



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

LA SICUREZZA DELLE GALLERIE STRADALI: LA PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE A REGOLA D'ARTE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI E AUSILIARI

Analisi dei rischi: stato dell'arte e prospettive future

Mara Lombardi

Facoltà di Ingegneria Civile e Industriale – Sapienza Università di Roma

mara.lombardi@uniroma1.it

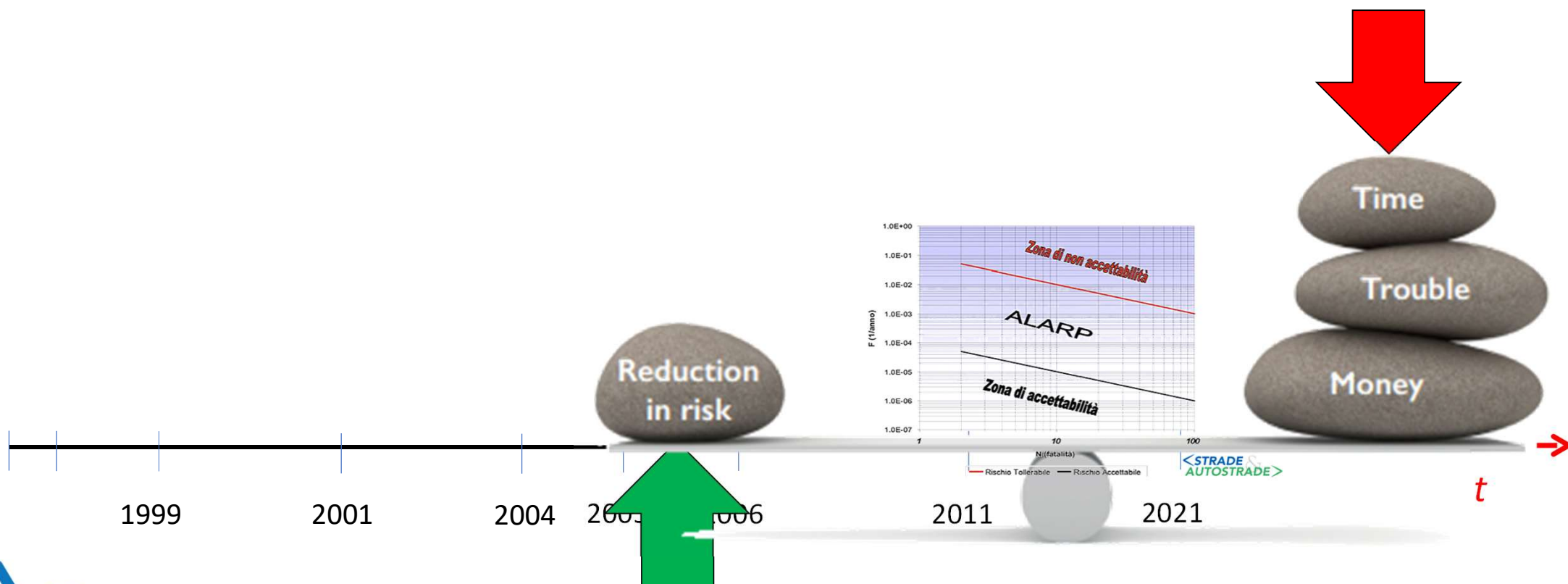
<https://phd.uniroma1.it/web/MARA-LOMBARDI-nC2627-IT.aspx>

25 giugno 2024





PIANO DI RESILIENZA INFRASTRUTTURE CRITICHE





Siamo partiti da.... Visione integrata

2015

2021

Strategie Comunitarie



Smart&Green



Politica industriale organizzata per accedere ai fondi del Next Generation EU destinati a:

- Mercato unico, innovazione e agenda digitale
- Coesione, resilienza e valori
- Risorse naturali e ambiente

Strumenti attuativi Nazionali



Documento
di Economia e Finanza

2021

Allegato

Dieci anni per trasformare l'Italia
Strategie per infrastrutture, mobilità e
logistica sostenibili e resilienti

Per il benessere delle persone e la
competitività delle imprese, nel rispetto
dell'ambiente



Analisi dei rischi: stato dell'arte e prospettive future

Prof.ssa Mara Lombardi

2021

2026

Piano Nazionale Ripresa e Resilienza



Progetti e riforme su 6 obiettivi strategici, in continuità con la programmazione UE e Nazionale:

- Transizione verde
- Trasformazione digitale
- Crescita intelligente, sostenibile e inclusiva
- Coesione sociale e territoriale
- Salute e resilienza economica, sociale e istituzionale
- Politiche per le nuove generazioni, l'infanzia e i giovani

Missione 3 Infrastrutture per una mobilità sostenibile:

41,810 mld € di cui 30,710 mld € aggiuntivi:

Missioni e componenti:

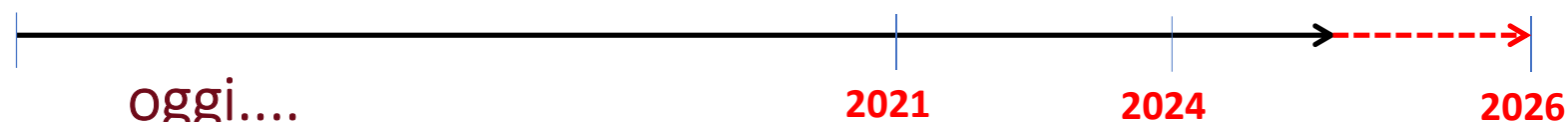
- Componente M3C1 Alta velocità ferroviaria e strade sicure (38,320 mld € di cui 27,220 mld € aggiuntivi);
- Componente M3C2 Intermodalità e logistica integrata (3,490 mld € aggiuntivi).

Principali progettualità:

- Opere ferroviarie per la mobilità e la connessione veloce del Paese (36,870 mld € di cui 25,770 mld € aggiuntivi);
- Messa in sicurezza e monitoraggio digitale di strade, viadotti e ponti (1,450 mld € aggiuntivi);
- Progetto integrato porti d'Italia (3,130 mld € aggiuntivi);
- Digitalizzazione aeroporti e sistemi logistici (0,360 mld € aggiuntivi).

Analisi dei rischi: stato dell'arte e prospettive future

Prof.ssa Mara Lombardi



oggi....
Visione integrata

Allegato Strategie per le infrastrutture, la mobilità e la logistica

I. LE LINEE PROGRAMMATICHE PER LO SVILUPPO DELLE INFRASTRUTTURE E DEL SISTEMA DEI TRASPORTI E DELLA LOGISTICA..... 8

I.3. PER LO SVILUPPO DELLE INFRASTRUTTURE E DEL SISTEMA DEI TRASPORTI E DELLA LOGISTICA..... 10

II. LA METODOLOGIA DI SELEZIONE DELLE INFRASTRUTTURE STRATEGICHE E DI PREMINENTE INTERESSE NAZIONALE 11

II.1 MACRO-CRITERIO: SVILUPPO INFRASTRUTTURALE 12

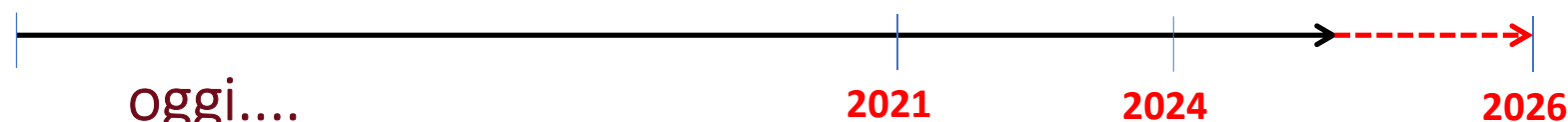
III. IL CONTESTO DI RIFERIMENTO 19

III.3. IL SISTEMA DEI TRASPORTI E DELLA LOGISTICA 30

III.3.1 LE RETI TRANSEUROPEE DI TRASPORTO TEN-T 30

Strumenti attuativi Nazionali





oggi....
Visione integrata

Allegato
Strategie per le infrastrutture, la mobilità e la logistica

I. LE LINEE PROGRAMMATICHE PER LO SVILUPPO DELLE INFRASTRUTTURE E DEL SISTEMA DEI TRASPORTI E DELLA LOGISTICA..... 8

I.3. PER LO SVILUPPO DELLE INFRASTRUTTURE E DEL SISTEMA DEI TRASPORTI E DELLA LOGISTICA..... 10

Strumenti attuativi Nazionali



- sulla valorizzazione del patrimonio infrastrutturale esistente, anche sfruttando l'innovazione tecnologica e le opportunità offerte dalla transizione digitale per studiare soluzioni atte a gestire e a ottimizzare i flussi di traffico, ad aumentare la sicurezza e la resilienza delle infrastrutture e a promuovere l'integrazione con il territorio;

SICUREZZA

RESILIENZA

Analisi dei rischi: stato dell'arte e prospettive future

Prof.ssa Mara Lombardi



Allegato Strategie per le infrastrutture, la mobilità e la logistica

II. LA METODOLOGIA DI SELEZIONE DELLE INFRASTRUTTURE STRATEGICHE E DI PREMINENTE INTERESSE NAZIONALE 11

II.1 MACRO-CRITERIO: SVILUPPO INFRASTRUTTURALE 12

- **fattibilità;**
- **coerenza con le strategie nazionali;**
- **sinergia con altri progetti e investimenti;**
- **potenziamento di infrastrutture esistenti.**

MANUTENZIONE

NODI

ARCHI

Anal

In ultimo, il criterio di **potenziamento e manutenzione delle infrastrutture esistenti** si riferisce alla valutazione di interventi di miglioramento delle prestazioni (anche di carattere gestionale) o di interventi di manutenzione che valorizzino il patrimonio infrastrutturale esistente, anche al fine di soddisfare le esigenze dei territori. Gli effetti valutati saranno quindi le variazioni delle prestazioni dell'infrastruttura (ivi compresi i costi di gestione), l'aumento della sicurezza (ad esempio, la riduzione dell'incidentalità e del numero di morti su strada, il recupero della piena funzionalità delle dighe) e il potenziamento tecnologico, sia di infrastrutture lineari (ad esempio, per mezzo di sistemi di controllo della circolazione o segnalamento ferroviario, anche al fine di adeguare la rete a standard tecnologici internazionali, o la digitalizzazione dei grandi adduttori idrici per il contenimento delle perdite), sia dei nodi (ad esempio, con l'introduzione di sistemi per il monitoraggio di merci pericolose, sistemi di gestione del traffico automatizzati, sensori IoT per monitorare le operazioni portuali ed interportuali, o per l'efficientamento e il monitoraggio di grandi dighe, impianti idroelettrici, idrovori o di potabilizzazione). Inoltre, la valutazione prenderà in considerazione l'implementazione, anche in via sperimentale, di nuove tecnologie, quali ad esempio i Sistemi di Trasporto Intelligenti Cooperativi (C-ITS) o soluzioni di intelligenza artificiale per ottimizzare i sistemi di trasporto, logistica e approvvigionamento idrico.

Strumenti attuativi Nazionali



a e Finanza



Allegato Strategie per le infrastrutture, la mobilità e la logistica

III. IL CONTESTO DI RIFERIMENTO 19

III.3. IL SISTEMA DEI TRASPORTI E DELLA LOGISTICA 30

III.3.1 LE RETI TRANSEUROPEE DI TRASPORTO TEN-T 30

La Commissione europea ha programmato ormai da decenni, in piena condivisione con gli Stati membri, una strategia volta a incentivare il trasferimento modale verso sistemi di trasporto più sostenibili, anche attraverso l'impiego di tecnologie innovative, prefiggendosi come obiettivi:

- la riduzione dei gap infrastrutturali tra i Paesi membri;
- il miglioramento delle interconnessioni tra reti nazionali e tra modalità di trasporto;

INTERCONNESSIONI

INTERDIPENDENZA

Strumenti attuativi Nazionali





2024

2026

DEF 2021: Allegato «PROGRAMMI PRIORITARI STRADE ED AUTOSTRADE»

1	Valorizzazione del patrimonio stradale esistente	Conservazione, valorizzazione e adeguamento agli standard funzionali di sicurezza del patrimonio stradale esistente Riclassificazione rete stradale nazionale. Manutenzione straordinaria per esigenze di sicurezza
---	--	---

3	Ripristino e messa in sicurezza delle infrastrutture, con particolare attenzione per quelle a rischio sismico	Autostrade A24 e A25 monitoraggio tecnologico, adeguamento sismico viadotti, adeguamento gallerie e interventi adeguamento infrastruttura e smart road*
		Interventi di messa in sicurezza, ripristino e potenziamento del sistema della viabilità delle aree terremotate.
		Manutenzione di ponti e viadotti e gallerie
		Interventi di potenziamento e riqualificazione della via Salaria (SS 4)* Programma di Monitoraggio tecnologico delle opere d'arte serventi la rete SNIT



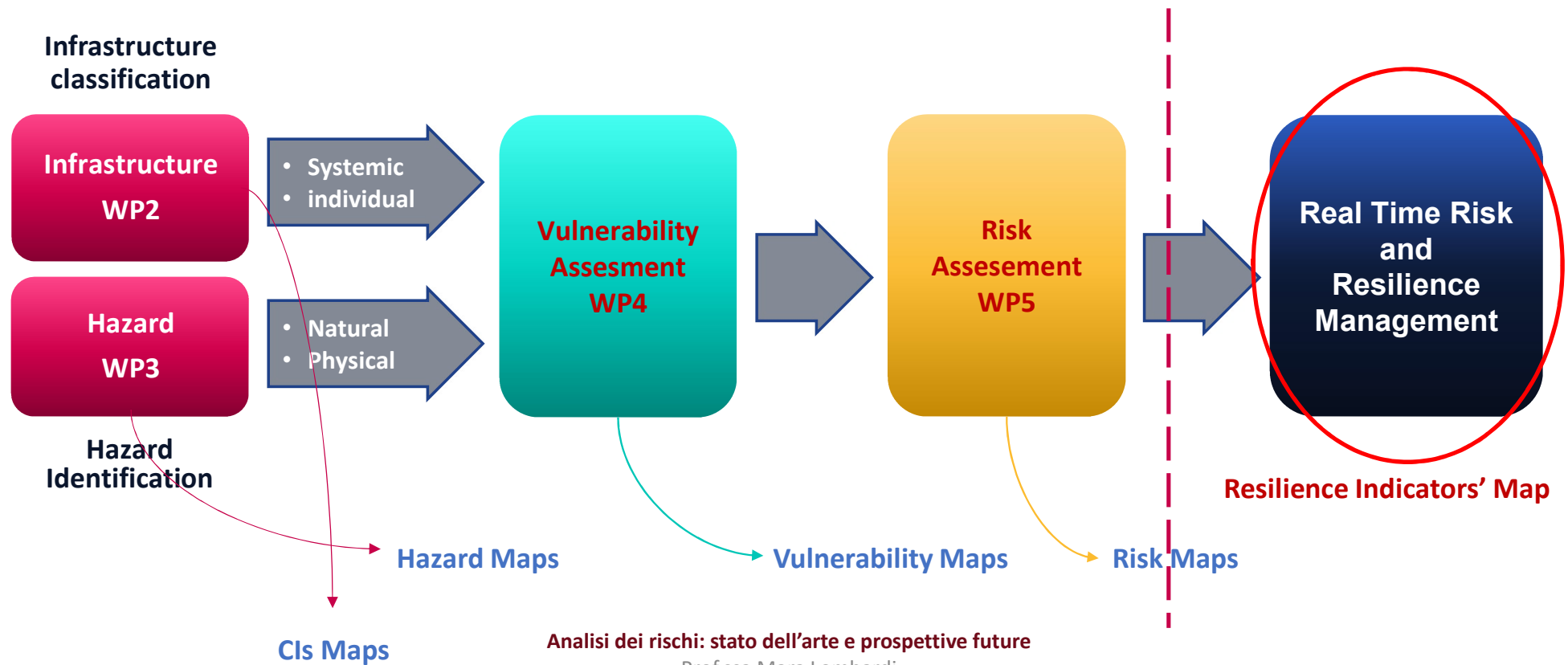
multi-Risk sciEnce for resilienT commUnities undeR a changiNg climate

SPOKE TS2

**WP6 - Integrated Technologies and Solutions for
Holistic Risk Reduction**

Flow chart of input (information, models and data)

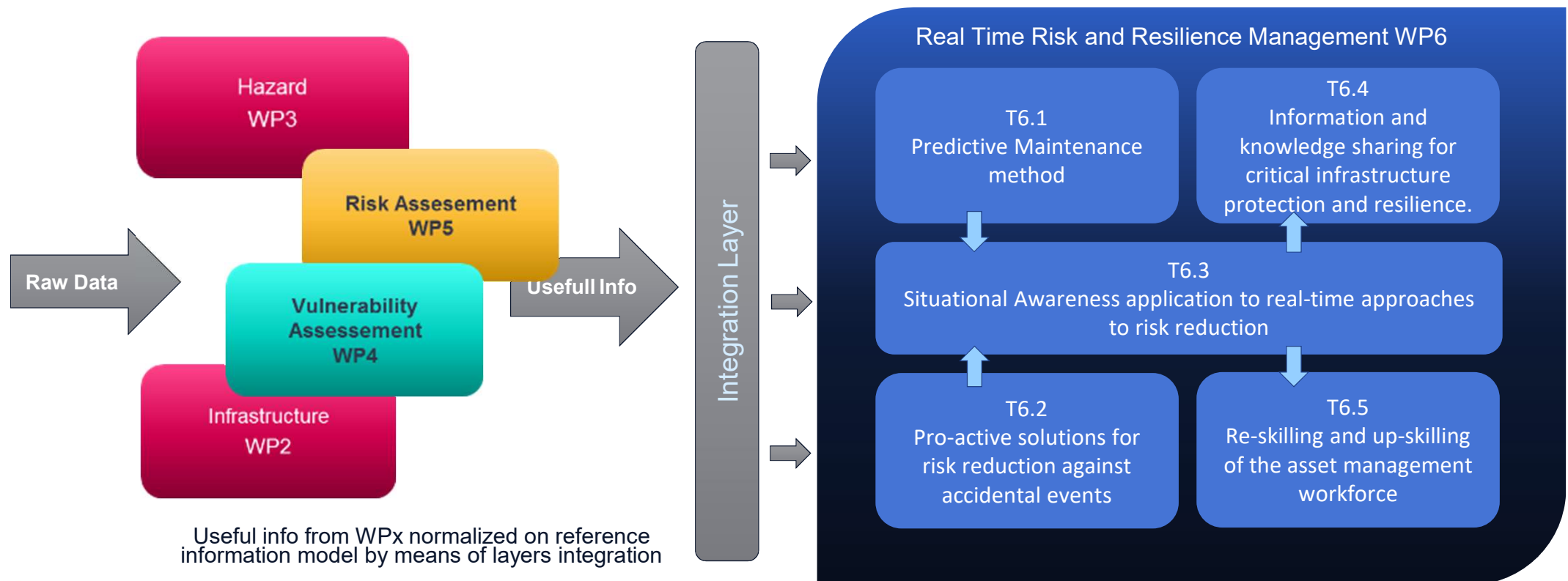
Goal: Systemic solutions addressing an overall protection of Critical Infrastructures (CIs) through a holistic approach.



Analisi dei rischi: stato dell'arte e prospettive future
Prof.ssa Mara Lombardi

Supply process of WP6

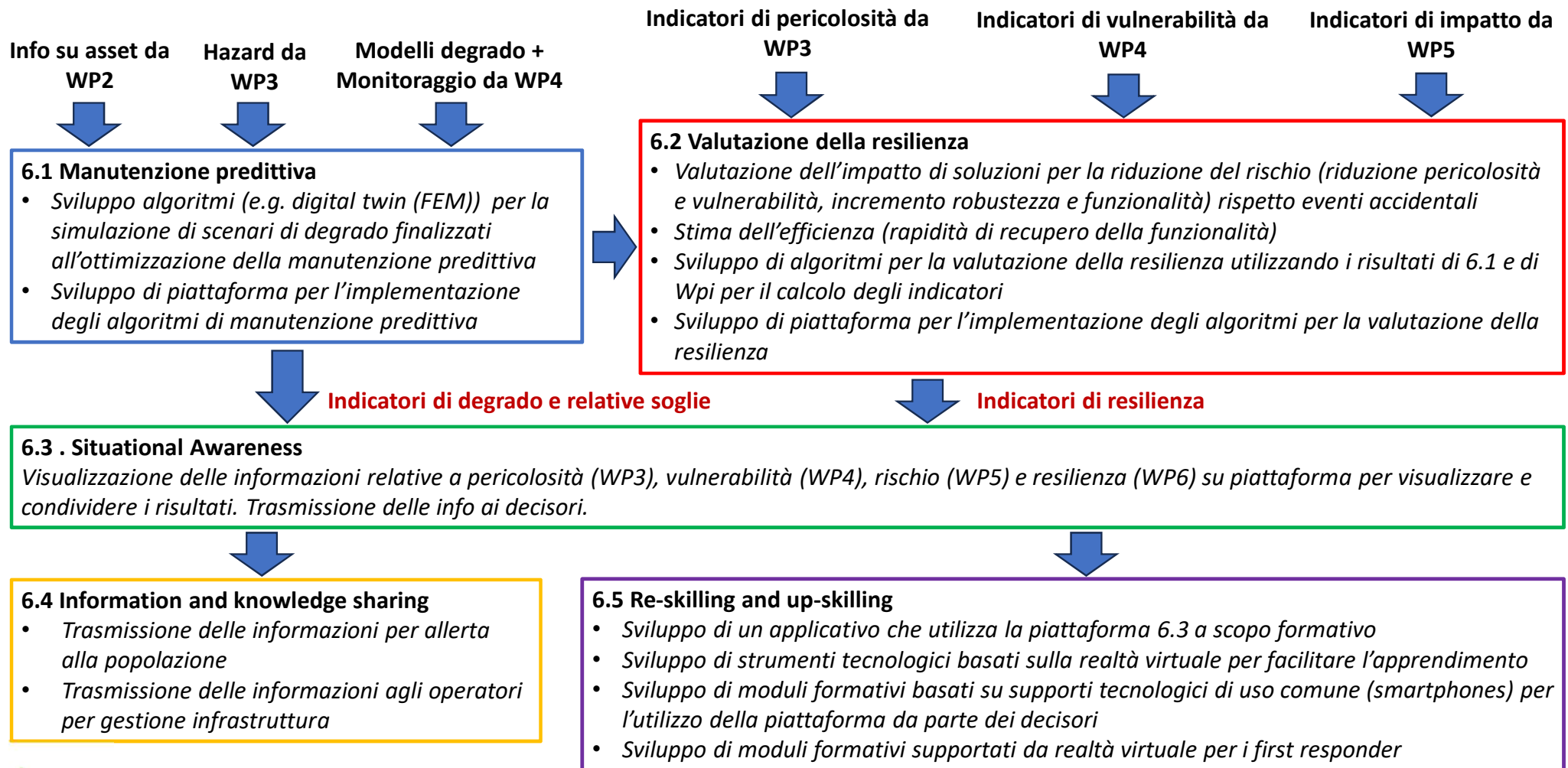
Classification of risk reduction measures and prioritization (T6.2) of maintenance operations (T6.1) for resilience management (ML and AI techniques).



Analisi dei rischi: stato dell'arte e prospettive future

Prof.ssa Mara Lombardi

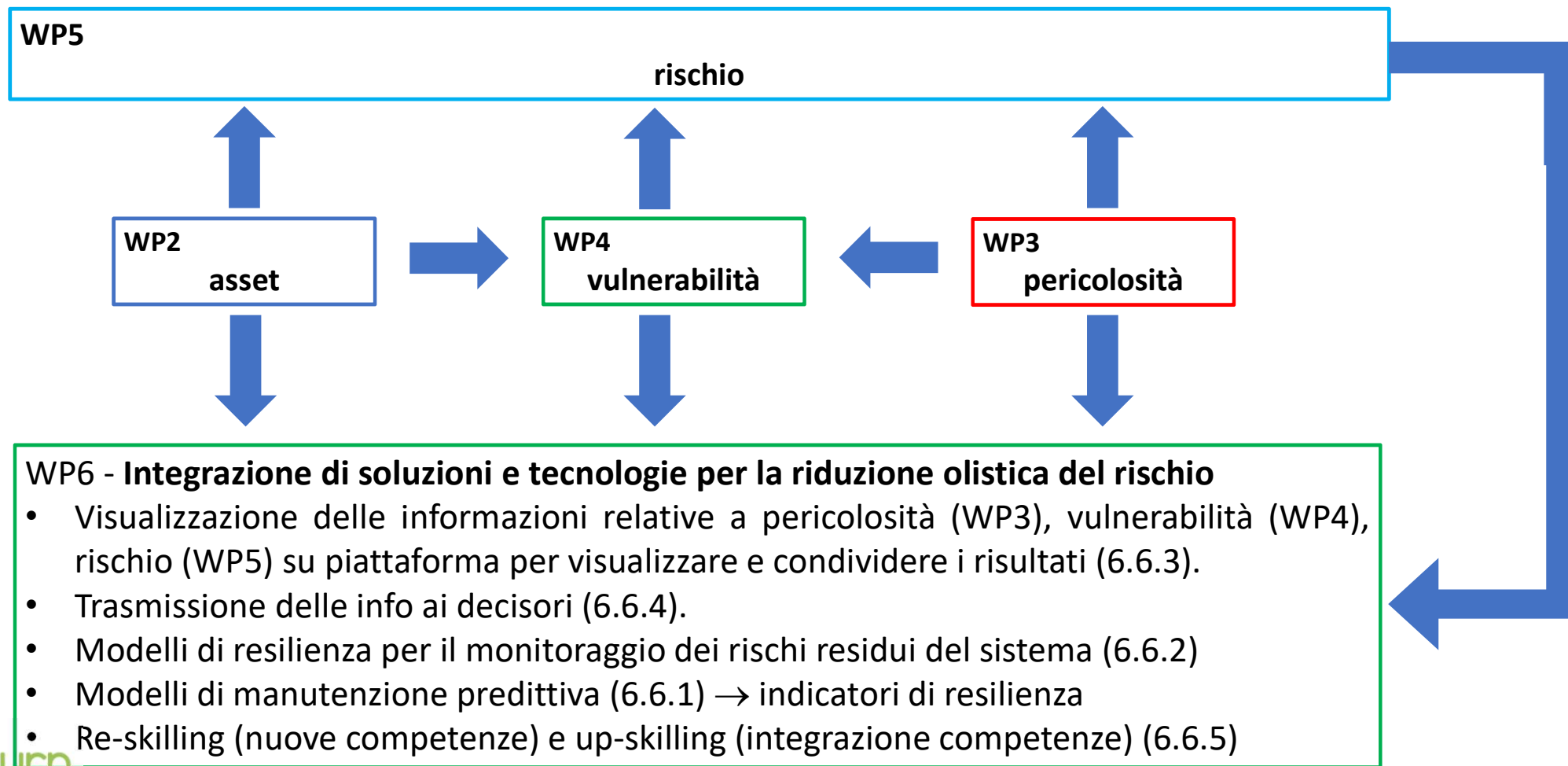
Interdipendenze WP6



Analisi dei rischi: stato dell'arte e prospettive future

Prof.ssa Mara Lombardi

Interdipendenze WPx

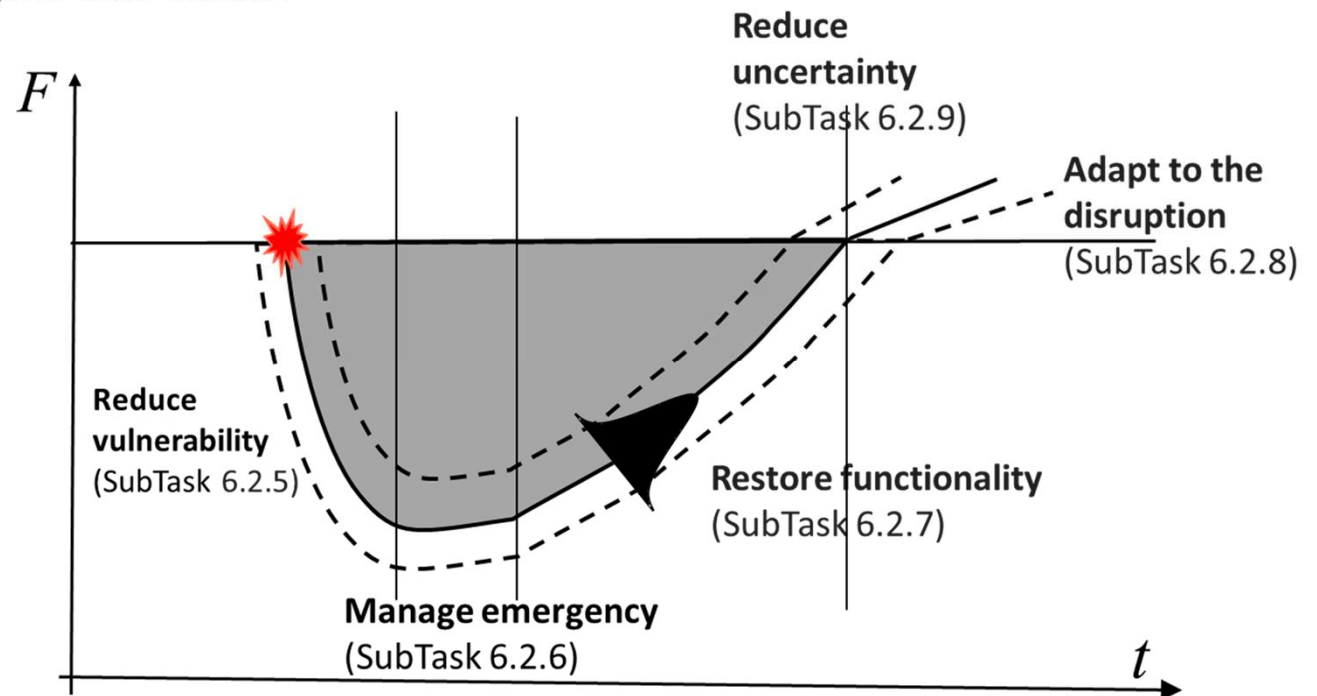


TASK 6.2 - Pro-active solutions for risk reduction against accidental events

Task 6.2. will propose and quantify the effect of pro-active solutions to reduce risk and increase resilience.

This objective will be addressed through **5 sub-tasks**:

- **Before: reduce the vulnerability**
- **During: manage the emergency**
- **After: recover functionality**
- **Beyond: adapt to the disruption**
- **Across: reduce uncertainty**



T6.3 Situational Awareness application

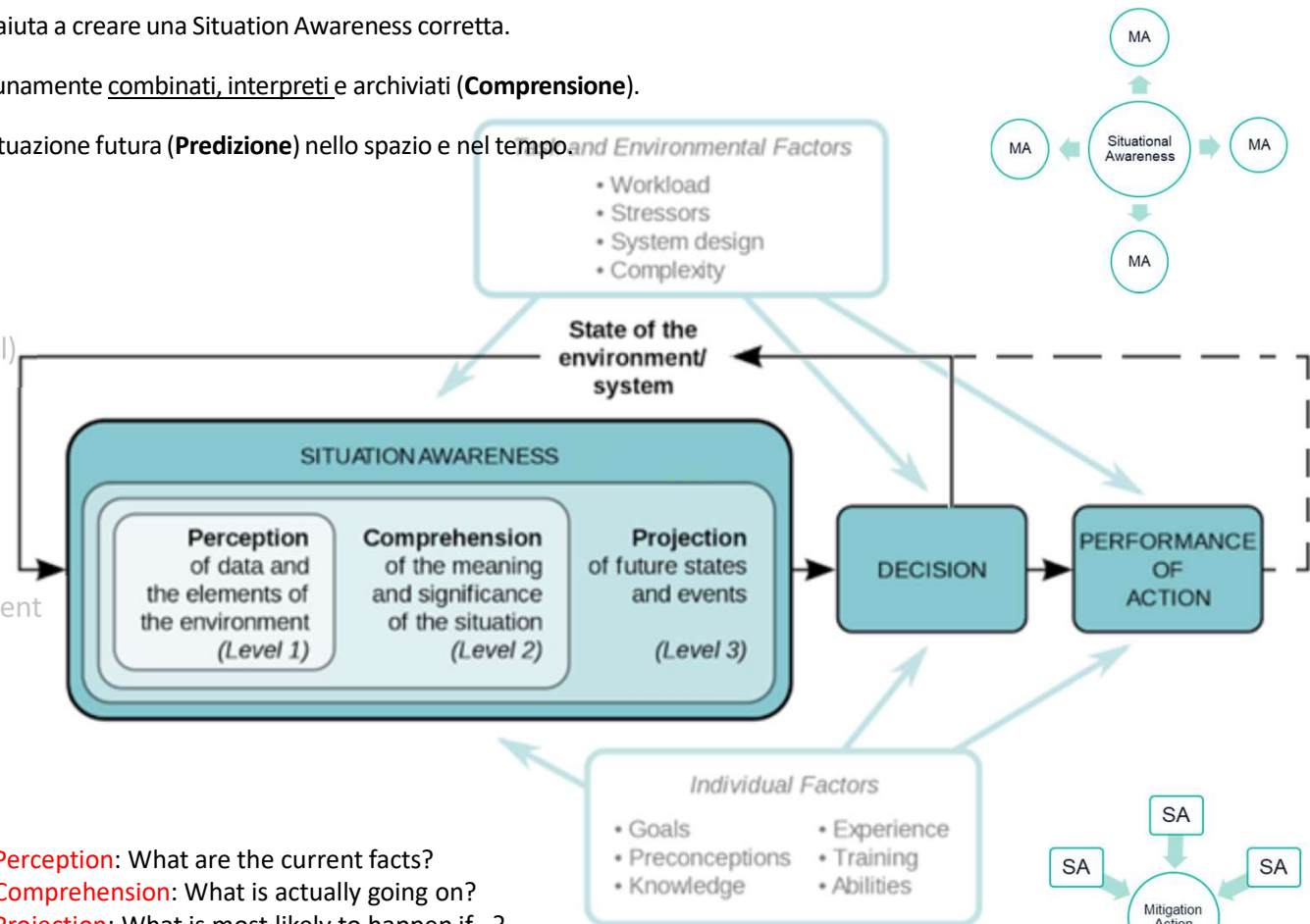
- ✓ Level 1 SA: **Percezione** di base di segnali/informazioni importanti aiuta a creare una Situation Awareness corretta.
- ✓ Level 2 SA: I segnali/informazioni percepiti devono essere opportunamente combinati, interpretati e archiviati (**Comprensione**).
- ✓ Level 3 SA: Capacità di prevedere gli eventi e le dinamiche della situazione futura (**Predizione**) nello spazio e nel tempo.

Fattori della Situational Awareness

- ✓ Spazio (relation, geoAnalytics)
- ✓ Tempo (prediction)
- ✓ Attenzione (Asset / Hazard)
- ✓ Priorità di intervento
- ✓ Obiettivi (goals model)
- ✓ Aspettative
- ✓ Automatismo
- ✓ Performance (post event analysis)

Indicatori: Stato e Severità della SA

Perception: What are the current facts?
Comprehension: What is actually going on?
Projection: What is most likely to happen if...?
Decision / Resolution: What exactly shall I do?



T6.3 Data acquisition



Protezione Civile (OK)

- Acquisizione bollettini Protezione Civile
- rischio idrogeologico,
- Idraulico
- temporali
- Acquisizione, filtraggio ed aggregazione dati meteorologi che possono influenzare lo stato dei corpi franosi (**Rischio Idrogeologico clima-indotto**)



INGV (OK)

- Acquisizione filtraggio ed aggregazione dati storici e real-time
- Acquisizione, filtraggio ed aggregazione di dati sismici che possono impattare le opere d'arti oppure attivare e/o riattivare corpi franosi inattivi o quiescenti (**Rischio Idrogeologico sisma-indotto**)



Catalogo ISPRA (OK)

- Acquisizione filtraggio ed aggregazione dati storici (PAI ed altri siti istituzionali)
- Censimento delle aree e corpi franosi circostanti.
- Carte litologiche, ecc
- Carte pericolosità idrogeologica e idrologica
- Bacini Idrografici
- Reticolo idrografico (Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica)



Censimento e Monitoraggio

- Censimento Infrastrutture (RFI, Anas, Ospedali, Scuole, aree residenziali, ecc)
- Acquisizione, filtraggio ed aggregazione dati storici generati da sorgenti di campo per il monitoraggio ambientale e delle infrastrutture
- Acquisizione, filtraggio ed aggregazione dati real-time generati da sorgenti:
 - Estensive
 - Sensori di campo (inclinometri, pluviometri, fessurimetri, accelerometri, ecc)

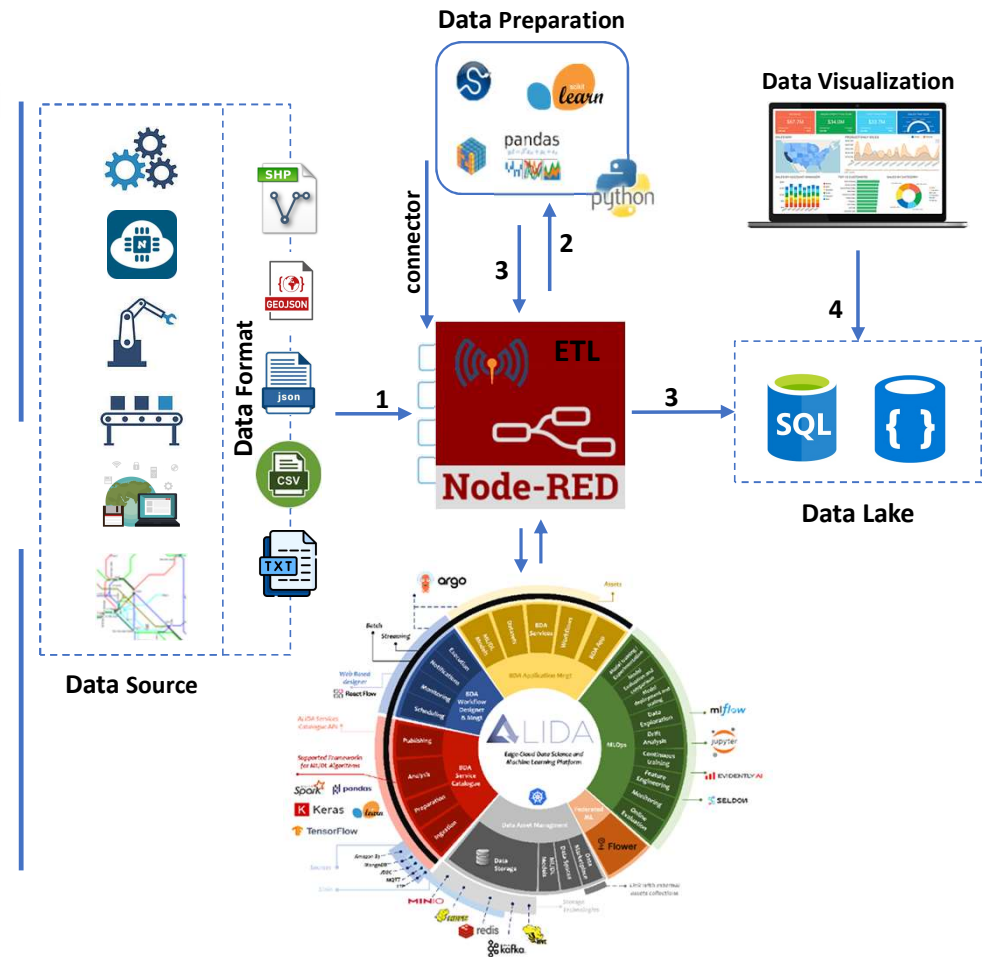


Censimento e Monitoraggio

- Infra (WP2)
 - ...
- Hazard (WP3)
 - **FOCA**
- Vulnerability (WP4)
 - ...
- Risk (WP5)
 - ...

T6.3 Data preparation and implementation

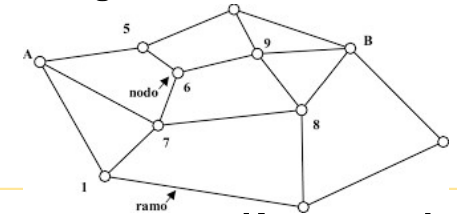
	elementi	note	formato	Environment	Infra
Bacino distretturale	7	[area]	json	X	
Regioni	20	[popolazione, confine amministrativo, area, centroid]	json	X	
Province	103	[popolazione, confine amministrativo, area, centroid]	json	X	
Comuni	8101	[popolazione, confine amministrativo, residential area, area, centroid]	json	X	
Protezione Civile	170	[area, name]	json	X	
Bacini idrografici principali	137		json	X	
Bacini idrografici secondari	136		json	X	
Reticoli corsi d'acqua	61746	[lunghezza, bacino principale, ordine]	json	X	
Reticoli fiumi e torrenti	20367	[lunghezza, bacino principale, ordine]	json	X	
litologia	10400	[area, natura litologica, famiglia]	json	X	
Landslides / hazard	1205553	[corpi e aree, tipologia, pericolosità]	json	X	
Flooding Hazard	127948	Delimitazione aree e pericolosità	json	X	
Autostrada	1422	grafo	json		X
Strade statali	75463	grafo	json		X
Strade provinciali	217840	[lunghezza]	json		X
Railway line	43784	[sede, lunghezza]	json		X
Raiway node	21314	[category]	json		X
Earthquakes	≈ 400000	[epicentro, magnitudo, profondità]	json	X	
Gallerie, Ponti e Viadotti	56574	[location]	json		X
Ospedali	1720		json		X
Scuole	72355		json		X



T6.3 Priority modeling

SUBTASK 6.3.3 – Integrated dashboard for Prioritization of the interventions necessary to risk mitigation and improvement of resilience

2. Application to road network infrastructure: step of modeling



Resilience Indicators: preliminary mapping

Defining the centrality and connectivity of nodes

Resilience Indicators: effects induced by a single asset on the edge

Defining the hierarchy of the assets on the edge

Resilience Indicators: effects induced by hazards on assets

Introducing vulnerability and its impact on the edge

T6.3 Priority modeling



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Resilience Indicators: preliminary mapping

<https://dati.mit.gov.it/catalog/dataset/grafico-stradale-anas>

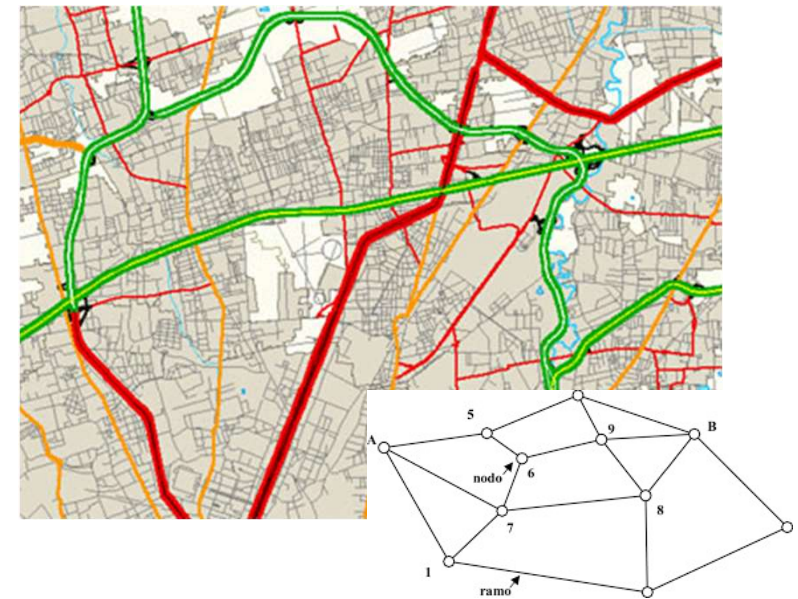
Standardized Degree Centrality $= \sum_{i,j=1}^N \frac{a_{ij}}{(N-1)}, i \neq j$

$a_{ij} = 1$, If the destination node is the same as the source node i and the destination node j is different from the source node i , and equal to 0 otherwise.

Closeness Centrality $CC(i) = \frac{1}{s(i)},$

$s(i) = \sum_{j=1}^N d_{ij}, \text{ con } i \neq j,$

d_{ij} the minimum path from node i to node j

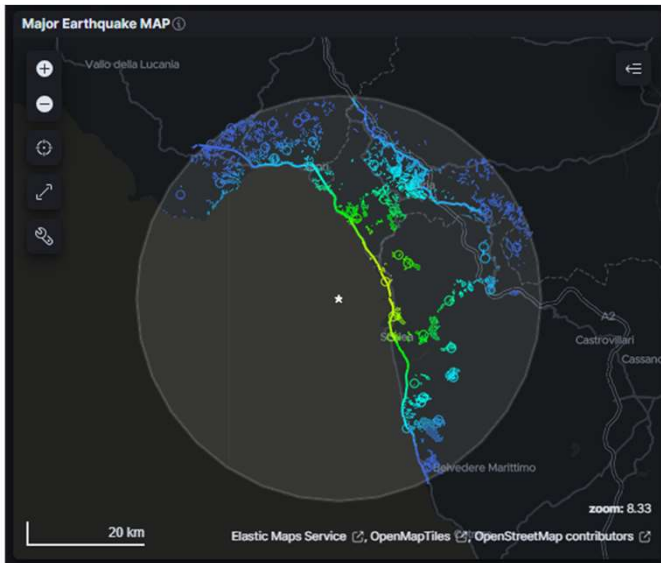


Standardized Betweenness Centrality $BC(i) = \sum_{j < k} \left(\frac{p_{ijk}}{p_{jk}} \right) \frac{1}{(N-1)(N-2)},$

con $i \neq j \neq k$, the number of shortest paths connecting node j to node k . p_{ijk} is the number of shortest paths connecting node j to node k and passing through node i .

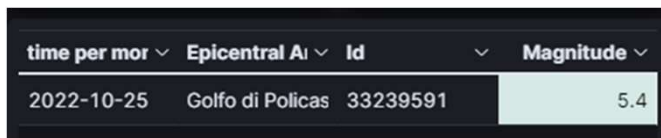
T6.3 Dashboard

I dati sulle infrastrutture critiche sono integrati con le mappe di pericolosità dei fenomeni naturali.

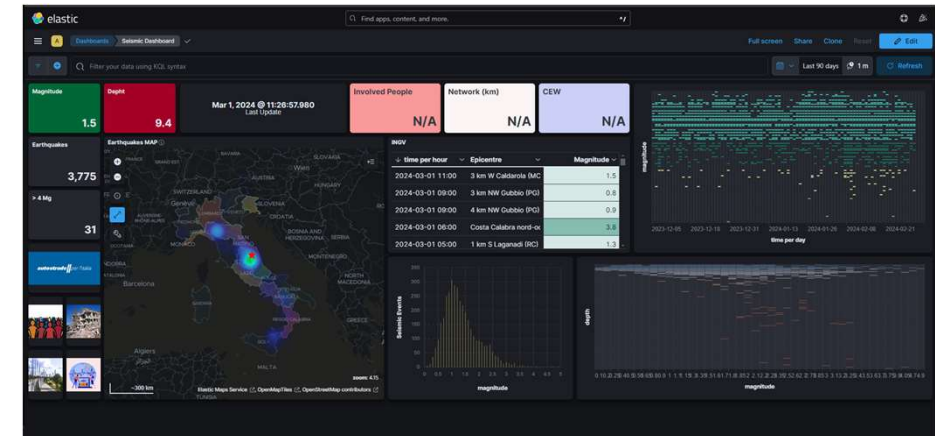


Average of magnitude	Average of depth	Involved People
5.4	287.1	128,137
Railway Line	RFI cew	175
Grafo Autostrade	Autostrade cew	N/A

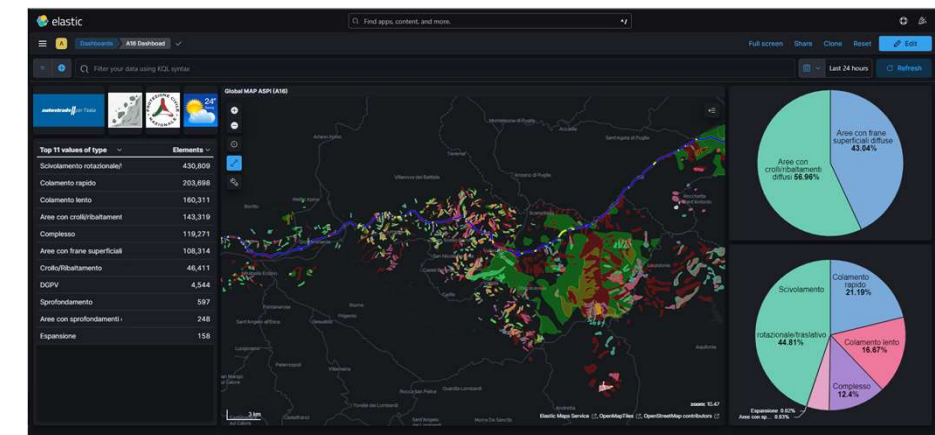
Residential Area	People
lauria	12,126
scalea	11,232
belvedere marittimo	9,136
camerota	7,077
sapri	6,516
praia a mare	6,495
tortora	5,944
diamante	5,081
lagonegro	5,057
santa maria del cedro	4,923
maratea	4,206



Applicazione dell'analisi spaziale utilizzata per l'individuazione e selezione delle infrastrutture coinvolte da qualunque fenomeno naturale.

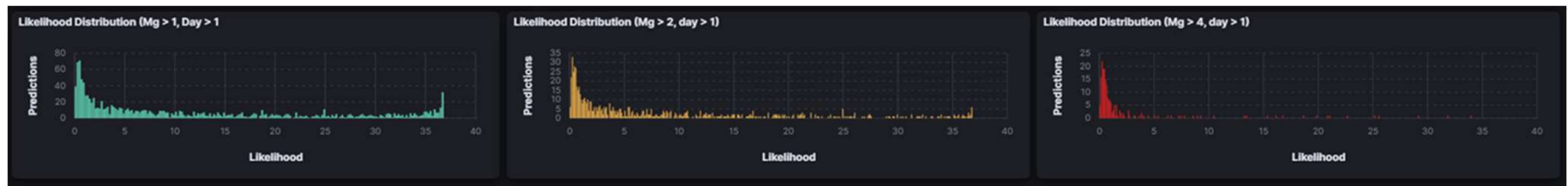
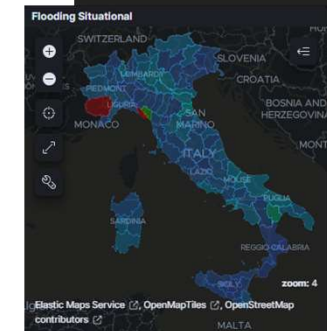
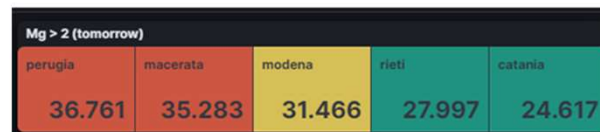
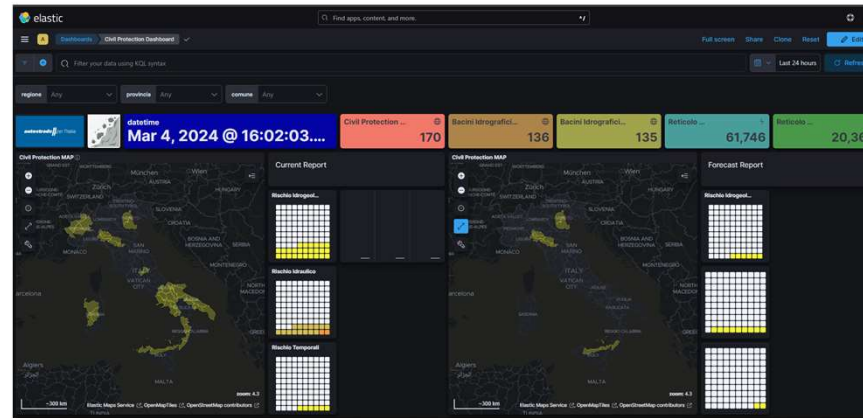
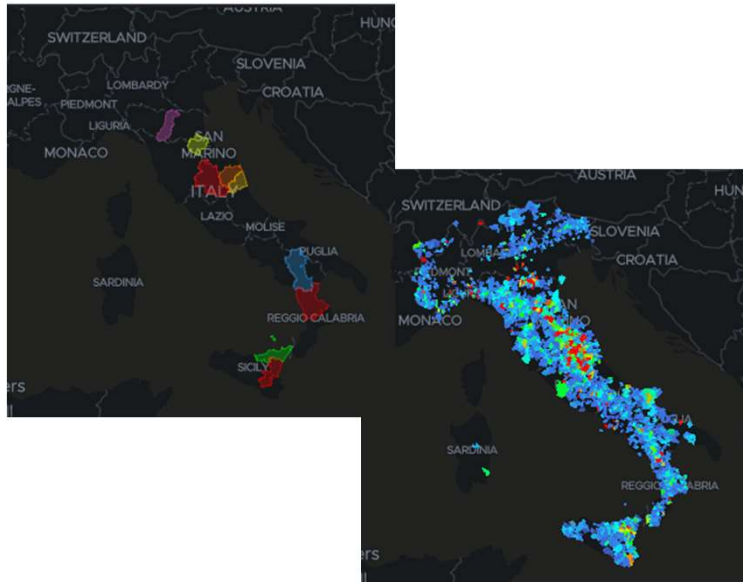


Questo consente di evidenziare le infrastrutture che potrebbero essere colpite da fenomeni naturali e guidare la pianificazione della mitigazione e della preparazione.



T6.3 Dashboard

Acquisizione e/o elaborazioni di 'prediction' e correlazione con i dati ambientali e dati infrastrutturali.





T6.4 Information and knowledge sharing

SUBTASK 6.4.2 – Knowledge sharing to improve resilience

Scope: Integration of data acquisition and modeling systems to Decision Support System (6.3.3)



Indicatori Quantitativi di Resilienza



T6.4 Information and knowledge sharing

SUBTASK 6.4.2 – Knowledge sharing to improve resilience

Scope: Integration of data acquisition and modeling systems to Decision Support System

**Preliminary Survey for
data acquisition**

Data Analysis

**Expected requirements
of DSS**



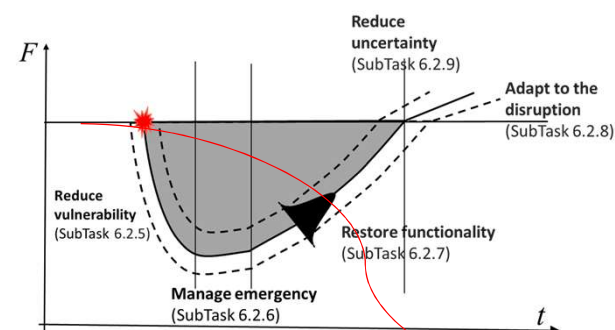
Valutazione per lo Sviluppo di un Sistema di Supporto alle Decisioni per Infrastrutture Critiche

Questo questionario è progettato per raccogliere input essenziali dai gestori e dagli enti coinvolti nella gestione e nel mantenimento di infrastrutture critiche. Le vostre risposte aiuteranno a identificare le esigenze specifiche e le aspettative verso un Decision Support System (DSS) che potrà migliorare significativamente la sicurezza, l'efficienza e la gestione delle infrastrutture. Vi invitiamo a dedicare qualche minuto per completare questo questionario, le cui informazioni saranno fondamentali per sviluppare un sistema che supporti efficacemente le decisioni operative e strategiche. La vostra collaborazione è preziosa per garantire un futuro più sicuro e sostenibile per le nostre infrastrutture critiche.

2004

2024

Strumenti di pianificazione: Analisi di Rischio Quantitativa → Indicatori di resilienza
progettazione vs gestione



ASSET Galleria

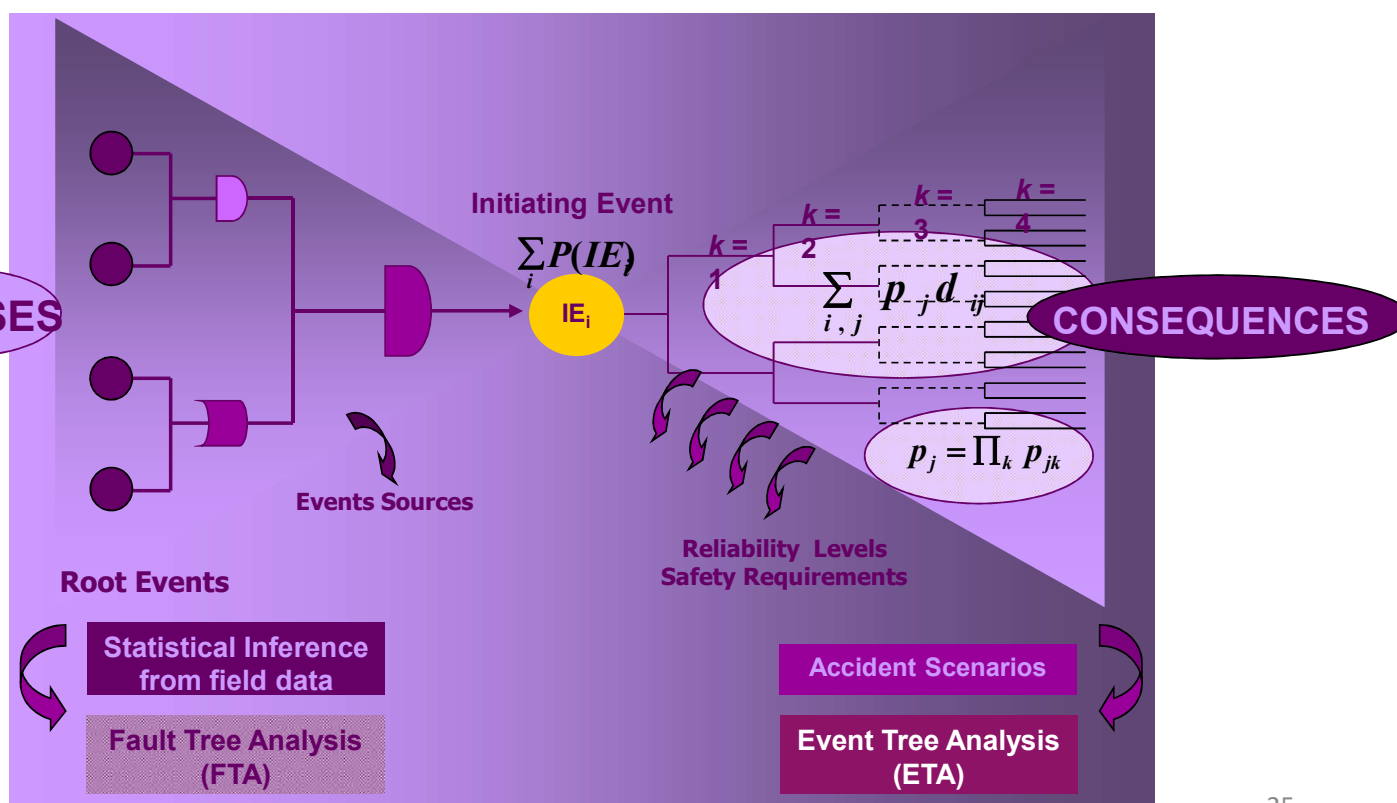
Sottosistemi e impianti

Sistema integrato

Modelli collaborativi

Resilienza

CAUSES





SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

LA SICUREZZA DELLE GALLERIE STRADALI: LA PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE A REGOLA D'ARTE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI E AUSILIARI

Analisi dei rischi: stato dell'arte e prospettive future

Mara Lombardi

Facoltà di Ingegneria Civile e Industriale – Sapienza Università di Roma

mara.lombardi@uniroma1.it

<https://phd.uniroma1.it/web/MARA-LOMBARDI-nC2627-IT.aspx>

25 giugno 2024

