

**Conclusioni.** Ciascuna delle attività individuate nel “Progetto Subsidenza” concorrerà alla realizzazione di un rapporto conclusivo sullo stato delle conoscenze sul tema delle deformazioni del suolo connesse alle attività di produzione di idrocarburi in aree dell’offshore emiliano romagnolo per la definizione di procedure per il monitoraggio integrato in accordo anche alle raccomandazioni degli *ILG* (Dialuce *et al.*, 2014).

### Bibliografia

- ARPAE; 2018: <<https://www.arpae.it/index.asp?idlivello=1414>>.
- Berardino, P., Fornaro, G., Lanari, R., Sansosti, E.; 2002: A new Algorithm for Surface Deformation Monitoring based on Small Baseline Differential SAR Interferograms. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 40, pp. 2375-2383.
- Carminati E., Doglioni C., Scrocca D.; 2006: I fragili equilibri della Pianura Padana. *Le Scienze*, 450/febbraio 2006.
- Dialuce G., Chiarabba C., Di Bucci D., Doglioni C., Gasparini P., Lanari R., Priolo E., Zollo A.; 2014: Indirizzi e linee guida per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro nell’ambito delle attività antropiche. Rapporto Tecnico 2014/11.
- Gambolati G., Teatini P.; 1998: Numerical analysis of land subsidence due to natural compaction of the Upper Adriatic Sea basin. In: Gambolati G. (ed) *CENAS. Coastline evolution of the upper Adriatic Sea due to sea level rise and natural and anthropogenic land subsidence*. Kluwer Academic Publishing, Water Science & Technology Library N. 28, pp. 103–131.
- Pieri M., Groppi G.; 1981: Subsurface Geological Structure of the Po Plain. Consiglio Nazionale delle Ricerche-Progetto Finalizzato Geodinamica, 414.

## GLI EFFETTI DOMINO E A CASCATA IN EVENTI E CONTESTI COMPLESSI

M.P. Boni<sup>1</sup>, S. Menoni<sup>2</sup>, F. Pergalani<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Politecnico di Milano, Italy

<sup>2</sup> Dipartimento di Architettura e Studi Urbani, Politecnico di Milano, Italy

**Complessità degli eventi sismici recenti: l’esigenza di passare da una considerazione mono-rischio al multirischio.** Negli ultimi anni siamo passati da una considerazione rigidamente impostata per fenomeni pericolosi o hazard ad una comprensione più vasta degli effetti e delle conseguenze di tali fenomeni in contesti sempre più complessi, data la crescita dell’esposizione conseguente all’incremento demografico a scala planetaria e ai processi di urbanizzazione, che vedono ormai più del 50% della popolazione mondiale vivere in centri urbani. Questi ultimi si configurano per loro natura come luoghi di concentrazione di attività e servizi che possono a loro volta provocare incidenti tecnologici più o meno rilevanti. D’altronde si è in presenza di un mondo sempre più popolato e interconnesso a vari livelli, da quello economico, a quello della mobilità e non ultimo, anzi forse il più importante per il futuro di tutti, a livello ambientale. Le ripercussioni di eventi naturali estremi su settori economici interconnessi, anche se distanti migliaia di chilometri dal luogo di impatto, non è forse sufficientemente indagato, ma è stato già oggetto di studi e rapporti (Mazzocchi *et al.*, 2010; Nanto *et al.*, 2011; Rose, 2004). D’altro canto anche solo considerando gli ultimi anni, abbiamo spesso assistito a fenomeni calamitosi multipli, sia quando siano innescati gli uni dagli altri, come ad esempio nel caso di tsunami o frane provocati da eventi sismici, sia quando siano indipendenti ma accadano a breve distanza temporale gli uni dagli altri. È quindi emersa la necessità di guardare con più attenzione sia ai fenomeni cosiddetti “multi-hazard” sia alle interazioni complesse dei sistemi esposti che producono condizioni di multi-rischio, assai difficili da indagare e modellare con gli strumenti a nostra disposizione ad oggi.

**Stato dell'arte in letteratura rispetto alle analisi e valutazioni multirischio.** Uno stato dell'arte sintetico ed efficace relativamente alla valutazione e gestione dei rischi in contesti multi-hazard e multi-rischio è offerta nel recente volume curato dal JRC della Commissione Europea (Poljansek *et al.*, 2017). Si propone dapprima una classificazione del multi-hazard, multi-rischio rispetto al tipo di legame tra i fenomeni pericolosi: se potenzialmente concatenabili in una sequenza di eventi, indipendenti ma insistenti su uno stesso territorio, a loro volta tali da poter accadere contemporaneamente anche senza nessi causali tra essi oppure totalmente disgiunti. Peraltro il problema del multirischio viene presentato soprattutto relativamente alla difficoltà di individuare e costruire modelli efficaci per analizzarli e possibilmente prevederli. Nella maggior parte dei casi dobbiamo accontentarci di modelli qualitativi, mentre modelli quantitativi sono disponibili solo per alcuni tipi di concatenazione e/o compresenza. La questione tuttavia non riguarda solo il lato dei fenomeni, ma anche, o forse soprattutto, quello delle conseguenze e dei danni. È facile che questi ultimi siano concatenati tra loro, date le connessioni sistemiche tra i diversi settori esposti in un'area pericolosa, che si possono indicare come danni sistemici o di secondo ordine (o superiore) pensando alla concatenazione tra elementi danneggiati che a loro volta diventano fattori pericolosi capaci di produrre nuovi danni negli stessi o in altri sistemi esposti (Menoni *et al.*, 2017; Zschau, 2017). Gli effetti a cascata sono molto evidenti rispetto alle reti di servizio e soprattutto alla rete elettrica, proprio in virtù delle molteplici interdipendenze che legano l'energia a tutte le reti e a molti sistemi urbani e territoriali. Peraltro, si tratta di conseguenze molto visibili soprattutto nelle prime fasi del disastro, quando le reti sono indispensabili per il ripristino di condizioni di normalità e prima ancora per il soccorso alle popolazioni colpite. Tuttavia, gli effetti a cascata sono altrettanto rilevanti nei sistemi economici, con altrettanti effetti a cascata rispetto alla disponibilità delle reti di servizio, in particolare quelle di trasporto, e tra filiere produttive e di servizio diverse ma interdipendenti. Tali effetti a cascata, probabilmente meno evidenti nell'immediatezza dell'evento, possono tuttavia avere ripercussioni anche nel lungo periodo (Dupont e Noy, 2015).

**Il caso del terremoto in Centro Italia: la viabilità compromessa dalle numerose frane innescate dai sismi; le difficoltà della gestione della nevicata del gennaio 2017.** È possibile descrivere alcuni casi occorsi recentemente in Italia che sono emblematici di possibili effetti a cascata in condizioni multi-hazard.

Il primo caso riguarda la sequenza sismica in Centro Italia del 2016-17, a valle di tali eventi, si sono verificate numerose frane che hanno coinvolto direttamente la rete stradale, amplificando le problematiche di accessibilità, rendendo quindi ancora più difficoltose le azioni di gestione, sia della fase di emergenza, sia in quelle successive di ripristino della normalità. Ad esempio, il caso della strada di collegamento (sp 136) tra Castelluccio di Norcia e Castelsantangelo sul Nera che, a causa di alcuni movimenti franosi, è stata chiusa, impedendo così l'accesso diretto

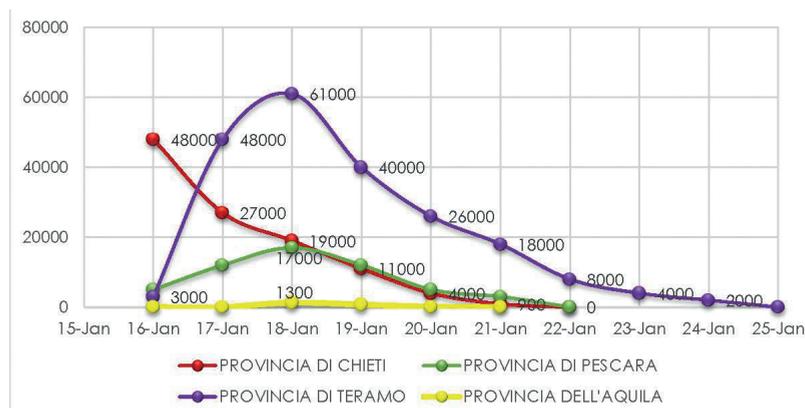


Fig. 1 - Andamento delle utenze senza energia elettrica nelle provincie abruzzesi (Koçoğlu, 2017).

alla piana di Castelluccio, creando conseguentemente un forte impatto sulle attività agricole legate alla coltivazione della lenticchia, principale settore economico locale.

Un secondo caso invece riguarda la forte nevicata del gennaio 2017 che ha colpito l'area adriatica, in particolare Abruzzo e Marche, regioni interessate contemporaneamente anche dalla crisi sismica. A causa di tale evento, si sono verificati due ordini di problemi: un blackout molto esteso e l'interruzione delle strade occupate dalla neve.

Il blackout ha coinvolto con andamento diverso decine di migliaia di utenze per una decina di giorni colpendo in modo più intenso la provincia di Teramo, come si può osservare in Fig. 1.

La causa è stata la formazione di manicotti di neve sulle linee aeree (fattore principale), il crollo di alberi sui cavi e il crollo di tralicci dovuti al carico nevoso. L'interruzione dell'energia elettrica si è prolungata per molti giorni, sia a causa dell'estensione del fenomeno, sia a causa della difficile accessibilità dei luoghi da parte dei tecnici, dovuta all'interruzione delle strade. In Fig. 2 si riporta ad esempio la situazione delle interruzioni della rete stradale in provincia di Teramo il 20 gennaio.

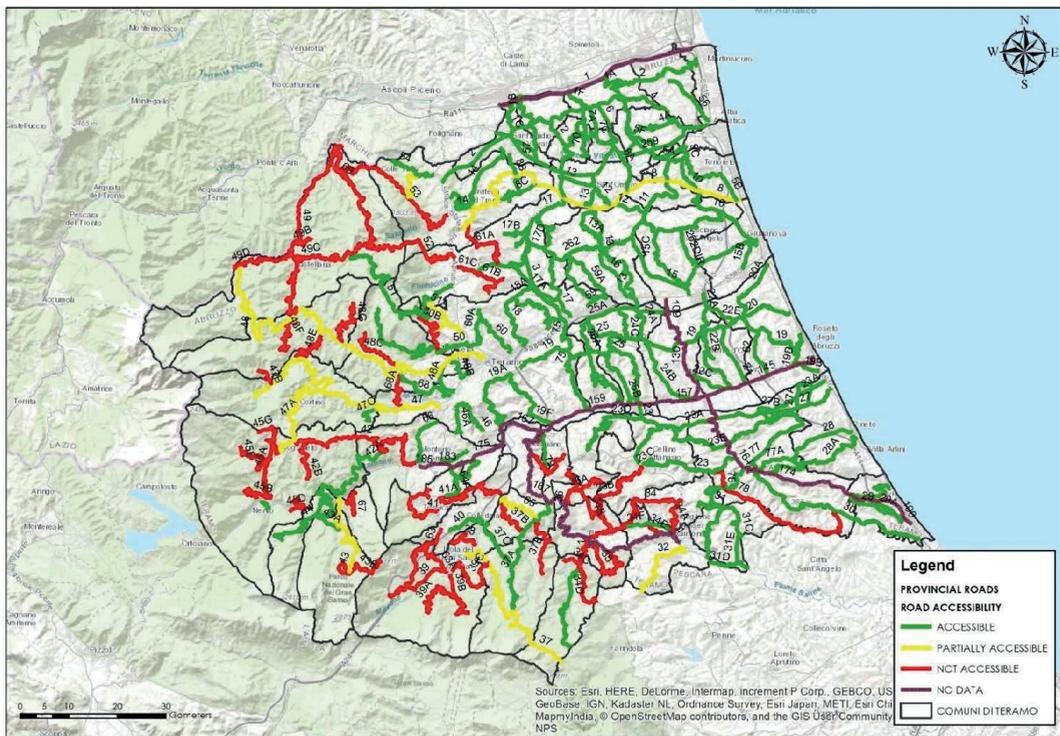


Fig. 2 - Mappa delle interruzioni della rete stradale in provincia di Teramo il 20 gennaio (Koçoğlu, 2017).

Il tempo di ripristino della viabilità è stato infatti superiore a quanto atteso in condizioni normali, a causa di diversi fattori: la dimensione eccezionale della nevicata, una scarsa preparazione nell'affrontare fenomeni di tali intensità e la particolare caratteristica del territorio sia in termini morfologici (area montuosa), sia in termini di distribuzione dei centri abitati (piccoli e dispersi). Inoltre, il nuovo evento sismico (MI 5.4) del 18 gennaio, ha richiesto la parziale evacuazione della centrale operativa ENEL, rallentando ulteriormente gli interventi di ripristino. È possibile quindi osservare la complessità innescata da un solo fenomeno e dei successivi fenomeni a cascata, sia di tipo fisico su oggetti diversi (rete stradale ed elettrica), sia di tipo gestionale ed organizzativo in diverse fasi temporali (carenza nella preparazione e nell'emergenza).

**Spunti di riflessione.** I casi riportati, tra gli innumerevoli che si potrebbero citare a livello nazionale ed internazionale, mettono ancora una volta in luce come non sia più possibile considerare i singoli eventi calamitosi come accadimenti isolati. La complessità sia dell'impatto del singolo evento, sia degli eventuali effetti secondari, sia della possibile concomitanza di diversi eventi (es.: terremoto e nevicata) deve essere affrontata con approccio sistemico e da diversi punti di vista. In particolare questo risulta evidente nel caso si tratti di infrastrutture e reti, data la loro estensione areale e l'interconnessione tra le reti stesse e le reti ed il territorio.

Nelle diverse fasi che tipicamente si riconoscono nella gestione dei disastri (riassumibili in preparazione, gestione dell'emergenza, ripristino, ricostruzione) è indispensabile quindi considerare un tipo di approccio che risulti funzionale all'obiettivo finale della mitigazione del rischio, tenendo conto della specifica fase temporale nella quale si sta agendo o per la quale ci si sta preparando. Tale obiettivo deve inoltre essere perseguito scegliendo accuratamente la scala di lavoro, sono infatti diversi i dati, le metodologie, le strategie da implementare, gli attori coinvolti, nel caso si consideri una scala locale (fino al livello del singolo oggetto), oppure una scala più vasta: urbana, regionale, nazionale.

Considerare gli effetti a cascata nel senso più ampio, coinvolgendo tutte le infrastrutture critiche quali reti, sistema sanitario, telecomunicazioni, sistema produttivo, ecc. è una tematica di grande attualità e dibattuta a livello internazionale (es.: OECD 2017; Theocharidou e Giannopoulos, 2015). Negli ultimi anni si è posta l'attenzione sulla carenza di dati statistici e rigorosi, sia i danni fisici alle infrastrutture critiche (spesso coperti dalla riservatezza), sia le conseguenze a cascata di secondo ordine o superiori, che sarebbero invece necessari per poter sviluppare modelli più affidabili (Menoni *et al.*, 2017).

#### Bibliografia

- DuPont W., Noy I.; 2015: What Happened to Kobe? A Reassessment of the Impact of the 1995 Earthquake in Japan, in *Economic Development and Cultural Change*, The University of Chicago Press Journals, 63:4
- Koçoğlu B.; 2017: Power systemic failures due to a multi-site contingency: an innovative approach to damage data analysis. The blackout crisis in January 2017 in Italy, Tesi di Laurea Magistrale, Scuola di Ingegneria Civile e Ambientale, Politecnico di Milano
- Mazzocchi M., Hansstein F., Ragona M.; 2010: The 2010 Volcanic Ash cloud and its financial impact on the European airline industry. *Cesifo Forum* no. 2, pp.92–100. Oxford economics. A report prepared for airbus.
- Menoni, S., Bondonna, C., Garcia Fernandez, M., Schwarze R.; 2017: Recording disaster losses for improving risk modelling capacities. In Poljansek K., M. Martin Ferrer, T. De Groeve, I. Clark (eds.) "Science for disaster risk management 2017. Knowing better and losing less", European Commission, DG-JRC
- Nanto D., Cooper W.H., Michael Donnelly J.; 2011: CRS Report for Congress Prepared for Members and Committees of Congress Japan's 2011 Earthquake and Tsunami: Economic Effects and Implications for the United States
- OECD; 2017: Getting Infrastructure Right: A framework for better governance, OECD Publishing, Paris
- Rose A.; 2004: Economic Principles, Issues, and Research Priorities of Natural Hazard Loss Estimation. Okuyama, Y., Chang, S. (Eds.), *Modeling of Spatial Economic Impacts of Natural Hazards*, Heidelberg, Springer.
- Theocharidou M., Giannopoulos G.; 2015: Risk Assessment Methodologies For Critical Infrastructure Protection. Part Ii: A New Approach. European Commission, Joint Research Centre (Jrc), Institute For The Protection And Security Of The Citizen. Retrieved From: [Http://Publications.jrc.ec.europa.eu/Repository/Bitstream/Jrc96623/Lbna27332enn.pdf](http://Publications.jrc.ec.europa.eu/Repository/Bitstream/Jrc96623/Lbna27332enn.pdf)
- Zschau J.; 2017: Where are we with multihazards, multirisks assessment capacities? In Poljansek K., M. Martin Ferrer, T. De Groeve, I. Clark (eds.) "Science for disaster risk management 2017. Knowing better and losing less", European Commission, DG-JRC