

## NATURAL AND ANTHROPOGENIC RISKS: PROPOSAL FOR AN INTERDISCIPLINARY GLOSSARY

PASQUALE VERSACE<sup>(\*)</sup>, GIULIO ZUCCARO<sup>(\*\*)</sup>, DARIO ALBARELLO<sup>(\*\*\*)</sup> &  
GABRIELE SCARASCIA MUGNOZZA<sup>(\*\*\*\*)</sup>

<sup>(\*)</sup>University of Calabria, CAMILab - Laboratorio di cartografia automatica e modellistica idrogeologica, Rende, (Italy)

<sup>(\*\*)</sup>University of Napoli Federico II, Department of Structures for Engineering and Architecture, Napoli (Italy)

<sup>(\*\*\*)</sup>University of Siena, Department of Physical Sciences, Earth and Environment, Siena (Italy)

<sup>(\*\*\*\*)</sup>Sapienza University of Roma, Department of Earth Sciences and CERI - Research Centre for Geological Risks, Roma (Italy)

Corresponding author: [dario.albarello@unisi.it](mailto:dario.albarello@unisi.it)

### PREMESSA

Gli effetti disastrosi di eventi di origine naturale o antropica che negli ultimi anni si sono succeduti in Italia hanno messo in sempre maggiore evidenza la necessità di predisporre misure di prevenzione adatte a limitare i danni che eventi futuri potranno infliggere al sistema sociale ed economico. Si tratta di misure caratterizzate da costi che possono anche essere molto rilevanti e che richiedono quindi un'oculata allocazione delle risorse disponibili allo scopo, privilegiando le situazioni potenzialmente più rischiose. Una stima efficace dei potenziali danni indotti da eventi attesi in un futuro più o meno prossimo diventa quindi uno strumento importante per un'efficace politica di prevenzione. A fronte di una sempre maggiore articolazione ed estensione dei tessuti urbani e delle attività economiche, la complessità delle stime di questi effetti cresce rapidamente, richiedendo il concorso concettuale di discipline assai diverse fra loro che nel corso degli anni si sono sviluppate spesso in maniera indipendente. Questo ha prodotto differenze di carattere metodologico che si riflettono anche sulle modalità con le quali i risultati prodotti da ciascuna di queste vengono condivise con altri ambiti disciplinari o trasmesse alle Autorità responsabili delle politiche di prevenzione. Queste difformità ostacolano la costruzione di approcci condivisi e quindi resi più efficaci dalla sinergia dei diversi contributi. Il documento che segue ha l'intento di delineare un comune modo di argomentare e formulare i pareri richiesti dal decisore politico in merito ai Rischi sui quali la comunità scientifica è chiamata ad esprimersi. In questo senso va la proposta di un glossario che abbia l'obiettivo di superare le barriere 'linguistiche' che separano le diverse discipline e costituire una base comune per la costruzione di efficaci strumenti argomentativi.

A tale riguardo, la costruzione di un glossario è da intendere come un'operazione di servizio attraverso la quale delineare e mettere in relazione fra loro termini chiave che possano diventare patrimonio comune e condiviso all'interno della Comunità scientifica e tecnica, cercando di superare le possibili difformità d'uso nelle diverse discipline, riflettendo, nel contempo, usi già consolidati in ambito internazionale e nella prassi operativa a livello nazionale. Il glossario, pertanto, non rappresenta una semplice elencazione di termini con le relative definizioni. Infatti, queste ultime hanno un senso in funzione dell'uso che si fa di questi termini e quindi solo

### FOREWORD

In the past few years, Italy has been ravaged by catastrophic events of natural or anthropogenic origin. These events have highlighted, once again, the need to take prevention measures in order to mitigate the damage that similar future events could inflict on the Italian social and economic system. As the costs of these measures might be very high, available resources should be allocated carefully, assigning priority to areas with the highest potential risk. Therefore, estimating the potential damage caused by events expected both in the near future and on a longer timescale in a reliable way might be an important tool for pursuing an effective prevention policy. The growing diversification and extent of urbanised areas and economic activities make the estimation of the above effects increasingly complex. Hence, reliance should be made on a combination of disciplines that may be very different from or that have often developed independently of one another over the years. However, this combination has resulted in discrepancies in methodological approaches, which have impaired the effectiveness of communication to the authorities in charge of prevention policies.

This document proposes a common way through which the scientific community may present its arguments and express its opinions about risks at the request of policymakers. In particular, the document proposes the use of a glossary with a view to overcoming "language" barriers among the various disciplines and defining a common lexicon.

The construction of a glossary requires the definition of key terms and their mutual relations, which may become a common legacy within a scientific and technical community. Moreover, a glossary may help overcome possible differences in the usage of those terms across the various disciplines, considering both consolidated uses at international level and operational practices at national level. Thus, the proposed glossary is not a mere listing of terms with their definitions. Indeed, the meaning of the definitions depends only on the use of the related terms in the reasoning process and in the opinions that represent the outcome of this process. In this sense, the construction of a glossary requires the adoption of a common

all'interno del processo che dà forma all'argomentazione e quindi ai pareri che ne rappresentano l'esito. Appare quindi necessario delineare innanzitutto il contesto logico all'interno del quale il glossario prende corpo. In questo senso, la costruzione del glossario richiede la definizione di un *modus operandi* comune alle diverse componenti della Comunità scientifica e tecnica.

Il documento è organizzato come segue. Nel secondo paragrafo sono introdotte, in termini molto generali, le motivazioni e quindi le caratteristiche che il glossario deve avere, cercando di mettere in chiaro la forma generale dell'impianto logico all'interno del quale si inserisce ed il suo valore regolatorio. Nel terzo paragrafo viene presentata una formulazione semplice dell'analisi di rischio, mettendo in evidenza le possibili ambiguità nascoste in questa formulazione che rendono necessari maggiori approfondimenti. Nel quarto paragrafo viene proposta una possibile formalizzazione del processo logico che dovrebbe portare alla formulazione di pareri e di valutazioni nell'ambito dei diversi rischi. In questa parte vengono definiti, in forma generale, i principali elementi informativi considerati e le loro reciproche relazioni. Nell'ultimo paragrafo viene presentato il glossario vero e proprio, ovvero l'elenco dei termini e delle loro definizioni, articolate, ove necessario, sulla base dei diversi contesti applicativi di riferimento. Infine, viene proposta una breve lista dei riferimenti bibliografici relativi ai testi consultati.

## OBIETTIVI E LIMITI DI UN GLOSSARIO

La costruzione di una argomentazione coerente legittima le decisioni dei soggetti preposti agli occhi dei potenziali destinatari. Il carattere argomentativo (e non dimostrativo) di questa legittimazione è imposto dalle condizioni di incertezza nelle quali le decisioni vanno prese a causa della insufficiente qualità e quantità delle informazioni disponibili riguardo ai fenomeni che l'azione vuole fronteggiare.

Per lo sviluppo di una argomentazione coerente è necessario dotarsi di due strumenti: uno di carattere semantico (lessico di riferimento) ed uno di carattere operativo (procedura operativa), strettamente interconnessi.

Utilizzando il lessico di riferimento le argomentazioni verrebbero epurate dalle possibili ambiguità e rese quindi del tutto intelligibili da parte della comunità che partecipa alla costruzione dell'argomentazione (la comunità di riferimento). Il lessico ha quindi carattere regolatorio e viene sviluppato ad uso della comunità di riferimento per fini specifici.

Per ottenere questo scopo, il lessico di riferimento deve essere accompagnato da un glossario, ovvero dalla raccolta delle definizioni dei termini che compongono il lessico. Per definizione un glossario è incompleto, nel senso che le sue definizioni (i suoi lemmi) rimandano all'uso di altri termini che non sono compresi nel glossario stesso. Questi ultimi termini sono ritenuti concetti elementari ovvero chiari e privi di ambiguità (e quindi non oggetto di possibili interpretazioni alternative) dai membri della comu-

approach by the members of the scientific community involved.

The document is organised as follows. The second section provides an overview of the rationale for a common terminology and the features that it should have, explaining its logical structure and normative purpose. Section 3 defines the concept of risk analysis in simple terms, highlighting the possible ambiguities associated with this concept that need further insights. Section 4 proposes a formalisation of the logical process to be followed in carrying out assessments and expressing opinions on various risks. This section also deals, in general terms, with the main items of information considered and their mutual relations. Section 5 presents the glossary, i.e. a list of terms, their definitions, and, where necessary, their application contexts. Finally, a short list of references used in the document is provided.

## AIMS AND LIMITATIONS OF A GLOSSARY

Decisionmakers should rely on consistent reasoning to justify their decisions to potential recipients. A process of reasoning (rather than demonstration) is required by the climate of uncertainty in which they make their decisions, due to the insufficient quality and quantity of information available about the phenomena to be addressed.

Developing consistent reasoning calls for two closely interconnected tools: a semantic tool (reference lexicon) and an operational tool (operational procedure).

Using a reference lexicon can remove ambiguities from the arguments put forward and make them fully intelligible to the community participating in their construction (reference community). Therefore, a lexicon has a normative nature and is intended to provide support to the reference community.

To achieve this aim, the reference lexicon should be accompanied by a glossary, i.e. a collection of definitions of the terms making up the lexicon. By definition, a glossary is incomplete, in the sense that its definitions (lemmas) refer to other terms that are not included therein. The latter terms are considered to be elementary concepts, i.e. to be clear and unambiguous (not giving rise to alternative interpretations), by the members of the reference community. This legacy of common terms and references defines the language that is typical of that community: the more homogeneous the community (and the smaller its size), the broader the set of basic terms and thus the smaller the size of the glossary that is necessary to ensure a coherent communication within that community. Hence, a glossary intended for a small community, with common educational background and experiences, will be progressively extended and enriched when a broader community (e.g. the general public) is involved in the construction of arguments. An extension of the lexicon is also needed when the outcome of the reasoning is to be communicated to

nità di riferimento. Questo patrimonio di termini e di riferimenti condivisi definisce il linguaggio proprio di quella comunità: tanto maggiore è l'omogeneità della comunità (e quindi tanto minore è la sua estensione), tanto più esteso sarà l'insieme dei termini di base e quindi tanto minore l'estensione del glossario necessario ad una coerente comunicazione all'interno di quella comunità. Ci si deve quindi attendere che un glossario ad uso di una comunità piccola ed omogenea (per formazione ed esperienze condivise) debba essere progressivamente ampliato ed arricchito quando si intende far partecipare alla costruzione dell'argomentazione una più ampia comunità (per esempio includendo l'intera cittadinanza). Una estensione del lessico è altresì necessaria quando si vuole comunicare l'esito dell'argomentazione ad una comunità più ampia di quella che l'ha costruita.

Il secondo strumento che completa la costruzione dell'argomentazione è rappresentato dalla definizione di una procedura operativa. Questa procedura richiede due elementi. Il primo è una forma di codifica dei termini utilizzati nell'argomentazione, che ne determini il ruolo all'interno di questa. Il secondo è una procedura formalizzata che permetta di legare le premesse alle conclusioni dell'argomentazione passando attraverso una appropriata combinazione dei diversi termini utilizzati al suo interno e opportunamente codificati.

La codifica dei termini deve avvenire attraverso un processo condiviso (la misura) mediante il quale ad un dato termine viene associato univocamente un valore (una quantificazione) secondo una specifica metrica. La scelta di questa metrica dipende dalla natura del termine, dalle finalità dell'argomentazione e dalle caratteristiche del decisore cui l'argomentazione è utile. Questa codifica può essere espressa in termini nominali (basso, medio, alto), termini ordinali (attraverso una scala di valori) oppure numericamente in termini di numeri cardinali.

Riguardo alla procedura, questa deve avere un carattere formale perché l'argomentazione risulti chiara nei suoi aspetti essenziali. Uno schema concettuale utile (ma non unico) per strutturare il processo argomentativo in condizioni di incertezza, garantendone contestualmente la coerenza interna e la versatilità, è quello fornito dalla Teoria della Probabilità. Questo tipo di formalizzazione ha anche il merito di mettere in chiara evidenza il carattere non univoco degli esiti dell'argomentazione come effetto delle incertezze che caratterizzano il processo per il quale l'argomentazione viene richiesta o si rende necessaria.

Quindi, ci si aspetta che nella costruzione di un'argomentazione sia chiara la comunità che la sviluppa e le finalità che si pone. Una volta chiariti questi elementi, l'argomentazione viene connotata completamente dalle codifiche utilizzate per caratterizzare i termini che compaiono al suo interno e dalla struttura formale utilizzata per combinarli. La formalizzazione ha carattere probabilistico per tenere conto delle inevitabili incertezze che caratterizzano le grandezze implicate nell'analisi.

a community that is larger than that constructing it.

The second tool that completes the construction of arguments is an operational procedure. This procedure consists of two steps: codification of the terms used and their roles in the reasoning process; and a formalised procedure to link the premises with the conclusions of the reasoning process, after adequately combining and codifying the different terms used therein.

The codification of terms should be based on a shared process (measurement) through which each term is uniquely associated with a value (quantification) according to a specific metric. The choice of the metric depends on the nature of the term, the aims of the reasoning, and the characteristics of the decisionmaker developing it. This codification may be expressed in nominal terms (low, average, high), ordinal terms (a range of values), or numerically in cardinal numbers.

The procedure should have a formal nature in order to make the key aspects of the reasoning process clear. Probability theory offers a useful conceptual framework to shape this process under conditions of uncertainty, ensuring its internal coherence and versatility. This type of formalisation also has the advantage of highlighting the non-unique character of the outcome of the reasoning as a result of the uncertainties characterising the process for which such reasoning is requested or necessary.

Thus, when constructing a reasoning, both its aims and the community responsible for it should be clear. After clarifying these aspects, the reasoning is fully identified by the codifications used to characterise the terms inside it and by the formal structure adopted to combine them. Formalisation is a probability-based process that considers unavoidable uncertainties affecting the variables implied in the analysis.

An example of such reference community is the Major Risk Commission operating inside the Italian Department of Civil Protection, Presidency of the Council of Ministers, Italian Government. The reasoning has the purpose of providing arguments supporting the decisions of political authorities and other stakeholders.

These decisions are aimed at mitigating the impact of future adverse events (hereafter merely events), i.e. the set of circumstances that may impair the life and/or integrity of people, assets, communities, fauna, flora, and the environment affected by the event. The following sections will generically refer to damage, i.e. to the impaired function of the elements affected by these events, which may be natural (earthquakes, heavy rainfall, etc.) or anthropogenic (groundwater pollution, arson, industrial incidents, etc.), based on the (economic, social, etc.) value assigned to the damaged element or to its impaired function owing to the damage; the latter may then be associated with a loss.

This reasoning will be conventionally called "risk analysis". In this context, the reasoning has the purpose of helping

Per quanto riguarda ciò che segue, la comunità di riferimento è quella della Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile della Presidenza del Consiglio dei Ministri del Governo Italiano. L'argomentazione ha come fine quello di supportare decisioni volte a ridurre l'impatto di futuri eventi avversi (di seguito chiamati anche semplicemente eventi) intesi come un insieme di circostanze capaci di compromettere la vita e/o l'integrità delle persone, dei beni, delle comunità, della fauna e della flora e dell'ambiente investiti dall'evento. Nel seguito si parlerà genericamente di danni ovvero di una diminuita funzionalità dei beni investiti da questi eventi, che possono essere di origine naturale (terremoti, piogge intense, ecc.), o derivanti dall'attività antropica (inquinamento delle falde, incendi dolosi, incidenti industriali, ecc.). In base al valore (economico, sociale, ecc.) attribuito al bene danneggiato o alla diminuzione della sua funzionalità a seguito del danno, a quest'ultimo potrà poi essere associata una perdita.

A questa specifica argomentazione si darà il nome convenzionale di 'Analisi di Rischio'. In questo contesto, l'argomentazione ha lo scopo di contribuire a definire e legittimare scelte volte a ottimizzare la pianificazione e la gestione delle emergenze e a sviluppare strategie politiche di prevenzione e/o mitigazione del rischio. La forma assunta dall'analisi di rischio sarà diversa in funzione dei diversi ambiti applicativi, ma conserverà la stessa struttura logica che passa attraverso l'adozione di un lessico, di una metrica e di una opportuna formalizzazione.

## IL RISCHIO NELLA SUA FORMULAZIONE PIU' GENERALE

In ragione degli obiettivi, è possibile distinguere due diversi livelli di analisi: quello relativo alla determinazione di scenari di danno o di impatto e quello relativo alla determinazione del rischio.

Per scenario di danno intenderemo la distribuzione geografica e l'entità dei danni attesi a seguito di un singolo specifico evento (sismico, vulcanico, idrogeologico, ecc.) assunto come evento di riferimento. Prendendo in considerazione le perdite relative ai danni attesi a seguito dell'evento di riferimento, si parlerà invece di impatto dell'evento di riferimento considerato.

Il rischio è invece una misura degli effetti (in termini di danni o di perdite a questi associate) complessivamente attesi a seguito dell'insieme dei possibili eventi avversi che possono verificarsi, in un definito orizzonte temporale (periodo di riferimento), in una certa area geografica. Pertanto, il rischio va inteso, in termini probabilistici, come una valutazione integrata dei diversi possibili scenari di danno o di impatto che, nella medesima area, possono essere generati da singoli eventi di diversa intensità o caratteristiche (della stessa tipologia, o di tipologie differenti in caso di multirischio) durante il periodo di riferimento. La variabilità del danno o della perdita per un assegnato periodo di riferimento tiene conto dell'incertezza sul danno o sulla perdita derivante da un singolo

to define and justify decisions that are aimed at optimising the planning and management of emergencies and at developing policies and strategies to prevent and/or to mitigate risks. The form taken by risk analysis will be different depending on different application contexts, but it will retain the same logical structure, involving the adoption of a lexicon, of a metric, and of an appropriate formalisation.

## RISK IN GENERAL TERMS

Two different levels of analysis may be distinguished on the basis of the objectives pursued: definition of damage/impact scenarios or risk assessment.

A damage scenario is the geographic distribution and the extent of the damage expected from an individual specific event (seismic, volcanic, geo-hydrogeological, ecc.), which is taken to be a reference event. Conversely, the losses due to the damage expected from the reference event define its impact.

By contrast, a risk is a measure of the overall effects (in terms of associated damage or losses) expected from a set of possible adverse events that may take place within a given timeframe (reference period) in a given geographic area. Therefore, in terms of probability, a risk should be understood as an integrated assessment of the different possible damage or impact scenarios that, in the same area, may be caused by a set of possible individual events with different intensity and features (of the same type or of different types for multi-risks). The variability of damage or loss in an assigned reference period takes account of the uncertainty relating to the damage or loss arising from a specific scenario and from event scenarios that may occur in the reference period. When assessing the damage or loss resulting from a specific scenario or a risk in a given reference period, final estimations may be concisely expressed in terms of a single quantile of a distribution or of any statistics, especially of the expectation.

The types of estimation will depend on the metric employed in the various assessments according to their specific aims.

Both scenario analysis and risk analysis rely on variables that are closely linked with one another and partially interdependent: hazard, exposure, and vulnerability. From an operational viewpoint, the three variables are expressed (as will be seen) in different ways, depending on the risk being investigated. Hence, a specific analysis is characterised by the procedure used to codify the above variables (through appropriate metrics) and to combine them into a consistent formulation. Nevertheless, these variables retain some common basic elements, all of them being potentially affected by uncertainty and thus expressed in terms of probability. From an informal standpoint, these variables refer to the following intuitive and widely used concepts.

- Hazard defines the probability of occurrence of a poten-

scenario e di quella relativa agli scenari di evento che potrebbero verificarsi nel periodo di riferimento. Sia quando si valuta il danno o la perdita derivante da uno specifico scenario sia quando si valuta il rischio in un prefissato periodo di riferimento, le stime finali possono essere espresse sinteticamente in termini di un singolo quantile della distribuzione o di una sua statistica, in particolare del valore atteso. La forma delle stime dipenderà dalla metrica adottata nelle diverse valutazioni in funzione degli specifici scopi.

Sia nelle analisi di scenario quanto in quelle di rischio, entrano in gioco tre grandezze fra loro strettamente connesse e parzialmente interdipendenti: la pericolosità, l'esposizione e la vulnerabilità. Dal punto di vista operativo le tre grandezze sono declinate, come si vedrà, in modo diverso a seconda del tipo di rischio considerato: quindi, la specifica analisi si caratterizza per le modalità con le quali esse vengono codificate (attraverso una opportuna metrica) e combinate all'interno di una formulazione coerente. Esse, tuttavia, conservano in comune alcuni elementi di base, essendo tutte potenzialmente affette da incertezza e quindi caratterizzate in termini probabilistici. Rimanendo sul piano informale, queste grandezze si riferiscono a concetti sostanzialmente intuitivi e ampiamente diffusi.

- La pericolosità è la probabilità di occorrenza, in una specifica area geografica e in un prefissato periodo di riferimento, di un evento potenzialmente dannoso di origine naturale o antropica di assegnata intensità. Quest'ultima può essere codificata variamente in funzione delle caratteristiche del tipo di evento (ad es. sisma, eruzione vulcanica, inondazione, frana, ecc.). L'incertezza nella valutazione della pericolosità è legata alla incompleta conoscenza e/o alla complessità dei possibili fenomeni fisici responsabili dell'evento. In generale è possibile costruire una funzione di densità di probabilità della variabile assunta per caratterizzare l'evento (ad es. portata al colmo in caso di inondazioni) che può derivare anche dalla combinazione di più variabili (ad es. velocità e dimensione in caso di frane). Nel caso in cui la metrica di riferimento lo richieda si può ricorrere all'uso di una variabile discreta piuttosto che di una continua (ad es. Intensità Macrosismica). Nel caso in cui non fosse possibile delineare un periodo di riferimento per l'evento, la stima di pericolosità si riduce ad una stima di suscettibilità.
- L'esposizione è la quantità e qualità di elementi a rischio (persone, edifici, infrastrutture, ambiente, attività e beni mobili) e della loro distribuzione spaziale nell'area analizzata. Ai fini delle analisi di rischio gli elementi a rischio possono essere raggruppati in classi per le quali si ipotizza una analoga capacità di risposta all'evento considerato. Questa valutazione è potenzialmente affetta da incertezza e pertanto può essere anche caratterizzata da una distribuzione di probabilità. L'incertezza nella valutazione dell'esposizione dipende dalle incomplete conoscenze riguardo all'entità degli elementi

tially harmful event of natural or anthropogenic origin, of an assigned intensity, in a specific geographic area, and in a given reference period. Hazards may be codified in various ways, depending on the type of event (earthquake, volcanic eruption, flood, landslide, etc.). Uncertainty in assessing a hazard is due to incomplete knowledge and/or complexity of the possible physical phenomena that are responsible for the event. Generally, a probability density function can be obtained for the variable chosen to characterise the event (flood flow for floods), which may also result from a combination of multiple variables (e.g. velocity and size for landslides). If required by the reference metric, use may be made of a discrete rather than continuous variable (e.g. macroseismic intensity in place of Peak Ground Acceleration). If, due to lack of information, no reference period can be assessed, then a hazard estimate reduces itself to a susceptibility estimate, which assesses the probability that a potentially harmful event may affect a specific geographic area in an unspecified future interval.

- Exposure defines the quantity and quality of the elements at risk (people, structures, buildings, infrastructure, environment, activities, and movable assets) and their spatial distribution in the area under investigation. For the purposes of risk analysis, the elements at risk may be grouped into classes that are supposed to have a similar response to the event considered. This assessment, which is potentially affected by uncertainty, may also have a probability distribution. Uncertainty in assessing exposure depends on incomplete knowledge of the size of the elements at risk, the features that affect their response, and their temporal variability, the latter being particularly significant when people or movable assets are involved. The extent of exposure depends on the units of measurement used to define the number of elements at risk. The elements at risk may also be associated with a monetary value (exposed value), which makes it possible to quantitatively assess the economic value of the damage caused by the event. The exposed value should not be confused with exposure, which has a more general significance.
- Vulnerability expresses the relationship between the intensity of the adverse event, the features of the element at risk (asset, community, system, environment) that affect its behaviour, and the amount of damage resulting from the event (response). Uncertainty in assessing vulnerability depends on incomplete knowledge of the features affecting the response of the element at risk and the possible effects induced therein.

In addition to the three variables examined so far, use is increasingly made of another variable: capacity, i.e. the set of

a rischio, delle loro caratteristiche che ne condizionano la risposta e alla loro variabilità temporale, aspetto particolarmente rilevante nel caso di persone o di beni mobili. Le dimensioni dell'esposizione dipendono dalle unità di misura adottate per definire l'entità degli elementi a rischio. Agli elementi a rischio può anche essere associato un valore espresso ad esempio in termini monetari (valore esposto) che consente una valutazione quantitativa del valore economico del danno provocato dall'evento. Il valore esposto non va confuso con l'esposizione che ha una valenza più generale.

- La vulnerabilità esprime la relazione tra l'intensità dell'evento avverso, le caratteristiche dell'elemento a rischio (bene, comunità, sistema, ambiente) che ne condizionano il comportamento e la misura del danno conseguente all'evento (risposta). L'incertezza nella valutazione della vulnerabilità dipende dall'incompleta conoscenza delle caratteristiche condizionanti la risposta del bene e dei possibili effetti indotti sull'elemento esposto all'evento.

Accanto alle tre grandezze fin qui esaminate, c'è una tendenza diffusa a considerare un'ulteriore grandezza: la capacità intesa come l'insieme delle risorse e delle abilità di cui dispongono le persone, le organizzazioni e le comunità per far fronte alle conseguenze negative di un evento potenzialmente disastroso e rafforzarne la resilienza. La capacità è spesso considerata come un elemento della vulnerabilità "in senso lato", assumendo che quest'ultima diminuisca man mano che la capacità aumenta. Tuttavia, è opportuno mantenere distinte capacità e vulnerabilità "in senso stretto", tenuto conto dei fattori che ne determinano le rispettive variazioni. Ovviamente le due grandezze sono diverse. Si tratta di un argomento abbastanza complesso sulla cui definizione quantitativa esiste un ampio dibattito e che non ha ancora raggiunto una formalizzazione consolidata anche a causa dell'intrinseca difficoltà nella determinazione di una metrica condivisa, capace di rappresentare compiutamente i diversi aspetti (strumentali, sociali, economici, psicologici, ecc.) che la determinano. Si tratta, in definitiva di una questione ancora aperta che andrà adeguatamente approfondita sotto il profilo scientifico e che potrà essere oggetto di successive integrazioni al presente documento.

Al di là delle definizioni generali date sopra, e sebbene non esistano a priori difformità nella formalizzazione delle analisi di rischio, esistono marcate differenze terminologiche nel modo in cui questi termini sono poi effettivamente applicati nei diversi contesti. In particolare, se si considerano i vocaboli di maggiore utilizzo, una disamina condotta per conto dell'UNU-EHS delle Nazioni Unite ha mostrato che nei glossari utilizzati dalle diverse istituzioni internazionali il lemma 'Hazard' è utilizzato con 14 diversi significati, il termine 'Risk' con 31 significati, 'Vulnerability' con 37 diverse modalità, 'Exposure' in 7 modi differenti.

Le stesse discordanze si osservano tra le comunità rappresen-

resources and skills that people, organisations, and communities have in order to cope with the negative consequences of a potentially catastrophic event and to strengthen their resilience. Capacity is often regarded as one of the components of vulnerability in the broad sense, assuming that the latter decreases as capacity increases.

Nevertheless, capacity and vulnerability in the strict sense should be kept separate, considering the factors affecting their changes. Obviously, the two variables are different.

The quantitative definition of these two variables is a fairly complex topic, over which a wide debate is under way and for which no consolidated formalisation has yet been achieved. This is due to difficulties in agreeing on a common metric, capable of fully representing its constituent aspects (instrumental, social, economic, psychological, etc.). Ultimately, this is a still open issue, whose understanding should be improved from a scientific viewpoint, and thus it will be disregarded in the following sections.

Apart from the general definitions provided above and despite the fact that there are no a priori discrepancies in the formalisation of risk analyses, there exist major terminological differences in the ways in which these terms are applied in the different contexts. With particular regard to the most widely used terms, a study carried out on behalf of the United Nations University–Institute for Environment and Human Security (UNU–EHS) showed that, in the glossaries adopted by various international institutions, "hazard" is used with 14 different meanings, "risk" with 31 meanings, "vulnerability" with 37, and "exposure" with 7.

The same discrepancies are observed among scientific and engineering communities. Indeed, although the fundamental concepts are the same, they are at times indicated with different words. The issue is compounded by the fact that, sometimes, depending on the type of risk under review, the same lemma may indicate a fundamentally different concept. However, summarising these differences in a "synoptic table" serving as a translation system is painstaking work.

The difficulty is not only terminological, as these lexical differences are often based on ambiguities and false matches resulting from different methodological approaches taken in the different contexts. In drafting this glossary, preference was given to a description of the logical process leading to estimate a risk or an impact scenario by using some keywords and a corresponding formalisation; without referring to specific contexts, the latter formalisation expresses an unambiguous approach to risk estimation and encompasses more specific formulations that are used (not always explicitly) in the analyses of various risks. A formulation of this type is reported in the following section. Obviously, this formulation is non-exclusive, but it is sufficient to achieve the above-described aims.

tate all'interno della Commissione Grandi Rischi. Infatti, anche se i concetti fondamentali restano gli stessi, a volte sono indicati con termini diversi. La questione è resa più complessa dal fatto che talora lo stesso lemma sta ad indicare, a seconda del rischio trattato, un concetto fondamentale diverso. Tuttavia, dare conto di queste difformità mediante una "tabella sinottica" che funga da sistema di traduzione è un compito arduo. Questa difficoltà non è solo di carattere terminologico, dato che alla base di queste differenze lessicali ci sono spesso ambiguità e false corrispondenze frutto dei diversi livelli di approfondimento metodologico portati avanti nei diversi contesti. Nella compilazione di questo glossario si è invece privilegiata la scelta di descrivere il processo logico che porta alla stima del rischio o dello scenario di impatto utilizzando alcune parole chiave e una corrispondente formalizzazione che, evitando il riferimento a contesti specifici, fossero in grado di dare conto della sostanziale unitarietà dell'approccio alla stima del rischio e di racchiudere in una visione unitaria le più specifiche formulazioni declinate, in modo non sempre esplicito, nelle analisi dei diversi rischi. Una formulazione di questo tipo è riportata nel capitolo successivo. Si tratta, ovviamente, di una formulazione non esclusiva ma che appare sufficiente per le finalità sopra descritte.

### UNA DESCRIZIONE FORMALE DELL'ANALISI DI RISCHIO

In questo paragrafo è proposta una possibile formalizzazione delle procedure di calcolo per la determinazione dei danni e dell'impatto atteso di un possibile evento di origine naturale o antropica che può interessare in un intervallo temporale (periodo di riferimento) i beni e le persone (elementi a rischio) che si trovano in una determinata area.

La quantificazione dei danni provocati dall'evento avverso sui beni o le persone esposte (beni, ambiente naturali, ecc.) rappresenta il primo risultato delle valutazioni di scenario/rischio. Da esso possono discendere ulteriori valutazioni di impatto facendo quindi riferimento alle perdite economiche, funzionali, umane ecc. Tuttavia, alcune trattazioni si fondano su modellazioni orientate direttamente all'analisi dell'aspetto interessato (riduzione di funzionalità, perdite sociali, economiche dirette, economiche indirette, i.e. pandemie, ecc.).

A titolo di esempio, nella formalizzazione che segue si considera anche una possibile modellazione per la valutazione dell'impatto economico indiretto derivante dalla riduzione di funzionalità di un bene considerato.

Si assume che l'effetto dell'evento avverso atteso dipenda da:

1. le caratteristiche dell'evento atteso rappresentate dalla grandezza  $I$  (intensità);
2. la tipologia dei beni potenzialmente interessati dall'evento (esempio edifici con particolari caratteristiche, strade di una particolare classe, persone, ecc.), tipologia che viene defini-

### A FORMAL DESCRIPTION OF RISK ANALYSIS

This section proposes a possible formalisation of computation procedures to determine the damage and expected impact of a possible event of natural or anthropogenic origin affecting people and property (elements at risk) in a given area and time-frame (reference period).

Quantifying the damage caused by an adverse event on exposed people and property (assets, natural environments, etc.) is the first result of scenario/risk assessments. Further impact assessments may be focused on economic, functional, human, and other losses. However, some assessments are founded on models that analyse specific aspects (impaired function, social, direct and indirect economic losses, i.e. pandemics, etc.).

For instance, the following formalisation considers a possible model to assess the indirect economic impact from the impaired function of a given asset.

The effect of the expected adverse event is assumed to depend on:

1. the characteristics of the expected event, identified by the variable  $I$  (intensity);
2. the type of assets affected by the event (e.g. buildings with particular characteristics, roads of a given class, people); this type is defined by the variable  $T$  (type), generally assumed to be a discrete variable;
3. the number  $N$  (number) of assets of type  $T$ ;
4. the damage that the event may cause to each of these assets; this damage is defined by the variable  $D$  (damage);
5. the value  $L$  (value) of the damage sustained by the element exposed to the event. The value of  $L$  is the magnitude of the loss associated with the damage.

While  $I$  and  $T$  may be assumed to be independent of the remaining variables, the other variables are related by functional dependencies, concisely described in Table 1.

Functional dependency	Compact notation
$N = f(T)$	$N_T$
$D = f(I, T)$	$D_{I,T}$
$L = f(T, D)$	$L_{T,D}$

Tab. 1 - Functional relations between variables in risk analysis

Except for the variable  $N$ , all other elements are denoted by a metric that is specific to the type of assessment being carried out and to the event considered. This metric may be discrete or continuous.

The following is a formal analysis using a standard probability notation<sup>1</sup>. To simplify the following description – as often happens in practice in this kind of analyses – some variables will be assumed to have a deterministic rather than probabilistic nature. In particular, the variable  $N_T$  of the elements at risk of type  $T$  and the relationship between the value  $L$  associated with the damage  $D$  will be assumed to be deter-

ta tramite la grandezza  $T$  (tipologia) generalmente assunta come una variabile discreta;

3. la quantità  $N$  (numero) dei beni di tipologia  $T$ ;
4. il danno che l'evento può indurre su ciascuno di questi beni definito dalla grandezza  $D$  (danno);
5. il valore  $L$  (valore) del danno per l'elemento esposto all'evento. Il valore di  $L$  rappresenta l'entità della perdita (Loss) associata al danno.

Mentre  $I$  e  $T$  si possono assumere indipendenti dalle restanti grandezze, le altre sono fra loro legate da forme di dipendenza funzionale, sinteticamente descritte nella Tabella 1.

Dipendenza funzionale	Notazione compatta
$N = f(T)$	$N_T$
$D = f(I, T)$	$D_{I,T}$
$L = f(T, D)$	$L_{T,D}$

Tab. 1 - Relazioni funzionali fra le grandezze che intervengono nell'analisi del rischio

Se si esclude la grandezza  $N$ , tutti gli altri elementi sono connotati da una metrica che è specifica del tipo di valutazione di interesse e dell'evento considerato. Questa metrica può avere carattere discreto o continuo.

Di seguito è presentata un'analisi formale condotta utilizzando la notazione probabilistica standard<sup>1</sup>. Per semplificare la trattazione che segue, come spesso avviene nella pratica di questo genere di analisi, ad alcune grandezze sarà dato carattere deterministico, escludendole dalla trattazione probabilistica. In particolare, si assumerà nota la quantità  $N_T$  di elementi a rischio di tipologia  $T$  e la relazione fra il valore  $L$  associato ai danni  $D$ ; in particolare si assumerà costante, per  $T$  e  $D$  fissati, il valore  $L_{T,D}$ . Sarà invece considerato il carattere aleatorio delle altre grandezze ( $D$  e  $I$ ) che verranno quindi rispettivamente caratterizzate dalle distribuzioni di probabilità.

$$f_I(i)\Delta i = \text{Prob}[i \leq I \leq i + \Delta i] \quad (1)$$

$$f_D(d | T, I)\Delta d = \text{Prob}[d \leq D \leq d + \Delta d | T=t, I=i] \quad (2)$$

<sup>1</sup> $X$ : variabile casuale (v.c.);  
 $x$ : singola realizzazione della v.c.  $X$ ;  
 $f_X(x)$ : densità di probabilità della v.c.  $X$   
 e tale per cui  $f_X(x)dx = \text{Prob}[x \leq X \leq x + \Delta x]$  (per variabili continue)  
 oppure  $f_X(x) = \text{Prob}[X=x]$  (per variabili discrete)  
 $F_X(x) = \text{Prob}[X \leq x]$ : funzione di ripartizione della v.c.  $X$   
 $f_{X|Y}(x|y) = \text{Prob}[x \leq X \leq x + \Delta x | Y=y]$ : densità di probabilità della v.c.  $X$  condizionata alla v.c.  $Y$   
 $X_Y$ : variabile non aleatoria il cui valore dipende da un'altra variabile non aleatoria  $Y$   
 $\bar{X}$ : valore atteso (media) della distribuzione di probabilità relativa alla v.c.  $X$

ministicamente known. In addition, for  $T$  and  $D$ , the value  $L_{T,D}$  will be taken as constant. Conversely, other variables ( $D$  and  $I$ ) will have a random nature and will thus be expressed by the probability distributions.

$$f_I(i)\Delta i = \text{Prob}[i \leq I \leq i + \Delta i] \quad (1)$$

$$f_D(d | T, I)\Delta d = \text{Prob}[d \leq D \leq d + \Delta d | T=t, I=i] \quad (2)$$

Table 2 summarises some possible applications of this kind of analysis. Further generalisations of the procedure may be obtained by introducing other random elements, e.g. by considering the probability distribution of  $L$  or  $N$  and not their expected value.

Indicators		Computation procedures in probability formulation
Expected number of elements at risk of type $T$ , sustaining damage $D$ , caused by an adverse event of magnitude $I$	$\bar{N}_{I,T,D}$	$N_T f_D(d   T=t, I=i)\Delta d$
Expected value of elements at risk of type $T$ , sustaining damage $D$ , caused by an adverse event of magnitude $I$	$\bar{L}_{I,T,D}$	$L_{T,D} N_T f_D(d   T=t, I=i)\Delta d$
Overall expected value of losses for all the elements at risk of all the types $T$ that are present, caused by an adverse event of magnitude $I$	$\bar{L}_I$	$\sum_{t=1..m} \left[ N_t \int_0^{D_{max}} L_{t,d} f_D(d   T=t, I=i)\Delta d \right]$
Expected number of elements at risk of type $T$ , with damage $D$ , considering all possible adverse events	$\bar{N}_{T,D}$	$N_T \int_{I_{min}}^{I_{max}} f_I(i) f_D(d   T=t, I=i)\Delta i$
Expected value of losses from damage $D$ for the elements at risk of type $T$ , considering all possible adverse events	$\bar{L}_{T,D}$	$L_{D,T} N_T \int_{I_{min}}^{I_{max}} f_I(i) f_D(d   T=t, I=i)\Delta i$
Overall expected number of elements at risk affected by all possible adverse events	$\bar{N}$	$\sum_{t=1..m} \left\{ \int_0^{D_{max}} \left[ N_t \int_{I_{min}}^{I_{max}} f_I(i) f_D(d   t, i)\Delta i \right] \Delta d \right\}$
Expected value of expected losses for all the elements at risk, considering all possible adverse events	$\bar{L}$	$\sum_{t=1..m} \left\{ \int_0^{D_{max}} \left[ L_{t,d} N_t \int_{I_{min}}^{I_{max}} f_I(i) f_D(d   t, i)\Delta i \right] \Delta d \right\}$

Tab. 2 - Impact indicators summarising the effects of an adverse event. The variables considered are defined on the continuum through integrals, or by a summation for discrete variables

<sup>1</sup> $X$ : random variable;  
 $x$ : single realisation of the random variable  $X$ ;  
 $f_X(x)$ : probability density of the random variable  $X$ ,  
 such that  $f_X(x)dx = \text{Prob}[x \leq X \leq x + \Delta x]$  (for continuous variables)  
 or  $f_X(x) = \text{Prob}[X=x]$  (for discrete variables);  
 $F_X(x) = \text{Prob}[X \leq x]$ : distribution function of the random variable  $X$ ;  
 $f_{X|Y}(x|y) = \text{Prob}[x \leq X \leq x + \Delta x | Y=y]$ : probability density of the random variable  $X$  conditional on the random variable  $Y$ ;  
 $X_Y$ : non-random variable whose value depends on another non-random variable  $Y$ ;  
 $\bar{X}$ : expected value (average) of the probability distribution related to the random variable  $X$ .

Nella tabella 2 sono sintetizzati alcuni possibili sviluppi applicativi di questo genere di analisi. Ulteriori generalizzazioni della procedura possono essere ottenute includendo altri elementi di aleatorietà, per esempio considerando per  $L$  o  $N$ , invece del valore atteso, la relativa distribuzione di probabilità.

Indicatori		Procedura di calcolo nella formulazione probabilistica
Numero atteso di elementi a rischio di tipologia $T$ , che subiscono danni $D$ , a seguito dell'evento avverso di entità $I$	$\bar{N}_{I,T,D}$	$N_T f_D(d T = t, I = i) \Delta d$
Valore atteso degli elementi a rischio di tipologia $T$ , che subiscono danni $D$ , a seguito dell'evento avverso di entità $I$	$\bar{L}_{I,T,D}$	$L_{T,D} N_T f_D(d T = t, I = i) \Delta d$
Valore atteso complessivo delle perdite relative a tutti gli elementi a rischio, riguardante tutte le $m$ tipologie $T$ presenti, a seguito dell'evento avverso di entità $I$	$\bar{L}_I$	$\sum_{t=1..m} \left[ N_t \int_0^{D_{max}} L_{t,d} f_D(d T = t, I = i) \Delta d \right]$
Numero atteso di elementi a rischio di tipologia $T$ , con danni $D$ , considerando tutti i possibili eventi avversi	$\bar{N}_{T,D}$	$N_T \int_{I_{min}}^{I_{max}} f_I(i) f_D(d T = t, I = i) \Delta i$
Valore atteso, delle perdite relative ai danni $D$ relativamente agli elementi a rischio di tipologia $T$ , considerando tutti i possibili eventi avversi	$\bar{L}_{T,D}$	$L_{D,T} N_T \int_{I_{min}}^{I_{max}} f_I(i) f_D(d T = t, I = i) \Delta i$
Numero atteso complessivo di elementi a rischio interessati da tutti i possibili eventi avversi	$\bar{N}$	$\sum_{t=1..m} \left\{ \int_0^{D_{max}} \left[ N_t \int_{I_{min}}^{I_{max}} f_I(i) f_D(d t, i) \Delta i \right] \Delta d \right\}$
Valore atteso delle perdite attese relative a tutti gli elementi a rischio, considerando tutti i possibili eventi avversi	$\bar{L}$	$\sum_{t=1..m} \left\{ \int_0^{D_{max}} \left[ L_{t,d} N_t \int_{I_{min}}^{I_{max}} f_I(i) f_D(d t, i) \Delta i \right] \Delta d \right\}$

Tab. 2 - Indicatori di impatto che riassumono gli effetti dell'evento avverso. Le grandezze considerate sono definite sul continuo attraverso integrali, o con una sommatoria in caso di variabili discrete

**GLOSSARIO**

**Analisi di Rischio**

Procedura per la valutazione quantitativa del rischio finalizzata a informare e legittimare scelte volte ad ottimizzare la pianificazione e la gestione delle emergenze e a sviluppare strategie politiche di prevenzione e/o mitigazione del rischio.

**Argomentazione Coerente (o semplicemente Argomentazione)**

Sequenza di proposizioni logicamente concatenate dotate di coesione, compattezza, congruità semantica delle componenti, connessione logica e mancanza di contraddittorietà, sviluppata a sostegno di possibili azioni che un decisore è chiamato ad intraprendere.

**Capacità**

La combinazione di tutti i punti di forza, attributi e risorse disponibili all'interno di un'organizzazione, comunità o società per gestire e ridurre i rischi di catastrofi e rafforzare la resilienza.

**GLOSSARY**

**Adverse Event**

A phenomenon of natural or anthropogenic origin that may damage elements at risk.

**Capacity (or Capability)**

The combination of all the strengths, attributes, and resources that are available within an organisation, community, or society to manage and mitigate disaster risks and strengthen resilience. Capacity may involve infrastructure, institutions, and human knowledge and skills, as well as collective attributes, such as social relations, leadership, and management.

**Cascading Events**

A sequence of consecutive events that are characterised by a causal relationship with one another (e.g. an earthquake triggering a landslide, which causes the collapse of a building and casualties), or a temporal interaction between the different phenomena that the same triggering event may independently generate (e.g. a flood may cause power failures or road traffic interruptions, which are independent of one another, but which may both affect the function of the same hospital). Cascading events may be mapped through a temporal sequence consisting of a single chain of events, i.e. the occurrence of an event that triggers a single event tree, and a sequence of multiple and parallel chains of events, i.e. the occurrence of an event that triggers multiple and parallel chains of events. In this instance, the temporal sequence is made up of a sequence of events that do not necessarily have a causal relationship with one another. For instance, cascading events triggered by volcanic eruptions can generate a number of parallel phenomena (earthquake, ash fall, pyroclastic flows, tsunamis, lahars, etc.) causing multiple and independent event trees.

**Casualties**

The number of people killed and injured by a natural or anthropogenic event.

**Consistent Reasoning (or merely Reasoning)**

A sequence of logically chained propositions, having semantic cohesion, compactness, and congruity, as well as logical connection and lack of contradiction, which are developed to support possible actions that a decisionmaker is called to take.

**Damage**

Decreased integrity, size, efficiency (function), or conditions considered to be advantageous or positive by a community, resulting from an adverse event. Depending on applications, damage can be measured in different ways, using appropriate metrics for each type of risk analysis. In this sense, damage may be physical or social.

**Damage Levels**

The physical damage to an exposed element caused by a natural or anthropogenic event may be regarded as a continuous or discrete variable. A discrete variable defines various damage

La capacità può includere infrastrutture, istituzioni, conoscenze e abilità umane e attributi collettivi come relazioni sociali, leadership e gestione.

#### **Classe di vulnerabilità**

L'insieme di beni, persone, configurazioni ambientali, ecc., esposti all'evento avverso le cui caratteristiche tipologiche conferiscono agli elementi stessi una risposta (comportamento) simile nei riguardi di un evento avverso.

#### **Danno**

Riduzione in termini di integrità, consistenza, di efficienza (funzionalità) o comunque delle condizioni giudicate vantaggiose e positive dalla comunità a seguito del realizzarsi dell'evento avverso. A seconda delle diverse applicazioni, il danno può essere misurato in modi differenti utilizzando opportune metriche funzionali al tipo di analisi di rischio. In questo senso, il danno può essere fisico o sociale.

#### **Danno fisico**

Misura della riduzione quantitativa o funzionale dello stato del bene, delle persone o dell'ambiente precedente al fenomeno avverso. A titolo di esempio il danno fisico a edifici e infrastrutture può essere valutato, in termini discreti, attraverso le stime di attingimento di un certo livello di danno, oppure, in termini continui, attraverso una opportuna metrica, che associa al danno una variabile continua. Il danno fisico alle persone è generalmente valutato, in modo continuo o discreto, considerando il numero di morti e feriti.

#### **Danno sociale**

Misura del grado di disgregazione sociale, in termini di peggioramento dei rapporti e delle funzioni sociali, che il verificarsi di un evento naturale o antropico induce su una comunità nel breve e nel medio lungo termine.

#### **Effetto Domino (Cascading events)**

Sequenza di eventi consecutivi caratterizzati da relazione causa/effetto (ad esempio, un terremoto che induce una frana, che provoca un collasso dell'edificio, che a sua volta induce vittime) o interazione temporale tra diversi fenomeni generati indipendentemente dallo stesso evento scatenante (ad esempio, un'alluvione può causare indipendentemente l'uno dall'altro, guasti elettrici e interruzioni stradali, che possono entrambi influenzare il funzionamento dello stesso ospedale). Cascading events possono essere rappresentati da una sequenza temporale costituita da: una singola catena di eventi, in caso di attivazione di un evento che induca un singolo grafo di eventi (event tree); una sequenza di più catene in parallelo, in caso di attivazione di un evento che induca più grafi di eventi in parallelo. In questo caso, la sequenza temporale è costituita da una sequenza di eventi non necessariamente con una relazione causa/effetto. Ad esempio, ciò riguarda gli eventi a cascata innescati da eruzioni vulcaniche in grado di generare una serie di fenomeni in parallelo (terremoto, caduta di cenere, flussi piroclastici, tsunami, lahar, ecc.) che causano più grafi di eventi indipendenti.

levels that progressively include all possible consequences that an element at risk may sustain.

#### **Damage Scenario**

A description, including in terms of probability, of the overall damage caused in a given geographic area by a single natural or anthropogenic event taken as a reference scenario.

#### **Danger**

A synonym for adverse event.

#### **Economic Loss**

A measure of the expected direct or indirect economic losses of the elements exposed to an adverse event. A direct economic loss is associated with physical damage or with the cost for reinstating the function of an element. An indirect economic loss is the cost deriving from the reduced services and/or productivity of the damaged element, e.g. deterioration of health care, communication, and other services, reduction of tourist flows and production volumes, loss of clients and suppliers.

#### **Elements at Risk**

Human or natural elements (people, buildings, infrastructure, activities and movable assets, natural environment) that are present in the area exposed to potentially harmful events, whose state, conditions, and/or function may be damaged, altered, or destroyed by an adverse event that is assumed to be a reference event.

#### **Event Scenario**

The spatial and temporal pattern of the intensity of a specific natural or anthropogenic event of an assigned probability (taken as a reference scenario). Here, intensity defines a quantity representing the severity of the adverse event in any point of the area investigated.

#### **Event Tree**

An inductive graph used to analyse a time series of events or subsequent consequences having a causal relationship between them. The chances of a transition from one event to the subsequent one can be evaluated by using an assigned probability.

#### **Exposure**

Quantity and quality of elements at risk in a geographic area where an event is expected. Exposure may be identified in various ways, depending on the type of risk analysis adopted.

#### **Hazard**

In a specific geographic area and a given timeframe (reference period), the probability of occurrence of a potentially harmful natural or anthropogenic event of an assigned intensity. The latter may be codified in various ways depending on the features of risk analysis.

#### **Impact**

The quantification of the overall potential damage and losses that a reference event may generate in the same area and in a set timeframe.

#### **Intensity of an Adverse Event**

A variable representing the severity of an adverse event at

**Elementi a rischio**

Elementi antropici (persone, edifici, infrastrutture, attività e beni mobili, ambiente naturale) presenti nell'area esposta ad eventi potenzialmente dannosi, il cui stato, le condizioni e/o funzionamento possono essere danneggiate, alterate o distrutte a causa del verificarsi del fenomeno avverso assunto come evento di riferimento.

**Esposizione**

Quantità e qualità degli elementi a rischio nell'area geografica in cui l'evento è atteso. L'esposizione può essere identificata in vari modi in funzione del tipo di analisi di rischio.

**Evento avverso**

Fenomeno di origine naturale o antropica che può danneggiare gli elementi a rischio.

**Evento di riferimento**

Evento avverso assunto per la definizione di uno specifico scenario di danno e/o impatto.

**Grafo degli eventi (Event tree)**

Diagramma analitico induttivo in cui un evento viene analizzato per esaminare una serie cronologica di eventi o conseguenze successive, caratterizzate da relazioni di causa/effetto.

**Impatto**

Valutazione cumulativa delle perdite potenziali complessive che nella medesima area possono essere generate da un evento di riferimento in un arco temporale prefissato.

**Intensità di un evento avverso**

Grandezza rappresentativa della severità dell'evento avverso in ogni punto dell'area oggetto dello studio.

**Livelli di danno**

Il danno fisico all'elemento esposto per effetto di un evento naturale o antropico può essere trattato come una variabile continua o discreta. In questo secondo caso possono essere definiti vari livelli di danno che comprendono in modo progressivo tutte le possibili conseguenze che un elemento a rischio può subire.

**Metrica**

Sistema di misura capace di rappresentare quantitativamente le distanze topologiche esistenti fra le diverse possibili manifestazioni di una grandezza.

**Multi-hazard**

Valutazione delle probabilità di accadimento di eventi avversi di diversa natura che si possono verificare in modo non necessariamente concatenato, che minacciano gli stessi elementi a rischio senza relazione cronologica, in una determinata area geografica.

**Multirischio**

Valutazione, in una stessa area geografica, dell'intero rischio derivante da una molteplicità di possibili eventi avversi e delle interazioni con le diverse specifiche vulnerabilità dei beni esposti. Un approccio multi-rischio implica una prospettiva multi-hazard e multi-vulnerabilità dinamica. Ciò include gli eventi che si verificano contemporaneamente o che si susseguono a breve, perché

each point of the area being investigated.

**Metric**

A measuring system that quantitatively represents the various topological distances existing between the different possible expressions of a given variable.

**Multi-Hazard Assessment**

An assessment of the probabilities of occurrence of adverse events of a different nature. These events, whether concatenated or not, and with no chronological relationship, threaten the same elements at risk in a given geographic area.

**Multi-Risk Assessment**

An assessment, in the same geographic area, of the overall risk arising from a series of possible adverse events and their interactions with the different specific vulnerabilities of the exposed elements. A multi-risk approach implies a multi-hazard perspective and dynamic multi-vulnerability. This includes events that occur simultaneously or follow one another within a short time, because they depend on one another, or because they are caused by the same triggering event or danger (cascading events), or because they threaten the same elements at risk (vulnerable/exposed elements) without any temporal coincidence.

**Physical Damage**

A measure of the quantitative or functional reduction of the state of elements at risk prior to an adverse event. For instance, physical damage to buildings and infrastructure can be assessed in discrete terms by estimating the damage level reached, or in continuous terms by using an appropriate metric that associates damage with a continuous variable. Physical damage to people is generally assessed, in a continuous or discrete manner, by considering the number of people killed and injured.

**Quantile**

The value of a stochastic variable corresponding to a given exceedance probability.

**Reference Event**

An adverse event taken as a reference for defining a specific damage and/or impact scenario.

**Reference Period**

The timeframe considered by risk analysis.

**Resilience**

For a system, community, or society exposed to risks, the possibility of withstanding, coping with, adapting to, changing, and recovering from the effects of a harmful event in a timely and efficient manner, including through the preservation and restoration of its essential basic structures and functions via risk management.

**Risk**

A measure of the negative effects (in terms of damage, possibly including related losses) caused by adverse events in a given reference period and in a certain geographic area. It may be expressed as the probability that, in the same period, a given level of damage and consequent losses (to/of people, buildings, infrastruc-

sono dipendenti l'uno dall'altro o perché sono causati dallo stesso evento scatenante o pericolo (cascading events), o ancora perché minacciano gli stessi elementi a rischio (elementi vulnerabili / esposti) senza coincidenza cronologica.

### **Perdita economica**

Misura della riduzione attesa del valore economico (economic losses) di tipo diretto o indiretto sugli elementi esposti all'evento avverso. La perdita economica diretta è associata al danno fisico ovvero al costo del ripristino della sua funzionalità. La perdita economica indiretta, invece, deriva dal costo conseguente alla riduzione di servizi e/o produttività dell'elemento danneggiato, come ad esempio peggioramento dei servizi sanitari, di comunicazione, ecc., oppure riduzione dei flussi turistici, contrazione dei volumi di produzione, perdita di clienti e fornitori, ecc..

### **Perdite umane (Casualties)**

Misura del danno fisico alla popolazione causato da un evento naturale o antropico, in termini di morti e feriti.

### **Pericolo**

Sinonimo di evento avverso

### **Pericolosità**

Probabilità di occorrenza, in una specifica area geografica ed in uno specifico intervallo temporale (Periodo di Riferimento) di un evento avverso potenzialmente dannoso di origine naturale o antropica di assegnata intensità. Quest'ultima può essere codificata variamente in funzione delle caratteristiche dell'analisi di rischio.

### **Periodo di riferimento**

Orizzonte temporale di interesse per l'analisi di rischio

### **Quantile**

Valore di una variabile stocastica corrispondente ad una probabilità di superamento fissata.

### **Resilienza**

La possibilità di un sistema, una comunità o una società esposta ai rischi di resistere, assorbire, accogliere, adattarsi, trasformare e riprendersi dagli effetti di un evento dannoso in modo tempestivo ed efficiente, anche attraverso la conservazione e il ripristino delle sue strutture di base essenziali e funzioni attraverso la gestione del rischio.

### **Rischio**

Misura degli effetti negativi (in termini di danni eventualmente inclusivi delle perdite associate a questi ultimi) causati dagli eventi avversi in un assegnato periodo di riferimento e in una certa area geografica. Può essere espresso come probabilità che, in detto periodo, si attinga un livello prefissato di danno e conseguenti perdite (su persone, edifici, infrastrutture, economia, ecc.) oppure come valore atteso del danno, sempre nello stesso periodo. Il rischio va inteso come una valutazione cumulativa, che mette in conto i danni potenziali complessivi che nella medesima area possono essere generati da eventi diversi, ma della stessa natura (sismico, vulcanico, idrogeologico, ecc.) in un arco temporale prefissato.

ture, economy, etc.) is reached, or as an expected level of damage, always in the same period. Risk should be understood as a cumulative assessment considering the overall potential damage that may be induced by different events of the same nature (seismic, volcanic, hydrogeological, etc.) in a set timeframe.

### **Risk Analysis**

Procedure to quantify a risk in order to inform and justify decisions aimed at optimising the planning and management of emergencies and developing political strategies for risk prevention and/or mitigation.

### **Social Damage**

A measure of social disruption, in terms of deterioration of social relations and functions, that a natural or anthropogenic event causes to a community in the short to medium term (i.e. homelessness).

### **Susceptibility**

If, due to lack of adequate information, the probability of occurrence of a given event in a specific geographic area in the reference period cannot be estimated, then the susceptibility of such area (i.e. its tendency to suffer a harmful event of an assigned intensity) is assessed.

### **Vulnerability**

Vulnerability expresses the relationship between the intensity of an adverse event, the features of the elements at risk (assets, community, system, environment) that affect their behaviour, and the measure of the damage resulting from the event (response). Uncertainty in assessing vulnerability is due to insufficient knowledge of the features affecting the response of and the possible effects on the elements exposed to an event. Vulnerability is defined in different ways depending on the types of risk being assessed. In seismic risks, vulnerability is the probability that an element at risk, belonging to a specific behavioural class (vulnerability class), experiences or exceeds a damage threshold (according to a predetermined scale of damage) upon the occurrence of an event of an assigned intensity. In flood risks, vulnerability expresses the expected damage to the elements at risk, the extent of damage ranging from 0 (no damage) to 1 (total destruction).

### **Vulnerability Class**

A set of elements at risk (assets, people, environmental configurations, etc.) exposed to an adverse event of such a type that all of them show a similar response (behaviour) to that event.

## **ACKNOWLEDGEMENTS**

The authors wish to thank Dr. Daniela Di Bucci (Dipartimento della Protezione Civile, Presidenza del Consiglio dei Ministri) for her valuable review and comments which significantly improved the Glossary.

**Scenario di evento**

Andamento spaziale e temporale della intensità di uno specifico evento naturale o antropico di assegnata probabilità (assunto come scenario di riferimento). Per intensità si intende qui una grandezza rappresentativa della severità dell'evento avverso in ogni punto dell'area oggetto dello studio.

**Scenario di danno**

Descrizione, anche in termini probabilistici, dell'insieme di danni procurati, in una certa area geografica, da un singolo evento naturale o antropico assunto come scenario di riferimento.

**Suscettibilità**

Qualora, per mancanza di adeguate informazioni, nella valutazione di pericolosità non fosse possibile stimare la probabilità di accadimento dell'evento nel periodo di riferimento, si ricorre a una valutazione di suscettibilità, intesa come propensione di una specifica area geografica a essere interessata, in un futuro imprecisato, da un evento dannoso di assegnata intensità.

**Vulnerabilità**

Esprime la relazione tra l'intensità dell'evento avverso, le caratteristiche dell'elemento a rischio (bene, comunità, sistema, ambiente) che ne condizionano il comportamento e la misura del danno conseguente all'evento (risposta). L'incertezza nella valutazione della vulnerabilità dipende dall'incompleta conoscenza delle caratteristiche condizionanti la risposta del bene e dei possibili effetti indotti sull'elemento esposto all'evento. Nei diversi rischi la vulnerabilità è definita in modo diverso. Nel caso del rischio sismico essa è rappresentata dalla probabilità che un elemento a rischio, appartenente ad una specifica classe comportamentale di beni (detta classe di vulnerabilità), superi o superi una soglia di danno, secondo una prefissata scala di danneggiamento, al verificarsi di un evento di assegnata intensità. Nel caso del rischio di inondazione la vulnerabilità esprime il danno atteso sugli elementi a rischio, con entità del danno compresa tra 0 (nessun danno) ed 1 (distruzione totale).

**RINGRAZIAMENTI**

Gli autori desiderano ringraziare la Dott.ssa Daniela Di Bucci ((Dipartimento della Protezione Civile, Presidenza del Consiglio dei Ministri) per l'attento commento critico e gli utili suggerimenti nella prima fase di stesura del Glossario.

**BIBLIOGRAFIA CONSULTATA / REFERENCES**

- DIPARTIMENTO DI PROTEZIONE CIVILE (2020) - *La protezione civile in Italia* - Testo istituzionale di riferimento per i docenti scolastici. ISBN 9791281195004: 236 pp.
- EUROPEAN COMMISSION - COMMISSION STAFF WORKING PAPER (2010) - *Risk Assessment and Mapping Guidelines for Disaster Management*. [https://ec.europa.eu/echo/files/about/COMM\\_PDF\\_SEC\\_2010\\_1626\\_F\\_staff\\_working\\_document\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/echo/files/about/COMM_PDF_SEC_2010_1626_F_staff_working_document_en.pdf)
- EUROPEAN COMMISSION - JRC JOINT RESEARCH CENTER (2019) - *Recommendations for National Risk Assessment for Disaster Risk Management in EU*. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/084707>
- FOURNIER D'ALBE E.M. (1979) - *Objectives of volcanic monitoring and prediction*. Journal of the Geological Society, **136**: 321-326.
- ISDR INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION (2004) - *Living with Risk. A global review of disaster reduction initiatives*. ISBN/ISSN 9211010640: 429 pp.

- KELMAN I. (2018) - *Lost for Words Amongst Disaster Risk Science Vocabulary?* Int. J. Disaster Risk Sci., 9: 281–291.
- THY WISSEN K. (2006) - *Components of Risk: a Comparative Glossary*. Vol. 2: 50 pp. <http://ehs.unu.edu/file/get/4042>
- UNDRO OFFICE OF THE UNITED NATIONS DISASTER RELIEF COORDINATOR (1979) - *Natural Disasters and Vulnerability Analysis*. Report of Expert Group Meeting, 9-12 July 1979, Geneva. <https://www.preventionweb.net/files/resolutions/NL800388.pdf>
- UNDRR UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (2009) - *2009 UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction*. <https://www.undrr.org/quick/10973>
- UNDRR UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (2015) - *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction, 2015-2030*. 32 pp. <https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030>
- UNDRR UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (2016) – *Report of the open-ended intergovernmental expert working group on indicators and terminology relating to disaster risk reduction*. <https://www.undrr.org/publication/report-open-ended-intergovernmental-expert-working-group-indicators-and-terminology>
- UNDRR UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (2017) - *Terminology*. <https://www.undrr.org/terminology>
- VARNES D.J. (1984) - *Landslide hazard zonation: a review of principles and practice*. UNESCO, Paris: 63 pp.

*Received May 2023 - Accepted June 2023*