere qui i punti principali discussi da questo lavoro, per evidenziare le azioni necessarie ad una efficace mitigazione dell'estremo rischio vulcanico dell'area Napoletana:

- Tutta l'area Napoletana, compresa tra i vulcani Vesuvio, Campi Flegrei ed Ischia, è ad altissimo rischio vulcanico (circa 3 milioni di persone risiedono entro 20 km da un cratere vulcanico);
- I Piani di Emergenza attuali, elaborati per Vesuvio e Campi Flegrei, prevedono, in caso di segnali di eruzione imminente, l'evacuazione della zona rossa di competenza, che contiene rispettivamente circa 700.000 abitanti (Vesuvio) e 600.000 (Campi Flegrei);
- La dichiarazione di allerta rossa (evacuazione) è comunque possibile solo attraverso metodi empirici, con alta probabilità di falso allarme e con probabilità non nulla di mancato allarme;
- Attualmente, i Piani di Emergenza terminano con l'evacuazione della popolazione al di fuori dalla zona rossa, e prevedono, per ogni comune, la ri-sistemazione in una determinata Regione Italiana; la popolazione evacuata viene quindi diffusa su tutto il territorio nazionale;
- In base a semplici considerazioni di tipo vulcanologico, la popolazione evacuata non potrà tornare nelle aree evacuate per molti anni o decenni (forse mai);
- Così come sono oggi definiti i Piani di evacuazione, 600.000-700.000 persone sarebbero allocate, su tutto il territorio nazionale, in modo provvisorio, scarsamente definito e poste a totale carico dello Stato;
- Oltre al danno economico diretto dello spopolamento improvviso di un'area con circa l'1% della popolazione Italiana (grossolanamente 1% di PIL di danno), i danni economici indiretti più il costo dell'assistenza, completamente a carico dello Stato, comporterebbero un costo totale stimabile in almeno 30 miliardi di euro/anno;
- Il costo totale economico di un'evacuazione sarebbe quindi insostenibile per una durata realistica dell'evacuazione, e porrebbe notevoli problemi non solo all'Italia ma all'intera economia Europea. Il costo sociale sarebbe anch'esso gigantesco e verosimilmente insostenibile;
- Per questi motivi, l'unica soluzione razionale per la mitigazione dell'estremo rischio vulcanico in queste aree è una pianificazione accurata, preventiva, della ri-sistemazione delle popolazioni delle zone rosse, in cui si preveda la ri-collocazione residenziale, lavorativa, sociale e con i relativi servizi (scuole, svago, assistenza sanitaria, ecc.); in pratica, è necessario predisporre una 'seconda vita' per le popolazioni in zona rossa, da attuare in caso di evacuazione;
- La pianificazione accurata della possibile evacuazione, accompagnata da opportuni incentivi ad abbandonare anche prima di un'emergenza le zone rosse, e disincentivi a chi vuole entrarvi provenendo da fuori, permetterebbe di diradare preventivamente le aree rosse e nel contempo di rendere fattibile/più semplice l'evacuazione della popolazione rimasta;

- L'obiettivo prioritario dev'essere diminuire la densità di popolazione residenziale nelle zone rosse, orientandole maggiormente verso attività turistiche, culturali, di new economy o comunque compatibili con il rischio vulcanico;
- La ri-allocazione delle popolazioni in zone rosse, piuttosto che risultare diffusa su tutto il territorio nazionale, dovrebbe privilegiare le aree in crisi demografica del Mezzogiorno, ed in particolare le aree interne a minaccia di spopolamento;
- La ri-sistemazione, progressiva piuttosto che in emergenza tramite opportuni incentivi, delle popolazioni delle zone rosse nelle aree in crisi demografica delle zone interne del Mezzogiorno, potrebbe risolvere contemporaneamente due gravissimi problemi economici e sociali (con risvolti di rischio per la stessa incolumità delle popolazioni) per il Mezzogiorno;
- Un'azione fondamentale, parallela alla diminuzione della densità abitativa residenziale, dev'essere una profonda e razionale ri-sistemazione urbanistica, in modo tale da aumentare significativamente la resistenza e la resilienza del territorio, e contemporaneamente rendere più semplici ed efficienti le operazioni in emergenza durante una possibile evacuazione di massa;
- La proposta prevede l'utilizzo congiunto di una corretta programmazione, della realizzazione di una rete efficiente di infrastrutture (principalmente di trasporti pubblici come linee ferroviarie veloci, metropolitane regionali e collegamenti via mare con l'adeguamento dei porti) e la creazione di zone economiche speciali nelle aree interne a rischio di spopolamento;
- Il PNRR rappresenta un'occasione unica, forse irripetibile, per risolvere questo spinosissimo problema.

È infatti chiaro che, se la sua soluzione non sarà programmata per tempo, il problema del rischio in quest'area sarà certamente foriero di grandi sconvolgimenti economici e sociali. Al contrario, le metodologie di soluzione elencate permetterebbero di incanalare ingenti investimenti sulle infrastrutture, le aree urbane ed in generale l'economia del Mezzogiorno, trasformando di fatto questo grande problema in una risorsa, capace di mitigare o risolvere molti problemi endemici che frenano lo sviluppo del Sud.

Bibliografia

Buscema, M., & Ruggieri, M. (2011). *Advanced Networks, Algorithms and Modeling for Earthquake Prediction*. River Publishers.

Buscema, M. (2013). The General Philosophy of Artificial Adaptive Systems, in P.M. Buscema & W. J. Tastle (Eds). *Intelligent Data Mining in Law Enforcement Analytics*. Springer.

Consensus Study Report: Volcanic Eruptions and Their Repose, Unrest, Precursors, and Timing (2017). In *The National Academy Press*, p. 134.

De Natale, G., Kuznetzov, I., Kronrod, T., Peresan, A., Saraò, A., Troise, C., & Panza, G. F. (2004). Three Decades of Seismic Activity at Mt. Vesuvius: 1972–2000. *Pure Appl. Geophys. 161***,** pp. 123-144.

De Natale, G., Petrazzuoli, S., Romanelli, F., Troise, C., Vaccari, F., Somma, R., Peresan, A., & Panza, G. F. (2019). Seismic risk mitigation at Ischia island (Na-

ples, Southern Italy): an innovative approach to mitigate catastrophic scenarios. In *Eng. Geol. 261*(105285).

De Natale, G., Troise, C., & Somma, R. (2020). Invited Perspectives: The Volcanoes of Naples: How Can the Highest Volcanic Risk in the World Be Effectively Mitigated. In *Nat. Hazards Earth Syst. Sci, 20*, pp. 2037-2053.

de Vries, M. V. W., & Rambabu, L. (2021). The impact of natural disasters on the spread of COVID-19: a geospatial, agent-based epidemiology model. In *Theor Biol Med Model 18*(20).

Dipartimento di Protezione Civile Nazionale: Gazzetta Ufficiale Gazzetta Ufficiale, 75 del 31 marzo 2015, p. 9. Disponibile su: https://www.gazzettaufficiale.it/atto/serie_generale/caricaDettaglioAtto/originario?atto.dataPubblicazioneGazzetta=2015-03-31&atto.codiceRedazionale=15A02488&elenco30giorni=false.

Kilburn, C. R. J. (2012). Precursory deformation and fracture before brittle rock failure and potential application to volcanic unrest. In *J. Geophys Res.*, *117*.

Kilburn, C. R. J., De Natale, G., & Carlino S. (2017). Progressive approach to eruption at Campi Flegrei caldera in Southern Italy, Nat. Commun., 8, 15312.

Robertson, R. M., & Kilburn, C.R. J. (2016). Deformation regime and long-term precursors to eruption at large calderas: Rabaul, Papua New Guinea, Earth Planet. In *Sc. Lett.*, *438*, pp. 86-94.

Stefánsson, R. (2011). *Advances in Earthquake Prediction, Research and Risk Mitigation*. Berlin:Springer-PRAXIS.

Troise, C., De Natale, G., Schiavone, R., Somma, R., & Moretti, R. (2019). The Campi Flegrei Caldera unrest: discriminating magma intrusions from hydrothermal effects and implications for possible evolution. In *Earth-Science Reviews*, *188*, pp. 108-122.

Winson, A. E. G., Costa, F., Newhall, C. G., & Woo, G. (2014). An analysis of the issuance of volcanic alert levels during volcanic crises, J Appl. In *Volcanol. 3*, pp. 2-12.

6

VALUTARE IL RISCHIO SISMICO DEL PATRIMONIO ABITATIVO IN ITALIA: UNA DIFFICILE SFIDA PER L'INDUSTRIA ASSICURATIVA

di Gianluca Valensise (INGV)

6.1. Introduzione

Il tema della difesa dai terremoti viene declinato in molti modi diversi a seconda della nazione in cui ci si trova ad operare, come funzione della conoscenza scientifica disponibile, della struttura del costruito e della cultura sismica locale. Ma esistono due caposaldi di conoscenza senza i quali qualunque azione di mitigazione del rischio sismico, e conseguentemente di trasferimento del rischio assicurativo, è destinata a fallimento certo.

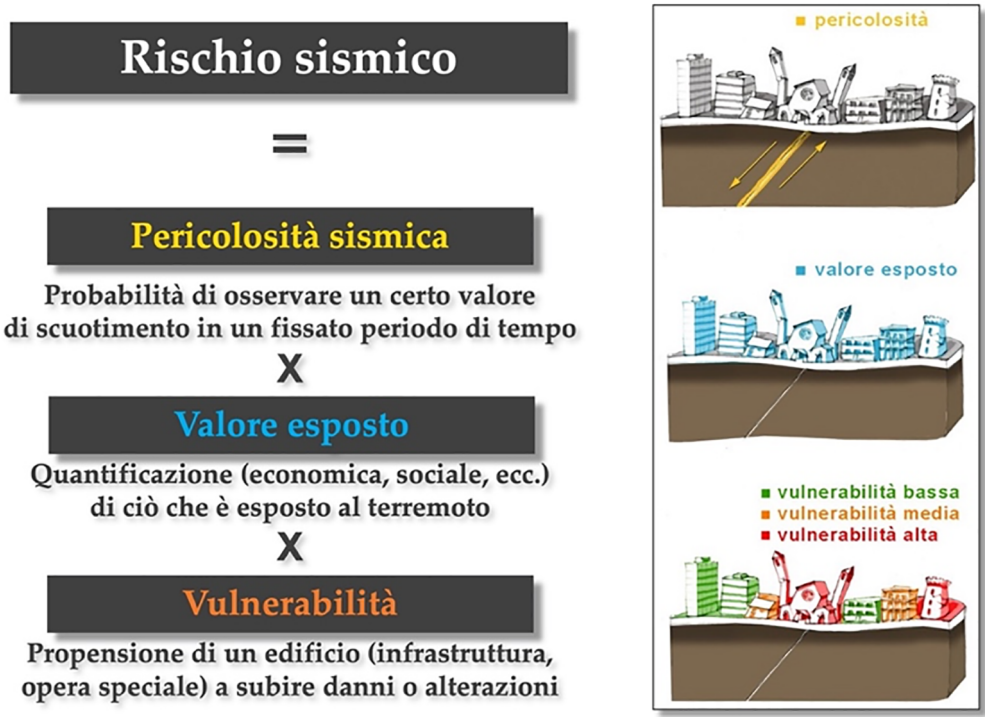
Il primo caposaldo riguarda la pericolosità sismica della regione o nazione alla quale ci si sta interessando, che è una caratteristica intinseca di ciascun territorio sulla quale l'uomo non può incidere.

Il secondo a sua volta riguarda la effettiva vulnerabilità del patrimonio abitativo per il quale si vuole trasferire il rischio assicurativo, ovvero la sua esposizione complessiva a rischio catastrofale da terremoto: un tema che invece riguarda quasi esclusivamente l'azione dell'uomo e delle sue strutture istituzionali (Fig. 1).

In questa nota affronterò sinteticamente questi due caposaldi, senza pretese di completezza e da una prospettiva strettamente tecnico-scientifica, per il primo, e tecnico-amministrativa, per il secondo.

L'obiettivo finale è quello di fornire una istantanea dello stato delle cose attuale, utile per informare e per fornire spunti di approfondimento a un pubblico potenziale di operatori del campo assicurativo.

Fig. 1 Schema riassuntivo degli elementi che determinano il *Rischio sismico*. Si noti che la *Pericolosità sismica* quantifica la frequenza e la severità dello scuotimento del suolo causato dai terremoti – quindi da fenomeni che sono fuori dal controllo umano – che ci si può aspettare in ciascun territorio. Viceversa, sia il *Valore esposto* (o più semplicemente *Esposizione*), sia soprattutto la *Vulnerabilità* sono grandezze che ricadono pienamente sotto il controllo umano. In altre parole, la *Pericolosità* non può essere mitigata in alcun modo, ma il *Rischio* sì, intervenendo sia sulla *Esposizione*, sia soprattutto sulla *Vulnerabilità*



Fonte: Ns. elaborazione

6.2. La conoscenza della pericolosità sismica: molte luci e alcune ombre

La qualità del primo di questo caposaldi è generalmente e primariamente sotto la responsabilità della comunità scientifica, anche se alle istituzioni nazionali resta il compito cruciale di attivare meccanismi di promozione della ricerca tali da garantire continuità dell'azione e dei necessari finanziamenti. Per fare un esempio, con Legge 20 marzo 1975, n. 70, il governo italiano valutò seriamente la soppressione dell'Istituto Nazionale di Geofisica (ING), inserendolo nella lista dei cosiddetti "enti inutili" di quello che allora si chiamava il *parastato*. Questa scelta avrebbe tolto letteralmente la terra sotto i piedi a una comunità scientifica che era già molto ridotta rispetto alle necessità, e si sarebbe andati speditamente verso una paralisi delle attività di ricerca in campo sismologico. Il terremoto dell'Irpinia del 23 novembre 1980 e le dure prese di posizione del Presidente della Repubblica di allora, Sandro Pertini, spinsero il governo a togliere l'ING dalla lista degli enti da sopprimere e ad aiutarlo a rilanciarsi. Fu così che l'ING, che nel 1982 contava circa 60

dipendenti, meno della metà dei quali addetti precipuamente alle attività di ricerca, crebbe fino a 320 unità nel 2001, quando divenne il "nucleo di condensazione" dell'attuale Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV): un ente di grande rilevanza internazionale che di ricercatori ne conta oggi ben oltre 500, e che rappresenta certamente un *unicum* nella ricerca sui terremoti, sia a scala europea, sia a scala mondiale.

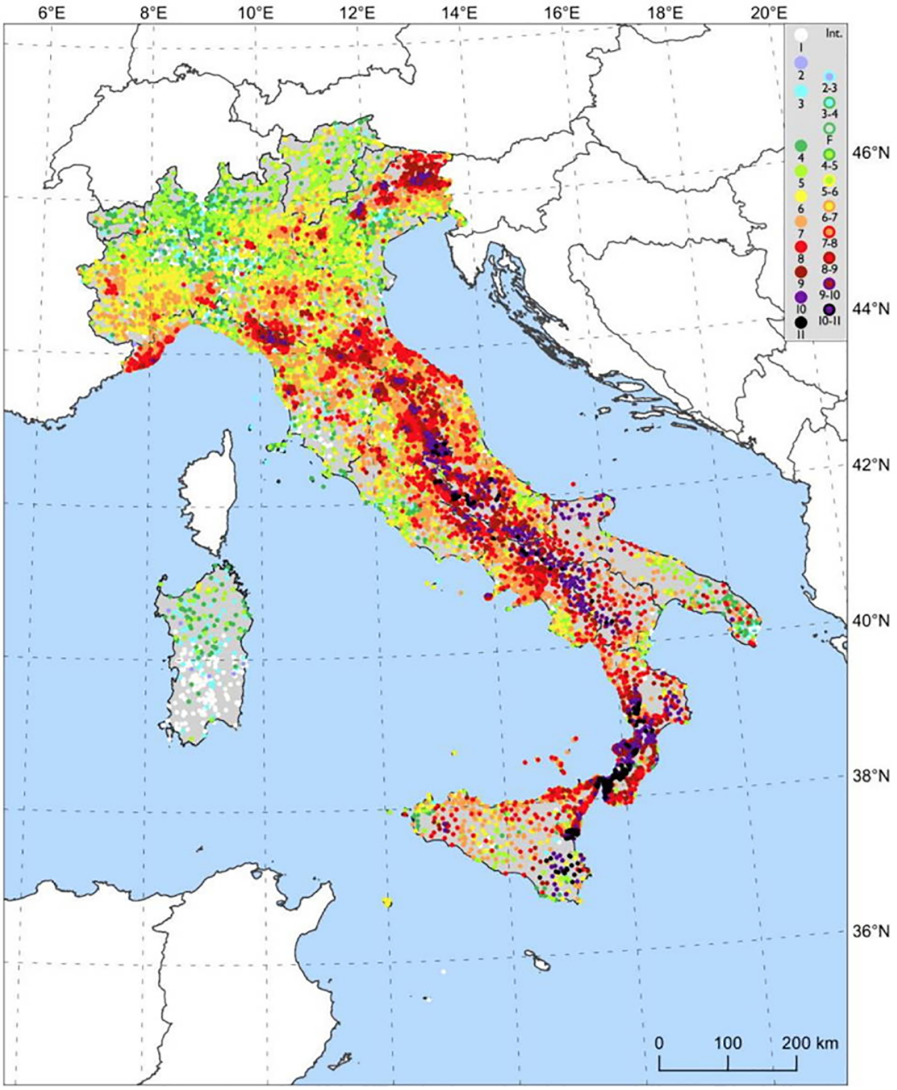
Fortunamente in Italia, un paese unico al mondo sotto il profilo storico, culturale e artistico, disponiamo di dati straordinariamente accurati sui terremoti accaduti negli ultimi cinque-sette secoli – a seconda delle zone – e di informazioni sparse su eventi accaduti anche più di duemila anni fa. Il nostro paese è stato la culla riconosciuta di un ambito disciplinare, oggi noto come Sismologia storica, che attraverso i secoli ha consentito a un gran numero di eruditi e studiosi di costruire e raffinare progressivamente una mole di conoscenze che il resto del mondo ci invidia (Fig. 2). Questo patrimonio, che poi forma la base delle stime di pericolosità sismica, ci consente di affermare senza tema di smentita che i terremoti italiani sono mediamente contenuti come dimensioni: negli ultimi cinque secoli, il periodo per il quale le informazioni disponibili sono più complete e accurate ovunque, quelli di magnitudo 7,0 o superiore sono stati meno di quindici, anche se abbondano quelli di magnitudo compresa tra 5,5 e 6,5. Quindi l'espressione "Italia terra ballerina", spesso usata dai *media*, non è solo infelice, perché inquadra la tragedia del terremoto in un ambito quasi frivolo che non le compete; è anche inesatta, perché i dati ci dicono che la sismicità dell'Italia è sì vigorosa, ma comunque decisamente inferiore a quella di molte altre regioni del globo, anche nello stesso bacino del Mediterraneo.

La conoscenza della sismicità storica è un dato fondamentale per *poter fare i conti con il passato* e non farsi trovare *impreparati di fronte ai terremoti del futuro*: il livello delle conoscenze è tale per cui oggi è rarissimo imbattersi in terremoti che si presentano come *inattesi* o in qualche modo *sorprendenti* (naturalmente va poi differenziata la percezione dell'uomo della strada rispetto a quella dei sismologi). Ma da sola questa conoscenza offre una visione "piatta" del problema sismico, a cui sfugge completamente il fattore-tempo. Come si accennava, la conoscenza della sismicità storica è stato il pilastro su cui a partire dagli anni '70 del secolo scorso sono stati elaborati i primi *modelli di pericolosità sismica*; delle rappresentazioni probabilistiche di quale livello di scuotimento ci dobbiamo aspettare nelle diverse porzioni del territorio entro prefissati intervalli di tempo, ovvero per diversi *tempi di ritorno*, come si dice nel lessico di tutti coloro che studiano i fenomeni naturali avversi.

Appare subito evidente che i livelli di scuotimento atteso, convenzionalmente espressi soprattutto attraverso l'accelerazione massima del moto del suolo attesa, o PGA (da Peak Ground Acceleration), crescono al crescere del tempo di ritorno: sapendo che i più forti terremoti italiani ricorrono ogni 1.000-1.500 anni in media, se volessimo ad esempio stimare la PGA attesa nella città di Messina per un tempo di ritorno di mille anni, potremmo essere quasi certi di dover fare i conti con accelerazioni confrontabili con quelle che la città subì nel grande terremoto del 28 dicembre 1908; una predizione piuttosto facile, quasi scontata. Ma in genere l'informazione che ci interessa – e che interessa maggiormente l'industria assicurativa – riguarda tempi di ritorno molto più brevi, con i quali è più facile reciprocarsi, per così dire: tempi con-

frontabili con la durata della vita umana (60-90 anni), o della distanza intergenerazionale (circa 30 anni), o addirittura, come si usa ad esempio in California, con la durata massima di un mutuo fondiario (fino a un massimo di 50 anni). Tornando al caso di Messina, i dati storici e geologici di cui disponiamo oggi indicano che la probabilità che questa città subisca accelerazioni paragonabili a quelle del 1908 nei prossimi 50 anni è relativamente bassa. È qui che nasce la necessità di disporre di un vero *modello* di pericolosità (vedremo nel seguito perché si usa il termine *modello* invece che semplicemente *mappa*), e non solo di una rappresentazione che pone sullo stesso piano aree a sismicità frequente con aree a sismicità rara.

Fig. 2 Distribuzione degli effetti dei terremoti italiani in termini di massima intensità macrosismica (scala Mercalli-Cancani-Sieberg) a partire dall'anno 1000 per oltre 15.000 località (dal database DBMI15 dell'INGV: Locati et al., 2021). L'immagine offre una visione netta e decisamente inquietante dei livelli massimi di scuotimento che ci possiamo attendere nelle diverse zone, ma non è in grado di dire nulla sulla frequenza con cui questi livelli si ripresentano negli stessi luoghi

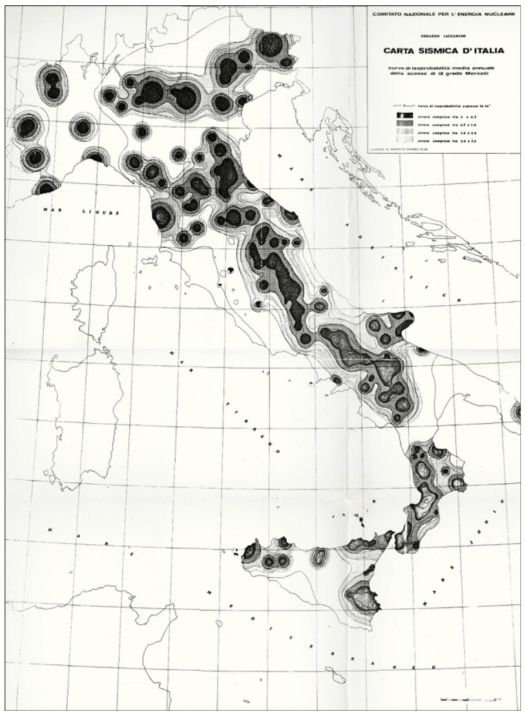


Fonte: INGV

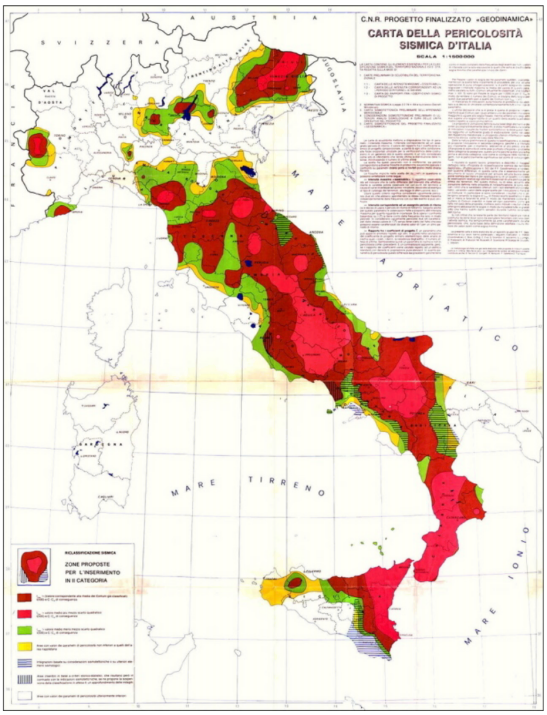
6.3. Scommettere sul futuro: la difficoltà di fissare l'orizzonte cronologico di riferimento

Comprensibilmente, su questi temi il dibattito è sempre acceso, non solo tra gli addetti ai lavori ma anche nell'opinione pubblica più informata. È ovvio che si potrebbe anche pensare di progettare un edificio pensando solo ai massimi livelli di scuotimento ipotizzabili per ciascuna area, anche se dimostrabilmente molto rari, o addirittura assumendo *tout court* che quell'edificio debba resistere in ogni caso a un terremoto fortissimo proprio sotto le sue fondamenta: dal punto di vista tecnico la cosa sarebbe certamente possibile. Ma l'impostazione moderna del problema è quella di progettare per un livello di scuotimento locale atteso che sia ragionevolmente proporzionato alla aspettativa di vita previsa per l'opera o edificio da progettare, che in genere non supera un secolo, in modo di evitare l'inutile spreco di risorse che deriverebbe da assunzioni irrealistiche sulla severità dei terremoti attesi nella zona in cui sorge l'edificio stesso; ovviamente queste considerazioni non valgono per il patrimonio storico e monumentale, che deve necessariamente seguire regole diverse.

Fig. 3 (a sinistra) Carta sismica dell'Italia, espressa in termini di probabilità di scuotimento a livello del IX grado di intensità. La mappa è stata elaborata da Iaccarino (1973, 1976) nell'ambito degli studi effettuati dal CNEN (Comitato Nazionale per la Sicurezza Nucleare) per l'identificazione e la caratterizzazione di potenziali siti nucleari. (a destra) Carta di Pericolosità Sismica dell'Italia, realizzata nel 1981 dal Progetto Finalizzato Geodinamica del CNR (Petrini et al., 1981). Questa carta era basata essenzialmente su una combinazione delle intensità massime risentite nelle diverse porzioni di territorio e della intensità attesa per un periodo di ritorno di 500 anni, senza vincoli di natura geologica e sismotettonica



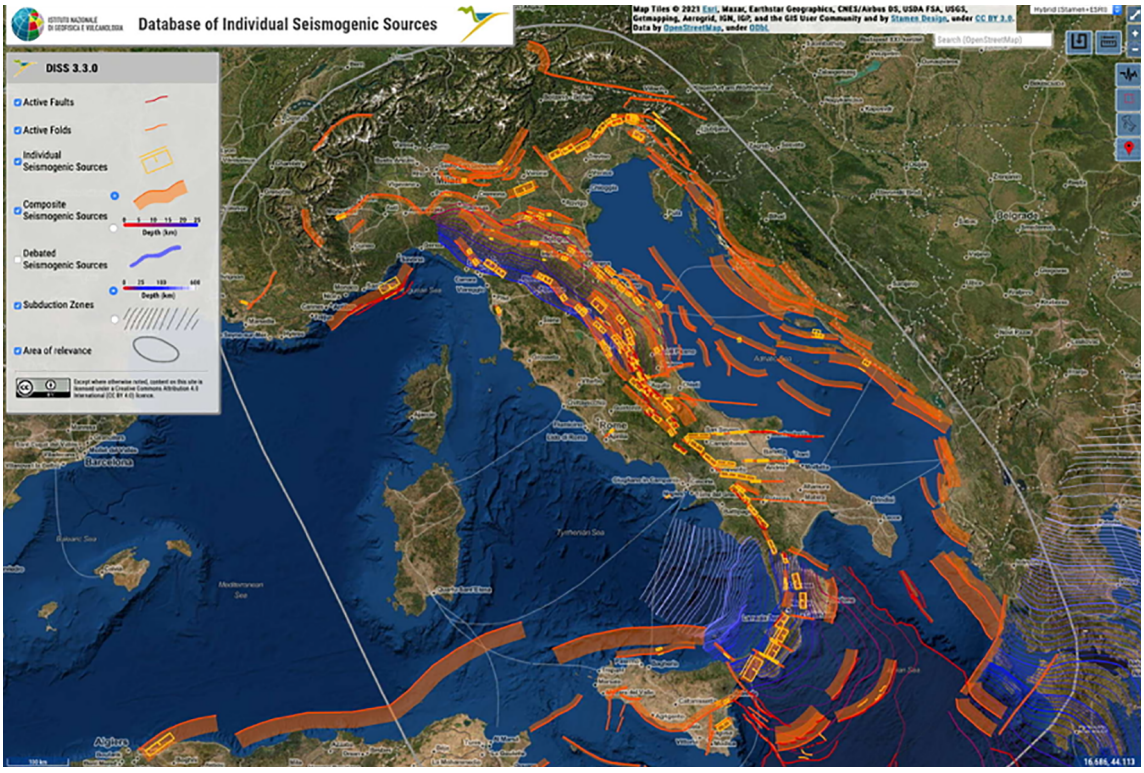
Fonte: CNEN (oggi ENEA)



Fonte: CNR

Questa scelta, sulla quale ogni tanto si alzano voci duramente critiche, specialmente in Italia, di fatto ammette che in una percentuale di casi statisticamente limitata (in genere il 10%) le accelerazioni predette dal modello vengano superate, e quindi che l'edificio possa subire danni, o arrivare *vicino al collasso*; ma solo *vicino*, perché attraverso la definizione di opportuni "stati limite", le norme tecniche più recenti prevedono che, anche a fronte di un danneggiamento irreparabile dell'edificio, il progettista garantisca la salvaguardia della vita dei suoi occupanti (per ulteriori dettagli si veda la sezione 3.2.1 "Stati limite e relative probabilità di superamento" delle NTC08, pubblicate con DM 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni", G.U. 4 febbraio 2008, n. 299).

Fig. 4 L'ultima versione del database DISS (v. 3.3.0: dicembre 2021: http://diss.rm.ingv.it/diss/) è stata utilizzata come input per il modello europeo di pericolosità sismica realizzato nell'ambito del progetto comunitario SERA (http://www.sera-eu.org/en/home/). Una precedente versione ha contribuito alla realizzazione del modello italiano MPS19, che potrebbe presto diventare il nuovo riferimento normativo a scala nazionale. Il database censisce molte decine di sorgenti potenzialmente sismogenetiche, fornendo dati essenziali per il loro utilizzo nei modelli di pericolosità



Fonte: INGV

Nonostante queste valide motivazioni, e nonostante il fatto che l'Italia sia stata il primo paese al mondo a varare una classificazione sismica, cosa che avvenne subito dopo il terremoto dello Stretto di Messina del 1908, si dovettero aspettare ancora 60 anni perché apparissero i primi modelli di pericolosità sismica propriamente detti, ovvero modelli probabilistici che si esprimono tramite grandezze fi-

siche ben familiari ai progettisti e che sono modulati da orizzonti cronologici di durata variabile. Fino a quel momento lo Stato si limitò a indicare quali zone del territorio dovevano essere assoggettate alle norme antisismiche – la cosidetta *classificazione sismica* – e a varare norme tecniche da seguire obbligatoriamente in tali zone.

Le cose cambiarono drasticamente all'inizio degli anni '70, soprattutto con l'avvio delle ricerche per il *siting* delle costruende centrali nucleari, avviate con la pubblicazione del Piano Energetico Nazionale (Del. CIPE 229 del 23 dicembre 1975), anche come risposta alla crisi petrolifera del 1973 (Fig. 3, sinistra). Nel 1976 il CNR, su impulso del governo nazionale, avviò il Progetto Finalizzato Geodinamica (PFG), con il compito di coordinare e finanziare – per la prima volta – ricerche in quasi tutti i settori di interesse per il tema sismico: sismologia, geologia, sismotettonica, ingegneria sismica.

Il disastroso terremoto del 23 novembre 1980 in Campania e Basilicata accese ulteriormente i riflettori sul PFG e sull'importanza del suo ruolo, e nel 1981 uscì la prima carta della pericolosità sismica nazionale (Fig. 3, destra).

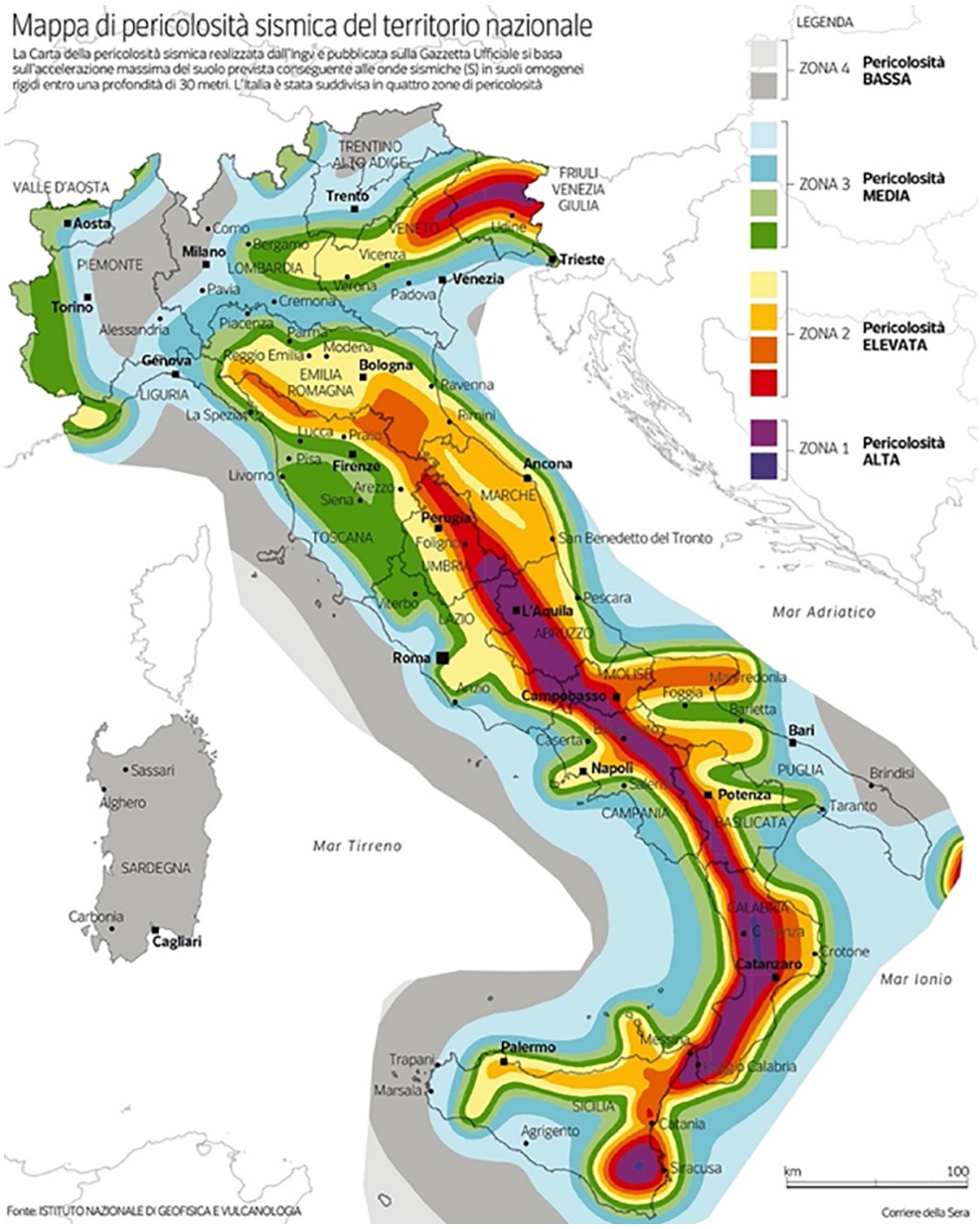
Tra il 1981 e il 1984 uscì un nuovo schema di classificazione dei comuni italiani, basato in parte sulla carta di pericolosità appena pubblicata, in parte su considerazioni di tipo amministrativo e in parte su semplici criteri di continuità con il passato, secondo una consuetudine tipicamente italiana.

6.4. 1984-1997: la ricerca progredisce, ma la normativa resta in stallo

Negli anni successivi la ricerca nel campo della pericolosità sismica prese decisamente quota, potendo beneficiare anche di dati di ingresso di sempre maggior qualità e sempre più adatti ad un processamento automatico: una caratteristica essenziale per l'utilizzo dei più moderni codici di calcolo della pericolosità. Cambiò anche la natura dei dati di ingresso utilizzati. Una novità significativa, ad esempio, fu l'introduzione di modelli di sorgente sismica, ovvero modelli che rappresentano la capacità delle diverse zone sismiche di generare terremoti, finalmente basati anche su dati di natura geologica, oltre che esclusivamente su dati di sismicità storica. I primi di questi modelli identificavano zone sismogenetiche ritenute avere un comportamento omogeneo al loro interno, mentre a partire dal 2000 sono stati resi disponibili modelli che identificano individualmente le sorgenti sismogenetiche in grado di generare terremoti potenzialmente distruttivi (ovvero da M 5.5 in su), fornendo anche i parametri essenziali di ciascuna di esse (Fig. 4).

Tuttavia, nonostante il progresso delle conoscenze che sono alle fondamenta di un modello di pericolosità sismica, poco successe fino al 1997, quando, forse sull'onda dei terremoti che avevano colpito l'Umbria il 26 settembre di quell'anno, la Commissione Grandi Rischi nominò un Gruppo di Lavoro inter-enti, sotto l'egida del Servizio Sismico Nazionale, con il compito di predisporre un modello per l'aggiornamento della classificazione sismica del territorio nazionale. Nel giugno 1998 il Gruppo di Lavoro completò e presentò il nuovo modello, ma a sorpresa, il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ne sconsigliò l'adozione; le novità introdotte avrebbero comportato un cambio di classificazione sismica per circa tremila comuni, un fatto che fu considerato non gestibile dal governo in carica. La proposta fu accantonata, ma solo temporaneamente.

Fig. 5 Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale denominata MPS04, perché completato nella primavera del 2004 (http://zonesismiche.mi.ingv.it/), ridisegnata dal Corriere della Sera. I colori mostrano i diversi valori di PGA che hanno una probabilità del 10% di essere superati in 50 anni. La mappa è alla base della vigente normativa antisismica italiana, riassunta nelle Norme Tecniche per le Costruzioni varate nel 2008 (NTC08) e aggiornate nel 2018 (NTC18)



Fonte: INGV

Il 31 ottobre 2002 un terremoto colpì una zona non classificata (San Giuliano di Puglia e circondario, nel Molise orientale, al confine con la Puglia): crollò una scuola che era stata malamente sopraelevata l'anno precedente, uccidendo 27 bambini e una maestra. L'area colpita sarebbe stata inserita in normativa sulla base del modello di pericolosità presentato nel 1998: fu questa osservazione, accompagnata

dalla notevole risonanza che quel terremoto ebbe nell'opinione pubblica, a indurre un drastico cambiamento di rotta.

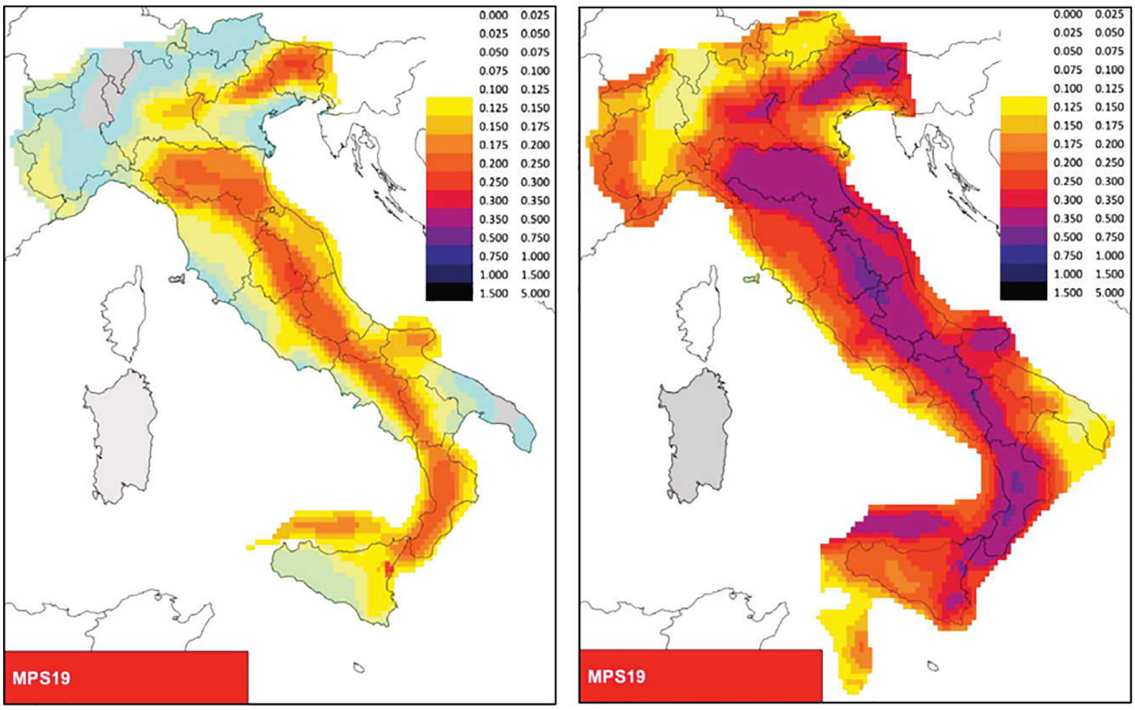
6.5. 2002, terremoto a San Giuliano di Puglia: un necessario cambio di passo

Seguì quindi l'Ordinanza della Presidenza del Consiglio (OPCM) n. 3274 del 20 marzo 2003 con cui veniva di fatto recepito *in toto* il modello proposto nel 1998, anche se dichiaramente solo *in prima applic*azione. La stessa OPCM conteneva anche una indicazione dei criteri che avrebbero dovuto essere seguiti per la realizzazione di una nuova mappa di pericolosità a scala nazionale. Già dalla primavera del 2003 l'INGV iniziò ad elaborare un modello di pericolosità a scala nazionale di impianto moderno, basato sugli studi e sulle elaborazioni più recenti relativi alla sismogenesi (http://www.zonesismiche.it/). Nel modello, in seguito denominato MPS04 (Gruppo di Lavoro MPS04, 2004: Fig. 5), la pericolosità sismica è calcolata ai nodi di una griglia regolare con passo di 0,05°, ed è definita dal livello di scuotimento (espresso in termini di PGA) che ha una prefissata probabilità di essere superato in un determinato intervallo di tempo, in genere fissato convenzionalmente in 50 anni (si noti che questi 50 anni NON hanno nulla a che fare con l'aspettativa di vita di un edificio, come molti erroneamente credono). La pericolosità viene espressa per diverse probabilità di superamento in tale intervallo, comprese tra il 2% e l'81%; questi valori corrispondono a un tempo di ritorno variabile tra 2.475 e 30 anni per uno specifico livello di scuotimento (si veda il sito di riferimento http://esse1.mi.ingv.it/)

Nel 2006 la MPS04 è stata adottata quale riferimento nazionale ufficiale. Nel 2007 una apposita Commissione del Ministero delle Infrastrutture ha avviato una revisione complessiva della materia, sfociata nel 2008 nella pubblicazione delle nuove Norme Tecniche delle Costruzioni, o NTC08 (Decreto 14/01/2008 del Ministero delle Infrastrutture). Per la definizione delle azioni sismiche di progetto in ogni punto del territorio nazionale le NTC08 si avvalgono esclusivamente delle stime pubblicate nel sito http://esse1.mi.ingv.it/, che oggi rappresentano il riferimento unico a scala nazionale. In questo sito la pericolosità sismica è presentata per nove valori diversi della probabilità di eccedenza dei valori mostrati, che è la ragione per cui MPS04 deve essere definito un *modello multiparametrico* e non una *mappa statica*.

La normativa per la progettazione di civili abitazioni richiede al progettista di utilizzare le accelerazioni fornite da MPS04 per una probabilità di superamento del 10% in 50 anni, ma a nessun cittadino è preclusa la possibilità di adottare valori di probabilità più bassi, proteggendosi così anche dai terremoti più forti e rari. In ogni caso la normativa vigente prevede che tutte le opere di particolare delicatezza e criticità, come le infrastrutture stradali, le centrali di produzione di energia o gli edifici destinati ad ospitare molte persone contemporaneamente, vengano progettate per probabilità di superamento del 5% o anche del 2%. Come tutti i modelli di pericolosità moderni, MPS04 è corredato anche dalla stima delle *accelerazioni spettrali*, ovvero i valori massimi di accelerazione che si possono osservare per diversi periodi di oscillazione di un manufatto: è ben noto infatti che ogni edificio ha un periodo di oscillazione caratteristico e dominante, ed è sempre opportuno evitare che questo periodo coincida con quello per il quale sono previsti i livelli di accelerazione più elevati.

Fig. 6 Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale denominata MPS19 (da Meletti et al., 2021). A sinistra sono mostrati i valori di PGA che hanno una probabilità del 10% di essere superati in 50 anni: la combinazione di questa probabilità di superamento con la durata della finestra di osservazione (50 anni) implica un tempo di ritorno di 475 anni per queste stime. A destra lo stesso esercizio è ripetuto per una probabilità di superamento del 2%, ovvero molto più bassa del caso precedente: in questo caso il tempo di ritorno è pari a 2.475 anni: un valore confrontabile con l'intervallo di ricorrenza dei più forti terremoti italiani, o superiore ad esso. I valori di accelerazione attesi nella mappa di destra sono significativamente più alti, arrivando anche ad 1.0 g (dove g è l'accelerazione di gravità) perché fanno riferimento a terremoti decisamente più rari, ma non impossibili



Fonte: INGV

L'Italia si è così dotata di una legislazione antisismica allineata alle più moderne normative a livello internazionale. Tra le numerose novità c'è quella, già ricordata, di aver introdotto regole in base alle quali un edificio deve sopportare con pochi danni non strutturali i terremoti meno forti e non deve collassare a causa dei terremoti più forti, così da salvaguardare prima di tutto la vita umana. Dall'uscita delle NTC08 nel gennaio 2008, tuttavia, è iniziata una fase transitoria in cui è stato consentito di usare la normativa precedente o quella nuova, a scelta del progettista. Tale fase si è conclusa il 30 giugno 2009, anche sulla spinta della necessità di avviare su basi nuove la ricostruzione a seguito del terremoto del 6 aprile 2009 a L'Aquila.

Nel 2015 il Centro di Pericolosità Sismica (CPS) dell'INGV è stato incaricato dal Dipartimento della Protezione Civile di coordinare la comunità scientifica nazionale per elaborare un nuovo modello di pericolosità sismica per l'Italia, denominato MPS19 (Meletti *et al.*, 2021). Il nuovo modello si avvale del grande lavoro svolto

dalla comunità scientifica dopo la pubblicazione del modello MPS04, del quale conserva però l'impianto fondamentale. Va sottolineato che MPS19 utilizza una mole di dati di ingresso – essenzialmente storici, geologici, sismometrici, accelerometrici e geodetici – molto più ampia di quella su cui era basata MPS04; non solo per quantità, come è ovvio, ma soprattutto per tipologia. Inoltre, è stato sviluppato avvalendosi dei più avanzati standard internazionali in materia di pericolosità sismica.

Il modello è stato presentato al Dipartimento della Protezione Civile nell'estate del 2021, è stato valutato da un *panel* di esperti internazionale ed è già apparso in numerose pubblicazioni a carattere sia strettamente scientifico, sia divulgativo.

Superando decenni di tentennamenti, negli ultimi 40 anni la comunità sismologica nazionale si è riscattata, costruendo sulla grande storia culturale dell'Italia e recuperando rapidamente un gap di conoscenze e di consapevolezza che si era creato prima del 1980. Oggi il nostro paese dispone di modelli della pericolosità sismica in grado di supportare egregiamente le analisi di rischio necessarie all'industria assicurativa: ma purtroppo questo non è sufficiente.

6.6. Sospesi tra norme e stato di fatto: la grande vulnerabilità del costruito in Italia

Si è visto che il nostro paese si caratterizza oggettivamente per una *pericolosità sismica* relativamente contenuta, anche se diffusa; ma sappiamo bene che il suo *rischio sismico*, una grandezza che si ottiene dalla convoluzione della *pericolosità* con l'*esposizione* e con la *vulnerabilità* (Fig. 1), è decisamente elevato, almeno in media (su questo tema si veda una recente elaborazione a scala nazionale pubblicata da Dolce *et al.*, 2021). L'Italia è certamente un paese caratterizzato da una forte *esposizione*, non solo per la sua elevata densità abitativa e per la pervasività dei suoi centri abitati e delle sue infrastrutture civili e industriali, ma anche per la presenza di un patrimonio storico, artistico e monumentale enorme, per qualità e quantità; si sostiene infatti – forse esagerando – che in l'Italia si trovi circa il 65% dei beni artistici dell'intero pianeta. Dell'Italia, tuttavia, preoccupa soprattutto la *vulnerabilità*, che riguarda in larga misura tanto l'edilizia civile quanto quella storica, monumentale e identitaria, e soprattutto quella religiosa; sappiamo infatti che le chiese sono quasi sempre gli edifici più vulnerabili. Ma mentre la vulnerabilità degli edifici antichi è in qualche modo un fatto ineluttabile, i numerosi crolli causati dai più forti terremoti che hanno colpito l'Italia negli ultimi decenni stanno mettendo in evidenza sempre più chiaramente la grande vulnerabilità del costruito moderno, e in particolare di quello sorto con il boom edilizio post-bellico. La vulnerabilità è quell'elemento che può trasformare in disastri terremoti che non dovrebbero danneggiare seriamente costruzioni fatte a regola d'arte. Quegli stessi terremoti stanno mettendo sempre meglio in evidenza che – al contrario di quello che sarebbe logico aspettarsi – la vulnerabilità è in costante aumento con il trascorrere del tempo.

Uno studio pubblicato nel 2011 (Guidoboni & Valensise, 2011) riporta che nei primi 150 anni dall'unità d'Italia il nostro paese è stato colpito da ben 34 terremoti disastrosi – 36 a oggi, se includiamo anche i terremoti dell'Emila del 2012 e del centro Italia del 2016: in media uno ogni quattro anni circa (Fig. 7). Questi terremoti hanno

causato oltre 150.000 vittime e hanno danneggiato gravemente oltre 1.600 località, incluse popolose città come Avellino, L'Aquila, Potenza, Cosenza, Vibo Valentia, Reggio Calabria e Messina. Secondo il *Centro Studi* del *Consiglio Nazionale degli Ingegneri,* tra il 1968 e il 2016 il costo delle ricostruzioni è stato di circa 125 miliardi di Euro, in media oltre due miliardi e mezzo all'anno (Fig. 8). Si tratta però di una stima che fa riferimento solo a contributi a valere su fondi statali, escludendo quindi sia i fondi comunitari, sia quelli concessi da amministrazioni locali, e che ovviamente non include le perdite indirette, come quelle dovute al fermo delle attività produttive, ed economiche in genere. E si tratta di una stima attesa in crescita, se si considera che con il costo finale stimato per la ricostruzione delle zone colpite dai terremoti del 2012 e del 2016 si arriverà a superare di parecchio tre miliardi all'anno.

Il progressivo aumento del costo dei disastri sismici non è un fenomeno inatteso. In Italia, come in qualunque altra area sismica del globo, la *pericolosità sismica* in media non varia nel tempo: ma se con il passare del tempo aumenta la *vulnerabilità del costruito*, aumenterà nel tempo anche il *rischio sismico*, che è definito come una perdita economica annuale media. Lo ha dimostrato tragicamente proprio il terremoto dell'Italia Centrale del 24 agosto 2016, un evento di magnitudo 6,0 che ha causato 300 vittime e la distruzione completa di Amatrice, oltre che di altri centri minori. Era andata proporzionalmente meglio a L'Aquila, il 6 aprile del 2009, quando un terremoto più forte (M 6,3), e per di più localizzato proprio sotto la città storica, ha determinato un numero di vittime (309) confrontabile con quelle del 2016, ma soprattutto non ha causato la devastazione totale subita da Amatrice e da alcuni altri centri appenninici.

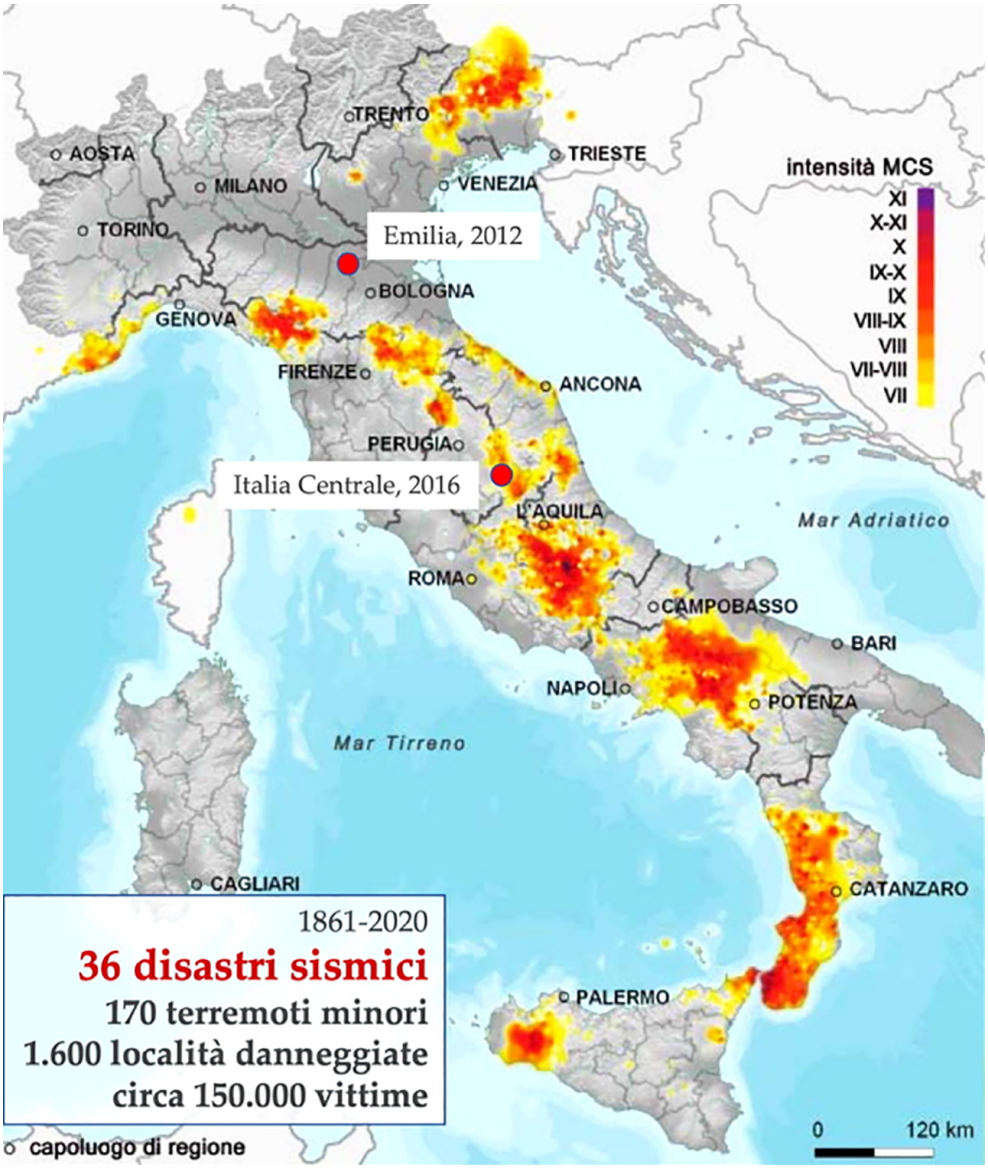
I tanti perché della vulnerabilità del costruito

Cosa determina questa grande vulnerabilità, e perché essa tende ad aumentare con il tempo? Questo tema è stato approfondito in uno studio multidisciplinare, da cui riprendo le considerazioni principali e i dati (Valensise *et al.*, 2017).

Anche se può sembrare controintuitivo, in Italia la vulnerabilità del costruito non è necessariamente e solo proporzionale all'età media dell'edilizia residenziale e alla presenza di edifici antichi o monumentali, ma ha cause di natura sociale, economica, amministrativa, culturale, quasi sempre intrecciate tra di loro, in un modo che rende difficile percepirle, tenerle sotto controllo e prevenirle. Per entrare nel merito, accennerò qui nel seguito ad alcuni elementi che contribuiscono ad *aumentare la vulnerabilità del costruito*, soffermandomi brevemente su come sarebbe opportuno intervenire su ciascuno di essi.

Va considerata intanto la *lentezza con cui la normativa antisismica è recepita*, particolarmente quando prevede criteri di progettazione decisamente più stringenti rispetto alle norme precedenti. Abbiamo visto, ad esempio, il ritardo di ben cinque anni tra la pubblicazione della nuova MPS04 e la trasformazione in prescrizione di quanto stabilito dalle NTC08, che erano state già pubblicate nel gennaio del 2008 ma sono diventate regola inderogabile solo il 1° luglio 2009, ovvero solo dopo che si era consumata la tragedia del terremoto aquilano. Questi ritardi rendono palese un autentico deficit di *sicurezza sismica* in tutte le zone la cui pericolosità è stata rivista al rialzo, perché la gran parte del costruito risulterà progettata secondo standard di sicurezza ormai ritenuti insufficienti.

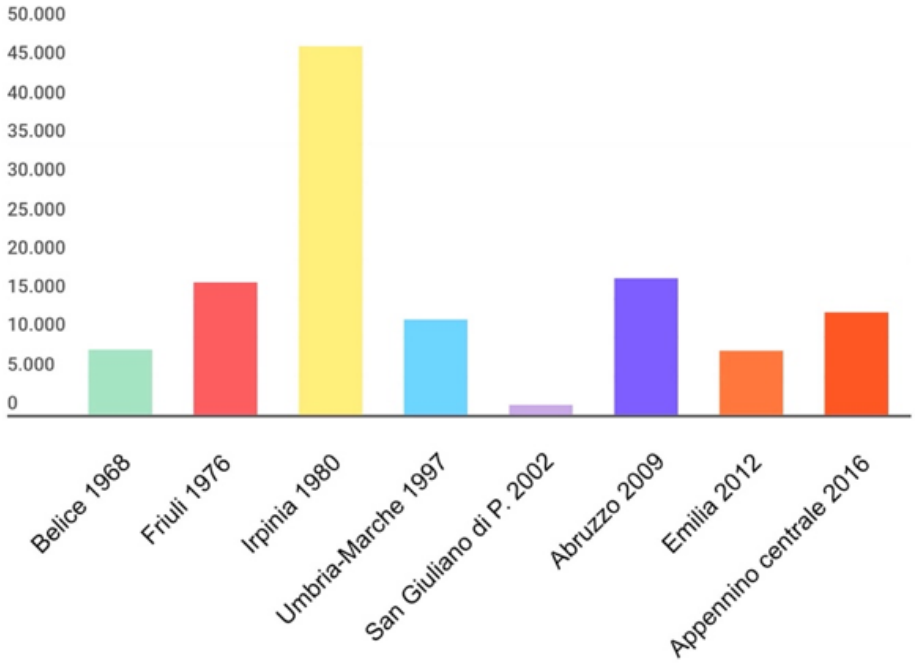
Fig. 7 Una immagine complessiva degli effetti causati dei 34 disastri sismici accaduti dal 1861 al 2011 (a partire dal grado VIII MCS compreso). L'immagine è tratta da Guidoboni e Valensise (2011), con un aggiornamento al 2020 che porta a 36 il numero complessivo dei disastri



Fonte: Guidoboni & Valensise (2011)

Ne sono esempi drammaticamente chiari il crollo della scuola di San Giuliano di Puglia il 31 ottobre 2002 e quello dei capannoni industriali della Bassa modenese nel maggio 2012. Purtroppo il danno ormai è fatto, perché l'*adeguamento sismico* di un edificio esistente – o il suo sostanziale *miglioramento sismico* – è certamente un intervento molto più difficile rispetto alla progettazione di un edificio antisismico ex-novo. Sindaci, prefetti e autorità di protezione civile, oltre che naturalmente i cittadini interessati, andrebbero quantomeno sensibilizzati su questo problema, che è certamente molto diffuso.

Fig. 8 Costo stimato e attualizzato dei terremoti italiani del periodo 1968-2016, in milioni di Euro (dal sito Truenumbers.it su dati del Centro Studi del Consiglio Nazionale degli Ingegneri aggiornati al 2018). Si noti che il valore stimato per il i terremoti dell'Emilia del 2012 e dell'Italia centrale del 2016 è necessariamente parziale, e che i numeri si riferiscono esclusivamente a contributi a valere sul bilancio pubblico statale. Le stime ovviamente non tengono conto delle perdite indirette, ovvero quelle causate dal rallentamento o dalla interruzione delle attività produttive nelle zone colpite, e tantomeno delle perdite di natura strettamente sociale, che è impossibile valutare in termini economici pur pesando come un macigno sul futuro di quelle zone



Fonte: Truenumbers.com e Centro Studi Consiglio Nazionale Ingegneri

Esiste poi un tema sconosciuto ai più, e per questo decisamente sottovalutato da amministratori e cittadini: quello della *declassificazione* di numerosi importanti comuni italiani tra la fine degli anni '30 e l'inizio degli anni '80 del Novecento, un ampio intervallo che include il periodo di massimo sviluppo urbanistico dell'Italia post-bellica. Ne sono un esempio preoccupante diversi centri della costa romagnola e marchigiana, da Rimini a Senigallia; importanti aree sismiche di pericolosità media o medio-alta, il cui patrimonio edilizio post-bellico è stato in larga misura progettato in assenza di norme antisismiche: norme nelle quali questi centri erano stati correttamente inseriti all'inizio del '900, ma dalle quali erano stati poi esclusi – talvolta a furor di popolo! – per non dover sopportare i maggiori costi imposti dalla progettazione antisismica. Anche in questo caso il danno ormai è fatto, e localmente è anche più grave di quello causato dai soli ritardi, perché riguarda edifici non recenti e aree a pericolosità sismica non trascurabile; questo concorso di circostanze richiederebbe – e allo stesso tempo giustificherebbe – interventi mirati e drastici per ridurre la vulnerabilità, coordinati dalle autorità comunali, regionali e statali.

Un tema certamente più noto, quantomeno agli addetti ai lavori, è quello dell'uso di *tecniche edilizie improprie*, anche se *imposte dalle norme*, come la prassi di ca-

ricare edifici in muratura di qualità povera o scadente con solai in cemento armato, rigidi e pesanti. Ne è un esempio il D.M. 3 marzo 1975 "Approvazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche", che obbligava i proprietari a sostituire "*…con solai in acciaio o cemento armato efficacemente incassati ed ancorati…*" gli eventuali solai in legno ammalorati. Anche questa circostanza, molto diffusa in tutte le aree interne dell'Italia, meriterebbe una particolare attenzione da parte delle autorità locali, di concerto con i professionisti.

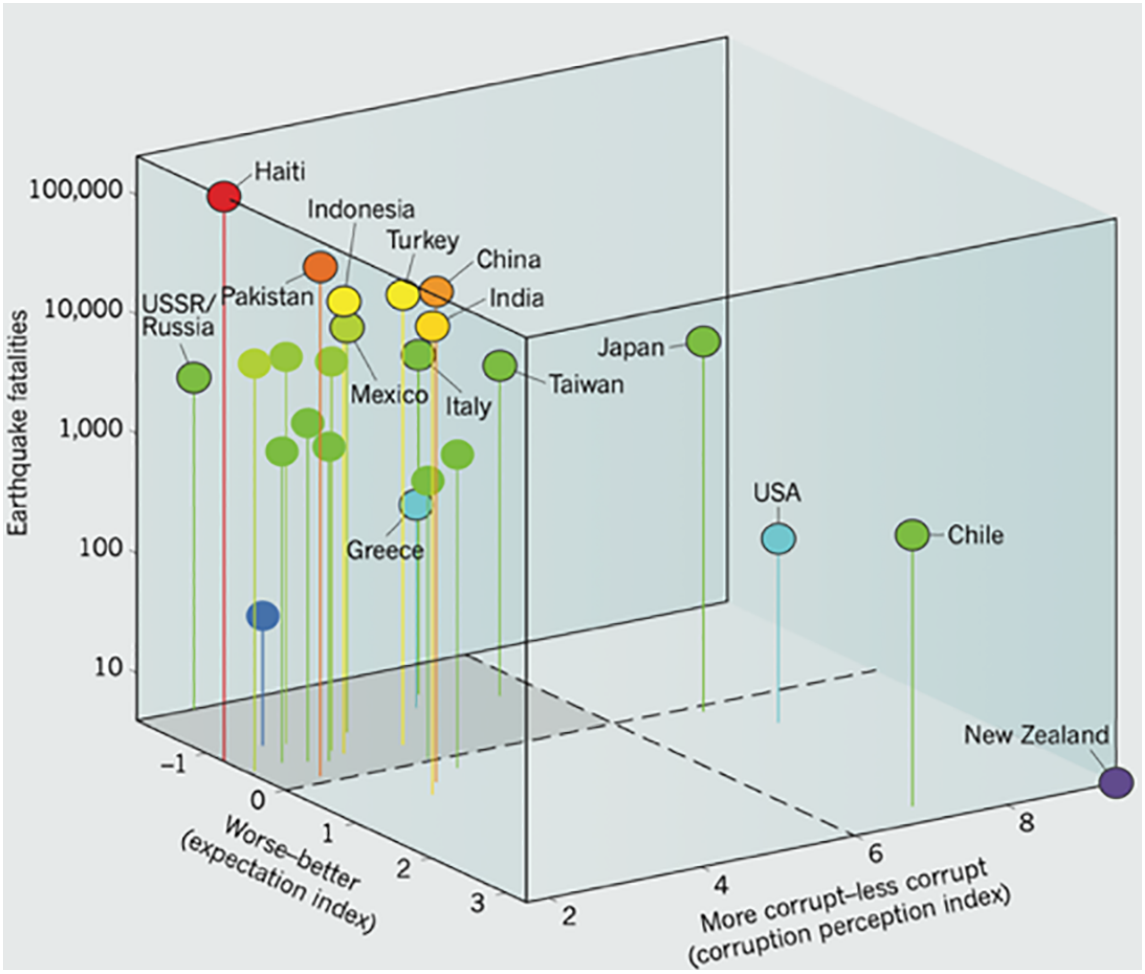
Altro problema tristemente noto, ma le cui implicazioni ai fini della vulnerabilità non vengono quasi mai considerate, è quello dell'*abusivismo edilizio* e della sistematica elusione di *piani regolatori* e *normative antisismiche*, di cui si sono visti esempi eclatanti nei terremoti del 2016 nell'Italia Centrale e del 2017 a Casamicciola (Ischia). Va sottolineato che il tema dell'abusivismo, quando non riguarda solo modesti interventi, impatta non solo sui singoli edifici, o insiemi di edifici, ma anche – in modo indiretto – su altri aspetti urbanistici che possono essere cruciali in caso di terremoto, quali la viabilità e l'accesso alle reti dei servizi. Anche questo è un tema che deve essere affrontato con una forte e stabile presa di coscienza da parte delle amministrazioni locali e dei singoli proprietari.

6.7. Il ruolo dell'onnipresente corruzione

C'è poi il grande tema della corruzione in campo edilizio, abbastanza noto anche ai non addetti ai lavori per via del fardello di drammi che porta con sé, inclusi dolorosi e spesso infiniti strascichi giudiziari. Secondo il giornalista Giuseppe Caporale, la corruzione è stata la causa indiretta del crollo di 18 edifici e della morte di 149 su 309 vittime – quasi il 50% – del terremoto del 6 aprile 2009 a L'Aquila (l'articolo è apparso su L'Espresso del 3 aprile 2012, ed è reperibile in rete). E sempre la corruzione, o quantomeno la negligenza dolosa nella scelta dei materiali usati per le costruzioni, sta emergendo come concausa del disastro di Amatrice, e ha già portato alla condanna in primo grado di cinque imputati, tra costruttori e funzionari delle diverse amministrazioni coinvolte. Anche in queste circostanze dovrebbero essere le amministrazioni locali, eventualmente supportate dallo Stato, ad avviare quantomeno una mappatura delle unità immobiliari maggiormente a rischio, coinvolgendo opportunamente i professionisti.

Per la verità il ruolo della corruzione nell'aumentare il numero dei crolli e delle vittime dei terremoti non è un tema solo italiano. Ambraseys e Bilham (2011) hanno pubblicato sull'autorevole rivista *Nature* uno studio che stabilisce una relazione diretta tra indici di corruzione e numero di vittime causate da numerosi forti terremoti accaduti nel mondo tra il 1980 e i 2010 (Fig. 9). Gli autori dello studio hanno chiarito come questo fenomeno ha operato in Giappone ma non hanno detto molto sull'Italia, che comunque è collocata in posizione non invidiabile in un diagramma che illustra il rapporto tra indice di percezione della corruzione e numero delle vittime dei terremoti. Ambraseys e Bilham hanno concluso che di tutte le vittime attribuibili al crollo di edifici a causa di terremoti accaduti tra il 1980 e il 2010 nel mondo, l'82,6% ha interessato paesi corrotti in misura superiore alla media; una caratteristica che purtroppo accomuna l'Italia e paesi decisamente meni prosperi e molto meno avanzati dal punto di vista della ricerca sismologica.

Fig. 9 Il diagramma, pubblicato in un articolo intitolato Corruption kills, di Ambraseys e Bilham (2011), mostra il numero di vittime da terremoto in funzione dell'indice di corruzione per 24 stati a elevata sismicità del globo. Nel lato a sinistra del diagramma si ritrovano concentrati i paesi che sarebbero corrotti in misura superiore alla media: l'Italia purtroppo si colloca in prima linea in questa spiacevole classificazione



Fonte: Nature (rivista scientifica del gruppo Springer)

Tuttavia, in un commento on-line sul sito di *Nature*, Emanuela Guidoboni e Cesare Roda hanno affermato che il punto di vista di Ambraseys e Bilham è troppo semplicistico, almeno per l'Italia, e che il numero delle vittime dei terremoti italiani è influenzato da almeno due ulteriori circostanze.

La prima è la forte incidenza degli edifici storici, particolarmente nelle aree interne del paese.

La seconda, che è più difficile da metttere a fuoco, deriva dalla natura dell'imprenditorialità nel settore edile, dove prevalgono piccole imprese non sempre bene organizzate, che spesso non hanno altro strumento per rimanere sul mercato che praticare una forte riduzione dei costi: una strategia che a sua volta può comportare il ricorso a lavoro nero o marginale e a materiali di scarsa qualità.

Fig. 10 Vedute aeree di Amatrice (sinistra) e Norcia (a destra), riprese all'inizio del novembre 2016. Ad Amatrice per la scossa del 24 agosto è stato assegnato un X-XI grado della scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS), contro il VI di Norcia. Dopo la scossa del 30 ottobre Amatrice è salita all'XI; Norcia, che si è trovata molto vicina a questa seconda e più forte scossa, è salita all'VIII-IX. Complessivamente gli effetti cumulati delle tre scosse più forti hanno lasciato ben pochi edifici in piedi ad Amatrice; al contrario Norcia appare decisamente poco danneggiata, con la sola importante eccezione della chiesa di San Benedetto (di cui si vede bene la facciata, ancora in piedi). Eccezionale la prestazione del Palazzo Comunale e della relativa torre, edifici rinforzati in modo evidentemente efficace dopo i terremoti che hanno colpito Norcia nel 1859 e nel 1979



Fonte: Vigili del Fuoco



Fonte: La Repubblica, 1 novembre 2016

6.8. Il ruolo del tempo che scorre: vulnerabilità e memoria

Infine, va tenuto presente un fenomeno non nuovo, ma che è stato messo tragicamente in evidenza dal confronto tra gli effetti dei terremoti del 24 agosto 2016 ad Amatrice, di magnitudo 6,0, e del successivo 30 ottobre a Norcia, di magnitudo 6,5 (Fig. 10). Come è apparso chiaro a tutti, ma purtroppo solo dopo il terremoto, Amatrice era una città estremamente vulnerabile, in cui edifici storici malamente ampliati e sopraelevati facevano da specchio a una *cultura del terremoto* quasi inesistente, anche perché la città da oltre tre secoli, ossia dal 1703, non viveva un disastro sismico. A sua volta, il terremoto di Norcia, ben più forte e localizzato praticamente sotto la città, ha causato danni straordinariamente contenuti rispetto a ciò che sarebbe potuto accadere in relazione alla sua relativamente elevata magnitudo.

Due casi diametralmente opposti, quindi: Amatrice, cresciuta nella mancanza di consapevolezza di abitanti e amministratori, fragile come un bicchiere di cristallo e smemorata, e Norcia, le cui case sono state rese solide da una spontanea *cultura locale del terremoto* che probabilmente non ha uguali in Italia, e che rappresenta un raro esempio di consapevolezza e di resilienza (su questo si veda il recente contributo di Putrino & D'Ayala, 2019).

Partendo proprio dal dualismo Amatrice-Norcia, gli autori dello studio a cui faccio qui riferimento (Valensise *et al.*, 2017) hanno ipotizzato che la vulnerabilità di ciascun centro storico appenninico cresca proporzionalmente all'aumentare del tempo trascorso dall'ultimo terremoto distruttivo che ha colpito quel centro, ovvero a seguito del

dissolversi della memoria, e di conseguenza del *ridursi della consapevolezza del problema sismico*. In altre parole, il tempo determina nel sentire diffuso della popolazione una *smemorizzazione* che si concretizza in una ridotta, sbiadita o assente *consapevolezza della pericolosità sismica locale,* determinata da un lungo silenzio sismico combinato con una insufficiente attenzione delle istituzioni e della cultura diffusa.

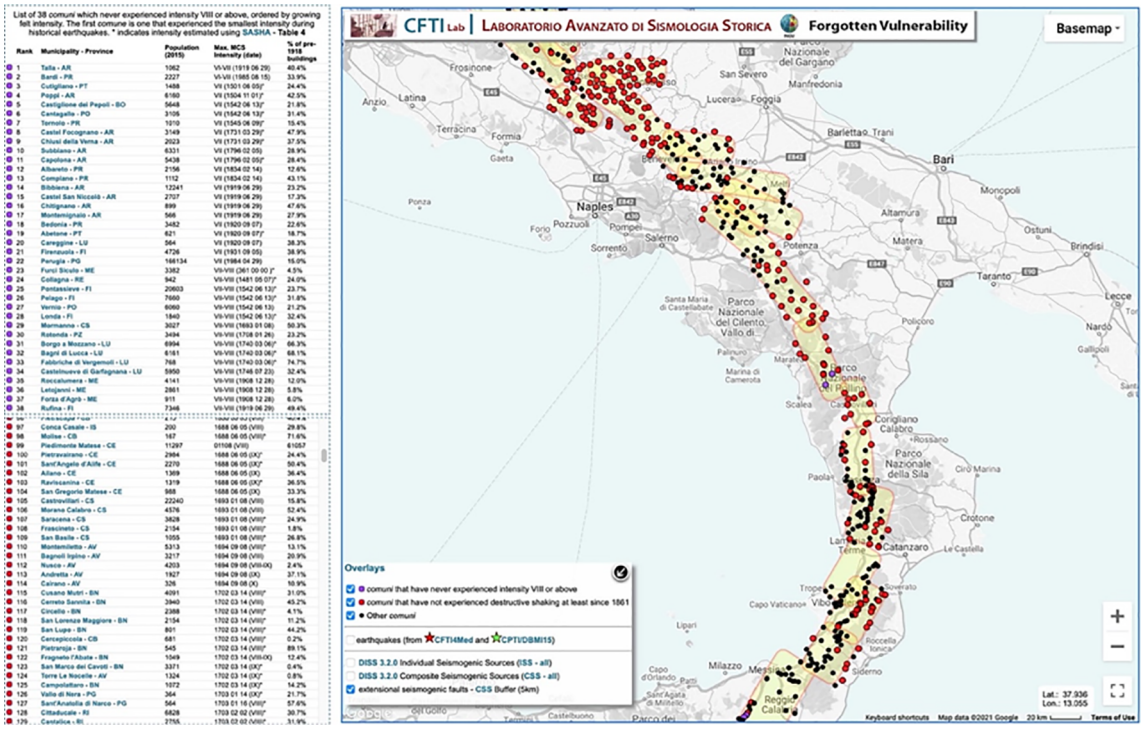
Quello qui descritto è evidentemente di un tema sociale e culturale di ampia portata, da affrontare con una mobilitazione di soggetti che spaziano dalle strutture centrali dello Stato alle amministrazioni locali, passando per il sistema scolastico, i mass-media e il mondo dell'associazionismo e del volontariato, senza escludere il sistema accademico. Purtroppo a oggi non è possibile registrare alcuna iniziativa che si muova attivamente verso la soluzione di questo problema – basta pensare all'insuccesso di iniziative quali quella del "Fascicolo del fabbricato": né è realistico che lo Stato possa varare una campagna massiccia di valutazione della vulnerabilità attraverso l'opera di professionsti qualificati. Una iniziativa di questo tipo richiederebbe decenni per essere completata: nel frattempo il destino sismico di interi centri abitati rimane sostanzialmente affidato al libero arbitrio dei loro abitanti.

A questo punto ci si potrebbe chiedere: qual è oggi in Italia, e in particolare al Centro e al Sud, la *percezione* della *vulnerabilità diffusa e pervasiva* che caratterizza il costruito, e che è pronta a manifestarsi con il prossimo terremoto, ovunque esso accada? In altre parole, quante altre Amatrice esistono in Italia? Non c'è dubbio che questa percezione sia molto bassa, anche perché non è stata mai veramente ed efficacemente alimentata dalle istituzioni competenti: quantomeno non nella misura che sarebbe stata necessaria. Si tratta di una vera e propria *vulnerabilità dimenticata*, di cui ci ricordiamo solo quando i terremoti mettono alla prova la resistenza delle nostre abitazioni e del nostro patrimonio storico e identitario; una strisciante emergenza nazionale, aggravata dal fatto di pesare soprattutto sulle giovani generazioni e su quelle future, e che come tale richiederebbe una mobilitazione degli organi tecnici dello Stato con il supporto della comunità scientifica (CNR, INGV, ISTAT, Università) e degli ordini professionali.

Per fare luce su questo meccanismo di 'rimozione', lo studio sopra citato propone un metodo semplice e oggettivo, utilizzando al meglio i molti dati che la comunità scientifica ha già elaborato e reso disponibili, ma allo stesso tempo evitando soggettivismi e fatalismi. Come già accennato, il metodo si basa sull'ipotesi di lavoro che la vulnerabilità dei centri abitati storici cresca in funzione del tempo trascorso dall'ultima ricostruzione sismica, come risultato 'cumulativo' sia dell'invecchiamento del patrimonio abitativo, sia della mancanza di interventi di miglioramento sismico, e sia soprattutto della già citata *smemorizzazione* di amministratori e cittadini riguardo alla reale pericolosità sismica dei luoghi. A questo va aggiunto che se una faglia sismogenica è stata quiescente per secoli, la sua probabilità di causare un terremoto distruttivo aumenta grandemente rispetto a una faglia che ha dato un forte terremoto in epoche relativamente recenti.

L'analisi ha riguardato la dorsale appenninica, circa 1.000 km dalla Liguria alla Calabria, che da sola rilascia circa il 70% del momento sismico complessivo della nostra penisola, ma questo stesso metodo può essere esteso a tutte le altre aree sismiche dell'Italia. Prima di tutto sono stati identificati i comuni che ricadono sulla proiezione in superficie delle grandi faglie sismogeniche dell'Appennino, e che dunque sono sicuramente suscettibili di subire forti scuotimenti nel corso della loro storia (Fig. 11).

Fig. 11 Uno screenshot dal sito http://storing.ingv.it/cfti/cftilab/forgotten_vulnerability/, curato da Gabriele Tarabusi. L'immagine è centrata sulle regioni dell'Italia meridionale e mostra un sottoinsieme dei 716 capoluoghi dei comuni (rappresentativi delle intere aree comunali) selezionati con la procedura descritta in Valensise et al., (2017). Le aree bordate in giallo rappresentano la proiezione in superficie delle grandi sorgenti sismogeniche che corrono in cima all'Appennino, dalla Liguria allo Stretto di Messina: in viola, 38 comuni per i quali non si ha alcuna notizia storica di distruzioni sismiche; in rosso, 315 comuni che corrispondono alle aree comunali che non hanno subito terremoti distruttivi dal 1861 (Unità d'Italia); in nero, 363 comuni ordinati secondo la distanza nel tempo dall'ultimo terremoto distruttivo avvenuto dopo il 1861



Fonte: Valensise *et al.* (2017)

Per ognuno dei 716 comuni selezionati (intendendo aree comunali con le loro frazioni) è stata analizzata la storia sismica locale, verificando quanto è distante nel tempo l'ultimo forte scuotimento subìto. Come soglia minima di scuotimento è stato scelto il grado VIII della scala MCS: un livello che fa da spartiacque tra una condizione in cui un centro abitato può essere solo riparato (anche se non sempre e non necessariamente a regola d'arte), e una condizione di danneggiamento così esteso da richiederne la ricostruzione quasi totale.

Nella graduatoria finale i 716 comuni sono stati ordinati partendo da quelli per i quali non si hanno informazioni di danni sismici (o perché non li hanno ancora subìti, o perché non sono noti) e che secondo l'ipotesi di fondo dello studio sono massimamente vulnerabili e impreparati. Seguono poi quei comuni che hanno subito forti terremoti in tempi recenti, e che quindi sono certamente più preparati rispetto a futuri forti terremoti in virtù di estese ricostruzioni e ristrutturazioni. I dati di ingresso e i risultati di questa analisi sono illustrati in un sito web dedicato che

funge da “ponte” verso le diverse banche-dati utilizzate (http://storing.ingv.it/cfti/cfti-lab/forgotten_vulnerability/).

Questo metodo è basato su una combinazione ragionata di dati solo apparentemente disomogenei tra loro, provenienti dalla geologia e dalla sismologia storica, e può fornire uno strumento operativo utile per perseguire tre obiettivi distinti ma ugualmente importanti:

- supportare la definizione di una scala di priorità nell’eventuale assegnazione di risorse pubbliche per l’avvio della “messa in sicurezza” o di azioni preventive nei diversi centri;
- fornire un quadro conoscitivo da utilizzare per aumentare la sensibilità e la consapevolezza di cittadini e amministratori dei territori identificati come potenzialmente molto vulnerabili;
- costituire una base conoscitiva per l’industria assicurativa, eventualmente in concorso con altre elaborazioni basate su dati ISTAT o di altra provenienza.

A questo punto è legittimo chiedersi: in che relazione sono questi risultati con la classificazione sismica del territorio? In Italia, come in quasi tutti i paesi del mondo (fanno eccezione la California e il Giappone, *pro-part*e), la normativa sismica si basa su modelli indipendenti dal tempo (*time independent*), per i quali la pericolosità sismica di Amatrice oggi è la stessa di quella del 23 agosto 2016. Questo modo di procedere è giustificato sia dalla difficoltà di elaborare modelli dipendenti dal tempo (*time dependent*) in un’area geologicamente complessa come l’Italia, sia dal fatto che se si progetta una grande opera destinata a durare decenni o secoli si deve necessariamente valutare la pericolosità locale in una prospettiva di lungo termine. Ma quando il problema è quello di stilare delle priorità a fronte di risorse non infinite, la situazione si inverte e diventa fondamentale potere disporre di un’analisi dipendente dal tempo.

6.9. Una nota di ottimismo, e una di realismo

L’analisi fornisce comunque anche elementi di ottimismo. È incoraggiante sapere che il numero complessivo dei residenti nei 716 comuni selezionati è pari a 3,2 milioni, che equivale al 5% circa della popolazione italiana. Sappiamo che la sismicità dell’Appennino rappresenta circa il 70% dell’energia sismica complessivamente rilasciata in Italia, e se si considerano anche le altre aree sismiche del Paese si può affermare con certezza che meno del 10% della popolazione italiana è esposta a scuotimento sismico potenzialmente distruttivo. Si tratta dunque di una quota di territorio relativamente modesta, il che rende meno ardua la sua ‘messa in sicurezza’, a patto però di scegliere bene dove investire le eventuali risorse disponibili.

Perché questo obiettivo è così importante? Per una ragione ovvia e ben nota a tutti, ma che forse si tende a dimenticare. Come già accennato, l’Italia detiene il più vasto patrimonio storico, architettonico e culturale del mondo, in buona parte concentrato nei tanti borghi e paesi posti lungo la dorsale appenninica e in altre zone sismiche ben identificate. Per gli italiani la difesa dagli inevitabili terremoti futuri ha il carattere di un vero e proprio traguardo di civiltà, che segue l’obbligo

dovuto anche solo al fatto di essere cittadini di un paese che conserva tanta parte del patrimonio dell'umanità. Tuttavia, al rischio che grava su molte aree dell'Italia fa riscontro una endemica inadeguatezza delle politiche finora adottate, anche per gli equivoci che infestano il dibattito pubblico sul tema. Ad esempio, non è pensabile – come alcuni sostengono ogni volta che si verifica un disastro sismico – che in Italia si possa ricostruire o sostituire tutto il patrimonio abitativo con un'edilizia moderna realizzata in cemento armato, o con altre tecniche costruttive ancora più resistenti ai terremoti: il nostro paese ne uscirebbe del tutto snaturato. A poco valgono quindi i confronti con le pratiche edilizie in uso in luoghi come California, Giappone, Nuova Zelanda. Come l'esempio di Norcia dimostra plasticamente e inequivocabilmente, rendere i centri storici italiani in grado di sopportare i futuri forti terremoti è certamente possibile, oltre che doveroso.

Per concludere: la statistica e il buon senso ci dicono che non passerà molto tempo prima che una delle tante aree sismiche italiane sia colpita da un nuovo forte terremoto. Sarà un evento che avrà una elevata probabilità di trovare una comunità impreparata, nella quale si è persa la memoria dei terremoti del passato, e quindi di colpire edifici che sono stati resi più vulnerabili dal tempo e dalle scelte – o dalle mancate scelte – di chi li abita. Negli anni a venire vedremo ancora nuovi *disastri annunciati*, che feriranno una dopo l'altra diverse zone del nostro Paese, causando nuovi lutti e crolli. E a poco sarà valsa l'elaborazione di modelli di pericolosità sempre più perfezionati, anche perché in Italia non esiste una norma che obblighi i proprietari ad adeguare i loro edifici all'evoluzione delle conoscenze sui terremoti, o anche solo a migliorarli. I prossimi e inevitabili forti terremoti mortificheranno quasi 40 anni di riconosciuto progresso della sismologia e dell'ingegneria sismica, e il futuro sismico dell'Italia continuerà a essere largamente dominato dalla *vulnerabilità* del suo patrimonio abitativo; un carattere sul quale è molto difficile intervenire, come è ovvio a chiunque, ma che è difficile anche solo valutare con l'accuratezza che sarebbe certamente necessaria all'industria assicurativa.

Bibliografia

Ambraseys, N., & Bilham, R. (2011). Corruptions kills. In *Nature*, *469*, pp. 153-155.

Dolce, M., Prota, A., Borzi, B. *et al.* (2021). Seismic risk assessment of residential buildings in Italy. Bull. In *Earthquake Engineering*, *19*, 2.999-3.032.

Gruppo di Lavoro MPS04 (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto finale. INGV, Milano-Roma 2004, 65 pp. e 5 appendici. Disponibile su: http://zonesismiche.mi.ingv.it/elaborazioni/docs/.

Guidoboni, E., & Valensise, G. (2011). *Il peso economico e sociale dei disastri sismici in Italia negli ultimi 150 anni.* Bononia: University Press.

Iaccarino, E. (1973). Probabilità della scossa di IX grado in Italia. In *CNEN RT/PROT 40*(73).

Iaccarino, E. (1976). Seismic risk in Italy for the earthquakes of intensity IX (Mercalli Scale). In *Tectonophysics*, *30*, pp. 261-267.

Locati, M., Camassi, R., Rovida, A., Ercolani, E., Bernardini, F., Castelli, V., Caracciolo, C. H., Tertulliani, A., Rossi, A., Azzaro, R., D'Amico, S., & Antonucci, A.,

(2021). Database Macrosismico Italiano (DBMI15), version 3.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Meletti, C., Marzocchi, W., D'Amico, V., Lanzano, G., Luzi, L., Martinelli, F., Pace, B., Rovida, A., Taroni, M., Visini, F., & Gruppo di Lavoro MPS19 (2021). The new Italian Seismic Hazard Model (MPS19). In *Annals of Geophysics*, *64*(1).

Putrino, V., & D'Ayala, D. (2019). Effectiveness of seismic strengthening to repeated earthquakes in historic urban contexts: Norcia 2016. In *Disaster Prevention and Management*, *29*, pp. 47-64.

Valensise, G., Tarabusi, G., Guidoboni, E., & Ferrari, G. (2017). *The forgotten vulnerability: A geology- and history-based approach for ranking the seismic risk of earthquake-prone communities of the Italian Apennines*. In *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *25*, pp. 289-300.

PARTE TERZA

I cambiamenti climatici (forze esogene)

7

I FENOMENI METEOROLOGICI ESTREMI

di Alberto Fortelli (Distar-Unina)

7.1. Introduzione

Negli ultimi anni si sta manifestando una crescita della frequenza di accadimento di una vasta gamma di fenomenologie meteorologiche di tipo estremo, capaci di generare situazioni di criticità sia sul territorio considerato come entità fisica sia a carico delle popolazioni che su di esso risiedono.

Tra di esse è possibile citare le “Ondate di calore “ (Heat waves), i nubifragi, i tornado, i cicloni simil-tropicali in area mediterranea (TLC – Medicanes), le grandinate estreme, ecc.

La maggioranza dei ricercatori in campo climatologico attribuisce tale dinamica al Riscaldamento Globale.

Tali fenomenologie, in particolare quelle generate da precipitazioni abbondanti, sono particolarmente pericolose per l’Italia, che è uno dei Paesi più instabili d’Europa dal punto di vista idrogeologico: circa il 4% del territorio italiano si trova in un’area ad elevato pericolo di alluvioni, l’8,4% in uno scenario di pericolosità media e un altro 10,9% a pericolosità bassa. In totale, oltre due milioni di persone sono esposte a rischio elevato e 6,1 milioni a pericolo medio (ISPRA – Rapporto Rendis 2020).

L’Italia si trova, infatti, al centro di un’area geografica, il Mediterraneo, considerata dagli scienziati una *focus area* in termini di esposizione agli effetti negativi dovuti al cambiamento climatico.

I dati che riguardano l’Italia destano una sempre maggiore preoccupazione in quanto, anno dopo anno, si manifesta un significativo incremento del numero dei

comuni nei quali si manifestano fenomeni meteorologici estremi (oltre 600 nel 2021, con un incremento del 18% rispetto all'anno precedente).

Inoltre, al mero fattore quantitativo, si associa anche un fattore di espansione areale, con un maggiore coinvolgimento di zone geografiche che in precedenza risultavamo solo marginalmente ed occasionalmente interessate da tali fenomenologie estreme quali allagamenti, frane, esondazioni, danni alle infrastrutture, al patrimonio storico, provocati da trombe d'aria o da temperature anormalmente elevate o basse.

I fenomeni meteorologici estremi, dal 2010 al 1° novembre 2021, sono stati 1.118, di cui 133 nell'ultimo anno (*Osservatorio Città Clima di Legambiente-Rapporto 2021)*: più nel dettaglio, ci sono stati 486 casi di allagamenti dovuti a piogge intense, 406 casi di interruzione dell'esercizio di infrastrutture varie dovuti a piogge intense, 308 eventi con danni causati da trombe d'aria, 134 eventi causati da esondazioni fluviali, 48 casi di danni provocati da prolungati periodi di siccità e temperature estreme, 41 casi di frane causate da piogge intense, 18 casi di danni al patrimonio storico e artistico.

Tali fenomeni estremi non risparmiano i maggiori insediamenti urbanistici d'Italia; di seguito si riportano alcuni dati relativi al periodo dal 2010 al 1° novembre 2021:

– Roma: 56 eventi, 9 solo nell'ultimo anno, di cui ben oltre la metà (32), hanno riguardato allagamenti a seguito di piogge intense;
– Bari: 41 eventi, principalmente allagamenti da piogge intense (20) e danni da trombe d'aria (18);
– Milano: 30 eventi, con 20 esondazioni dei fiumi Seveso e Lambro.

Il Rapporto 2021 individua anche 14 aree del Paese dove si ripetono con maggiore intensità e frequenza alluvioni, trombe d'aria e, in alcuni casi negli stessi territori, ondate di calore. Nella costa romagnola e nord delle Marche e nella Sicilia orientale sono stati numerosi i record registrati nel corso del 2021: a Siracusa l'11 agosto, si è raggiunto il record europeo del caldo con 48,8 °C.

7.2. Impatto finanziario dei danni da fenomenologie idrologiche ed idrogeologiche

I danni di maggiore entità sono causati dagli eventi pluviometrici estremi, in grado di indurre fenomenologie alluvionali e forme diversificate di dissesto idrogeologico.

Di seguito si riporta una tabella che indica in maniera dettagliata, regione per regione, una stima dei danni causati da queste fenomenologie meteo-idrologiche (periodo 2013/2019 con estensione all'anno 2021 – Fonte: Dipartimento della Protezione Civile-Presidenza del Consiglio dei Ministri).

La Commissione Europea, già nel 2013, ha adottato la "Strategia di adattamento ai cambiamenti climatici dell'Ue", al fine di aiutare i Paesi a pianificare le proprie attività in questo senso, e per rafforzare la resilienza ha previsto lo stanziamento di specifici fondi. Sono 23 i Paesi Ue, con l'aggiunta del Regno Unito, che hanno adottato un piano nazionale o settoriale di adattamento al clima e tra

questi non vi è l'Italia. Investire nell'adattamento climatico può generare notevoli vantaggi economici.

Tab. 1 Danni da evento meteo-idro distinti per regione

Regioni	A) Importo segnalato dalla Regione per la richiesta dello stato di emergenza	B) Ricognizione fabbisogni del Commissario Delegato	Totale (A + B)
Abruzzo	965.450.172,00	806.612.016,00	1.772.062.188,00
Basilicata	236.341.549,00	244.367.855,00	480.709.404,00
Calabria	817.148.572,00	159.492.853,00	976.641.425,00
Campania	694.974.803,00	1.113.073.128,00	1.808.047.931,00
Emilia R.	1.330.166.792,00	1.193.538.461,00	2.523.705.253,00
Friuli V. G.	0,00	5.159.704,00	5.159.704,00
Lazio	433.275.051,00	594.429.668,00	1.027.704.719,00
Liguria	854.012.427,00	920.854.442,00	1.774.866.869,00
Lombardia	302.628.922,00	177.280.106,00	479.909.028,00
Marche	860.972.715,00	624.083.280,00	1.485.055.995,00
Molise	295.814.185,00	117.096.644,00	412.910.829,00
Piemonte	977.622.905,00	290.097.845,00	1.267.720.750,00
Puglia	840.487.485,00	641.195.305,00	1.481.682.790,00
Sardegna	0,00	613.876.400,00	613.876.400,00
Sicilia	624.068.097,00	140.025.479,00	764.093.576,00
Toscana	927.143.080,00	692.217.440,00	1.619.360.520,00
Umbria	101.814.794,00	111.496.800,00	213.311.594,00
Valle d'Aosta	20.981.242,00	1.809.701,00	22.790.943,00
Veneto	785.036.640,00	789.001.047,00	1.574.037.687,00
Totale	**11.067.939.431,00**	**9.235.708.174,00**	**20.303.647.605,00**

Fonte: Dipartimento della Protezione Civile-Presidenza del Consiglio dei Ministri – periodo 2013-2019 con l'estensione all'anno 2021

L'Italia, si osserva nello studio, ha speso un'enorme quantità di soldi in questi decenni per rincorrere i danni provocati da alluvioni, piogge e frane, a fronte di poche risorse spese per la prevenzione. Di seguito si riporta una tabella nella quale sono riportate le somme investite per la realizzazione di progetti di prevenzione.

Come risulta evidente, l'aliquota largamente prevalente nel *mare magnum* dei danni da fenomenologie meteorologiche estreme è quella riconducibile alle precipitazioni piovose di grande intensità.

Nel seguito si procede, pertanto, ad una analisi del fattore pluviometrico estremo, in quanto è ad esso che sono ascrivibili le maggiori criticità territoriali ed i conseguenti maggiori danni finanziari, nonché il numero più elevato di vittime.

Tab. 2 Somme investite in progetti di prevenzione del rischio meteo-idro

	Spesa in prevenzione		Numero di progetti	
Regioni	**Totale**	**%**	**Totale**	**%**
Liguria	338.591.862,00	16,31	33	2,25
Toscana	198.397.800,00	9,56	113	7,70
Lombardia	188.726.946,00	9,09	66	4,50
Emilia Romagna	159.352.271,00	7,68	112	7,63
Sicilia	158.287.955,00	7,62	125	8,52
Veneto	151.933.863,00	7,32	40	2,73
Abruzzo	111.069.118,00	5,35	105	7,16
Piemonte	108.260.947,00	5,21	155	10,57
Campania	87.749.079,00	4,23	90	6,13
Sardegna	86.457.994,00	4,16	48	3,27
Puglia	83.827.798,00	4,04	97	6,61
Friuli V, Giulia	63.302.801,00	3,05	27	1,84
Marche	59.457.088,00	2,86	65	4,43
Molise	57.873.423,00	2,79	73	4,98
Lazio	54.494.309,00	2,62	59	4,02
Basilicata	51.975.729,00	2,50	132	9,00
Calabria	51.481.670,00	2,48	55	3,75
Umbria	31.733.519,00	1,53	33	2,25
Trentino A, Adige	26.676.900,00	1,34	29	1,98
Valle d'Aosta	5.476.668,00	0,26	10	0,68
Totale	**2.076.127.740,00**	**100,00**	**1467**	**100,00**

Fonte: ISPRA – Rapporto Rendis 2020 – periodo 2013-2019

7.3. Il rischio da fenomeni pluviometrici estremi: inquadramento dei processi atmosferici predisponenti

I fenomeni meteorologici a forte impatto sul territorio

L'Italia è una nazione che, per la sua particolare morfologia orografica, risulta particolarmente esposta alle fenomenologie alluvionali, sia ad insorgenza rapida (tipiche dei bacini di piccole dimensioni e forti pendenze medie, tipo quelli presenti in Liguria, in Campania, in Calabria e in Sicilia), sia quelli con onda di piena che si presenta con tempi di ritardo di molte ore o anche giorni per i bacini idrografici di maggiore estensione (bacino del Po, dell'Arno, del Tevere).

Le fenomenologie alluvionali, nel loro insieme, sono quelle che comportano il numero maggiore di vittime e i maggiori danni materiali, spesso di entità non va-

lutabile, come, per esempio, quelli causati dalla piena dell'Arno a Firenze nel novembre 1966.

In Italia, gli ultimi 20 anni sono stati caratterizzati da un incremento delle fenomenologie alluvionali ad insorgenza rapida, che hanno esteso la loro copertura spaziale a regioni che in passato erano solo occasionalmente coinvolte in questi fenomeni: la regione che negli ultimi anni ha osservato la maggiore escalation di eventi alluvionali è senz'altro la Sicilia, la cui parte orientale (Province di Messina e Catania) ha dovuto subire le conseguenze di eventi meteorici di estrema violenza, causati talvolta da sistemi depressionari con caratteristiche simili a quelle riscontrabili nei cicloni tropicali (TLC – Tropical Like Cyclone) o, più frequentemente, a Sistemi Convettivi a Mesoscala (MCS – Mesoscale Convective System) o a tempeste a "V" (V-SS – V-Shaped Storm).

I fenomeni temporaleschi

Gli eventi pluviometrici di maggiore intensità si manifestano, nella maggioranza dei casi, sotto forma di temporale.

Il temporale è una meteora atmosferica caratterizzata dall'associazione di precipitazioni di forte intensità (componente idrometeorica) ed attività elettrica atmosferica sotto forma di fulmini (componente elettrometeorica).

Esso è associato ai vigorosi moti ascensionali delle masse di aria calda ed umida presenti nei bassi strati. I temporali sono generati esclusivamente dai *Cumulonimbus* (CB), nubi a fortissimo sviluppo verticale: essi possono manifestarsi con geometria e caratteristiche diverse a seconda dello stadio di sviluppo e delle peculiari condizioni della struttura atmosferica. Possiamo elencare diverse specie:

- CB *calvus*: dai contorni netti, non sfilacciati, con sommità che li fa assomigliare ad un cavolfiore;
- CB *capillatus*: dalla sommità con contorni sfrangiati, cirriformi;
- CB *incus*: dalla tipica forma ad incudine; i *Cumulonimbus* nella fase di sviluppo completo assumono spesso questa forma che però, per essere apprezzata in modo distinto, deve essere osservata da grande distanza (almeno una cinquantina di km);
- CB *incus-capillatus*: i *Cumulonimbus* nella fase di piena maturità presentano spesso la contemporanea presenza delle due caratteristiche prima descritte.

I fenomeni temporaleschi sono la manifestazione tangibile di una concentrazione di energia in corrispondenza di volumi limitati di atmosfera e che, di conseguenza interessano porzioni altrettanto limitate della superficie terrestre.

Il concetto fisico è evidente: nell'atmosfera è presente energia diffusa, in parte misurabile direttamente (energia termica sensibile o calore), in parte desumibile dai valori dell'umidità presente sotto forma di vapor acqueo. Questa seconda aliquota di energia, di tipo latente, è quella responsabile dei fenomeni meteorologici più intensi che avvengono sulla superficie terrestre: gli uragani, i tornado, i temporali e, di conseguenza, le precipitazioni piovose estremamente intense che possono riversarsi al suolo in brevi intervalli di tempo.

L'acqua per passare dallo stato liquido allo stato gassoso (evaporazione) necessita di una grande quantità di energia, quella stessa energia che si "libera" quando il vapor acqueo torna allo stato liquido (condensazione). Una massa di aria molto calda e umida contiene grandi aliquote di energia latente ma, comunque, immediatamente disponibile per alimentare i processi termodinamici che portano allo sviluppo dei *Cumulonimbus*, l'unico genere di nubi in grado di generare i temporali, e in alcuni casi, i nubifragi.

I *Cumulonimbus* sono nubi grande sviluppo verticale: essi presentano la loro base a quote comprese tra i 1000 e i 1500 m mentre la sommità può spingersi fino ai limiti della troposfera e talvolta oltre, a quote, cioè, che alle medie latitudini sono di circa 12.000 m (Fig. 1).

Fig. 1 Cumulonembo ad incudine (*Cumulonimbus incus*): nube imponente (in secondo piano, illuminata dal Sole) che raggiunge i limiti della troposfera, allargandosi poi radialmente al di sotto del limite inferiore della fascia di inversione termica in quota



Fonte: Ns. elaborazione

In seno a tali nubi sono presenti delle correnti ascensionali (*updraft*) estremamente intense, con velocità che possono anche superare i 30 m/s. Tali velocità sono raggiunte proprio grazie alle masse di aria calda ed umida che alimentano dal basso l'ammasso nuvoloso, masse che nella loro salita (secondo il ramo ascendente di una cellula di moto convettivo) sono sospinte verso l'alto dalla spinta

di galleggiamento indotta dalla loro minore densità rispetto alle masse d'aria più fredda che delimitano lateralmente l'ingombro geometrico del *Cumulonimbus*.

Il sollevamento delle masse di aria calda, peraltro, porta ad un raffreddamento per decompressione adiabatica, sino al livello del punto di rugiada. A questo punto si ha il passaggio di stato da fase vapore a fase liquida.

Questo è un punto cruciale della dinamica di sviluppo della nube temporalesca: la condensazione, infatti, fa si che si liberi in atmosfera il calore latente immagazzinato all'atto dell'evaporazione.

L'energia termica corrispondente è enorme e induce una accelerazione delle dinamiche di sviluppo del sistema temporalesco.

I fattori che portano allo sviluppo di un temporale sono gli stessi alla base della formazione di un *Cumulonimbus:*

– presenza di masse di aria calda e molto umida nei bassi strati;
– presenza di gradienti termici verticali moderati o forti.

A questi due fattori, che potremmo definire di base, possono aggiungersi altri fattori egualmente importanti:

– confluenza delle correnti aeree nei bassi strati secondo linee a sviluppo generalmente meridianale;
– presenza di notevoli gradienti verticali di velocità del vento (elevato windshear positivo in medio-alta troposfera);
– presenza di notevoli gradienti verticali della direzione del vento (elevato windshear di direzione in medio-bassa troposfera).

La coesistenza di tutti i fattori sopraelencati consente di affermare che siamo in presenza di rischio elevato di sviluppo di *Cumulonimbus* e, quindi, di temporali anche violenti.

7.4. La Scienza Meteorologica applicata alla mitigazione del rischio idrologico ed idrogeologico: il nowcasting e l'allarme idrogeologico immediato

La prevedibilità dei fenomeni temporaleschi di grande intensità

Negli ultimi anni è cresciuta la frequenza di fenomeni alluvionali ad insorgenza rapida, le cosiddette flash floods (alluvioni lampo), fenomeni idrologici che si sviluppano quando precipitazioni molto intense colpiscono bacini idrografici di piccola estensione e caratterizzati da forti pendenze superficiali.

In Italia le alluvioni lampo causano ogni anno molte vittime: da qui nasce l'esigenza di strutturare metodiche previsionali che si adattino alle caratteristiche di sviluppo dei fenomeni meteorologici brevi ed intensi alla base dei fenomeni idrologici di superficie a maggiore capacità di impatto.

La previsione di sviluppo delle formazioni temporalesche è, dal punto di vista probabilistico, un problema risolvibile in quanto ben noti sono i fattori strutturali atmosferici predisponenti a tale tipologia di fenomeni.

Questi fattori sono correlabili a determinate situazioni a scala sinottica, ben rappresentate dalle analisi e dalle elaborazioni dei modelli fisico-matematici di previsione meteorologica, in particolare dai Modelli ad Area Limitata (LAM). Tra di esse rivestono particolare importanza:

– le carte della distribuzione barometrica al suolo;
– le carte della temperatura potenziale al suolo;
– le carte degli Indici termodinamici LI (Lifted Index) e CAPE (Convective Available Potential Energy);
– le carte di rappresentazione della componente verticale del moto alla superficie isobarica di 700 hPa;
– le carte dei geopotenziali della superficie isobarica di 500 hPa, con indicazione delle temperature;
– le carte dei geopotenziali della superficie isobarica di 300 hPa, con andamento delle isotache.

Previsione dello sviluppo di fenomeni temporaleschi

Esiste una legge qualitativa che lega in maniera direttamente proporzionale:

a. l'estensione A dell'area per la quale ha un fondamento ed una sostenibilità scientifica emettere una previsione meteo;
b. il range temporale ΔT della previsione:

$$A = f(\Delta T)$$

In altri termini è possibile affermare che quanto più è distante la data alla quale si proietta la previsione meteo, tanto maggiore è l'estensione alla quale è possibile riferire la previsione stessa.

Nel rispetto della notazione sintetica sopra riportata è possibile elencare i seguenti casi.

Prevedibilità di fenomeni intensi a medio termine (3-6 giorni di distanza temporale)

È possibile prevedere la presenza di una situazione di instabilità atmosferica ma la notevole distanza temporale rende molto poco affidabile la stima dell'intensità e la localizzazione di dettaglio delle aree a massima probabilità di sviluppo di temporali. A tale distanza temporale, le immagini satellitari (rilevamenti nel campo del visibile e dell'infrarosso) non sono di alcuna utilità in quanto le figure bariche responsabili della instabilità possono ancora trovarsi a diverse centinaia o anche migliaia di km di distanza dal sito in esame oppure non essersi ancora sviluppate.

Prevedibilità di fenomeni intensi a breve termine (da 24 a 48 ore)

È possibile prevedere, con sufficiente attendibilità, il realizzarsi di una situazione di instabilità atmosferica e delimitare in un ambito spaziale più ristretto le zone a massimo rischio di fenomeni temporaleschi. A tale range di distanza temporale, in

particolare in corrispondenza dell'estremo inferiore (24 ore), le immagini da satellite possono evidenziare i segni della instabilità, con le cellule temporalesche in sviluppo in aree geografiche prossime a quella in esame.

Prevedibilità di fenomeni intensi a brevissimo termine (meno di 24 ore)

È possibile prevedere con elevata attendibilità il realizzarsi di una situazione di instabilità atmosferica in quanto la struttura della troposfera sul sito di osservazione sta già predisponendosi per raggiungere la configurazione termodinamica favorevole allo sviluppo dei temporali. Le immagini da satellite mettono quasi sempre in evidenza la presenza di cellule temporalesche attive nelle immediate adiacenze del sito e anche l'osservazione a vista dello stato del cielo può di sovente evidenziare la presenza di nubi a forte sviluppo verticale (*Cumulus congestus* o isolati *Cumulonimbus*).

Prevedibilità di fenomeni intensi in regime di nowcasting (poche ore di anticipo)

La situazione di instabilità è sul luogo di osservazione. Il satellite è oramai l'unico mezzo per monitorare la situazione meteorologica ed individuare la presenza e l'iter evolutivo dei *Cumulonimbus* presenti. Ad integrazione del quadro informativo fornito dalle immagini satellitari è opportuno analizzare:

- il flusso di immagini prodotte dai radar meteorologici, in grado di rilevare le precipitazioni stimandone l'intensità istantanea;
- l'andamento dei parametri meteorologici al suolo rilevati da centraline presenti nelle immediate adiacenze (temperatura, direzione del vento, pressione, umidità);
- le mappe di distribuzione delle scariche elettriche.

Ma anche in questa fase, con la cellula temporalesca attiva, non è possibile prevedere quanti mm saranno caduti sul luogo di osservazione a fenomeno esaurito.

Si riassume quanto detto nella tabella seguente:

Tab. 3 Valutazione della utilità previsionale specifica dei vari supporti informativi

	ΔT > 6 gg	6 gg < ΔT < 3 gg	2 gg < ΔT < 1 g	ΔT < 24 h	ΔT < 3 h
Modelli previsionali	bassa	media	alta	alta	bassa
Immagini satellitari	nulla	bassa	media	alta	altissima
Immagini radar	nulla	nulla	nulla	bassa	altissima
Immagini scariche elettr.	nulla	nulla	bassa	alta	altissima
Osservazione del cielo	nulla	nulla	bassa	media	alta
Analisi dei pluviogrammi	na	na	na	na	altissima

na = non applicabile
nulla = di nessuna utilità
Fonte: Ns. elaborazione

Interpretazione dei pluviogrammi per la proiezione previsionale degli accumuli precipitativi

L'unico mezzo per poter effettuare proiezioni sui quantitativi che risulteranno essere caduti al suolo a fenomeno temporalesco esaurito è quello della analisi in continuo dei dati misurati da un pluviometro, monitorando, al tempo stesso, le dinamiche evolutive della cellula temporalesca tramite immagini satellitari e radar.

I pluviometri di recente generazione hanno la possibilità di fornire il dato di accumulo in tempo reale, con intervalli di campionamento anche di solo 1 minuto. Ciò rende possibile la valutazione non solo dell'accumulo complessivo ma anche del parametro "Rain Rate" o "Intensità istantanea di precipitazione".

Risulta quindi possibile una analisi approfondita delle modalità di sviluppo dell'evento pluviometrico, con immediata intercettazione di eventuali accumuli significativi in relazione, per esempio, a problematiche di Protezione Civile.

I fenomeni temporaleschi avvettivi

Considerata la pericolosità che questi fenomeni possono assumere, dovuta anche alla rapidità del loro sviluppo o arrivo su luogo di osservazione, elenchiamo quelli che sono i segni che ci consentono di anticiparne l'occorrenza.

I temporali frontali, connessi cioè al transito sul luogo di osservazione di un fronte freddo o di una linea di instabilità, sono di solito facilmente individuabili: il cielo si presenta irregolarmente nuvoloso per nubi cumuliformi a medio o forte sviluppo verticale (*Cumulus congestus*) che si muovono generalmente da SO a NE.

Nell'imminenza dell'arrivo del temporale, ad O il cielo tende a coprirsi di nubi che sembrano dei densi *Cirrus* ma che, a differenza di questi, presentano uno spessore che cresce molto rapidamente fino a che le nubi diventano di un colore grigio che non lascia distinguere il disco del Sole.

In questa fase iniziano a notarsi nubi cumuliformi molto sviluppate verticalmente che si muovono lentamente e le cui sommità vanno ad immergersi nel denso strato di nubi alte (Fig. 2).

Queste nubi cumuliformi hanno spesso due componenti di moto: nella parte inferiore si muovono da SO verso NE mentre alle quote superiori si mettono in fase con le nubi alte che provengono da O.

A questo punto la parte bassa del cielo, ad O, si scurisce con le nubi ai livelli inferiori che, pur provenendo da meridione, tendono ad invadere il cielo da O verso E. Il vento al suolo spesso va incontro al temporale spirando da SE, andando praticamente ad alimentare, con il suo contenuto di umidità, l'ammasso di nubi temporalesche che avanza.

Le precipitazioni, a carattere di rovescio e talvolta accompagnate da grandine, iniziano a scrosciare quando sul luogo di osservazione transita la nube a mensola (*shelf cloud*).

Si odono i primi tuoni e nel giro di pochi minuti il temporale si trova sul luogo di osservazione, rilasciando il suo carico di pioggia, grandine e forti colpi di vento.

Fig. 2 Un temporale a "supercella" avanza da O poco dopo il tramonto. Nella parte alta della foto sono visibili le nubi dall'aspetto cirriforme, ancora illuminate dal Sole, che sono in realtà il margine dell'incudine del Cumulonimbus, Nella parte inferiore sono presenti le nubi che, ruotando intorno alla base del Cumulonimbus, con un moto confluente, vanno ad alimentare la dinamica temporalesca (inflow). In basso a destra si nota l'area delle forti precipitazioni



Fonte: William Demasi – Emilia Romagna Meteo

I temporali termo-convettivi locali

I temporali sono dovuti al sollevamento di masse di aria calda e umida che dagli strati inferiori della troposfera si sollevano sino a raggiungere la tropopausa.

Le dinamiche termo-convettive occupano, pertanto, tutto lo spessore della troposfera, sollevando le masse d'aria per oltre 10 km; tale spessore è massimo durante l'estate ed è quindi in questa stagione, anche a motivo del fortissimo riscaldamento della superficie terrestre, che i temporali raggiungono l'intensità massima.

La sequenza di immagini riportata di seguito, mostra il rapido sviluppo di un temporale sull'area Vesuviana, così come osservato da Castellammare di Stabia (NA). Nella prima foto si notano sullo sfondo incudini in avanzato stadio evolutivo, mentre in primo piano è presente una torre cumuliforme in fase di rapido sviluppo verticale. Nella seconda foto la nube torreggiante in primo piano ha formato una incudine ad aspetto cirriforme, che si è distesa verso SO, testimoniando la presenza di correnti nord-orientali in quota; sulla destra della foto si nota la formazione di nuovi *Cumulonimbus*.

Fig. 3 Sequenza tipica che mostra l'approssimarsi da N di un temporale termoconvettivo, in sviluppo nelle prime ore pomeridiane di una giornata di metà giugno. Nell'ultima foto si nota il Vesuvio interessato da un forte acquazzone



Fonte: www.campanialive.it

Nella terza foto i singoli ammassi cumuliformi si fondono tra di loro, organizzandosi in una struttura temporalesca compatta, con le precipitazioni che compaiono sulla parte destra della foto.

Nella quarta foto il temporale avvolge l'area vesuviana, con abbondanti precipitazioni: tra la prima e l'ultima foto sono trascorsi circa 60 minuti (Fig. 3).

7.5. La protezione della popolazione dagli eventi alluvionali a rapida insorgenza (Flash flood)

I cittadini delle aree abitate di fondovalle e allo sbocco di piccoli bacini idrografici superficiali, in aree periodicamente interessate dal transito dei *Cumulonimbus*, sono esposti ad un livello di rischio molto elevato per la possibilità di eventi piovosi di rilevante intensità. La risposta del territorio può essere tale da indurre criticità idrogeologiche anche gravi, che possono portare notevoli danni alle economie locali e, nei casi più gravi, alla perdita di vite umane.

I tragici eventi che si verificano in concomitanza dei nubifragi di maggiore intensità, dimostrano che i rappresentanti delle pubbliche istituzioni, sui quali ricade l'onere di tutelare e difendere la vita dei cittadini, non possiedono ancora una cultura di Protezione Civile matura in misura tale da riuscire ad organizzare una strategia efficace di difesa dalle conseguenze dei fenomeni meteorici estremi.

Si deve partire dal presupposto che risulta praticamente impossibile mettere in sicurezza, in tempi rapidi, tutte le aree urbane ed antropizzate esposte al rischio su base idrogeologica.

Molti problemi sono infatti strutturalmente correlati al sito di realizzazione dell'intervento antropico e quindi, anche impedendo nuovi interventi in aree pericolose, non si risolverebbe il problema degli insediamenti già esistenti. Pragmaticamente, si può affermare che l'obiettivo che ci si deve prefiggere, e che si può conseguire nell'immediato, è quello di mitigare le conseguenze dei nubifragi e, soprattutto, quello di salvare le vite umane.

Questo obiettivo di grande rilevanza sociale lo si può conseguire attraverso una nuova organizzazione, implementando un sistema strumentale in grado di fare scattare un allarme idrogeologico immediato (*early warning*) nelle aree urbane e nei territori interessati da infrastrutture di importanza strategica, non appena i vari pluviometri distribuiti sul territorio abbiano iniziato a registrare i valori di pioggia eccezionali tipicamente associabile al transito dei *Cumulonimbus*.

I bacini stretti e lunghi di dimensioni modeste, che incombono su aree abitate attraversate da alvei-strada, quando sono interessati da eventi piovosi di rilevante entità, possono alimentare dapprima flussi idrici e fangosi e poi detritici tali da trasportare nell'area urbana, complessivamente alla fine dell'evento, volumi enormi di detriti.

La portata massima che caratterizza questi flussi eccezionali non riesce, di solito, ad essere smaltita dagli alvei, spesso coperti nei tratti terminali urbani, a pendenza più modesta. Essi vengono pertanto sistematicamente intasati da autoveicoli, tronchi di alberi d'alto fusto e detriti anche di grandi dimensioni.

Nella previsione dei fenomeni di "Alluvione lampo" (*Flash flood*) risulta di fondamentale importanza la definizione delle dimensioni dei bacini idrografici superficiali: infatti, come visto, il livello di rischio cresce al diminuire delle dimensioni del bacino in esame.

Questa legge di inversa proporzionalità si poggia sulla evidenza che nello studio degli eventi pluviometrici di rilevante entità, le massime intensità istantanee di pioggia sono relative ai fenomeni di breve durata.

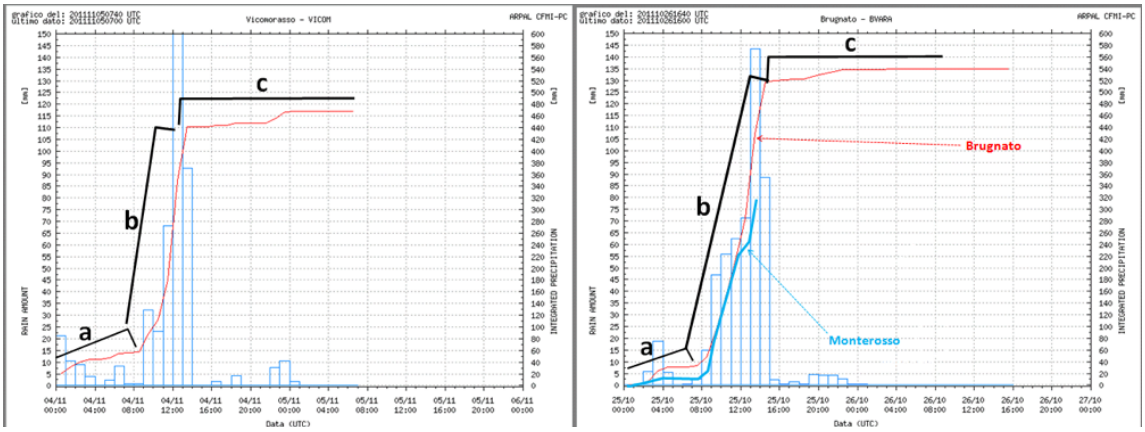
È quindi in tali contesti che è necessario realizzare sistemi di monitoraggio pluviometrico che possano "intercettare" in tempo reale l'evento pluviometrico avverso, caratterizzato da molte decine di millimetri di pioggia in un'ora, con durata complessiva anche di alcune ore, e che consentano di emettere un "Allarme Idrologico Immediato".

Tali allarmi precoci offrono alle popolazioni coinvolte la possibilità di raggiungere luoghi sicuri, esterni ai prevedibili percorsi delle acque e dei detriti di una alluvione lampo o di una colata detritica.

La ricerca ha messo in evidenza che le piogge tipo nubifragio rilasciate dai *Cumulonimbus*, sono caratterizzate da un pluviogramma dalla tipica morfologia, facilmente individuabile già in fase di registrazione dell'evento piovoso (Fig. 4).

Si distinguono nettamente tre tratti: un tratto "a" che rappresenta la registrazione di una pioggia caratterizzata da pochi millimetri all'ora, praticamente una pioggia "normale", un tratto "b" che rappresenta una verticalizzazione della curva pluviometrica che corrisponde alla pioggia tipo nubifragio rilasciata da *Cumulonimbus,* con diverse decine di millimetri ogni ora, ed infine un tratto "c" corrispondente ad una pioggia normale, dopo che è terminato il nubifragio. Nella quasi totalità dei casi, le registrazioni pluviometriche di eventi tipo nubifragio è possibile individuare questa tipica morfologia della curva.

Fig. 4 A sinistra, l'evento piovoso del 4 novembre 2011 registrato a Vicomorasso, nei pressi del bacino del Rio Fereggiano; a destra le registrazioni del 25 ottobre 2011 a Brugnato e Monterosso (linea azzurra)



Fonte: Fortelli, A., Ortolani, F., & Pagliuca, S.

Un pluviometro che sia in grado di registrare la pioggia precipitata al suolo ogni due-tre minuti consente agevolmente, dopo pochi minuti, di individuare l'inizio del nubifragio la cui durata può variare da alcune decine di minuti a qualche ora.

Trascorsi pochi minuti dalla verticalizzazione del pluviogramma è possibile lanciare l'allarme idrogeologico allo scopo di mettere tempestivamente al sicuro i cittadini. Tale risultato lo si ottiene attraverso l'applicazione del Piano di Protezione Civile Locale che si basa, *in primis*, sulla corretta individuazione delle zone che possono essere interessate dagli eventuali flussi costituiti da onde di piena idrica e/o da flussi detritici.

Il sistema strumentale sul quale si basa l'attivazione dell'Allarme Idrogeologico Immediato deve essere coperto da una fornitura elettrica privilegiata, mediante gruppi elettrogeni e batterie/gruppi di continuità di adeguata potenza e durata, al fine di evitare che durante i nubifragi possa interrompersi il funzionamento delle strumentazioni.

L'attuale stato di conoscenze e di operatività derivante dalla presenza di una rete di monitoraggio pluviometrico consente di:

- individuare le curve pluviometriche riconducibili ad eventi piovosi tipo nubifragio;
- individuare in tempo reale la verticalizzazione della curva registrata da un pluviometro ad elevata frequenza di campionamento;
- stabilire l'intervallo temporale dall'inizio della verticalizzazione della curva pluviometrica decorso il quale è possibile dichiarare che si è in presenza di un evento pluviometrico avente potenzialità di rilevante impatto sul territorio, in termini di innesco di onde di piena e flussi detritici;
- ricostruire, nelle aree devastate da fenomeni idrogeologici conseguenti ad eventi piovosi tipo nubifragio, dopo quanti minuti inizia il coinvolgimento delle diverse aree antropizzate ed urbanizzate nell'onda di piena idrica o da eventuali flussi detritici;
- individuare linee guida per la redazione preventiva di piani di protezione civile locali da attuare, appena lanciato l'allarme idrogeologico immediato, nelle zone che possono essere interessate da onde di piena e flussi detritici;

– elaborare linee guida per la realizzazione di un sistema di allarme idrogeologico immediato e valutarne i relativi costi.

Allo stato attuale, i sistemi di monitoraggio meteorologici satellitari e radar consentono, con un anticipo di alcune ore (*nowcasting*) di individuare le aree entro le quali è verosimile ipotizzare l'innesco e lo sviluppo delle cellule temporalesche.

In questa fase, quando le precipitazioni non sono ancora iniziate o le stesse sono rappresentate da una curva pluviometrica sub orizzontale, può scattare lo stato di preallarme; i *Cumulonimbus* rilasciano la pioggia secondo fasce di territorio ampie da circa 5 a circa 10 km, per cui l'area interessata dall'evento piovoso può essere individuata esattamente solo con le registrazioni pluviometriche al suolo da parte di una fitta rete di pluviometri ubicati strategicamente in relazione alle caratteristiche morfologiche dei bacini idrografici.

Il Sistema di Allarme Idrogeologico deve essere attuato a livello comunale e di bacino idrografico in quanto il percorso dei *Cumulonimbus* può avvenire longitudinalmente o trasversalmente alla direzione di sviluppo dei bacini idrografici.

7.6. Conclusioni

Le criticità ambientali generate dai fenomeni meteo-idrologici estremi sono un aspetto peculiare della quasi totalità del territorio italiano: esse si traducono in un pesante carico finanziario sulla comunità, senza voler prendere in considerazione coloro che, purtroppo, ogni anno entrano nella tragica conta delle vittime.

La studio dei fattori fisici scatenanti e una approfondita analisi statistica in termini di dislocazione spaziale (mappatura geografica) e frequenza di occorrenza (tempo di ritorno), possono fornire elementi estremamente utili per poter strutturare più efficaci strategie di prevenzione, protezione (attiva e passiva) e mitigazione delle conseguenze, consentendo in maniera efficace, e da subito, di perseguire una più efficace salvaguardia della vita umana.

La figura del meteorologo può e deve essere parte integrante di questo complessivo scenario di ricerca in quanto solo essa dispone del bagaglio culturale che consente di poter interpretare ed inquadrare correttamente le fenomenologie atmosferiche estreme, sia sotto l'aspetto previsionale che dal punto di vista dell'analisi a posteriori dei fenomeni estremi.

Bibliografia

Esposito, L., Fortelli, A., & Pasculli, A. (2015). *Eventi meteorologici e stabilità del territorio.* Aracne Editrice.

Fortelli, A. (2021). *Elementi di meteorologia per la progettazione green.* FedOA - Federico II University Press.

Fortelli, A., Ortolani, F., & Pagliuca, S. (2014). *Il sistema di allarme idrogeologico immediato per la mitigazione del rischio prodotto da fenomeni meteorologici intensi nelle aree urbane.* L'Ambiente Antropico.

Fortelli, A., Scafetta, N., & Mazzarella, A. (2016). Local warming in historical center of Naples. In *International Journal of Heat and Technology*, *34*(2), pp. 569-572.

Fortelli, A., Scafetta, N., & Mazzarella, A. (2019). *Nowcasting and real-time monitoring of heavy rainfall events inducing flash-floods: an application to Phlegraean area (Central-Southern Italy).* Nat Hazards.

Sitografia

https://www.isprambiente.gov.it/files2020/pubblicazioni/rapporti/rendis-2020.pdf.
https://www.protezionecivile.gov.it/it/dipartimento/amministrazione-trasparente/interventi-straordinari-e-di-emergenza/emergenze-il-rischio-meteo-idro.

La informiamo, infine, che i contenuti testuali, multimediali e i dati aggregati sul sito **www.protezionecivile.gov.it** sono tutelati dalla licenza Creative Commons Attribuzione 4.0 Internazionale (CC BY 4.0). Fanno eccezione i testi pubblicati in formato integrale nella sezione “Provvedimenti”, di cui il Dipartimento della Protezione Civile non è né proprietario, né titolare, e altri contenuti tutelati da specifiche licenze.

8

ANALISI IDROGEOLOGICA ED AMBIENTALE DELLA PIANA ENDOREICA DEL DRAGONE (IRPINIA) ED IL SUO IMPATTO SULLO SVILUPPO SOCIO-ECONOMICO NEL MERIDIONE D'ITALIA

di Antonio Aquino (MIUR), Sabino Aquino (Università Telematica Pegaso), Michele Ginolfi (Università Telematica Pegaso), Alfredo Trocciola (INGV) e Renato Somma (INGV e CNR-IRISS)

8.1. Introduzione

Lo studio affronta il problema relativo alla riqualificazione ambientale della Piana del Dragone ricadente per la maggior parte nel territorio di Volturara Irpina (Avellino). Si tratta di una delle più ampie aree a deflusso endoreico esistenti nell'Appennino carbonatico meridionale.

Ricerche idrogeologiche hanno accertato che le acque di ruscellamento superficiale vengono smaltite da un unico inghiottitoio (Bocca del Dragone) posto in diretta comunicazione con la falda di base del Monte Terminio-Tuoro.

Questo massiccio montuoso è sede di cospicue emergenze basali, a cui corrispondono rendimenti dell'ordine di 38 l/sec.·Km^2, nettamente superiori a quelli degli altri massicci carbonatici dell'Appennino meridionale.

La Piana del Dragone, per la sua posizione orografica in riferimento al massiccio del Terminio-Tuoro, risulta tributaria dei più grandi gruppi sorgivi dalla stessa emergenti. Pertanto, tale conca endoreica riveste un ruolo di rilevanza interregionale per quanto attiene all'approvvigionamento idrico per uso potabile; alimentando gli importanti gruppi sorgivi gestiti dall'Acquedotto Pugliese S.p.A. (sorgenti di Cassano Irpino), dall'Azienda Acqua Bene Comune Napoli S.p.A. (Sorgenti del Serino) e dall'Azienda Alto Calore Servizi S.p.A. di Avellino (sorgenti di Cassano Irpino, sorgenti di Sorbo Serpico, sorgenti Alte del Calore e sorgente Baiardo). Complessivamente tutte queste sorgenti erogano in media annua circa 5.000 l/sec. e garantiscono l'approvvigionamento idropotabile ad oltre due milioni di persone in due regioni del meridione d'Italia (Campania e Puglia).

La vulnerabilità all'inquinamento del predetto massiccio, e in modo particolare della Piana del Dragone, è molto elevata per la presenza di una circolazione idrica sotterranea veloce essendo le scaturigini, come già innanzi evidenziato, in diretta comunicazione con l'inghiottitoio tramite grossi canali carsici. Se ora si fa riferimento al tipo di acque che vengono immesse nell'inghiottitoio (provenienti da fogne e/o dal ruscellamento superficiale, che dilavamento di zone di pascolo bovino, equino, caprino e suino e da zone agricole in cui utilizzati pesticidi, fitofarmaci e diserbanti), si rende subito conto che, nella Conca del Dragone, esiste già un importante fenomeno di inquinamento, che col tempo può interessare anche le sorgenti. Gli Enti che gestiscono gli acquedotti non hanno lamentato tali criticità, ma è anche vero che, spesso, quando esiste la diluizione in falda (come nel caso specifico), l'effetto dell'alterazione qualitativa delle acque sotterranee si manifesta dopo molto tempo dall'avvio del fenomeno. Basti considerare, a tal proposito, che l'inquinamento non è ancora arrivato alle sorgenti, ma ha già interessato un pozzo realizzato da alcuni decenni in località "Vallone Oscuro"e che è stato messo fuori esercizio da diversi anni per la presenza di clostridi (batteri Gram-positivi indicatori di inquinamento remoto). In ogni caso, l'attuale equilibrio risulta decisamente instabile e non si può escludere che, col passare del tempo, si possa verificare un accumulo in falda degli inquinanti presenti nelle acque che si immettono nella Bocca del Dragone.

Foto 1 Griglia installata in corrispondenza dell'inghiottitoio della bocca del Dragone – Volturara Irpina (Av)

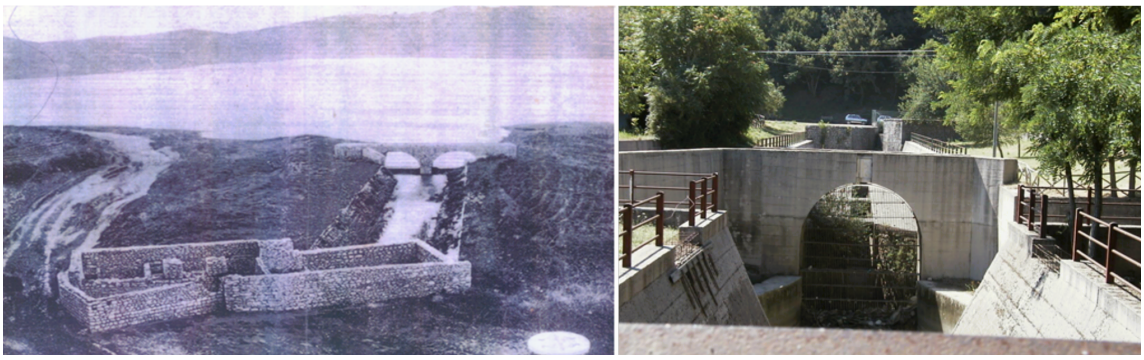


Fonte: Aquino S., 2009

Tale situazione risulterebbe pressoché irreversibile, tenuto conto che, se l'accumulo di inquinanti è avvenuto così lentamente, altrettanto tempo potrebbe occorrere per la bonifica e l'eventuale risanamento dell'acquifero. Poichè la qualità delle

sorgenti di Cassano Irpino, di Serino, di Sorbo Serpico e di Baiardo è così importante e, nello stesso tempo, l'acquifero che le alimenta è così vulnerabile, risulta necessario e indispensabile intervenire preventivamente per consentire l'eliminazione di tutti gli agenti inquinanti che giungono attualmente, attraverso le acque in corrivazione sulla piana, all'inghiottitoio. Ciò può avvenire mediante la realizzazione di oculati e razionali interventi mirati alla bonifica e al risanamento ambientale dell'intero bacino imbrifero della Piana del Dragone.

Foto 2 Opere a presidio dell'inghiottitoio della Piana del Dragone (primi '800) Canale d'ingresso all'Inghiottitoio carsico allo stato attuale



Fonte: Archivio di Stato Avellino (Aquino S., 2009)

8.2. Geologia e Morfologia

La Piana del Dragone (Fig. 1), nel comune di Volturara Irpina (Av), occupa una posizione baricentrica nell'ambito della struttura montuosa del Terminio-Tuoro e presenta un bacino imbrifero la cui estensione è pari a circa 60 Km^2. Essa è compresa tra i massicci carbonatici dei Monti Serrapullo La Foresta, Tuoro, Cerreta, Faggeto, Costa, Calcara D'Alessio e Terminio che, costituiscono la più ampia catena montuosa dei Monti Picentini.

Sotto l'aspetto geologico, tale massiccio montuoso rientra nella Catena Appenninica meridionale, costituente una struttura a falde generatasi a partire dal Miocene inferiore-medio. In particolare, in corrispondenza del gruppo comprendente i Monti Cervialto, Terminio e Tuoro, si ha l'affioramento della porzione giurassico-cretacica di piattaforma carbonatica correlabile all'Unità stratigrafica Alburno-Cervati p.p. che, nell'area oggetto del presente studio, passa ad associazioni di ambiente di scarpata carbonatica datate Triassico-Cretacico e del Paleocene superiore, che sono state raggruppate nell'Unità dei Monti Cervialto-Terminio-Tuoro. Tale unità è costituita dall'affioramento, dal più antico al più recente, di termini dolomitici, calcareo-dolomitici e calcarei. Dal punto di vista strutturale, il massiccio carbonatico dei Monti Terminio-Tuoro costituisce un horst a forma quadrangolare e giacitura monoclinalica, limitato da faglie e separato dal graben interno della Piana del Dragone, che comprende una potente pila di materiali litoidi ad assetto omogeneo e ingloba dolomie tettonizzate passanti a calcari fratturati e/o carsificati, poggianti su alternanze arenaceo-argillose-marnose ascrivibili alle unità della piattaforma abruzzese-campana e a quelle lagonegresi ai cui margini, ribassate da

faglie dirette o sovrapposte ai calcari, si rinvengono formazioni arenaceo-argillose ascrivibili alle Unità Irpine ed alle Argille Varicolori.

Fig. 1 Bacino idrografico della Piana del Dragone



Legenda:
1. Delimitazione bacino idrografico;
2. Campo pozzi ad uso idropotabile;
3. Pozzo Vallone Oscuro;
4. Centro abitato del Comune di Volturara Irpina (Av)

Fonte: Ginolfi, 2021

Infine, le unità tettoniche di cui sopra sono ricoperte da una coltre di depositi quaternari recenti che hanno addolcito le pendenze, colmato le depressioni e contribuito alla formazione di una cospicua coltre humica. Si tratta generalmente di terreni di origine vulcanica aventi vario spessore (piroclastiti, paleosuoli, pomici, lapilli ecc.) attribuibili alle manifestazioni parossistiche dell'apparato vulcanico Somma-Vesuvio-Campi Flegrei.

La morfologia dell'area di interesse è caratterizzata dall'alternarsi di paesaggi accidentati in corrispondenza dei litotipi più resistenti all'erosione e da morfologie più dolci sui litotipi più erodibili.

In aggiunta, l'azione operata della tettonica ha determinato la formazione di fasce a diversa orientazione, di minor resistenza all'erosione selettiva rispetto alle zone di affioramento dei calcari mesozoici meno tettonizzati, determinando un arretramento molto marcato dei versanti perimetrali dei rilievi riducendoli in lembi ristretti o poco estesi.

Foto 3 Monti Picentini



Fonte: Aquino S., 2007

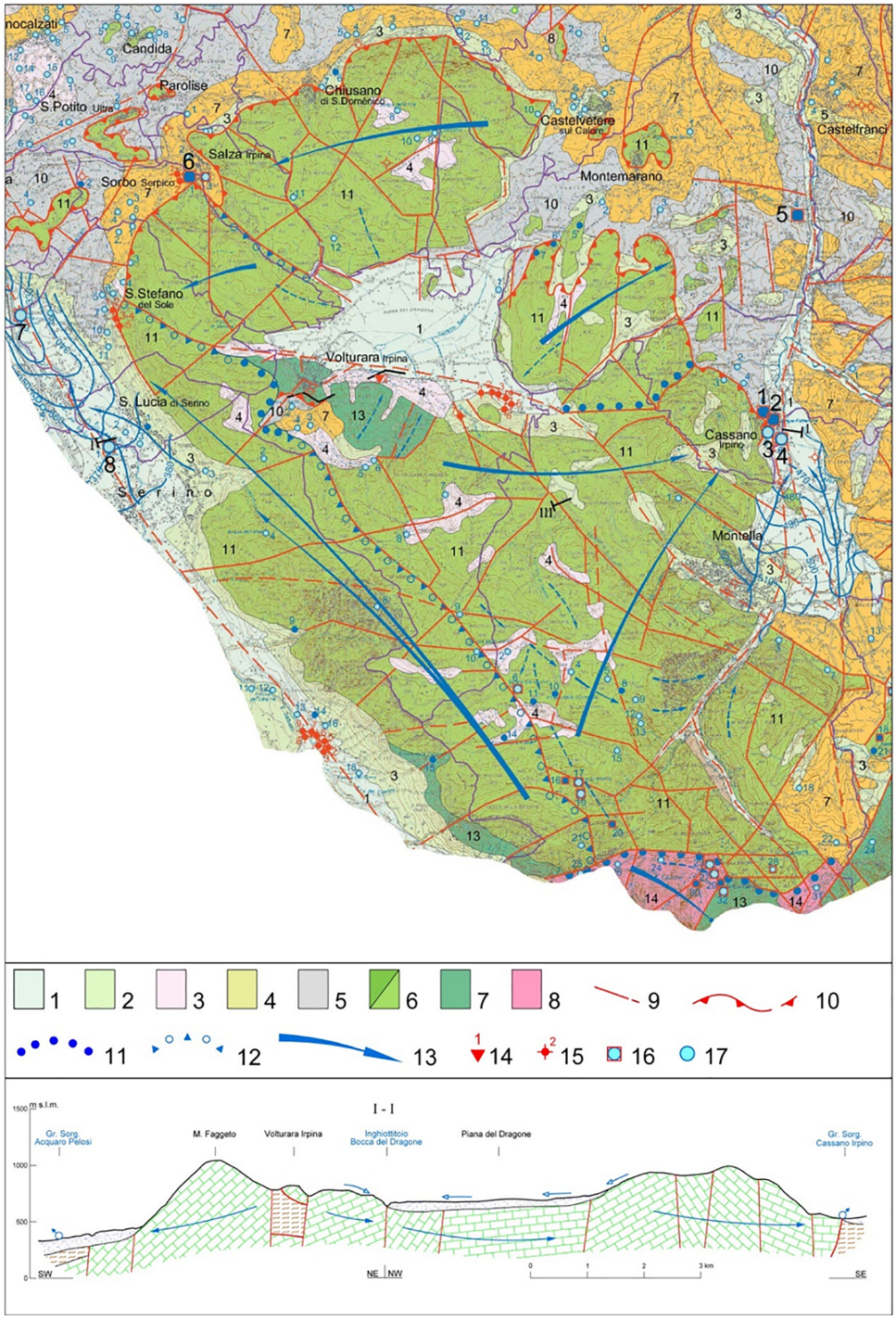
Agli incroci degli elementi strutturali più importanti si rinvengono grandi conche a fondo piatto, racchiuse fra rilievi più o meno elevati, nelle quali sono stati depositati sia detriti eluviali che tufi vulcanici rossastri, entrambi soggetti a fenomeni di argillificazione. In corrispondenza delle aree di affioramento dei termini flyschoidi che bordano le strutture carbonatiche mesozoiche si hanno, invece, rilievi collinari generalmente molto meno elevati e caratterizzati da morfologie dolci, mentre, solo localmente, dove si ha la prevalenza di termini calcarei e dolomitici, sono presenti dei pendii piuttosto acclivi caratterizzati da aspre morfologie.

8.3. Idrodinamica sotterranea

Il massiccio carbonatico del Terminio-Tuoro (Fig. 2) accoglie acquiferi sotterranei di pregiate qualità chimico-fisiche e organolettiche e di notevolissima potenzialità idrica che alimentano importanti gruppi sorgivi basali. Pertanto tale idrostruttura, assume un ruolo strategico nell'ambito della gestione e del coordinamento di diversi e importanti sistemi idrici dell'Italia meridionale.

Nell'ambito del più ampio sistema montuoso dei Picentini, tale idrostruttura è caratterizzata da una evidenza morfologica piuttosto netta, in quanto separata dal resto dei rilievi dal fiume Sabato a Sud-Ovest e dal fiume Calore ad Est. Oltre che morfologicamente, il massiccio appare ben delimitabile anche sotto il profilo idrogeologico.

Fig. 2 Carta idrogeologica del massiccio Terminio-Tuoro



Legenda: 1: Complesso alluvionale; 2: Complesso detritico-eluviale; 3: Complesso piroclastico; 4: Complesso arenaceo-argilloso-marnoso; 5: Complesso argilloso; 6: Complesso calcareo; 7: Complesso calcareo-dolomitico; 8: Complesso dolomitico; 9: Faglie di interesse idrogeologico; 10: Sovrascorrimenti di interesse idrogeologico; 11: Spartiacque sotterranei chiusi; 12: Spartiacque sotterranei aperti; 13: Direzione preferenziale di flusso della falda di base; 14: Principali inghiottitoi; 15: Pozzi ad uso idropotabile; 16: Sorgenti captate; 17: Sorgenti non captate.

Fonte: Aquino S. *et al.*, 2006 modificata

In tutti i settori, eccetto quello meridionale, importanti fenomeni tettonici, connessi ad una tettonica compressiva (versanti settentrionali), mettono i rilievi a contatto con materiali arenaceo-argillosi scarsamente permeabili. A Sud-Ovest il contatto tettonico è ricoperto dai depositi alluvionali del fiume Sabato. Nel settore meridionale, infine, il limite idrogeologico è segnato dal contatto, anch'esso tettonico, tra la serie prevalentemente calcarea del M. Terminio e le dolomie del più meridionale rilievo del M. Accellica. Le dolomie, che si presentano sovente allo stato farinoso, sono caratterizzate da una permeabilità medio-bassa, mentre nei calcari la permeabilità, già alta per il grado di tettonizzazione dei litotipi, risulta esaltata dalla presenza di un fenomeno carsico molto evoluto. Nel massiccio si realizzano condizioni idrogeologiche tali da ritenere che questo sia privo di significative interconnessioni idrogeologiche con il resto dei Monti Picentini. Le buone caratteristiche di permeabilità delle rocce che costituiscono il massiccio consentono, inoltre, un'elevata infiltrazione delle acque meteoriche, che vanno ad alimentare un'attiva circolazione idrica sotterranea.

Tab. 1 Principali sorgenti del massiccio Terminio-Tuoro. N: numero indicato nella carta idrogeologica di Fig. 2

N.	Sorgente	Quota(m s.l.m.)	Portata media/annua(l/s)
1	Pollentina	475	935
2	Bagno della regina	478	1080
3	Peschiera	475	250
4	Prete	474	243
5	Baiardo	446	250
6	Sauceto-Titomanlio	462	120
7	Urciuoli	330	1300
8	Acquaro-Pelosi	380	1000

Fonte: Aquino S. *et al.*, 2001

All'interno del massiccio, come già innanzi detto, è presente un'estesa depressione tettonico-carsica denominata Piana del Dragone che costituisce un importante zona di alimentazione degli importanti gruppi sorgivi che scaturiscono dalla predetta struttura montuosa. In tale conca affiorano, oltre ai litotipi calcarei, i depositi argillosi, i depositi detritico-alluvionali e fluvio-lacustri, questi ultimi di origine piroclastica. Le acque di ruscellamento superficiale, ricadenti nell'ambito del bacino endoreico, vengono smaltite dall'inghiottitoio Bocca del Dragone, ubicato in corrispondenza del margine meridionale della piana, da cui tramite canalizzazioni carsiche raggiungono, come recapito ultimo, le sorgenti di Cassano Irpino. La formazione di un lago stagionale, nell'area di piana della conca del Dragone più prossima all'inghiottitoio, è connessa con la presenza di un sistema carsico avente limitata capacità di assorbimento (circa 0,5 m^3/sec, Aquino S. *et al.*, 2006) insufficiente a smaltire l'intero volume d'acqua (in media, $20 \cdot 10^6$ m^3/a) affluente verso

l'inghiottitoio (Celico & Russo, 1981). A tale volume, corrispondente alle aliquote di ruscellamento superficiale, andrebbero inoltre aggiunti i volumi idrici sotterranei della falda circolante nei depositi piroclastici di piana ed il volume di acque reflue derivante dal sistema fognario di Volturara Irpina. Su circa 4300 ettari di estensione della Piana, circa 200 ettari vengono occupati, durante la stagione delle piogge, dalle acque meteoriche che originano un lago a carattere stagionale.

Foto 4 Alluvionamenti nella Piana del Dragone



Fonte: Aquino S., 2018

Una consistente aliquota di queste acque, attraverso il complesso e articolato circuito carsico sotterraneo, viene poi immessa lentamente nel sottosuolo andando ad alimentare gli acquiferi presenti nell'intera idrostruttura del Terminio-Tuoro. Prove con traccianti (Celico *et al.*, 1982), effettuate con l'utilizzo di fluoresceina, hanno confermato l'esistenza di un collegamento tra l'inghiottitoio e le sorgenti di Cassano Irpino. Il tracciante, immesso in corrispondenza della Bocca del Dragone, venne rinvenuto, entro i primi otto giorni, alle sorgenti di Cassano Irpino.

Nessun tracciante venne, invece, rilevato alle sorgenti di Serino. Tale risultato ha indirettamente confermato la difficoltà delle acque di infiltrazione secondaria a defluire verso quest'ultimo gruppo di sorgenti riconducibile alla presenza di diverse discontinuità tettoniche, localizzate ai margini della piana del Dragone, che ostacolano il naturale deflusso delle acque verso Ovest. Una seconda prova per accertare il predetto collegamento idraulico venne eseguita utilizzando come tracciante il bromuro di potassio (Galasso *et al.*, 1991). La prova consisteva nel praticare per alcuni giorni l'emungimento da un pozzo profondo, distante circa 1,5 Km dall'inghiottitoio denominato "Bocca del Dragone", in modo tale da creare un cono di depressione nella falda, favorendo il richiamo di acque dalle zone limitrofe al pozzo stesso.

Foto 5 Sorgente Pollentina di Cassano Irpino (Avellino)



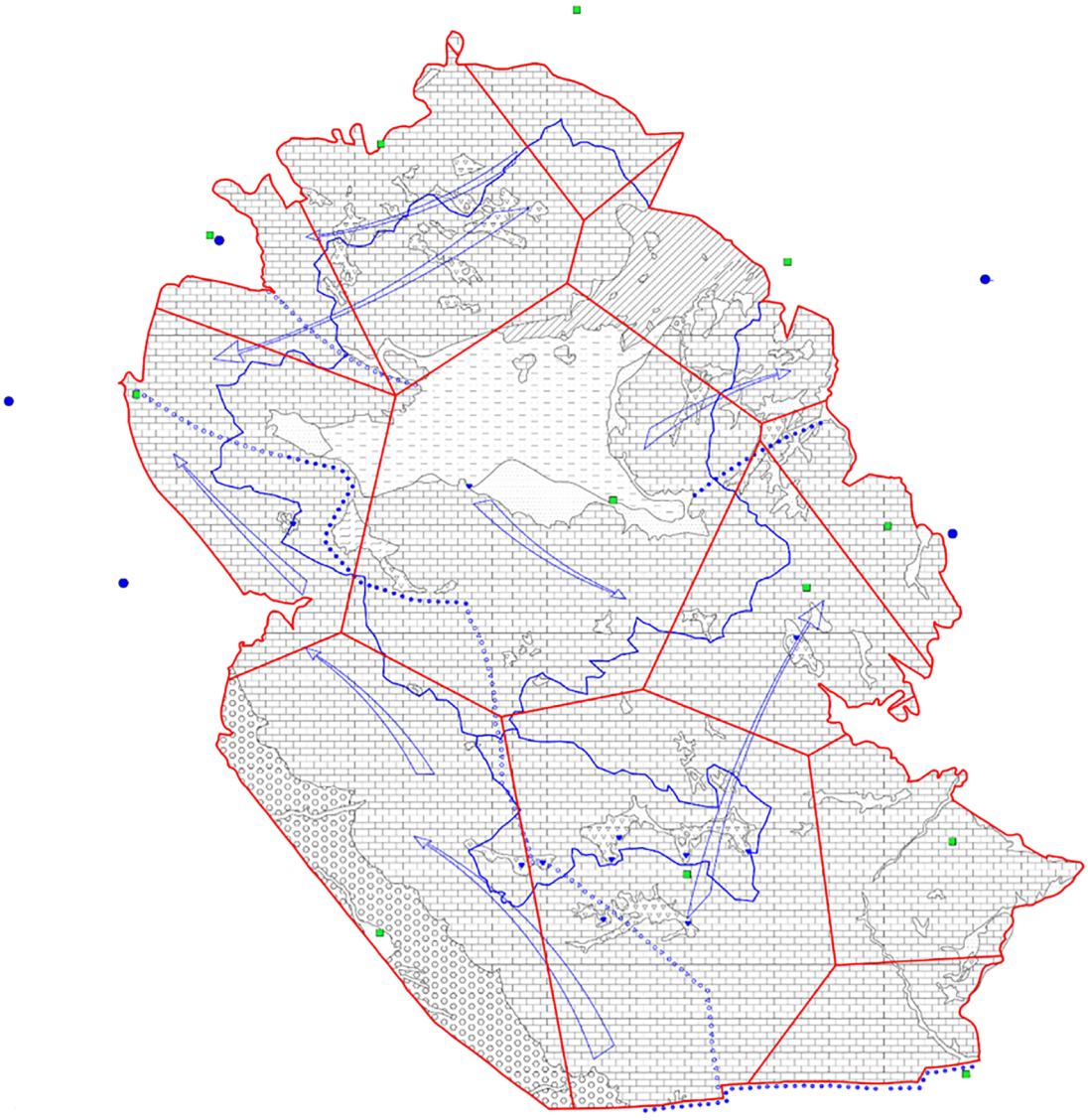
Fonte: Aquino S., 2021

In seguito, vennero immessi alcuni chili di bromuro di potassio, sciolti in acqua all'interno della Bocca del Dragone e, successivamente, venne determinato il quantitativo di bromuri presenti nelle acque del pozzo. Attraverso una misura effettuata dopo 4 ore e 15 minuti dall'immissione della soluzione furono rilevate apprezzabili concentrazioni di bromuri. Ciò dimostra un elevato valore di trasmissività del sottosuolo nei confronti delle acque che si immettono all'interno della Bocca del Dragone in tale direzione. L'elevata velocità media, pari a 10 cm/sec, riscontrata durante l'esecuzione della prova ha lasciato presupporre l'esistenza di condotti preferenziali di drenaggio. Data la complessità idrogeologica dell'area e lo scenario antropico locale si può dunque affermare che le sorgenti di Cassano Irpino sono soggette ad un elevato rischio di inquinamento (Celico *et al.*, 1982). Il fatto che non si siano manifestati, fino ad oggi, fenomeni di contaminazione è evidentemente dovuto all'elevato ruolo di diluizione esercitato dalla falda di base. Nel corso delle indagini e dei rilievi effettuati in sito si è potuto accertare, con apposite misure della superficie piezometrica, che all'interno della Piana è possibile individuare due distinte circolazioni idriche sotterranee. Una superficiale, a carattere stagionale e di scarso rilievo idrogeologico, circolante all'interno dei materiali di origine vulcanica e alluvionale rappresentati da materiale piroclastico incoerente o leggermente argillificato e depositi limnopalusti (quaternari), con la presenza di una falda idrica localizzata a circa 10/15 metri di profondità dal piano di campagna. L'altra, di notevole potenzialità idrica con eccellenti parametri qualitativi, è presente all'interno dei calcari con una falda idrica individuabile ad una profondità variabile in funzione dell'andamento del substrato carbonatico e che, generalmente, può variare dai 140 ai 180 metri di profondità dal piano di campagna. L'estrema eterogeneità della roccia fratturata e carsificata implica che gli stessi fenomeni di contaminazione connessi con la Piana del Dragone possano interessare, data la ridotta distanza dall'inghiottitoio, il vicino campo pozzi di Volturara Irpina, soprattutto quando è in fase di esercizio. In ogni caso, l'esecuzione di eventuali interventi finalizzati alla salvaguardia qualitativa delle acque sotterranee devono tener conto che l'alimentazione secondaria derivante dal sistema carsico della conca del Dragone contribuisce alla potenzialità globale della risorsa. Pertanto, il semplice intervento di allontanamento totale delle acque dalla piana inciderebbe sensibilmente sul rendimento delle sorgenti di base.

8.4. Bilancio idrologico del massiccio del Terminio-Tuoro

Ai fini della valutazione della potenzialità idrica dell'area, è stato redatto un bilancio idrologico riferito all'intera struttura carbonatica del Terminio-Tuoro, volto alla determinazione dei volumi di infiltrazione all'interno del massiccio. A tal fine, si è proceduto al reperimento dei diversi dati idrologici forniti dalle stazioni pluviometriche e termometriche afferenti al Centro Funzionale Multirischi della Protezione Civile della Campania. La distribuzione dei dati termici e pluviometrici segue le leggi lineari di correlazione a cui si fa riferimento nell'ambito dell'elaborazione del bilancio idrologico. Attraverso l'implementazione dei dati meteoclimatici all'interno di un GIS si è proceduto all'applicazione del metodo del bilancio idrologico con reticolo di Thiessen (Fig. 3).

Fig. 3 Schema idrogeologico del massiccio Terminio-Tuoro con sovrapposizione del reticolo di Thiessen



Fonte: Aquino S. *et al.*, 2001

Successivamente sono state stimate la lama di precipitazione medio-annua e, attraverso l'applicazione della formula di Turc, quella, sempre medio-annua, di evapotraspirazione reale. Ai fini della determinazione dei volumi di infiltrazione sono stati determinati, per ciascun complesso idrogeologico individuato, i valori del coefficiente di infiltrazione potenziale (C.I.P.), tenendo debita considerazione delle aree endoreiche per le quali questo assume un valore pari al 100%. Mediamente, invece, il valore del C.I.P., in relazione ai complessi idrogeologici presenti, si attesta intorno al 95%.

I dati inerenti le uscite dal massiccio sono stati ricavati mediante il reperimento dei valori di portata emunti attraverso le captazioni dei principali gruppi sorgivi e pozzi presenti, unitamente alle portate delle sorgenti minori non captate. Nella tabella seguente sono riportati i risultati del bilancio idrologico.

Tab. 2 Quadro riassuntivo dei dati del bilancio idrologico del massiccio Terminio-Tuoro

Entrate(10^6 m^3/a)	Uscite(10^6 m^3/a)	Scarto %
188,85	190,16	0,7

Fonte: Aquino S. *et al.*, 2001

Dai risultati ottenuti dall'implementazione del bilancio è stato possibile stimare un rendimento medio unitario del massiccio del Terminio-Tuoro pari a circa 38 l/sec.·Km^2, il che lo rende uno dei massicci carbonatici più produttivi dell'Italia centro-meridionale (Celico, 1983).

8.5. Aspetti qualitativi delle acque

Dal punto di vista chimico-fisico le acque sotterranee del Monte Terminio-Tuoro sono classificabili come bicarbonato-calciche ed assumono il tipico profilo chimico di quelle circolanti in terreni carbonatici (Aquino, S. *et al.*, 2001). Chiaramente, dal punto di vista idro-chimico, le acque delle sorgenti di alta quota sono caratterizzate da una minore salinità rispetto a quelle delle sorgenti basali, ciò in conseguenza del fatto che hanno dei ridotti tempi di contatto con la roccia serbatoio.

Anche se le sorgenti alimentate dalla falda di base conservano lo stesso tipo di facies idrochimica (quella bicarbonato-calcica), è possibile riscontrare alcune differenziazioni. La sorgente Baiardo, ad esempio, è caratterizzata da un maggiore contenuto di ioni alcalini (Na e K), riconducibile in parte al fenomeno di lisciviazione dei terreni flyschoidi con cui le acque sotterranee vengono a contatto nella zona di emergenza. L'arricchimento in sodio e potassio è riscontrabile nei punti di campionamento ubicati in corrispondenza del versante Nord-orientale del massiccio. La presenza dei suddetti elementi anche nelle acque sorgive di Acquaro-Pelosi è legata, invece, all'interazione tra le acque sotterranee e i livelli limo-argillosi presenti nella successione alluvionale dell'alta valle del Sabato. Le sorgenti del gruppo Cassano Irpino presentano anch'esse una sostanziale affinità idrochimica con acque bicarbonato-calciche, sia pure con qualche variazione in termini di chimismo, dovuta probabilmente alle diverse condizioni locali di emergenza delle acque sotterranee (Corniello, 1996).

Tab. 3 Caratteristiche fisico-chimiche delle principali sorgenti del massiccio del Terminio-Tuoro

Sorgente	T° °C	PH	°dh °F	E.C. µS/cm	Na mg/l	K mg/l	Mg mg/l	Ca mg/l	HCO_3 mg/l	F mg/l	Cl mg/l	NO_3 mg/l	SO_4 mg/l
Sauceto Titomalio	11,0	7,2	18,3	390	10,12	6,75	3,016	68,34	233,02	0,305	12,9	7,28	6,1785
Baiardo	13	7,4	17,5	386	9,424	6,542	10,45	52,83	220,14	0,337	13,05	8,81	8,8406
Urciuoli	11	7,2	19,8	370	7,346	4,408	8,528	65,32	213,5	0,212	11,87	11,6	9,4597
Pollentina	10	7,7	17,6	351	8,345	5,382	5,091	62,09	219,23	0,151	3,043	1,72	1,7172
Bagno della Regina	11	7,6	14,8	335	4,929	3,019	2,913	54,55	185,81	0,122	6,693	5,07	3,0238
Acquaro Pelosi	11	7,3	21,2	370	6,252	3,602	12,21	64,61	237,9	0,171	10,95	7,06	8,8324

Fonte: Aquino S. *et al.*, 2001

Le acque sotterranee prelevate dai vari campi pozzi (Fontana dell'Olmo, S. Stefano del Sole e Volturara Irpina) presentano un profilo idrochimico simile a quello delle sorgenti. In qualche caso, i più bassi valori di Ca e HCO_3 sono dovuti al fatto che gli stessi punti di prelievo risultano ubicati a qualche chilometro di distanza dalla zona di emergenza naturale delle acque sotterranee, ossia in zone dove la falda, a parità di altre condizioni, risulta naturalmente meno mineralizzata. In considerazione dell'anzidetta variabilità del grado di mineralizzazione delle acque con la quota topografica si osserva, inoltre, un incremento della durezza totale al decrescere dell'altezza di prelievo. Ricerche di carattere microbiologico (Esposito, 2001), eseguite sulle acque delle sorgenti di Serino, hanno accertato la presenza di un buono stato qualitativo delle acque. Tuttavia permangono seri rischi di inquinamento, soprattutto se si considerano le condizioni antropiche esistenti a monte dell'area sorgiva e le possibili interazioni tra le sorgenti, la falda di piana e le acque superficiali del fiume Sabato. Data la presenza di circuiti relativamente più brevi e veloci, le sorgenti d'alta quota (Candraloni, Scorzella, Troncone, Tronconcello, Acqua delle Giumente, ecc.) presentano un minore grado di mineralizzazione (TDS compreso tra 203 e 214 mg/l), rispetto alle sorgenti basali (TDS variabile da 220 a 275 mg/l) e valori relativamente più bassi di temperatura, variabili tra 6,5 e 8,5 °C (Calcaterra *et al.,* 1994). In particolare, per alcune sorgenti d'alta quota poste nei dintorni di Verteglia (Calcaterra *et al.*, 1994; Allocca, 2004), la conducibilità elettrica è risultata variabile da 170 a 300 µS/cm, in accordo con la presenza di circuiti idrici sotterranei veloci e tempi di contatto acqua-roccia particolarmente ridotti. Il rapporto rMg/rCa è in genere minore di 0,47 ciò conferma, da un punto di vista idrogeochimico, la separazione delle acque dell'unità idrogeologica del Terminio-Tuoro da quella del M. Accèllica. Inoltre, l'arricchimento in ioni alcalini riscontrabile nella sorgente Candraloni è ascrivibile al fenomeno di lisciviazione dei depositi piroclastici che colmano l'ampia conca endoreica del piano d'Ischia, posta in comunicazione con la stessa scaturigine. La presenza di attività di pascolo a carattere stagionale, comporta, per diverse sorgenti ricadenti nel settore di Verteglia, un articolato e complesso fenomeno di contaminazione microbica, di origine

fecale; fenomeno che risulta di entità estremamente variabile nel corso dell'anno idrologico ed influenzato, amplificato ed inibito da diversi fattori idrogeologici ed ambientali locali (Allocca, 2004). Infine è opportuno sottolineare che le sorgenti di alta quota, pur alimentate essenzialmente da acque di ruscellamento superficiale, sono caratterizzate da trascurabili contenuti di ioni nitrato, dovuti alla scarsa urbanizzazione dell'area di alimentazione; invece, lievi incrementi di NO_3 rinvenuti per alcune sorgenti emergenti ad alta quota sono da attribuire alla presenza occasionale di bovini.

8.6. Criticità ambientali connesse agli agenti inquinanti e interventi di salvaguardia

Le risorse idriche contenute nel sottosuolo del comprensorio Irpino, da sempre captate per vari usi (potabile, irriguo e industriale) costituiscono una fondamentale risorsa alla quale le regioni Campania e Puglia devono buona parte del loro sviluppo; l'importanza di questi acquiferi è evidente se si pensa che i più grandi acquedotti del meridione d'Italia traggono alimentazione da questi. Tuttavia, la qualità delle acque sotterranee è in graduale peggioramento a causa dell'elevato numero di insediamenti, civili ed industriali, della massiccia presenza di allevamenti zootecnici, dell'agricoltura intensiva, del completamento delle reti fognarie e, quindi, dell'elevato numero di punti di scarico non collettati, e, infine, della mancata bonifica di terreni inquinati. È stato rilevato, in particolare, in vaste aree dell'alta pianura e nelle piane endoreiche, un aumento della concentrazione dei nitrati che spesso superano il limite di 50 mg/l, imposto dal D.Lgs. 31/2001. Nell'ambito del presente studio, dall'analisi integrata dei dati geologici, idrogeologici, geochimici e microbiologici, reperiti nell'arco dell'ultimo ventennio, sono state approfondite le relazioni che legano i fattori di propagazione degli agenti inquinanti all'interno dei corpi idrici sotterranei alimentati dalle acque che vengono accolte dalla Piana endoreica del Dragone in tenimento di Volturara Irpina (Av). Le indagini eseguite hanno consentito di verificare un potenziale rischio di contaminazione degli acquiferi profondi connesso alla elevata vulnerabilità all'inquinamento della Piana del Dragone. Alla luce delle caratteristiche idrodinamiche innanzi illustrate è necessario che venga avviata una scrupolosa pianificazione delle attività che avvengono all'interno bacino endoreico. Si dovrà puntare al ripristino degli originari naturali e delicati equilibri idrogeologi attraverso il controllo territoriale con la realizzazione di opere ed interventi finalizzati alla protezione delle acque superficiali e degli acquiferi profondi. Ciò sarà possibile tenendo in debita considerazione che la riqualificazione ambientale della Piana travalica i confini dei singoli territori comunali ed investe direttamente il comprensorio dell'intero bacino imbrifero e la rimozione delle "cause del degrado" che possono sinteticamente riassumersi:

– Individuazione di sistemi fognari per il collettamento dei reflui civili, in particolare quelli provenienti dalle case rurali e dalle attività produttive sparse nella piana. Realizzazione di una rete fognaria, completa di impianti di trattamento di reflui, a servizio degli agglomerati periferici e delle diverse case rurali ricadenti nell'intero bacino imbrifero (Comuni di Volturara Irpina, Montella, Cassano Irpino, Montemarano, Serino e Sorbo Serpico) che, attualmente,

convogliano i propri reflui all'interno di pozzi neri o di vasche di raccolta. Individuazione di idonei sistemi di trattamento biologico per l'abbattimento del carico inquinante delle acque di ruscellamento della piana. Realizzazione di sistemi di monitoraggio e disinfezione delle acque defluenti all'interno dell'inghiottitoio al fine di valutarne le caratteristiche chimico-fisiche prima della loro immissione all'interno dell'inghiottitoio e, quindi, dell'acquifero;
- Sistemazione e bonifica, con i relativi interventi di manutenzione ordinaria, del canale che raccoglie le acque in corrivazione sulla piana e dell'intera area ove è ubicato l'inghiottitoio carsico;
- Sistemazione ed ampliamento della vasca di decantazione esistente nell'ambito della Piana del Dragone;
- Promozione di azioni di riconversione delle attività produttive inquinanti, agricole e zootecniche, incentivandone altre di tipo biologico. Attivazione di un protocollo di controllo delle attività colturali e agricole in atto tendente alla drastica riduzione dell'uso di concimi chimici, pesticidi e diserbanti e finalizzato all'attivazione dei contributi previsti dai vigenti regolamenti UE;
- Realizzazione di una rete di monitoraggio per il reperimento in tempo reale dei dati necessari per la valutazione degli aspetti qualitativi e quantitativi della risorsa idrica, sia profonda che superficiale, al fine di avere una corretta gestione del patrimonio idrico, con particolare attenzione allo sfruttamento e all'inquinamento dell'acquifero nella sua interezza.

In definitiva, gli acquiferi presenti nel massiccio carbonatico del Terminio-Tuoro alimentati tra l'altro, dalla piana endoreica del Dragone, rivestono un ruolo strategico nell'ambito della gestione e del coordinamento di diversi sistemi idrici dell'Italia meridionale e costituiscono una fondamentale risorsa sostenibile alla quale le regioni Campania e Puglia devono buona parte del loro sviluppo socio-economico. Attraverso i diversi gruppi sorgivi, complessivamente, i predetti corpi idrici sotterranei erogano in media annua una portata idrica di circa 5.000 l/sec. che permette agli enti gestori degli acquedotti di ricavare centinaia di milioni di euro di utili con propri bilanci sempre in attivo. A ciò vanno anche aggiunti i costi sostenuti per la realizzazione, la manutenzione e la gestione delle opere idrauliche ed igienico sanitarie per l'utilizzo delle risorse idriche.

Bibliografia

Aquino, S. (1999). Rete di monitoraggio per la valutazione e la salvaguardia delle risorse idriche dell'acquifero carbonatico del Terminio – Tuoro (Irpinia). In *Economia Irpina*, 2/99, Avellino.

Aquino, S. (2000). *Riflessioni sul degrado ambientale del fiume Calore (Campania)* In *Economia Irpina*, Anno XXXVIII n. 3-4.

Aquino, S. (2001). *Protezione e gestione delle risorse idriche del massiccio carbonatico del Terminio – Tuoro (Irpinia) mediante l'analisi dei dati meteoclimatici acquisiti dalla rete di monitoraggio.* Atti della tavola rotonda "Acque del terzo millennio" – Castellana Grotte (BA) – 31 marzo 2001.

Aquino, S. (2002). *Il fiume Sabato: analisi idrogeologica, degrado ambientale e interventi di risanamento.* In *Economia Irpina,* Anno XL n. 3-4.

Aquino, S., Esposito, V., Aquino, A. M. e Fabbrocino, S. (2001). *Idrogeologia del massiccio carbonatico del Terminio – Tuoro (Campania).* Lavoro eseguito nell'ambito del P.O.M. 940026/I/1.

Aquino, S., Allocca, V., Esposito, L., & Celico, P. (2006). *Risorse Idriche della Provincia di Avellino.* Casa Editrice Arti Grafiche Cinque.

Bendrocchio, G., Bixio, V., & Giardini, L. (1994). *Sperimentazione sul drenaggio controllato per la riduzione dei rilasci di fitonutrienti ed erbicidi nelle acque.* Relazione tecnico-scientifica dell'attivitrà svolta nel 1993 dal Consorzio di Bonifica Pedemontano Sinistra Piave, Conegliano.

Berretta, P. G. (1999). *Lo stato dell' arte della bonifica di terreni e acque sotterranee:dal pozzo di spurgo al monitoraggio dell' attenuazione naturale,* Pubblicazione GNDCI-CNR n. 2000. Atti del 3° Convegnon Nazionale sulla protezione e gestione delle acque sotterranee per il III Millennio-Parma 13/15 Ottobre 1999.

Calcaterra, D., De Riso, R., Ducci, D., Santo, A., & Aquino, S. (1994). *Analisi dell'idrodinamica di mezzi carsici mediante uso integrato dei dati: un esempio nel settore SE del M. Terminio (Appennino Meridionale).* Atti IV Conv. Inter. Di Geoingegnria "Difesa e Valorizzazione del Suolo e degli Acquiferi" 10-11 marzo 1994 – Politecnico di Torino.

Celico, F., Aquino, S., Esposito, L., Guida, M., & Cirillo, R. (1996). La propagazione in falda degli inquinanti idroveicolati, in relazione alla morfologia della superficie piezometrica. In *L'Acqua – Rivista dell'Associazione Idrotecnica Italiana*, *IV*.

Celico, F., Celico, P., & Aquino, S. (1994). *Il metodo DRASTIC mc nella prevenzione dell'inquinamento delle risorse idriche sotterranee.* Atti IV Conferenza Scientifica Annuale sulle attività di ricerca dei Dipartimenti – Università degli Studi "Federico II" – Napoli.

Celico, P. (1978). *Schema idrogeologico dell'Appennino carbonatico centro-meridionale.* Mem. e Note Ist. Geol. Appl., 14, Napoli.

Celico, P., Mangano, F., & Monaco, L. (1982). Prove di colorazione nel massiccio carsico del M. Terminio – M. Tuoro (Avellino). In *Notiziario CAI*, Napoli.

Celico, P. (1983). Idrogeologia dei massicci carbonatici, delle piane quaternarie e delle aree vulcaniche dell'Italia centro –meridionale (Marche e Lazio meridionali, Abruzzo, Molise e Campania). In *Quad. Cassa Mezz.*, 4/2, Roma.

Celico, P. (1988). Falde in rete sospese nel massiccio carbonatico del Monte Terminio (Campania) ed implicazioni idrogeologiche. In *Annuario CAI*, Napoli.

Celico, P., Aquino, S., & Celico, F. (1994). *Vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero carbonatico del Terminio – Tuoro (Campania).* Atti IV° Conv. Inter. Di Geoingegnria "Difesa e Valorizzazione del Suolo e degli Acquiferi" 10-11 marzo 1994 – Politecnico di Torino.

Civita, M. (1969). *Idrogeologia del massiccio del Terminio – Tuoro (Campania).* Mem. e Note Ist. Geol. Appl., 11, Napoli.

Civita, M. (1999). *Dalla vulnerabilità al rischio d'inquinamento.* In *Quaderni di Geologia Applicata*, Pubblicazione GNDCI-CNR 2000.

Coppola, L., & Pescatore, T. (1989). Lineamenti di neotettonica dei monti Terminio – Tuoro, Cervialto e Marzano (Appennino Meridionale). In *Boll. Soc. Geol. It.*, 108, Roma.

DECRETO LEGISLATIVO 3 Aprile 2006 n. 152 (Norme in materia ambientale).

D'Argenico, B., Pescatore, T. e Scandone, P. (1973). *Schema geologico dell'Ap-*

pennino Meridionale (Campania e Lucania). Atti Acc. Naz. Lincei, Quad. 183, Roma.

De Feo, G., Galasso, M., & Belgiorno, V. (2004). *Evaluation of grondwater pollution in an edoreic basin in southern italy.* Atti del Simposio Internazionale di Ingegneria Sanitaria Ambientale – Taormina, 23-26 Giugno 2004.

Esposito, L. (2000). Delimitazione "ragionata" delle aree di salvaguardia delle sorgenti di Serino (Avellino). In *Geol. Tec. ed Amb., 1*.

Esposito, L., Fabbrocino, S., & Aquino, S. (2000). Idrodinamica sotterranea e potenzialità idrica dell'acquifero carbonatico del Terminio – Tuoro (Campania). In *Geol.Tec. ed Amb., 4*.

Galasso, M., Lanzetta, E., Manganiello, D., & Aquino, S. (1991). *Studio di un bacino endoreico: effetti e rischi delle attività umane sulla qualità delle acque profonde.* In *Inquinamento*, Anno XXXIII, *11*.

Nicotera, P., & Aquino, S. (1995). Una captazione 'sui generis' per la sorgente Baiardo nel massiccio del Terminio (Campania). In *Riv. It. Geot.*, *1*.

Sacco, F. (1943). *Geoidrologia del Serino (Acquedotto di Napoli).* In *Boll. Geol. Appl. 5*, Milano.

9

IL CONTRIBUTO DELL'OSSERVAZIONE DELLA TERRA PER L'INDIVIDUAZIONE DEI FENOMENI DI DISSESTO IDROGEOLOGICO

di Daniele Spizzichino (ISPRA) e Federico Raspini (Università di Firenze)

9.1. Introduzione

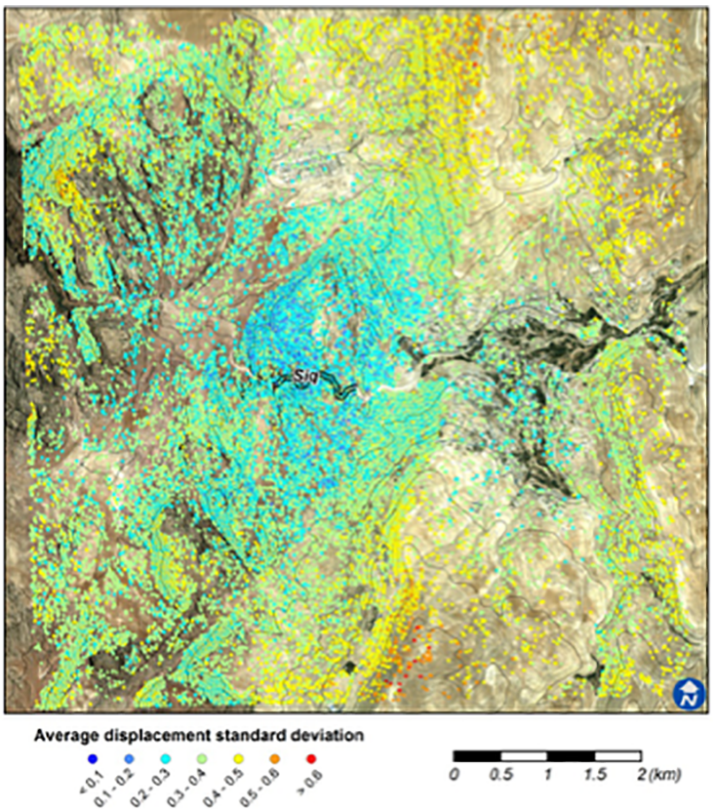
I fenomeni di dissesto idrogeologico, peggiorati dagli effetti dei cambiamenti climatici, stanno costantemente ponendo sotto pressione gli assetti strategici nazionali (es. i centri urbani e poli industriali, i beni naturali e culturali, le infrastrutture di trasporto e le *lifelines*), con evidenti aumenti d'intensità, frequenza e distribuzione geografica. Tutto ciò impone nuove sfide per il monitoraggio, la manutenzione e la gestione di tali assetti strategici, nonché un'urgente necessità di approcci innovativi per la loro salvaguardia. I fenomeni di dissesto, infatti, minacciano i nostri beni sociali e culturali, mettendo a rischio la sicurezza pubblica e incidendo direttamente sulle economie alle diverse scale. L'analisi dell'esposizione e della vulnerabilità ai fenomeni di dissesto, è purtroppo quasi totalmente trascurata, pur essendo fondamentale per una corretta valutazione e gestione del rischio. Le nuove tecnologie spaziali basate su immagini satellitari (sia *radar* che ottiche) sono in grado di monitorare, con un'elevata risoluzione spazio/temporale variabili quali ad esempio l'uso del suolo, la deformazione della superficie terrestre, alcuni parametri fisici (es. temperatura, umidità, vegetazione) nonché gli effetti antropici (inquinamento, incendi, ecc.). Nello specifico, negli ultimi vent'anni, numerosi studi hanno mostrato l'applicabilità delle immagini raccolte da satelliti dotati di sensori *radar* ad apertura sintetica (SAR) per il rilevamento e la mappatura delle deformazioni del suolo indotte proprio dai così detti *geo-hazard* (Fig. 1).

L'aumento delle applicazioni basate su dati telerilevati è da imputarsi principalmente ad alcuni fattori:

– i progressi nelle *performance* dei sistemi satellitari, in grado di fornire risoluzioni temporali e spaziali sempre crescenti, con dati che coprono aree sempre più vaste;
– il concomitante sviluppo di sofisticate catene di elaborazione di tali immagini SAR, in grado di ridurre l'impatto del rumore e dei disturbi atmosferici sui dati grezzi;
– all'aumento delle capacità di calcolo (tramite elaborazione parallela e *cloud computing*), consentendo agli utenti di ridurre notevolmente i tempi di elaborazione e processamento.

Nonostante questi progressi, la mancanza di strategie di acquisizione stabili e affidabili su vaste aree e in maniera *routinaria* (disponibilità di servizi di *ground motion* nazionali), sono stati tra i principali ostacoli per l'uso operativo dei dati *radar* satellitari per il monitoraggio regolare della deformazione del suolo.

Fig. 1 Esempio di analisi interferometria per l'individuazione dei fenomeni deformativi e di instabilità geomorfologica nell'area di Petra in Giordania



Fonte: Ferretti *et al.*, 2017

9.2. Teoria e cenni brevi, sulla metodologia di utilizzo delle tecniche di EO

Come sopra anticipato, tra le tecniche di Osservazione della Terra (EO, *Earth Observation*), le acquisizioni satellitari sia ottiche (multi e iper-spettrali) che *radar*

ad apertura sintetica (SAR, *Synthetic Aperture Radar*) sono state ampiamente utilizzate per individuare, mappare e quantificare la deformazione del suolo indotta da fenomeni di dissesto idrogeologico, la cui analisi trae infatti vantaggio sia dalle immagini acquisite all'interno dal dominio dell'ottico che delle microonde dello spettro elettromagnetico.

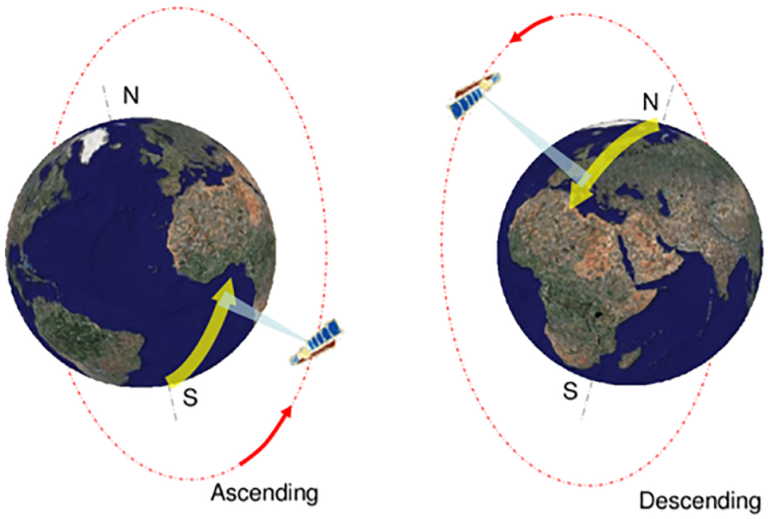
L'utilizzo delle tecniche di EO per l'analisi dei rischi geologici (Tralli *et al.*, 2005) è ampiamente documentato in letteratura, grazie all'ampia disponibilità di sensori operanti con diverse lunghezze d'onda e frequenze che offrono diverse risoluzioni spaziali, temporali e spettrali, in grado di coprire fenomeni con diverse caratteristiche, in termini di estensione, stile e cinematica. Le piattaforme satellitari multispettrali (come ad esempio Landsat, ASTER, SPOT, Sentinel-2) ospitano sensori passivi (ottici) in grado di rilevare e misurare la radiazione elettromagnetica riflessa o emessa dalla superficie terrestre (Ose, 2016). Osservano la Terra perpendicolarmente alla loro orbita seguendo traiettorie eliosincrone in modo da garantire il costante mantenimento delle condizioni d'illuminazione sulla superficie terrestre. Il tempo di acquisizione, selezionato per ridurre al minimo il potenziale impatto di ombre e per garantire un livello d'illuminazione adeguato, è solitamente al mattino (10:30 per Sentinel-2) ed è abbastanza simile per la maggior parte delle missioni (Landsat, SPOT, WorldView-4) in modo da assicurare l'integrazione dei diversi archivi e permettere l'utilizzo congiunto delle missioni esistenti e storiche.

Il tempo di rivisitazione, cioè l'intervallo di tempo tra due osservazioni consecutive di un'area è molto variabile: dalla capacità di acquisizione giornaliera delle costellazioni Worldview e Pléiades, ai pochi giorni di QuickBird-2, GeoEye-1 e Sentinel-2, fino ai 16 giorni della famiglia Landsat. La larghezza della *swath* è anch'essa molto variabile, da diversi chilometri per i satelliti VHR (circa 13 km per WorldView-3 e 4) ai 120 km per SPOT-5, fino ai 185 km per Landsat-7 e i 290 km per Sentinel-2. La risoluzione varia in modo significativo e dipende dalla banda spettrale, generalmente diminuendo passando dal visibile all'infrarosso vicino fino all'infrarosso a onde corte.

Il lancio di sistemi satellitari ad altissima risoluzione (VHR), che di solito coprono le bande visibili e includono il dominio pancromatico (unendo le informazioni sulle bande blu, verde e rossa), ha portato all'acquisizione di immagini con risoluzioni altissime (fino a 25 cm). L'attuale disponibilità di diverse piattaforme satellitari aumenta la possibilità di acquisire tempestivamente immagini ottiche per l'analisi di dissesto idrogeologico (Lu *et al.*, 2011; Mondini *et al.*, 2011; Lacroix *et al.*, 2018; Lacroix *et al.*, 2019). Tuttavia, le condizioni meteorologiche (copertura nuvolosa) e d'illuminazione rappresentano ancora una limitazione che, a seconda della zona climatica e della stagione, può ostacolare notevolmente il loro utilizzo operativo.

I sistemi *radar* (acronimo di *radio detection and ranging*) (Curlander & McDonough, 1991) rappresentano una valida alternativa al telerilevamento ottico passivo, in quanto sono sensori di tipo attivo, ossia inviano un segnale (con determinata lunghezza d'onda e frequenza) che viene riflesso dalla superficie terrestre e ricevuto dal sensore. Rispetto ai più noti sistemi ottici operano con continuità, potendo acquisire dati in presenza di copertura nuvolosa, sia di giorno che di notte. Le tecniche *radar* interferometriche utilizzano la differenza di fase tra immagini acquisite nella stessa zona e stimano eventuali differenze riconducibili a fenomeni di deformazione avvenuti tra le acquisizioni.

Fig. 2 Dettaglio delle orbite polari ascendenti e discendenti



Fonte: Terrafirma project, 2009

I satelliti percorrono orbite quasi – polari lungo i meridiani e illuminano lateralmente verso destra la scena osservata (Fig. 2).

In particolare, vengono percorse orbite discendenti (passaggi da Nord a Sud, che riprendono aree approssimativamente da Est verso Ovest) e ascendenti (passaggi da Sud a Nord, che riprendono aree approssimativamente da Ovest verso Est). Gli attuali sensori SAR montati sui satelliti utilizzati per le tecniche di interferometria radar acquisiscono generalmente in una delle seguenti bande nel campo delle microonde: banda C (lunghezza d'onda 5,6 cm), banda X (lunghezza d'onda 3,3 cm), banda L (lunghezza d'onda 23 cm) (Wasowski & Bovenga, 2014).

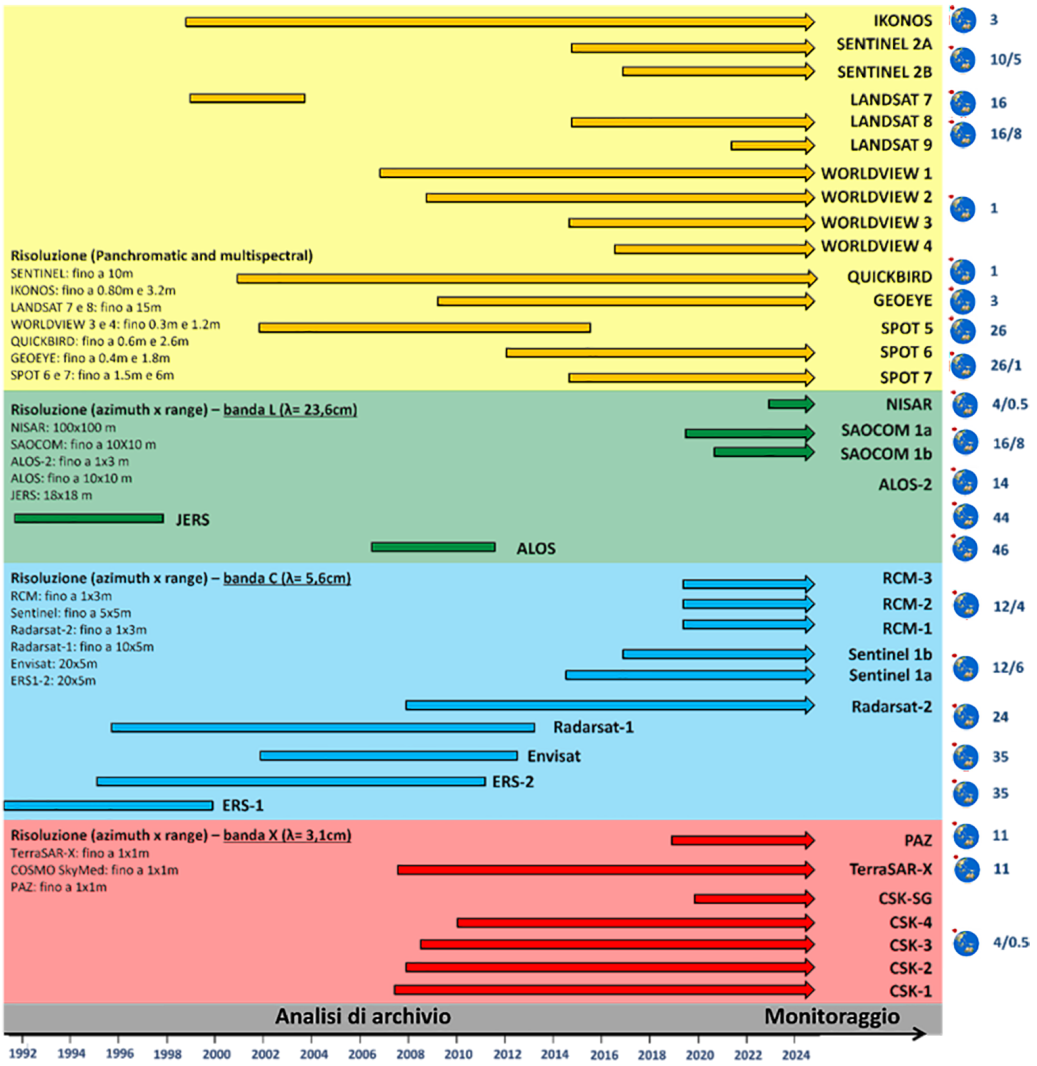
Una lista (non esaustiva) delle principali missioni satellitari, ottiche e radar, è riportata in figura 3.

In particolare, le tecniche interferometriche *radar* satellitari multi-temporali chiamate PSI (*Persistent Scatterer Interferometry*) (Crosetto *et al.*, 2016) si basano sull'analisi di lunghe serie di immagini *radar*, all'interno delle quali vengono identificati bersagli *radar* (detti anche *scatteratori*) naturali e antropici, che vengono utilizzati come punti di misura e controllo per la misura degli spostamenti superficiali del terreno (Fig. 4).

Questo approccio è basato sul riconoscimento di bersagli *radar* puntiformi, costituiti da riflettori permanenti chiamati PS (acronimo di *Persistent Scatterers*), che mantengono la stessa "firma elettromagnetica" in tutte le immagini satellitari al variare dell'acquisizione e delle condizioni climatiche e atmosferiche, preservando l'informazione di fase nel tempo (Ferretti *et al.*, 2001). I PS sono elementi già presenti al suolo e a riflettività costante, tipicamente strutture di origine antropica (ad esempio edifici, ponti, ferrovie, elementi metallici) o riflettori naturali stabili (suoli nudi o rocce esposte), per i quali le caratteristiche elettromagnetiche non variano sensibilmente di acquisizione in acquisizione, mentre ciò non accade per la vegetazione che muta di continuo.

Per ogni singolo PS viene ricavata la posizione geografica, la velocità media annua (espressa in mm/anno) e la serie temporale di spostamento (Colesanti *et al.*, 2003).

Fig. 3 Quadro sinottico delle principali missioni satellitari di osservazione della terra



Nota: Per ogni piattaforma sono riportate le caratteristiche principali in termini di risoluzione spaziale e temporale

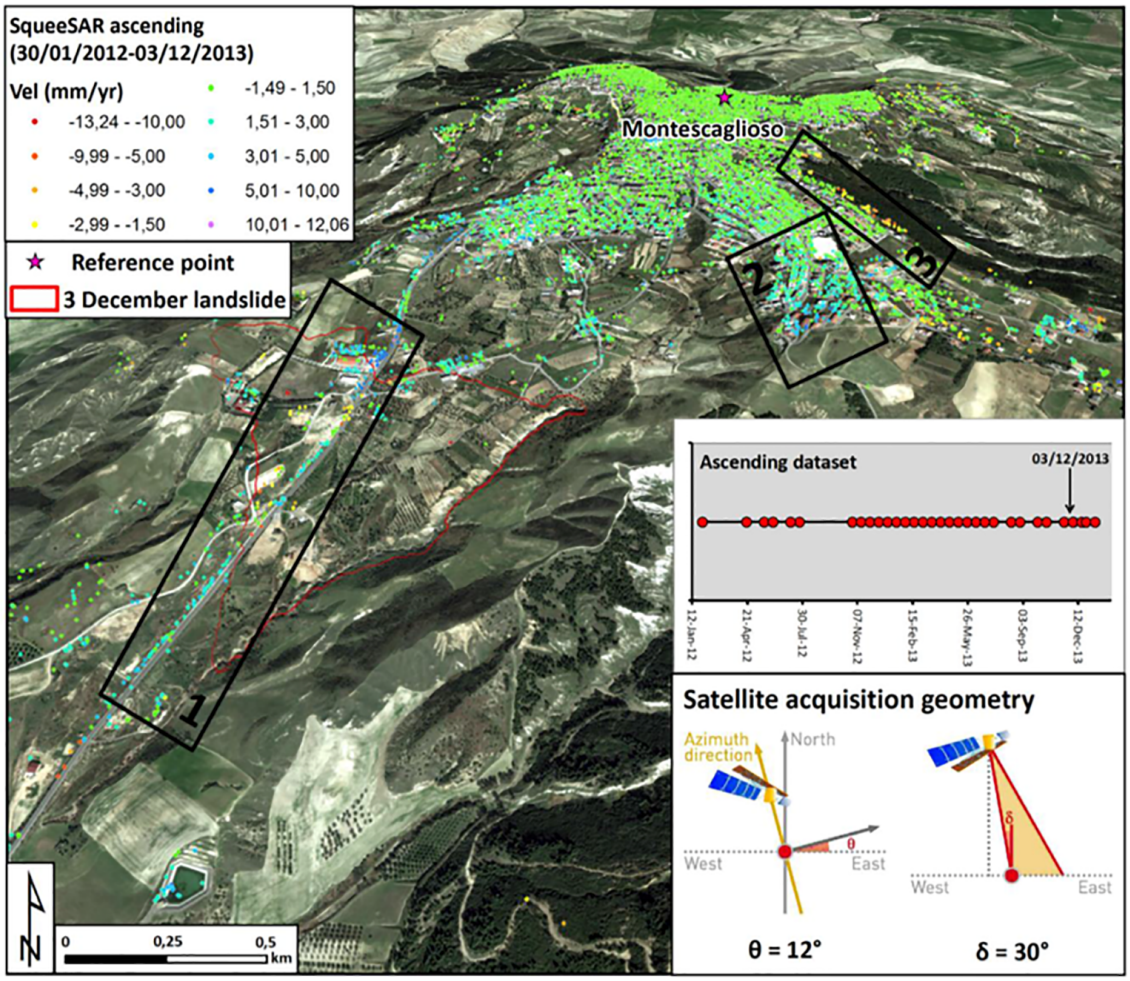
Fonte: Modificato da Casagli *et al.*, (2017)

L'insieme dei PS costituisce pertanto una sorta di "rete geodetica naturale" di bersagli *radar* già presenti al suolo (Fig. 4).

Tutte le misure sono calcolate lungo la congiungente sensore-bersaglio (linea di vista del sensore, LOS – *Line Of Sight*), che è inclinata rispetto alla verticale di un certo angolo θ (angolo di incidenza o angolo di vista) che varia a seconda del satellite utilizzato. Inoltre, tutte le misure sono di tipo differenziale, ottenute dopo avere determinato uno o più punti di riferimento a terra, di coordinate note e supposti fermi (su basi geologiche oppure indicati come tali, ad esempio, da misure GPS o di livellazione ottica).

Infine, tutte le informazioni di movimento fornite dai PS sono relative e non assolute, cioè sono riferite temporalmente alla data di acquisizione dell'immagine *master*, usata come misura "zero" (es. prima acquisizione disponibile nell'arco temporale analizzato).

Fig. 4 Esempio di analisi interferometria per l'analisi ex post del movimento franoso nel comune di Montescaglioso (MT) nella regione Basilicata



Fonte: Da Raspini *et al.*, (2015)

Al pari dei satelliti ottici, anche per quelli *radar* il tempo di rivisitazione varia moltissimo, dai 6 giorni medi di Sentinel-1, ai 16 giorni medi di COSMO-SkyMed, fino ai 24 giorni di Radarsat-2.

L'ampia disponibilità di dati SAR negli ultimi trent'anni proviene in primo luogo dalle immagini acquisite dai sensori dell'ESA (Agenzia Spaziale Europea) ERS-1 e ERS-2 nell'intervallo temporale 1992-2001, ENVISAT nell'intervallo temporale 2003-2010, Sentinel-1 a partire dal 2014 e dalla costellazione Radarsat del CSA (Agenzia Spaziale Canadese), operanti in banda C e risoluzione spaziale a terra dei dati acquisiti dell'ordine di 5-20 m. I sistemi SAR ad alta risoluzione spaziale (fino a pochi metri a terra) che acquisiscono in banda X usati per le misure interferometriche sono COSMO-SkyMed e TerraSAR-X, rispettivamente dall'Agenzia Spaziale italiana (ASI) e dall'Agenzia Spaziale Tedesca (DLR).

Con l'approssimarsi del limite di vita operativa dei quattro satelliti della missione CSK, è stata progettata ed in fase operativa, la Seconda Generazione di COSMO-SkyMed, costellazione di due satelliti destinata a garantire l'estensione operativa e la continuità dei dati acquisiti. I sensori in banda L (ALOS PALSAR dell'Agenzia Spa-

ziale Giapponese o SAOCOM della CONAE, l'ente spaziale argentino) risentono in modo minore della decorrelazione temporale e spaziale, sfruttando la maggiore lunghezza d'onda del segnale *radar*, che è caratterizzato da un maggior coefficiente di penetrazione al suolo, che permette quindi l'identificazione di un maggior numero di *bersagli radar* anche in aree rurali e vegetate.

9.3. Casi di studio

Di seguito sono riportati due casi esemplificativi delle possibili applicazioni satellitari con tecniche interferometriche (a scale differenti) per l'individuazione e l'analisi di fenomeni di dissesto e della loro interazione con elementi esposti. Nello specifico il primo utilizza dati ERS e Radarsat, mentre il secondo i più recenti dati Sentinel-1 e COSMO-SkyMed.

Caso di Studio 1

Un primo esempio relativo ai campi di applicabilità della tecnica interferometrica è quello relativo al piccolo centro storico di Gorgoglione in provincia di Matera nella regione Basilicata. Il caso di studio è stato selezionato in quanto ubicato in prossimità di una frana lenta che ha causato, nel recente passato, fenomeni deformativi importanti. Le caratteristiche principali del sito sono riportate in tabella 1 (Iadanza *et al.*, 2013).

Con riferimento al Comune di Gorgoglione (Fig. 5), la porzione sud orientale dell'abitato, è interessata da un fenomeno franoso classificato come scivolamento rototraslativo nell'inventario del progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia). consultabile online tramite la piattaforma IdroGEO.

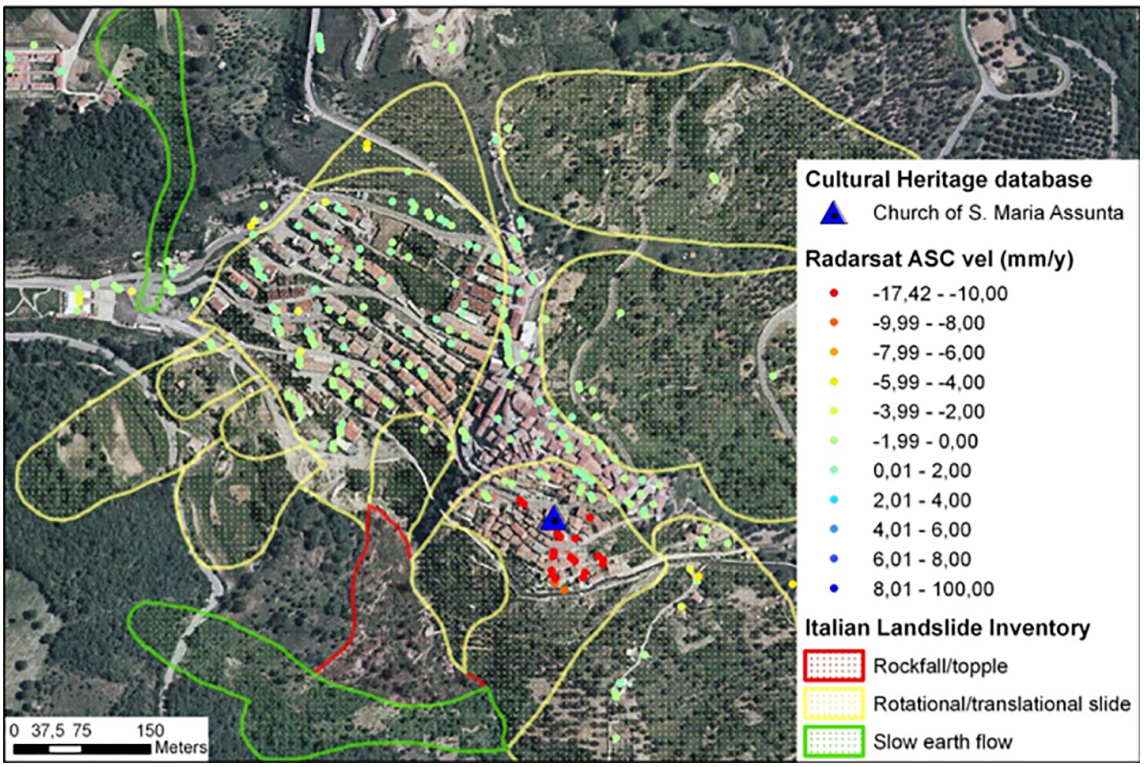
La riattivazione di questo fenomeno è documentata sin dagli anni '70 sia da articoli scientifici che da dati d'archivio (Guerricchio & Melidoro, 1990; Pancioli *et al.*, 2009).

Tab. 1 Dettaglio delle caratteristiche del sito selezionato

Principali strutture interessate	Comune, Provincia, Regione	Tipo di movimento (IFFI)	Date di innesco del fenomeno	Interventi effettuati	Sistema di monitoraggio in sito	Bibliografia e dati di archivio	Dati satellitari e geometrie	Periodo di monitoraggio satellitare
Chiesa di S. Maria Assunta (2ICR0034 980AAAA)	Gorgoglione (MT), Regione Basilicata	Scivolamento roto-traslativo	197319 802003	1988:	2004-2005: topografico tradizionale 2008: fessurimetri	Progetto AVI;Guerricchio & Melidoro, 1990; Pancioli et al., 2009	ERS 1/2 Ascendente	23/05/1992 02/11/1999
							ERS 1/2 Discendente	17/05/1992 20/12/2000
							RADARSAT 1 Ascendente	18/03/2003 20/08/2010

Fonte: Iadanza *et al.*, 2013

Fig. 5 Analisi SqueeSAR Comune di Gorgoglione (MT) regione Basilicata. Particolare della chiesa di S. Maria Assunta



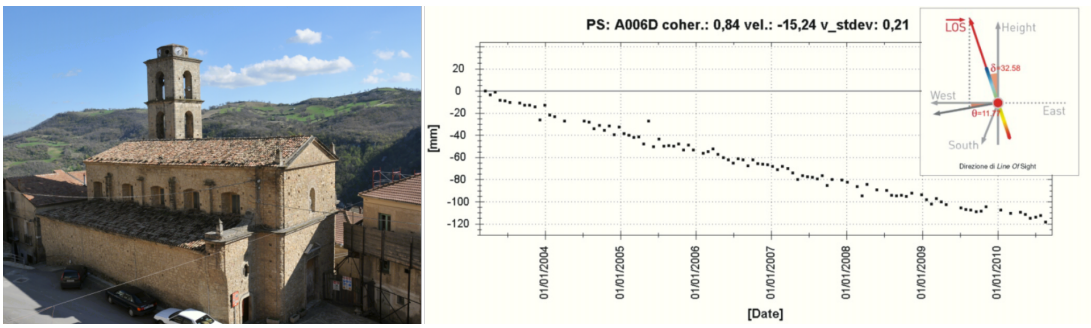
Fonte: Iadanza *et al.*, 2013

L'analisi satellitare (compiuta con la tecnica SqueeSAR dei dati ascendenti RadarSAT mostra che la frana è stata attiva nel periodo 2003-2010 (Fig. 5 e Fig. 6).

Sebbene non siano presenti punti di monitoraggio PS (*Persistent Scattered*) sull'edificio della chiesa, sono presenti diverse PS in movimento su edifici adiacenti.

Tali punti sono caratterizzati da una velocità media annua di circa 15 mm e uno spostamento di circa 12 cm cumulato in sette anni e cinque mesi di monitoraggio.

Fig. 6 A sinistra la Chiesa di S. Maria Assunta nel comune di Gorgoglione dopo i lavori di restauro del 2010; a sinistra la relativa serie storica di spostamento di un PS posto su un edificio adiacente a S. Maria Assunta



Fonte: Iadanza *et al.*, 2013

La presenza di punti di monitoraggio sopra gli edifici a monte del corpo di frana, permette di stimare con buona approssimazione, la riattivazione ed evoluzione (in questo caso retrogressiva) del fenomeno grazie all'interazione tra terreno e strutture. Contemporaneamente questa tecnica può essere utilizzata anche per una valutazione ex post dell'efficacia degli interventi di mitigazione e messa in sicurezza.

CASO di Studio 2

Il secondo caso riguarda una porzione più vasta di territorio ed in particolare i fenomeni di subsidenza monitorati con tecnica satellitare nella Provincia di Pistoia. La città di Pistoia sorge nella porzione nord-occidentale del bacino sedimentario di Firenze-Prato-Pistoia (Capecchi *et al.*, 1975). Il bacino, con una profondità massima di alcune centinaia di metri, ospita una sequenza stratigrafica di tipo lacustre, caratterizzata da sedimenti prevalentemente fini (limi e argille) con orizzonti sabbiosi e ghiaiosi a tratti particolarmente potenti in presenza di conoidi (fino a 25 m di spessore). A seconda della posizione degli orizzonti permeabili, la città di Pistoia è caratterizzata da più acquiferi, sia freatici (nel caso del conoide dell'Ombrone), sia confinati (nel caso delle lenti ghiaiose presenti a profondità variabili). L'acquifero freatico risulta alimentato principalmente dall'Ombrone, dal Brana e dalla Bure e viene largamente sfruttato per l'approvvigionamento di acqua potabile e per l'uso vivaistico. Gli acquiferi confinati, soprattutto quelli a profondità maggiori e di dimensione limitata, sono sfruttati per l'attività vivaistica. I dati interferometrici "storici" (Rosi *et al.*, 2016) già indicavano subsidenza nella piana pistoiese, localizzata però nell'area di Bottegone, dove l'attività vivaistica è massima, con notevole richiesta d'acqua in una zona in cui gli acquiferi sono confinati, a profondità variabili e poco potenti. Sin dal 1992, con le prime elaborazioni dei dati ERS (Colombo *et al.*, 2003), quest'area presentava tassi di subsidenza di circa 10 mm/anno.

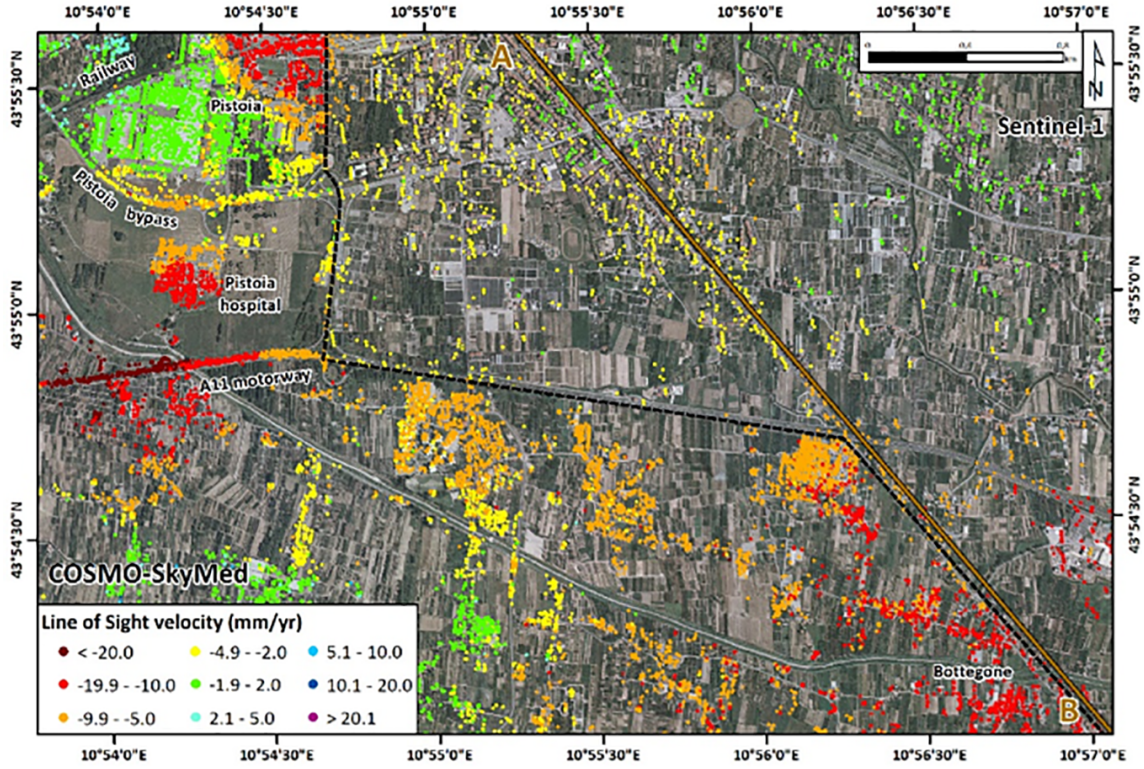
I dati Sentinel-1 e COSMO-SkyMed hanno confermato quanto evidenziato in precedenza (Del soldato *et al.*, 2018; Ezquerro *et al.*, 2020). La concordanza tra dati CSK e Sentinel-1, al netto di una evidente differenza di densità (Fig. 7) è notevole per quanto riguarda le mappe di deformazione media annua. In Figura sono mostrati i risultati dell'analisi dei dati COSMO-SkyMed.

Data la maggior risoluzione del dato CSK (3x3 m rispetto ai 14x5 m di Sentinel-1), la densità di punti misura è molto elevata, soprattutto nell'area urbana. Sia le velocità che la distribuzione dei punti a maggior subsidenza rispecchiano quanto messo in luce dai dati Sentinel-1. L' Ospedale San Jacopo mostra nuovamente valori di velocità elevati, fino a 15 mm/anno. I dati CSK evidenziano anche un'area in subsidenza, con velocità fino a 25 mm/anno, in corrispondenza di un tratto di circa 800 m dell'autostrada A11, in sponda destra del fiume Ombrone.

L'utilizzo congiunto di COSMO-SkyMed (alta risoluzione in banda X) e Sentinel-1 (media risoluzione in banda C) consente la creazione di una costellazione virtuale, nella quale differenti piattaforme satellitari sono usate in sinergia per ottenere un sistema di osservazione della superficie terrestre più robusto, efficace e versatile.

In un tale sistema di monitoraggio, l'uso di diversi sensori permette di mitigare i limiti intrinsechi legati all'utilizzo del singolo dato, in modo da soddisfare esigenze diverse.

Fig. 7 Forte subsidenza dell'area a SE di Pistoia, così come chiaramente individuata dall'analisi satellitare



Fonte: Modificato da Ezquerro *et al.*, 2020

Infatti, da un lato l'utilizzo delle immagini Sentinel-1 rende possibile un aggiornamento costante del quadro conoscitivo, grazie al piano di acquisizioni regolari e sistematiche ogni 6 giorni; dall'altro le acquisizioni di COSMO-SkyMed garantiscono il dettaglio necessario per analisi locali ad alta definizione, grazie alla miglior risoluzione spaziale rispetto a Sentinel-1.

La missione Sentinel-1 consente uno *screening* continuo e regolare degli spostamenti del terreno su aree vaste, e rappresenta la migliore scelta operativa per attività di studio e monitoraggio continuo a media risoluzione spaziale. L'utilizzo di immagini satellitari COSMO-SkyMed permette di estrarre un numero significativamente più elevato di punti di misura in corrispondenza di strutture ed infrastrutture e di effettuare considerazioni di dettaglio sull'ubicazione, entità e stato di attività dei fenomeni deformativi osservati.

9.4. Conclusioni

Il monitoraggio satellitare e le relative applicazioni di osservazione della terra sono diventati, da almeno un paio di decadi, strumenti fondamentali per l'analisi dell'evoluzione dei processi e dei fenomeni associati al dissesto idrogeologico (con particolare riferimento a fenomeni a cinematica lenta). Dal punto di vista della copertura temporale, grazie ad immagini di archivio si può oggi coprire un arco temporale che va dai primi anni Novanta sino ad oggi. Le attuali risoluzioni spaziali e i ridotti tempi di rivisitazione permettono (combinando a volte le acquisizioni di più

missione satellitari) di ottenere un monitoraggio dinamico in *near real time*. Programmi europei (Crosetto *et al.*, 2020) e internazionali forniscono oggi accesso e utilizzo di dati, servizi e prodotti in maniera sempre più *user friendly*. Le implicazioni tecnico scientifiche, culturali e sociali vanno dalla produzione di scenari sempre più attendibili per la gestione e mitigazione del rischio, alla pianificazione territoriale, alla caratterizzazione e aggiornamento del quadro conoscitivo che passerà nel breve periodo da statico a dinamico. L'obiettivo prossimo sarà quindi quello di dotarsi di servizi operativi (*downstrem services*) di tipo *routinario* e alle diverse scale (pan europeo, nazionale, regionale e locale), a supporto di tutte le diverse comunità di utenti finali (es. protezione civile, istituti tecnici e di ricerca, enti di governo del territorio, ministeri).

Compito della comunità scientifica tutta, sarà naturalmente quello di trasformare gli studi, le analisi e le interpretazioni delle anomalie individuate e connesse al verificarsi di fenomeni pericolosi, in procedure e politiche di gestione sempre più affidabili e standardizzate.

L'impiego, sempre più diffuso e robusto dell'intera catena di analisi di EO, avrà come risultato finale una riduzione del rischio associato con il duplice obiettivo di società sempre meno vulnerabili e sempre più resilienti ai futuri cambiamenti climatici e ai fenomeni ad essi associati.

Bibliografia

Alberti, S., Ferretti, A., Leoni, G., Margottini, C., & D. Spizzichino, D. (2017). Surface deformation data in the archaeological site of Petra from medium-resolution satellite radar images and SqueeSARTM algorithm. In *Journal of Cultural Heritage*.

Bateson, L., Fabrizio, Novali, F., & Geraint Cooksley, G. (2009). TERRAFIRMA USER GU. A A guide to the use and understanding of Persistent Scatterer Interferometry in the detection and monitoring of terrain-motion. ESA GMES: Terrafirma User Guide version 7.

Capecchi, F., Guazzone, G., & Pranzini, G. (1975). Il bacino lacustre di Firenze-Prato-Pistoia; geologia del sottosuolo e ricostruzione evolutiva. In *Boll. Soc. Geol. Ital.*, *94*, pp. 637-660.

Casagli, N., Frodella, W., Morelli, S., Tofani, V., Ciampalini, A., Intrieri, E., & Lu, P. (2017). Spaceborne, UAV and ground-based remote sensing techniques for landslide mapping, monitoring and early warning. In *Geoenvironmental Disasters*, *4*(1), pp. 1-23.

Colesanti, C., Ferretti, A., Prati, C., & Rocca, F. (2003). Monitoring landslides and tectonic motions with the Permanent Scatterers Technique. In *Engineering geology*, *68*(1-2), pp. 3-14.

Colombo, D., Farina, P., Moretti, S., Nico, G., & Prati, C. (2003). Land subsidence in the Firenze-Prato-Pistoia basin measured by means of spaceborne SAR interferometry. In IGARSS 2003, 2003 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, *4*, pp. 2927-2929.

Confuorto, P., Del Soldato, M., Solari, L., Festa, D., Bianchini, S., Raspini, F., & Nicola Casagli, N. (2021). Sentinel-1-based monitoring services at regional scale in Italy: State of the art and main findings. In *International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation*.

Crosetto, M., Monserrat, O., Cuevas-González, M., Devanthéry, N. & Crippa, B. (2016). Persistent scatterer interferometry: a review. In *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 115, pp. 78-89.

Crosetto, M., Solari, L., Mróz, M., Balasis-Levinsen, J., Casagli, N., Frei, M., & Andersen, H. S. (2020). The evolution of wide-area DInSAR: From regional and national services to the European Ground Motion Service. In *Remote Sensing*, *12*(12), p. 2043.

Curlander, J. C., & McDonough, R. N. (1991). *Synthetic aperture radar*. Wiley, New York: Wiley.

Del Soldato, M., Farolfi, G., Rosi, A., Raspini, F., & Casagli, N. (2018). Subsidence evolution of the Firenze–Prato–Pistoia plain (Central Italy) combining PSI and GNSS data. In *Remote Sensing*, *10*(7), p. 1146.

Ezquerro, P., Del Soldato, M., Solari, L., Tomás, R., Raspini, F., Ceccatelli, M., Fernández-Merodo, J. A., Casagli, N., & Herrera, G. (2020). Vulnerability Assessment of Buildings due to Land Subsidence Using InSAR Data in the Ancient Historical City of Pistoia (Italy). In *Sensors*, 2020, *20*, p. 2749.

Ferretti, A., Prati, C. & Rocca, F. (2001). Permanent scatterers in SAR interferometry. In *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, *39*, pp. 8-20.

Guerricchio, A, & Melidoro, G. (1990). *Franosità nei territori comunali di Gorgoglione e Cirigliano (Basilicata)*. In Atti Convegno Cartografia e monitoraggio dei movimenti franosi, Sessione Cartografia, Bologna, 10-11 Novembre 1988, pp. 65-85.

Iadanza, C., Cacace, C., Del Conte, S., Spizzichino, D., Cespa, S., & Trigila, A. (2013). Cultural heritage, landslide risk and remote sensing in Italy. In K. Sassa, P. Canuti, & C. Margottini (Eds), *Landslide science and practice Vol. 6 Risk Assessment, Management and Mitigation* (pp. 491-500). Springer.

Lacroix, P., Araujo, G., Hollingsworth, J., & Taipe, E. (2019). Self-Entrainment Motion of a Slow-Moving Landslide Inferred From Landsat-8 Time Series. In *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, *124*(5), pp. 1201-1216.

Lacroix, P., Bièvre, G., Pathier, E., Kniess, U., & Jongmans, D. (2018). Use of Sentinel-2 images for the detection of precursory motions before landslide failures. In *Remote Sensing of Environment*, 215, pp. 507-516.

Lu, P., Stumpf, A., Kerle, N., & Casagli, N. (2011). Object-oriented change detection for landslide rapid mapping. In *IEEE Geoscience and remote sensing letters*, *8*(4), pp. 701-705.

Mondini, A. C., Guzzetti, F., Reichenbach, P., Rossi, M., Cardinali, M., & Ardizzone, F. (2011). Semi-automatic recognition and mapping of rainfall induced shallow landslides using optical satellite images. In *Remote sensing of environment*, *115*(7), pp. 1743-1757.

Ose, K., Corpetti, T., & e Demagistri, L. (2016). Multispectral satellite image processing. In *Optical Remote Sensing of Land Surface* (pp. 57-124). Elsevier.

Pancioli, V., Campolmi, T., Casagli, N., & Raetzo, H. (2009). Terraferma Landslide Services for Europe Based on Space-Borne InSAR Data. In: K. Sassa K. e, P. Canuti P. (Eds), *Landslides Disaster risk reduction*, (pp. 302-305). Sprinter.

Raspini, F., Ciampalini, A., Del Conte, S., Lombardi, L., Nocentini, M., Gigli, G., Ferretti, A., & Casagli, N. (2015). Exploitation of Amplitude and Phase of Satellite SAR Images for Landslide Mapping: The Case of Montescaglioso (South Italy). In *Remote Sens*, *7*, 14576-14596.

Rosi, A., Tofani, V., Agostini, A., Tanteri, L., Stefanelli, C. T., Catani, F., & Casagli, N. (2016). Subsidence mapping at regional scale using persistent scatters interferometry (PSI): The case of Tuscany region (Italy). In *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 52, pp. 328-337.

Tralli, D. M., Blom, R. G., Zlotnicki, V., Donnellan, A., & e Evans, D. L. (2005). Satellite remote sensing of earthquake, volcano, flood, landslide and coastal inundation hazards. In *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, *59*(4), pp. 185-198.

Wasowski, J. & Bovenga, F. (2014). Investigating landslides and unstable slopes with satellite Multi Temporal Interferometry: Current issues and future perspectives. In *Engineering Geology*, *174*, pp. 103-138.

Sitografia

https://idrogeo.isprambiente.it/app/iffi?@=40.94277479093074,12.731964616863243,1

PROFILO AUTORI

Antonio Aquino è Ingegnere Civile per l'Ambiente e il Territorio. Titolare di Cattedra di Tecnologia (MIUR 2017 a tutt'oggi). Attività professionale di ingegnere dal 2012 a tutt'oggi. Autore e coautore di n. 18 pubblicazioni scientifiche. Tesoriere Ordine degli Ingegneri della Provincia di Avellino.

Sabino Aquino è Direttore del processo Depurazione e Dirigente Società Alto Calore Servizi (1980-2015). Presidente del Parco Regionale dei Monti Picentini (2005-2010). Presidente Parco Regionale del Partenio (2010-2012). Professore a contratto presso le Università del Sannio e di Salerno (2004-2014). Professore a contratto presso Università Telematica Pegaso (2017 a tutt'oggi). Relatore di 153 Tesi di Laurea-Relatore in n.165 Convegni. Autore di n. 173 articoli pubblicati su vari quotidiani. Autore e coautore di 102 pubblicazioni scientifiche. Attività professionale di geologo (1980 a tutt'oggi).

Paolo Massimo Buscema è Computer scientist esperto in Reti Neurali Artificiali e Sistemi Artificiali Adattivi. Presidente e Direttore del Centro Ricerche SEMEION, ente scientifico riconosciuto dal MIUR. Full Professor Adjoint al Dip. di Matematica e Statistica (University of Colorado, Denver, USA). Ha progettato e sviluppato nuovi algoritmi di Intelligenza Artificiale, pubblicato 250 articoli scientifici e 24 libri. È inventore di brevetti internazionali. I suoi interessi scientifici riguardano: il deep learning inteso come più reti neurali che collaborano in insiemi di metareti; l'analisi delle EEG nella diagnosi di patologie; il geographic profiling; la teoria dei mondi

impossibili, un sistema che è in grado di lavorare con diversi dataset non collegati fra loro.

Giuseppe De Natale è un Fisico. Laurea in Fisica all'Università di Napoli, Dottorato in Geofisica della Terra Solida all'Università Paris 7, Parigi (F). Dal 1996 al 2000, membro del Consiglio Direttivo dell'Osservatorio Vesuviano e del Consiglio Nazionale Geofisico (CO.NA.G., Organo MIUR). Dal 2003 Dirigente di Ricerca INGV; dal 2013 al 2016 Direttore dell'Osservatorio Vesuviano, sezione di Napoli dell'INGV. È inoltre delegato Italiano per la IAVCEI (International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior) e membro della Commissione Italiana IUGG (International Union of Geodesy and Geophysics). I suoi interessi di ricerca includono Sismologia, Geodesia, Vulcanologia e Geochimica, Geotermia. Autore di circa 150 pubblicazioni scientifiche su riviste internazionali JCR. Editor di numerosi volumi in Geofisica e Vulcanologia, responsabile di numerosi progetti di ricerca in ambito nazionale ed internazionale. È Coordinatore, in particolare, del Progetto Internazionale 'Campi Flegrei Deep Drilling Project' (CFDDP). È membro onorario dell'Academia Europaea dal 2005; insignito della Medaglia 'Sergey Soloviev' dall'European Geosciences Union, per il suo contributo allo studio ed alla mitigazione dei rischi da calamità naturali.

Alberto Fortelli è Ingegnere Civile, ha conseguito la laurea in Ingegneria Civile Idraulica presso l'Università degli Studi di Napoli "Federico II", dove ha anche conseguito il titolo di Dottore di Ricerca in Scienze della Terra. Il suo interesse per lo studio e l'osservazione meteorologica, nato alla fine degli anni Settanta, ha mostrato un continuo consolidamento attraverso numerose esperienze professionali, affiancate da attività di ricerca scientifica svolta presso l'Osservatorio Meteorologico federiciano, con numerose pubblicazioni su riviste nazionali ed internazionali. Ha tenuto seminari didattici in Meteorologia applicata presso vari Dipartimenti dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II", in particolare presso il Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse e presso il Dipartimento di Architettura.

Adriano Giannola Laureato in economia con specializzazione al Centro di Specializzazione e Ricerche Economico-Agrarie per il Mezzogiorno – Manlio Rossi-Doria di Portici, Adriano Giannola è stato componente del Consiglio di Amministrazione del Banco di Napoli dal 1995 al 1998, dal 2000 al 2013 Presidente dell'Istituto Banco di Napoli-Fondazione e dal 2012-2016 Presidente del Consiglio d'Amministrazione del Teatro Stabile-Teatro Nazionale di Napoli. Presiede la fondazione di Comunità del Centro Storico di Napoli. Professore di Economia Bancaria all'Università Federico II di Napoli dal 1980 al 2014 ha svolto attività di studio e di ricerca con il supporto della Ford Foundation e del FORMEZ, presso le Università di Harvard e il Massachusetts Institute of Technology, Cambridge Mass., e presso il Saint Catherine College dell'Università di Cambridge U.K. E' Consigliere di Amministrazione dell'ANIMI, dell'Associazione fra le Casse di Risparmio italiane, dell'Associazione Studi e Ricerche per il Mezzogiorno-SRM, e membro della Commissione Cultura-Sezione italiana dell'UNESCO. Cooptato nel 2006 nel Consiglio di Amministrazione dell'Associazione per lo sviluppo dell'industria nel Mezzogiorno-SVIMEZ, dal 2010 ne è il Presidente.

Michele Ginolfi è Geologo applicato e idrogeologo. Amministratore Unico della Società di Ingegneria Plurising S.r.l., con sede in Solofra (Av). Tutor e Cultore della materia nell'insegnamento di Geologia Applicata nel Corso di Laurea triennale in Ingegneria Civile presso Università Telematica PEGASO. Autore e coautore di pubblicazioni scientifiche.

Guido Maurelli è Esperto in Scienze della Comunicazione e Ricercatore del SEMEION Centro di Ricerche di Scienza e Comunicazione, ente scientifico riconosciuto dal Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica (MIUR). Esperto di Reti Neurali Artificiali e di Sistemi Adattivi Artificiali applicati alle scienze sociali e al campo sanitario. Ha insegnato presso il Dipartimento di Scienze della Comunicazione dell'Università di Charleston (West Virginia-USA), ha pubblicato articoli scientifici e saggi su riviste internazionali e capitoli di libri. È stato docente/formatore in progetti internazionali finanziati da istituzioni pubbliche italiane ed europee. Si occupa della divulgazione della ricerca scientifica sviluppata al Semeion.

Stefano Maria Petrazzuoli è Ingegnere e libero professionista. Si è laureato in Ingegneria Civile dei Trasporti nel gennaio 1980. Dal 1989 è stato Ricercatore a contratto presso i seguenti Enti: INGV- Osservatorio Vesuviano; CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti; Università Federico II di Napoli Facoltà di Architettura-LUPTB; Università di Cassino; LUPT-Univ. Federico II di Napoli-Centro di Competenza Plinius. Autore di oltre 50 pubblicazioni scientifiche di cui n. 25 su giornali Internazionali. È stato Coordinatore della Commissione Scenari nella Commissione Vesuvio (Prefettura Napoli) 1994-2001 e coautore del modello di Piano di evacuazione dell'Area Vesuviana.

Federico Raspini è Professore Associato in Geografia fisica e Geomorfologia presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze. Ha conseguito la laurea triennale in Scienze della Terra nel 2006 e la Laurea Specialistica in Difesa del Suolo nel 2008, entrambi presso l'Università di Firenze. Ha ricevuto un dottorato di ricerca in Scienze della Terra nel 2013 con una tesi sull'interpretazione dei dati radar satellitari per la mappatura, il monitoraggio e la modellazione delle deformazioni del terreno indotte da fenomeni di dissesto idrogeologico. È stato visiting researcher presso il Politecnico di Atene nel 2012. Attualmente la sua ricerca si concentra sull'uso di tecniche innovative (sia satellitari che da terra) per l'analisi delle deformazioni del suolo. È autore o coautore di oltre 50 pubblicazioni, numerosi capitoli di libri e atti di conferenze nel campo della geologia applicata e dell'analisi dei rischi geologici.

Daniele Spizzichino è Primo Ricercatore presso il Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia dell'Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale (ISPRA). Ha conseguito la laurea in ingegneria per l'ambiente ed il territorio presso l'Università di Roma Sapienza. Ha conseguito il PhD in Earth system science environment, resources and Cultural Heritage, presso l'Università di Modena e Reggio Emilia. Per ISPRA è adjunct professor presso la cattedra UNESCO di Firenze, sulla prevenzione e la gestione sostenibile delle pericolosità idrogeologiche. La sua attività di ricerca si concentra sull'analisi e gestione dei rischi naturali con particolare at-

tenzione all'implementazione di sistemi di monitoraggio da remoto ed in situ, la progettazione di interventi di mitigazione, la conservazione e protezione del patrimonio culturale. È autore o co-autore di oltre 50 pubblicazioni, numerosi capitoli di libri e atti di conferenze sull'analisi e la mitigazione dei rischi idrogeologici.

Alfredo Trocciola è Primo ricercatore presso l'Agenzia Nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA). Nell'agenzia dal 1993 ha maturato una notevole esperienza di ricerca sui georischi: sismico, idrogeologico ed ambientale. Ha partecipato a progetti di ricerca nazionali ed europei sul dissesto idrogeologico dei centri storici (Civita di Bagnoregio, Orvieto, Todi, Craco) e in aree archeologiche (Stabiae, Pompei). Nell'ultimo decennio ha svolto ricerche di geo-archeologia marina (Sinuessa, Area Marina Protetta Gaiola, Aenaria) e sulle coperture assicurative dalle calamità naturali. Ha conseguito nel 1991 il Master Europeo in Ingegneria Ambientale al Politecnico di Torino e nel 2021 il Master di II livello Paesaggi a rischio – Il progetto di paesaggio nei territori vulnerabili alla Federico II di Napoli. Dal giugno 2019 è in comando presso il Dipartimento Territoriale di Avellino dell'ARPAC (Agenzia Regionale Protezione Ambientale della Campania) su tematiche inerenti l'inquinamento di diverse matrici ambientali ed impatto sulla salute umana. Autore e coautore di numerose pubblicazioni scientifiche e articoli divulgativi.

Claudia Troise Laureata in Fisica e Dottorato in Geofisica conseguiti presso l'Università di Napoli Federico II. Primo Ricercatore all'Istituto nazionale di geofisica e Vulcanologia (INGV). Responsabile Laboratorio Fisica del Vulcanismo dal 2001 al 2012, e dell'Unità Funzionale Monitoraggio nel 2016. Autrice di circa 100 pubblicazioni scientifiche su riviste internazionali JCR nel campo della Sismologia, Geodesia, Vulcanologia, Geochimica e Geotermia. Editor di numerosi volumi speciali in Geofisica e Vulcanologia, responsabile di numerosi progetti di ricerca in ambito nazionale ed internazionale. È co-Coordinatore, in particolare, del Progetto Internazionale 'Campi Flegrei Deep Drilling Project' (CFDDP).

Gianluca Valensise è Geologo di formazione, ha conseguito il dottorato di ricerca in Scienze della Terra-indirizzo Geofisico presso l'Università di Roma "La Sapienza" nel 1987. Entrato all'Istituto Nazionale di Geofisica (ING: dal 2000 in poi INGV) nel 1983, è Dirigente di Ricerca dal 1997. Ha coordinato diversi programmi per l'implementazione di nuove strategie di ricerca nel campo della geologia dei terremoti e della sismologia storica. Nel 1995 ha partecipato alla costruzione del Catalogo dei Terremoti Forti in Italia, un database di nuova generazione (oggi alla quinta versione), e nel 1997 ha avviato il Database of Individual Seismogenic Sources (DISS, oggi alla versione 3.3.0). Dal 2009 al 2013 ha coordinato un task del progetto comunitario SHARE, dedicato alla costruzione del Database Europeo delle Faglie Sismogenetiche. Tra il 1996 e il 2019 ha partecipato alla compilazione di quattro generazioni di mappe di pericolosità sismica per l'Italia. Nel 2004 ha partecipato alla elaborazione del modello MPS04, che è alla base dell'attuale normativa antisismica, ed è tra gli autori della European Seismic Hazard Map of Europe (ESHM13).

La caratterizzazione dei rischi catastrofali legati a fenomeni naturali quali eruzioni vulcaniche, terremoti, alluvioni, movimenti gravitativi e degli eventi atmosferici estremi. Il libro analizza i processi di innesco e sviluppo dei fenomeni naturali potenzialmente pericolosi, come base per lo sviluppo delle strategie di mitigazione per la prevenzione e la gestione del rischio e delle emergenze, in armonia con le direttive europee di adattamento ai cambiamenti globali. Lo sviluppo di metodologie, tecnologie e processi basati sui principi dell'eco-innovazione per il monitoraggio e la protezione dell'ambiente dagli impatti generati dalle attività antropiche sulle diverse matrici ambientali anche in risposta alla recente pandemia da SARS-COV-19. Il governo dei rischi secondo la filosofia del risk management e le relative copertura assicurative offerte dall'industria di settore completano l'avanzamento delle conoscenze in materia dei fenomeni naturali estremi.

GLI AUTORI



Antonio Coviello è Ricercatore del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) Istituto di Ricerca su Innovazione e Servizi per lo Sviluppo (IRISS) e Professore di Marketing Assicurativo nell'Università Suor Orsola Benincasa di Napoli. È Co-Direttore del Master Universitario di II livello in "Governo dei rischi assicurativi-MAGRISK" nell'Università di Napoli "Parthenope", patrocinato da ANIA ed ANRA. Ha pubblicato nel tempo una decina di monografie e molteplici articoli in riviste scientifiche, soprattutto in tema di assicurazioni e risk management.



Renato Somma è Ricercatore dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) ed "Associato" del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) Istituto di Ricerca su Innovazione e Servizi per lo Sviluppo (IRISS). È Principal investigator di importanti progetti nazionali ed internazionali. È autore di 60 pubblicazioni ISI WoS e 150 presentazioni a meeting nazionali ed internazionali. Collabora con numerosi Istituti di Ricerca ed Università nazionali ed internazionali (USGS e NYU-USA, UCL-UK, Univ. Medellin Colombia, Univ. Santiago de Chile Cile, Dep. Botany India). Editor J. Adv. Health Care, Energies, Sensors, Advisor board Challenges.