

Spoke 4. City, Architecture, Sustainable design

RT 2. Technological solutions for the construction and sustainable design sectors

Activity 2.3

Heritage, recovery, conservation

Analisi multirischio e azioni di mitigazione per i «macroeventi»
Un sistema per la resilienza del patrimonio storico

Attività della ricerca e possibili sviluppi

Enrico Rinaldi
CORILA



iNEST (PNRR 2023-2025) è un nuovo modello di **ecosistema dell'innovazione** che riguarda aree di specializzazione tecnologica coerenti con le vocazioni industriali e di ricerca del territorio di riferimento. Intende promuovere e rafforzare la collaborazione tra il sistema della **ricerca**, il **sistema produttivo** e le **istituzioni** territoriali, in un'ottica di **sostenibilità** economica, sociale e ambientale. E' costituito da **24 università, fondazioni ed enti di ricerca**, con **9 Spokes e 44 affiliazioni**

Spoke 4 City, Architecture and Sustainable Design è dedicato alle strategie di progettazione sostenibile per la cura e manutenzione dell'ambiente costruito considerando la **transizione energetica** e la **resilienza** verso i **rischi ambientali**.

Task RT2.3 Heritage, Recovery, Conservation individua i processi di salvaguardia e ripristino del **patrimonio storico**, considerando la **transizione energetica e digitale**, il **valore socio-culturale** e la **fruizione del bene**.



L'importante **patrimonio architettonico del Nord-Est** è da sempre sottoposto a **rischi** dovuti ad **eventi naturali**, **azioni antropiche** e a fenomeni di **degrado** causati dal trascorrere del tempo.

Negli ultimi decenni, diversi rischi sono aumentati a causa dei **cambiamenti climatici**, contribuendo a rendere tale patrimonio sempre meno **«resiliente»**.

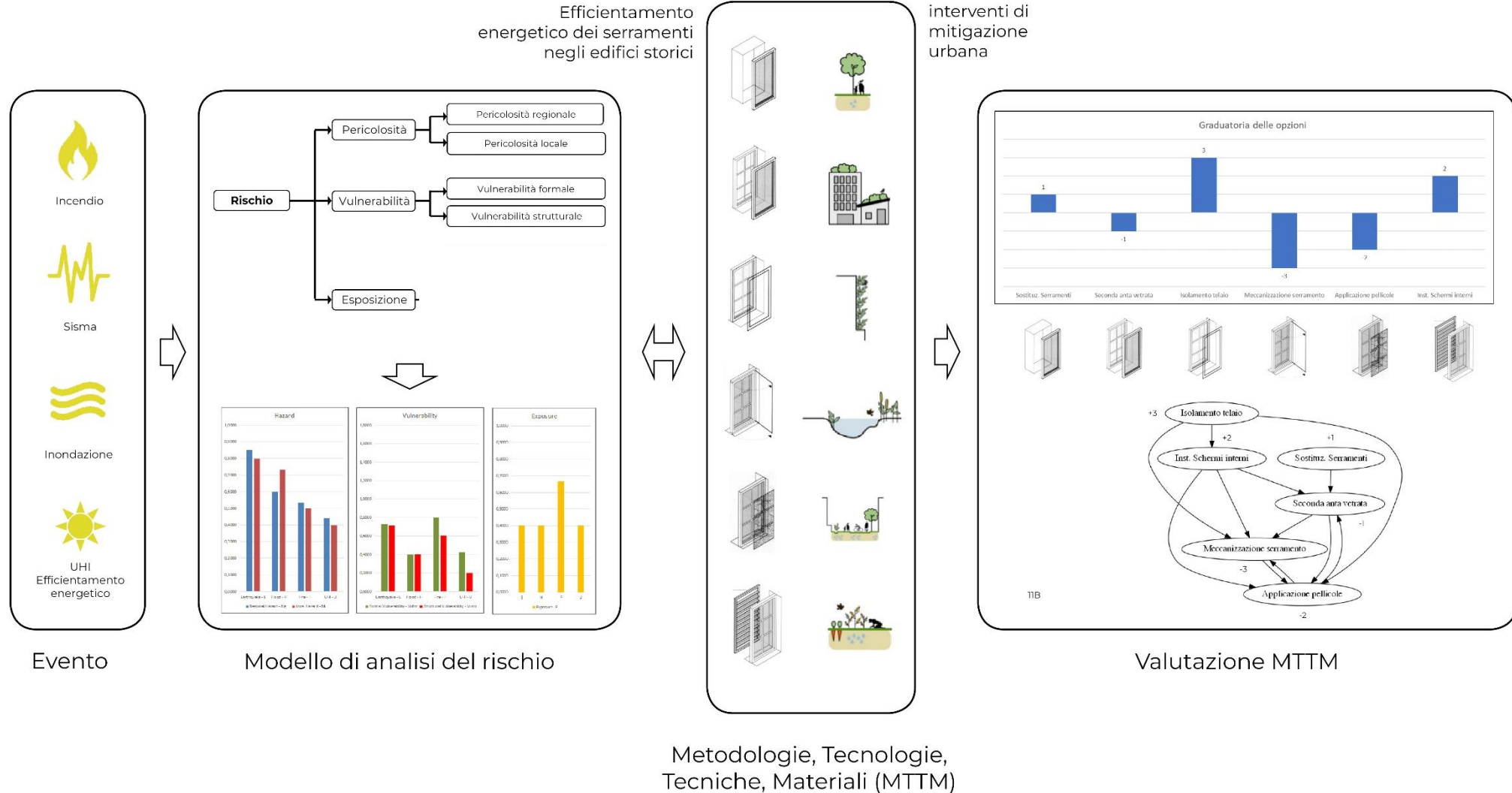
Nella ricerca **iNEST** è stata sviluppata una **metodologia** per analizzare i rischi e individuare soluzioni su misura per **adeguamento, miglioramento e mitigazione** degli edifici e dei siti storici.

La metodologia, composta da diversi tool, integra **tecnologie, contesto e sostenibilità**.

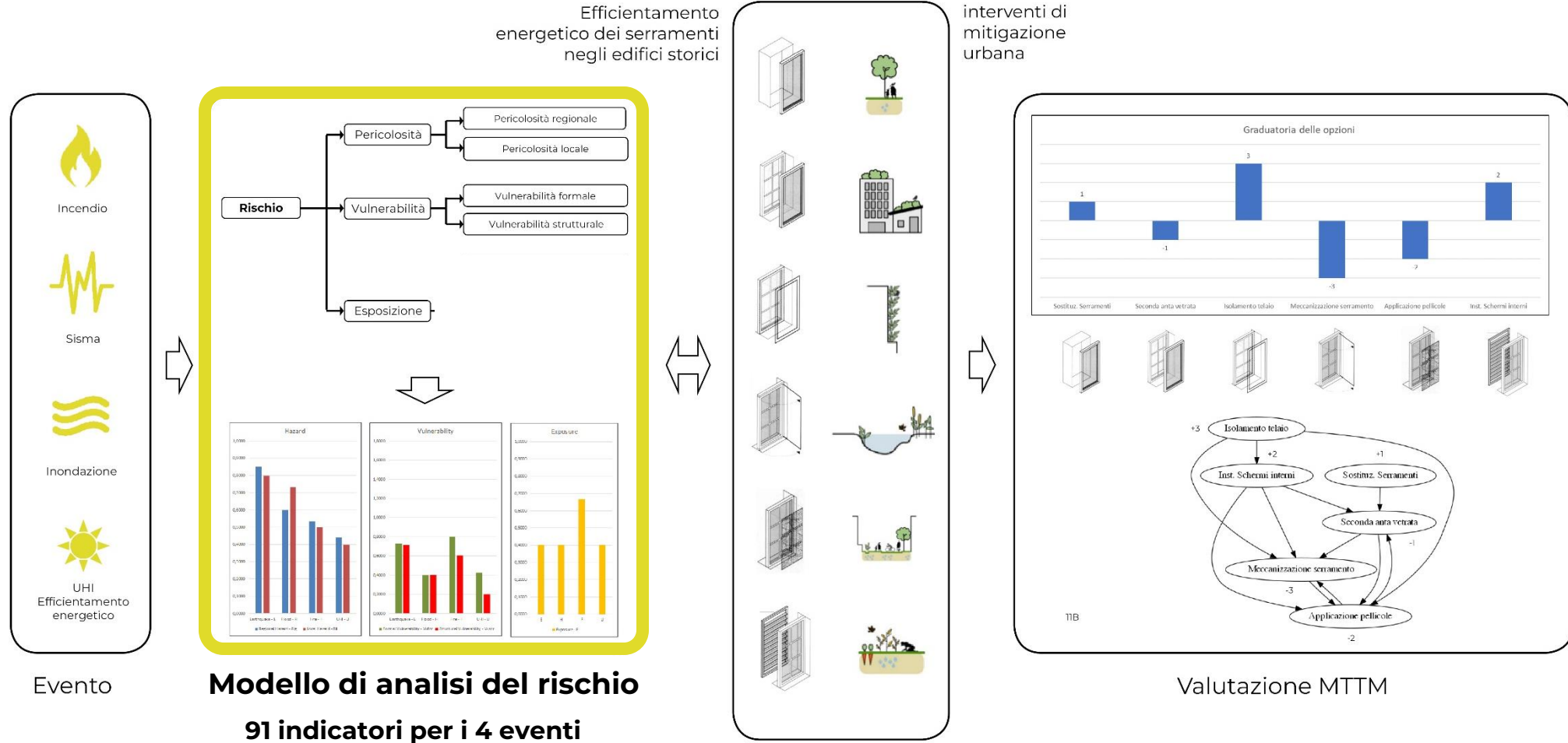
Gli strumenti sono **adattabili su scala edilizia, urbana e territoriale**.

È una metodologia **replicabile, scalabile e flessibile**, pensata per le sfide della **transizione ecologica** e della **valorizzazione sostenibile** del patrimonio, rivolta a **progettisti, decisori, enti, e comunità locali**.

La metodologia per i «macroeventi». Dall'analisi di rischio agli interventi di mitigazione



La metodologia per i «macroeventi». Dall'analisi di rischio agli interventi di mitigazione



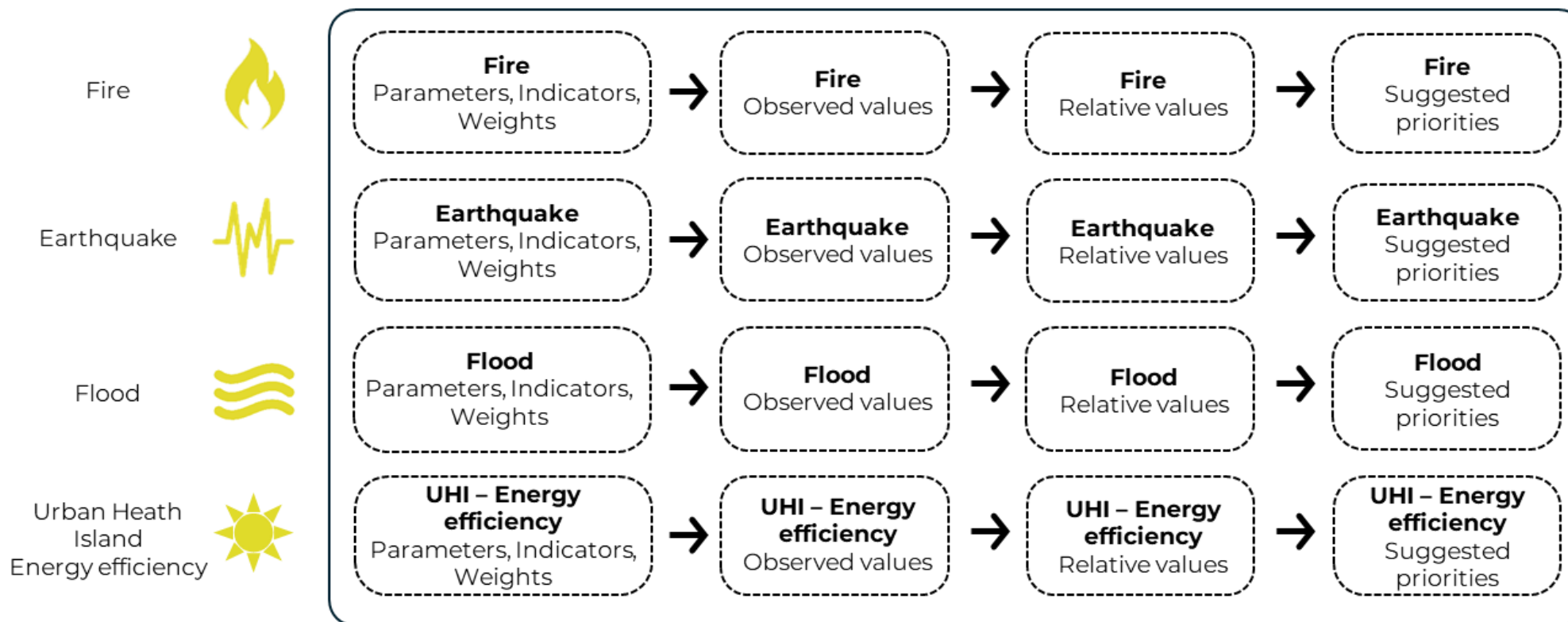
Analisi multirischio. Piattaforma di elaborazione

Parameters (Regional hazard,
Local hazard, Formal
vulnerability, Structural
vulnerability, Exposure),
Indicators, Weights

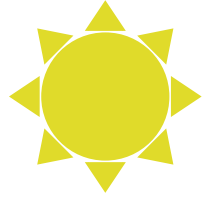
Observed values

Relative values

Suggested
priorities

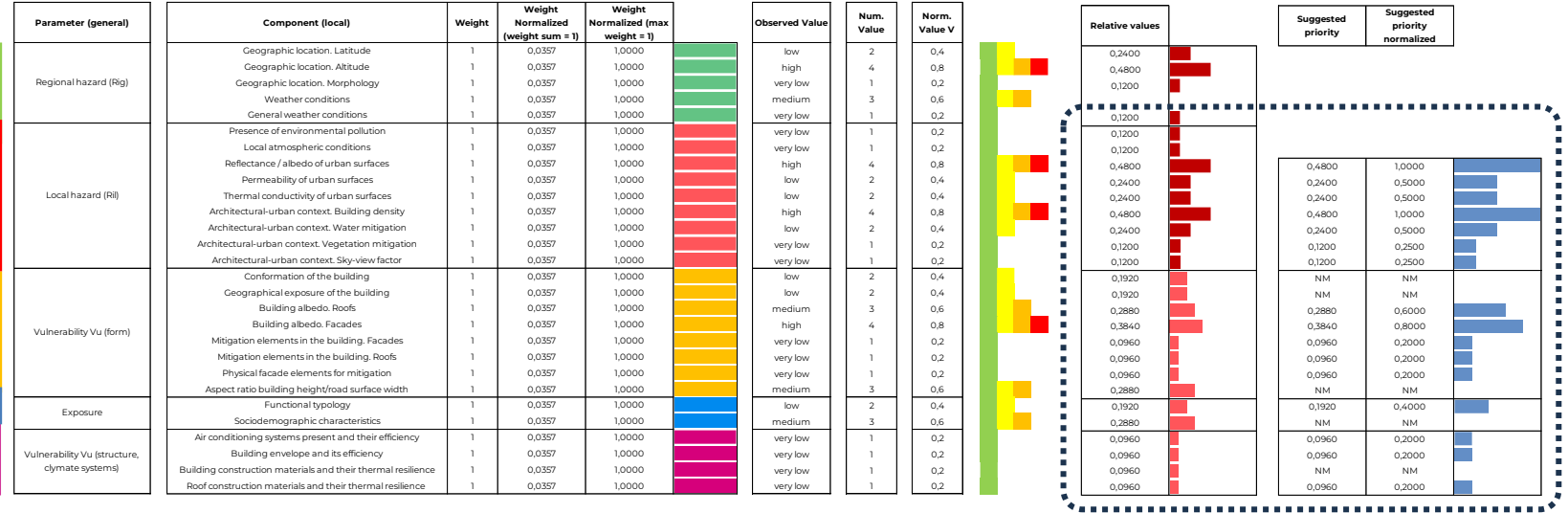


Dall'analisi del rischio alle soluzioni (tecnologie, materiali...) di mitigazione



Isole Urbane di Calore ed efficientamento energetico

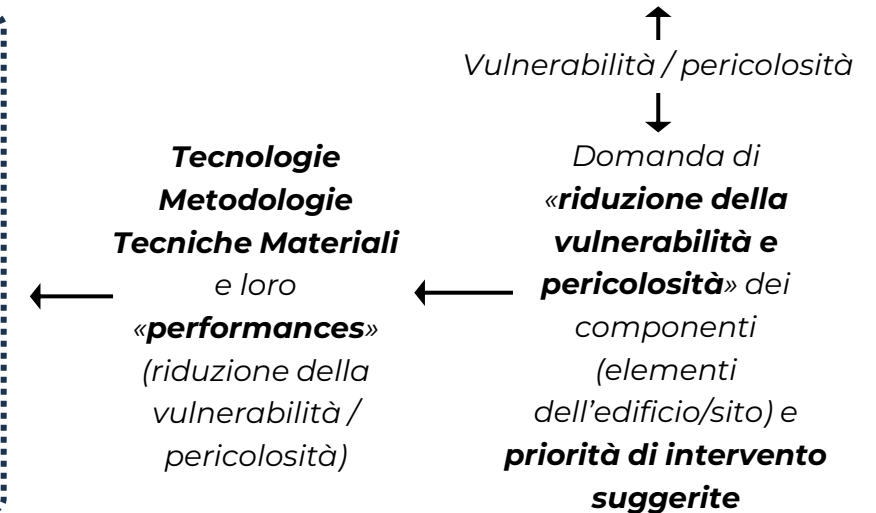
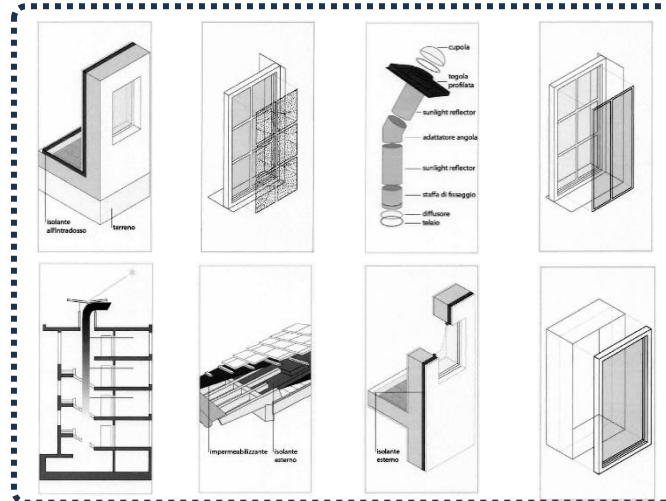
Pericolosità regionale
Pericolosità locale
Vulnerabilità formale
Esposizione
Vulnerabilità strutturale e impiantistica



Sistemi di climatizzazione per gli edifici storici



Fonte: MIC. Linee di indirizzo per il miglioramento dell'efficienza energetica nel patrimonio culturale. 2015

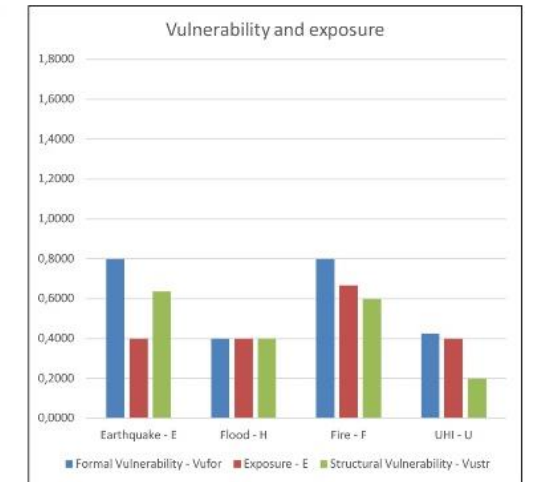
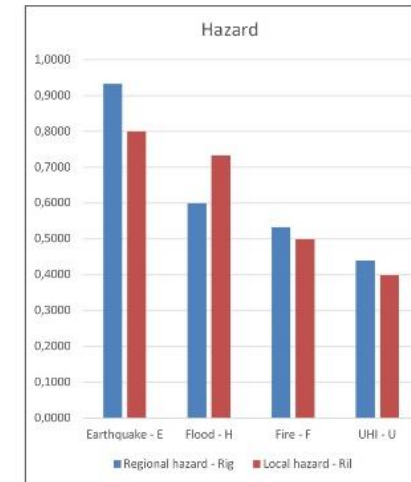
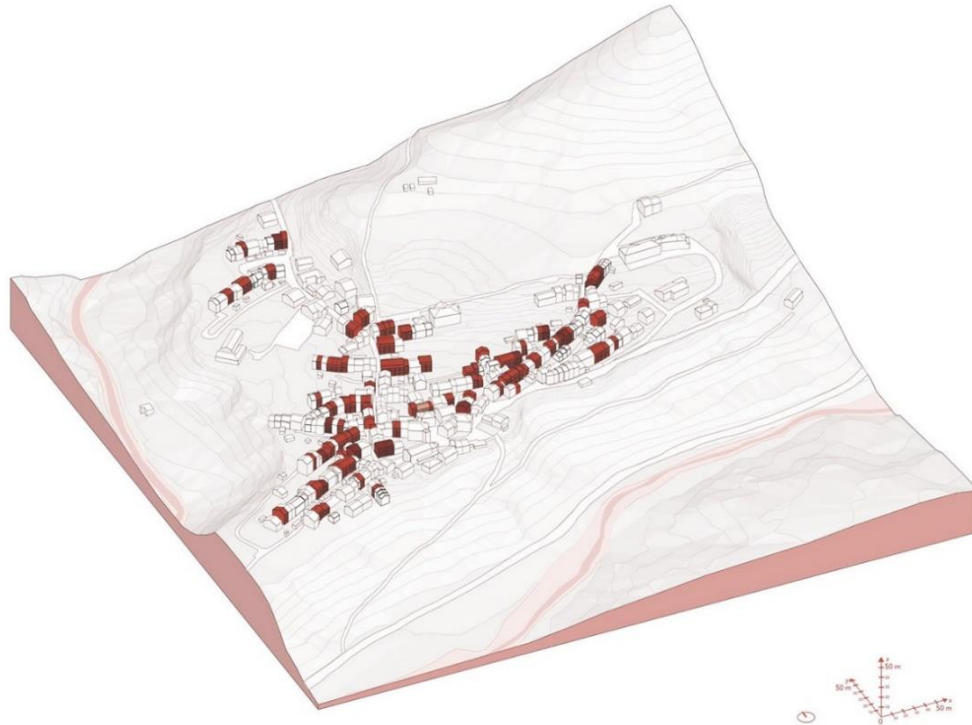
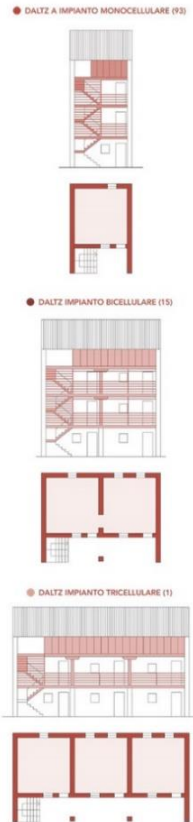


Caso studio del modello di analisi del rischio

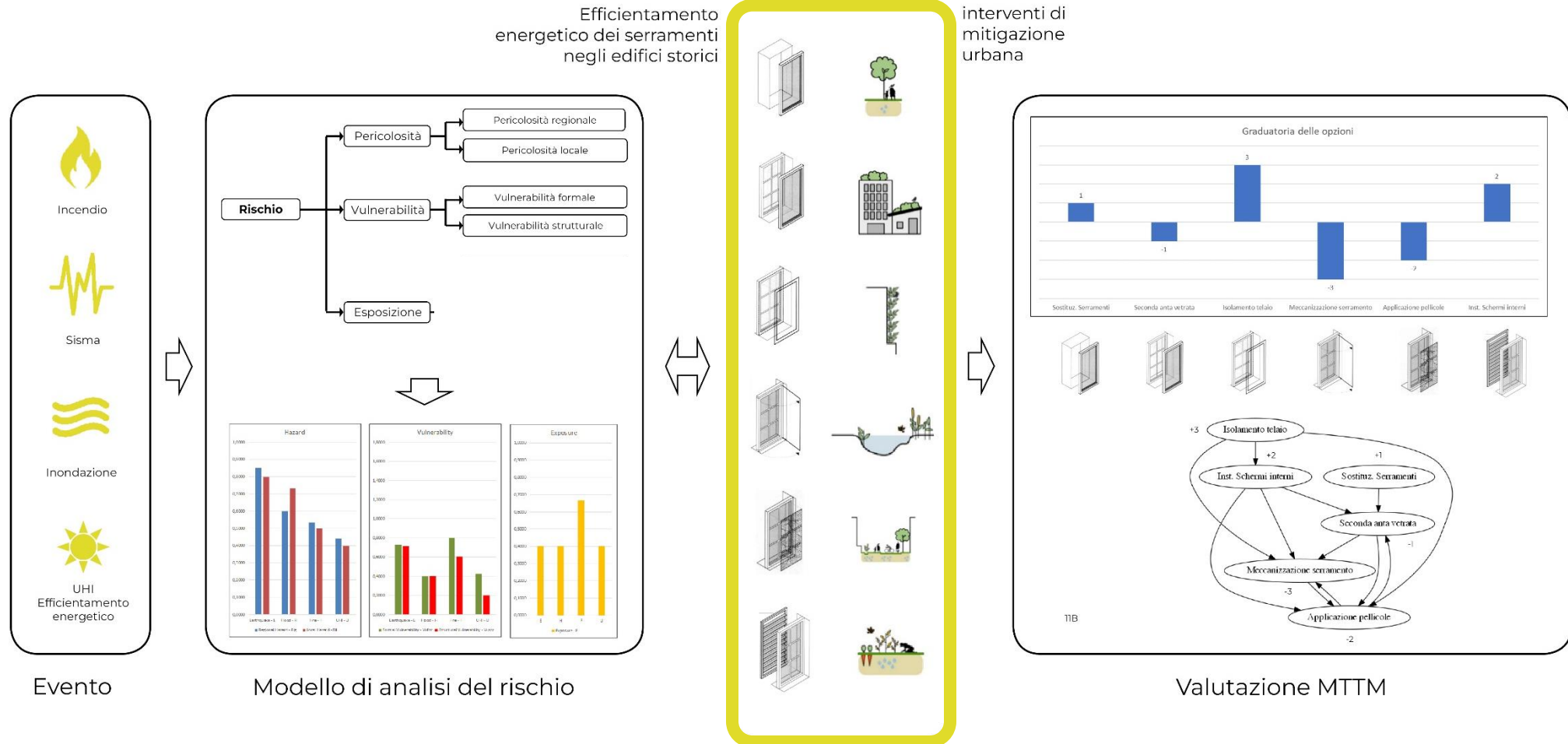
Applicazione del modello di valutazione multirischio al centro abitato storico di Andreis (PN)

Alessandra Biasi, Margherita Pauletta, Isabella Zamboni, Giada Frappa

Università degli Studi di Udine



Sintesi del rischio

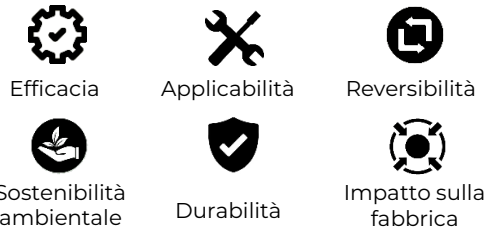


Metodologie, Tecnologie, Tecniche, Materiali (MTTM)

Metodologie, Tecnologie, Tecniche, Materiali : criteri di valutazione

Categorie di criteri

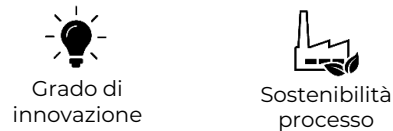
**Applicabilità e
impatti
sull'edificio e
sul sito**



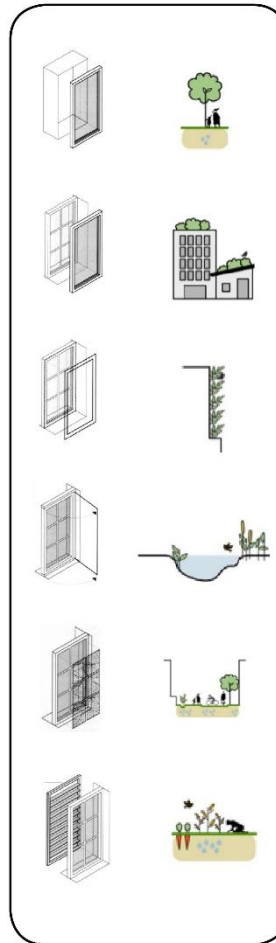
**Costi e
logistica di
cantiere**



**Sostenibilità
del processo
produttivo**



MTTM



I criteri di valutazione delle Metodologie, Tecnologie, Tecniche, Materiali (MTTM) possono riguardare **benefici** (un beneficio maggiore corrisponde a una migliore prestazione della MTTM) o **costi** (un costo inferiore corrisponde a una migliore prestazione della MTTM).

La **performance** dei criteri è importante nella valutazione di un'opzione MTTM rispetto a un'altra, ma ancora più importanti sono i **pesi** assegnati a questi criteri.

I **pesi** I pesi **rendono esplicito** il punto di vista dell'utente, che può decidere che **un criterio è più importante di un altro** (ad esempio, il costo potrebbe essere più importante del tempo di implementazione, ecc.).

E' stata effettuata una **indagine on-line tra i Ricercatori iNEST** (Spoke 4) finalizzata alla definizione dell'importanza dei criteri (pesi) che valutano le MTTM.

Metodologie, Tecnologie, Tecniche, Materiali : performances delle MTTM sui criteri

Criteri di valutazione delle MTTM

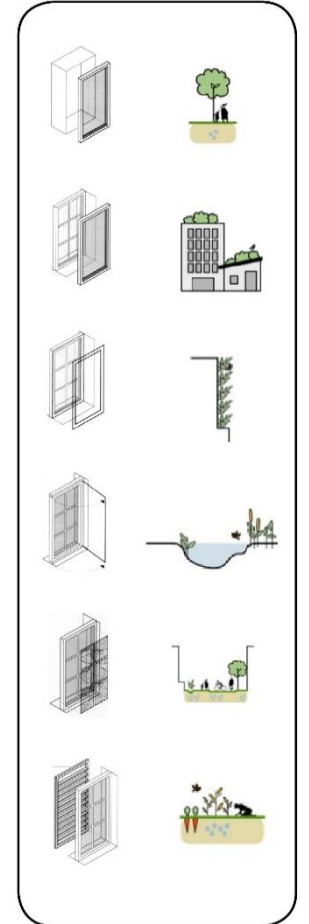
Tipologie di mitigazione e interventi (MTTM)

		Applicabilità e impatti sull'edificio e sul sito(A)					Costi di costruzione e logistica(C)					Sostenibilità del processo produttivo(S)						
		Criterio A.1	...	Criterio A.i	...	Criterio A.n	...	Criterio B.1	...	Criterio B.i	...	Criterio B.n	...	Criterio S.1	...	Criterio S.i	...	Criterio S.n
Tipologia MTTM A	MTTM A.1	●●●●●		●●		●●●●●		●●		●●●		●●●		●●		●●●●		●
	... MTTM A.i	●●●		●		●		●●●		●		●		●		●●●		●●
	... MTTM A.n	●●		●●●		●●●		●		●●●●●		●●		●●●●●		●		●●●
Tipologia MTTM B	MTTM B.1	●●●●		●●		●		●●●●●		●		●●●		●●●		●●●●		●●
	... MTTM B.i	●●●		●●●		●●		●●●		●●		●		●●●		●		●●●
	... MTTM B.n	●		●		●●●		●		●●●●		●		●		●		●●●
Tipologia MTTM C	MTTM C.1	●●●●●		●●●		●●		●●●		●		●●●		●●		●●●		●
	... MTTM C.i	●●		●		●●●		●		●●●		●		●		●		●●●
	... MTTM C.n	●●●		●●●●		●		●●		●●●●●		●●		●●●		●●●●●		●●●
Pesi dei criteri		WCA.1		WCA.i		WCA.n		WCC.1		WCCA.i		WCCA.n		WCS.1		WCSA.i		WCSA.n

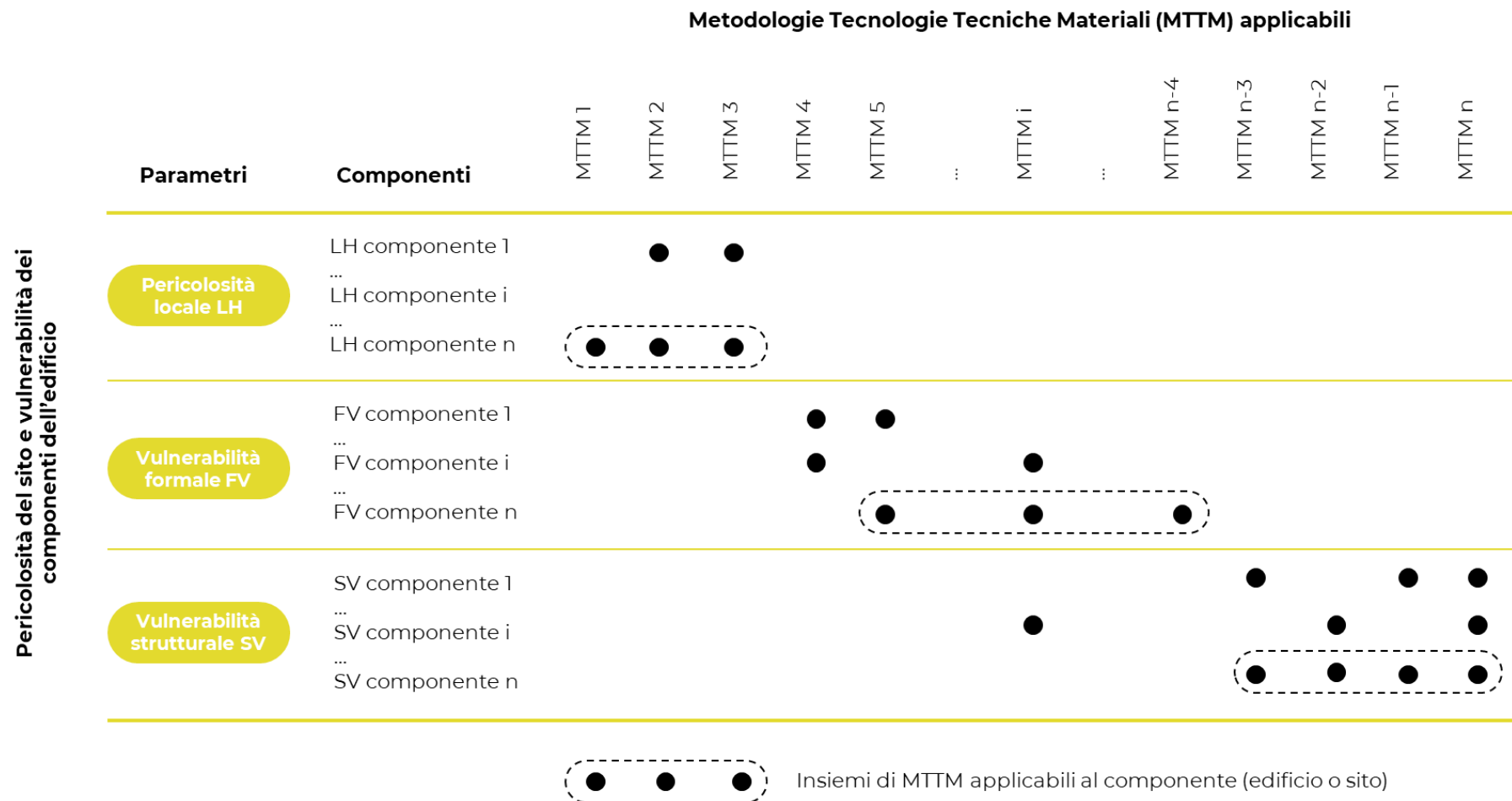
Performance bassa o alta della MTTM rispetto a ogni criterio

● Molto bassa ●● bassa ●●● media ●●●● alta ●●●●● Molto alta

MTTM

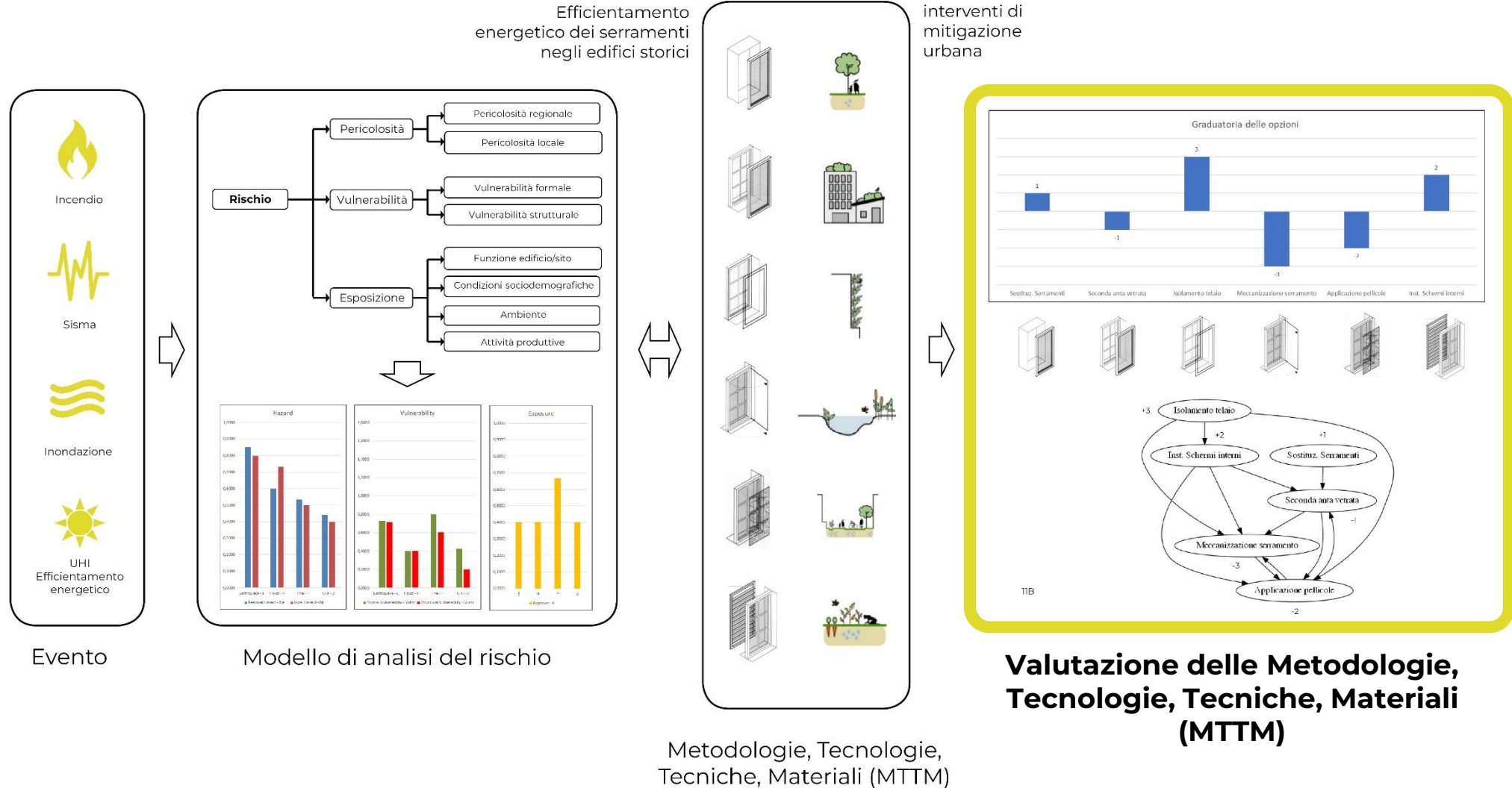


Relazione tra le criticità riscontrate nel modello di rischio e le MTTM adottabili



Nella metodologia è possibile correlare gli indicatori del modello di **analisi del rischio** alle **MTTM**, individuando quali **insiemi di opzioni** possono essere considerati per mitigare, adattare e/o migliorare le **pericolosità** e le **vulnerabilità** dell'edificio o del sito.

La metodologia per i «macroeventi». Dall'analisi di rischio agli interventi di mitigazione



Indicatori dal modello di analisi del rischio

Mitigazione dell'edificio. Facciate

MTTM per la mitigazione dell'edificio. Facciate

Analisi multicriteria di MTTM adottabili per efficientamento energetico dei serramenti di un edificio storico

Analisi multicriteriali di

MTTM adottabili per

efficientamento

energetico dei serramenti

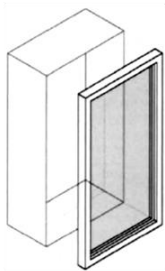
di un edificio storico

	Applicabilità e impatti / Applicability and impacts					Messa in opera. Logistica di cantiere e costi / Implementation. Construction site logistics and costs								Processo produttivo / Production process	
	Efficacia / Efficacy	Applicabilità / Applicability	Reversibilità / Reversibility	Impatto formale e costruttivo sulla fabbrica / Formal and constructive impact on the factory	Durabilità dell'intervento / Durability of the intervention	Costo monetario / Monetary cost	Complessità del cantiere / Complexity of the construction site	Disponibilità sul mercato (temporale) / Availability on the market (temporal)	Tempo di esecuzione / Execution time	Costi di manutenzione dell'intervento / Maintenance costs of the intervention	Necessità di interventi integrativi / Need for integrative interventions	Limitazione dell'uso dell'edificio / Restriction of use of the building	Grado di innovazione / Degree of innovation	Sostenibilità / Sustainability	
In. 07. Sostituzione dei serramenti con modelli ad alta prestazione energetica / Replacement of windows with high energy performance models	****	***	*** / ****	***	****	***	***	***	*** / ****	****	***	*** / ****	****	****	
In. 09. Messa in opera, sul lato interno delle ante mobili, di una seconda anta vetrata / Installation of a second glass door on the inside of the mobile doors	**** / ****	****	**** / ****	**** / ****	**** / ****	***	***	***	***	***	***	**** / ****	****	****	
In. 11. Isolamento e tenuta all'aria del telaio / Frame insulation and airtightness	****	****	****	****	*** / ****	****	****	****	****	** / ***	** / ****	****	***	**** / ****	
In. 13. Meccanizzazione del serramento esistente o del nuovo serramento / Mechanization of existing or new window frames	****	**** / ****	**** / ****	**** / ****	****	***	*** / ****	***	****	***	***	****	****	****	
In. 19. Applicazione al vetro di pellicole a controllo solare / Application of solar control films to glass	**** / ****	****	**** / ****	****	*** / ****	*** / ****	** / ***	***	****	***	***	****	****	****	
In. 20. Installazione di schermi interni / Installation of internal screens	*** / ****	****	****	**** / ****	****	**** / ****	**** / ****	***	*** / ****	***	***	*** / ****	****	****	

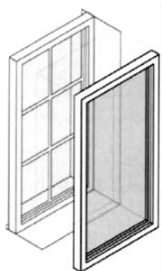
Matrice Applicabilità e impatti

Matrice Messa in opera, logistica di cantiere e costi

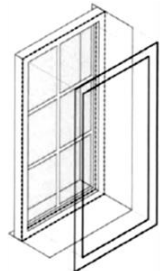
Matrice
Processo
produttivo



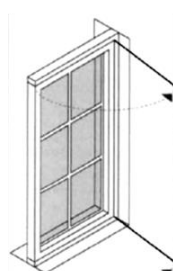
In. 7. Sostituzione dei serramenti con modelli ad alta prestazione energetica



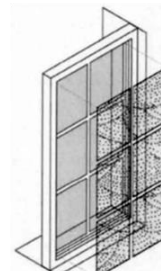
In. 9. Messa in opera, sul lato interno delle ante mobili, di una seconda anta vetrata



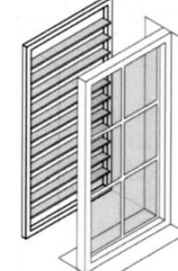
In. 11. Isolamento e tenuta all'aria del telaio



In. 13. Meccanizzazione del serramento esistente o del nuovo serramento



In. 19. Applicazione al vetro di pellicole a controllo solare



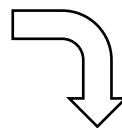
In. 20. Installazione di schermi interni

**Interventi previsti
dalle Linee Guida
Ministeriali MIC 2015**

Analisi multicriteria con metodologia ELECTRE

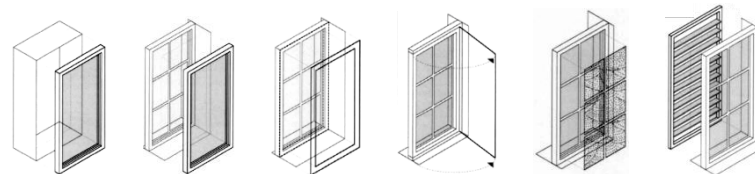
Opzioni di intervento sugli elementi di facciata. Serramenti

	Applicabilità e impatti / Applicability and impacts				
	Efficacia / Efficacy	Applicabilità / Applicability	Reversibilità / Reversibility	Impatto formale e costruttivo sulla fabbrica / Formal and constructive impact on the factory	Durabilità dell'intervento / Durability of the intervention
In. 07. Sostituzione dei serramenti con modelli ad alta prestazione energetica / Replacement of windows with high energy performance models	****	***	*** / ****	***	****
In. 09. Messa in opera, sul lato interno delle ante mobili, di una seconda anta vetrata / Installation of a second glass door on the inside of the mobile doors	**** / *****	****	**** / *****	**** / *****	**** / *****
In. 11. Isolamento e tenuta all'aria del telaio / Frame insulation and airtightness	****	*****	*****	*****	*** / ****
In. 13. Meccanizzazione del serramento esistente o del nuovo serramento / Mechanization of existing or new window frames	****	**** / *****	**** / *****	**** / *****	****
In. 19. Applicazione al vetro di pellicole a controllo solare / Application of solar control films to glass	**** / *****	****	**** / *****	*****	*** / ****
In. 20. Installazione di schermi interni / Installation of internal screens	*** / ****	****	****	**** / *****	*****

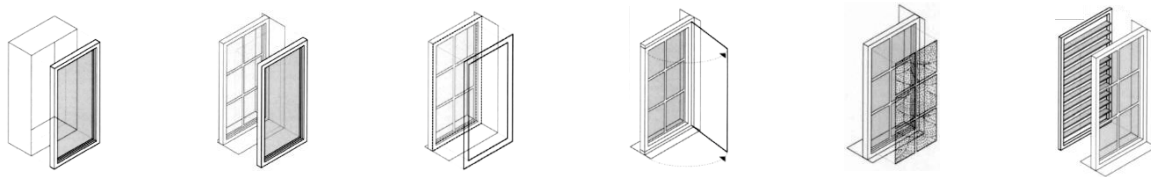
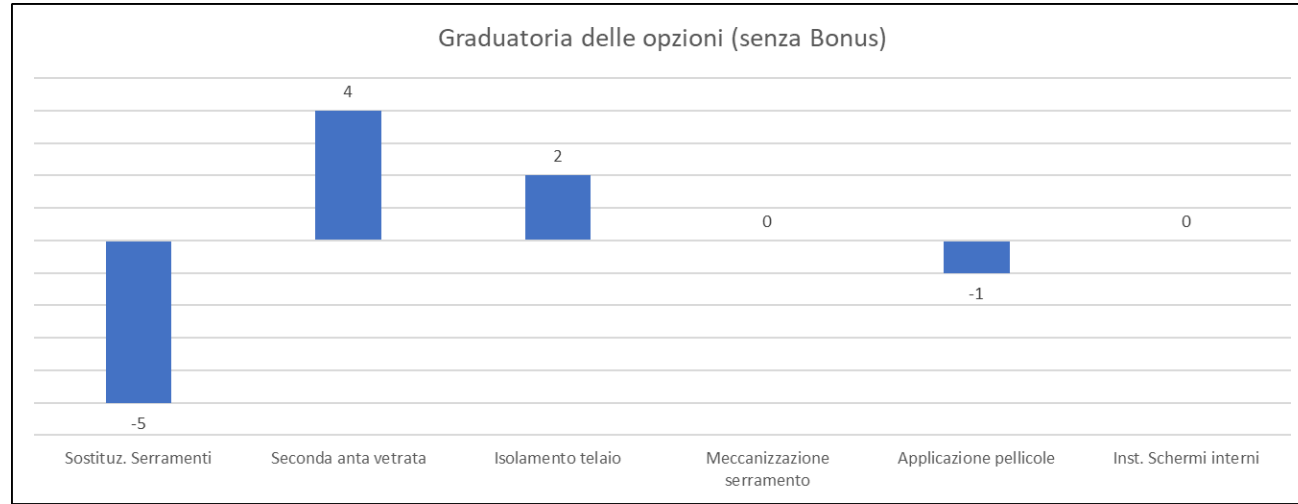


Matrice Applicabilità e impatti

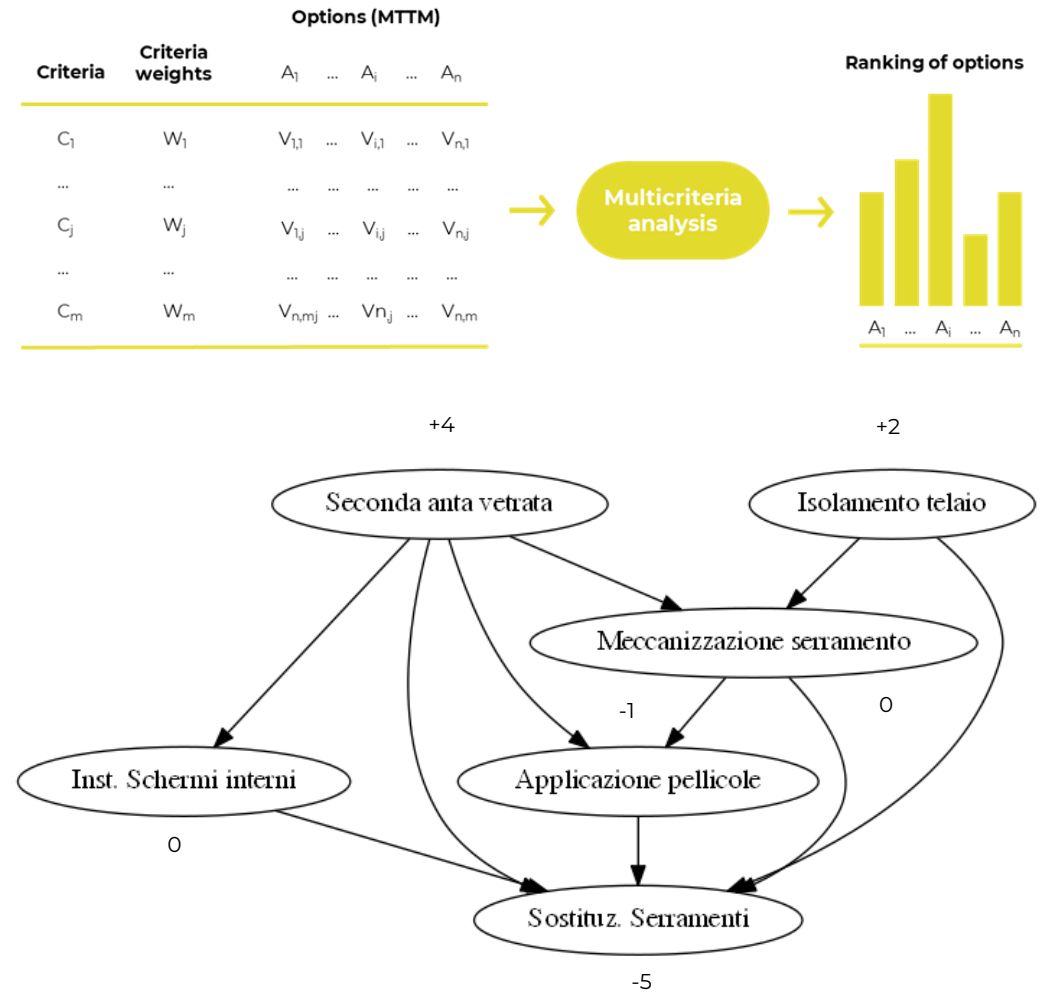
	Sostituz. Serramenti	Seconda anta vetrata	Isolamento telaio	Meccanizzazi one	Applicazione pellicole	Inst. Schermi interni	w
Efficacia	4,00	4,50	4,00	4,00	4,50	3,50	5,00
Applicabilità	3,00	4,00	5,00	4,50	4,00	4,00	3,00
Reversibilità	3,50	4,50	5,00	4,50	4,50	4,00	2,00
Impatto sulla fabbrica	3,00	4,50	5,00	4,50	4,00	4,50	4,00
Durabilità	4,00	4,50	3,50	4,00	3,50	5,00	4,00



Analisi multicriteria con metodologia ELECTRE



Matrice Applicabilità e impatti

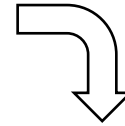


Analisi multicriteria con metodologia ELECTRE

Opzioni di intervento
sugli elementi di
facciata. Serramenti

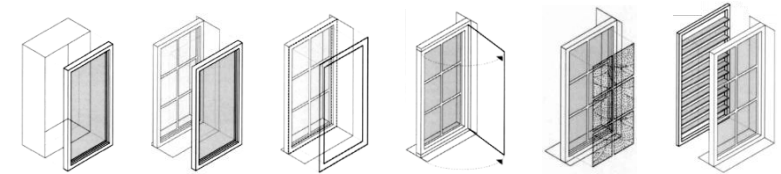
Messa in opera. Logistica di cantiere e costi / Implementation. Construction site logistics and costs

	Costo monetario / Monetary cost	Complessità del cantiere / Complexity of the construction site	Disponibilità sul mercato (temporale) / Availability on the market (temporal)	Tempo di esecuzione / Execution time	Costi di manutenzione dell'intervento / Maintenance costs of the intervention	Necessità di interventi integrativi / Need for integrative interventions	Limitazione dell'uso dell'edificio / Restriction of use of the building
In. 07. Sostituzione dei serramenti con modelli ad alta prestazione energetica / Replacement of windows with high energy performance models	***	***	***	*** / ****	****	***	*** / ****
In. 09. Messa in opera, sul lato interno delle ante mobili, di una seconda anta vetrata / Installation of a second glass door on the inside of the mobile doors	***	***	***	***	***	***	**** / *****
In. 11. Isolamento e tenuta all'aria del telaio / Frame insulation and airtightness	*****	*****	****	*****	** / ***	** / ****	****
In. 13. Meccanizzazione del serramento esistente o del nuovo serramento / Mechanization of existing or new window frames	***	*** / ****	***	****	***	***	****
In. 19. Applicazione al vetro di pellicole a controllo solare / Application of solar control films to glass	*** / ****	** / ***	***	****	***	***	****
In. 20. Installazione di schermi interni / Installation of internal screens	**** / *****	**** / *****	***	*** / ****	***	***	*** / ****

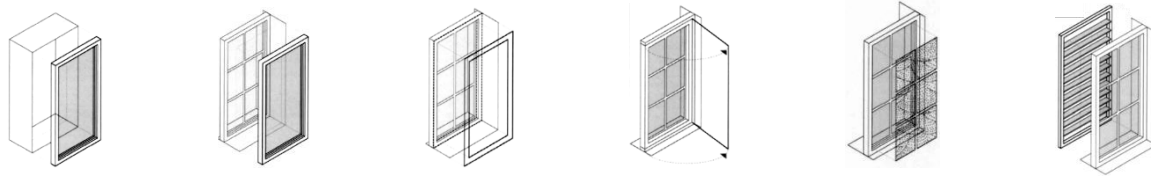
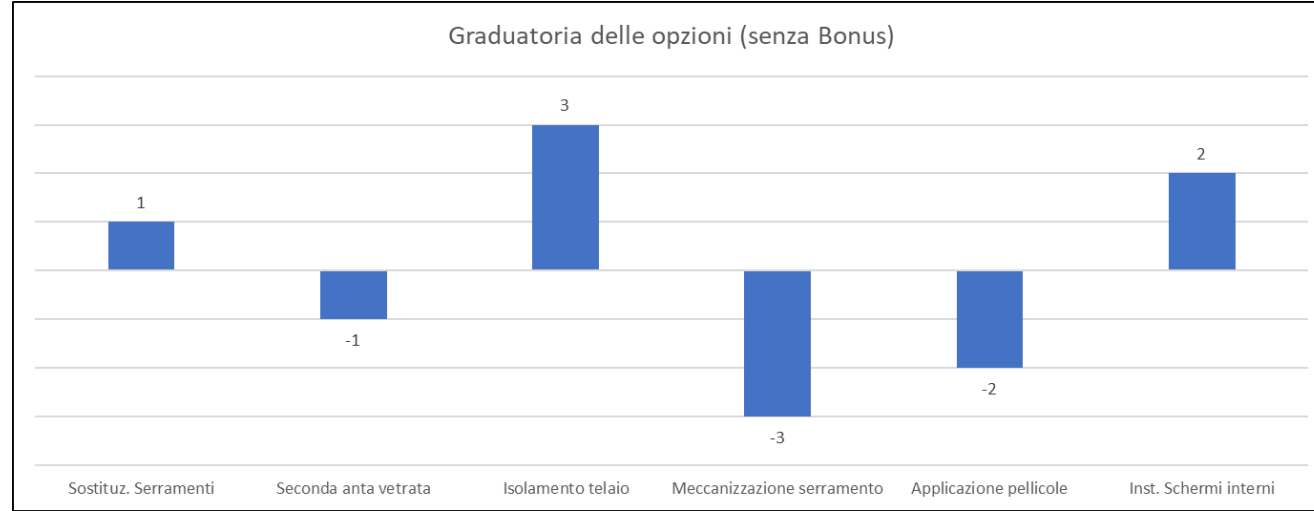


Matrice Logistica di cantiere e costi

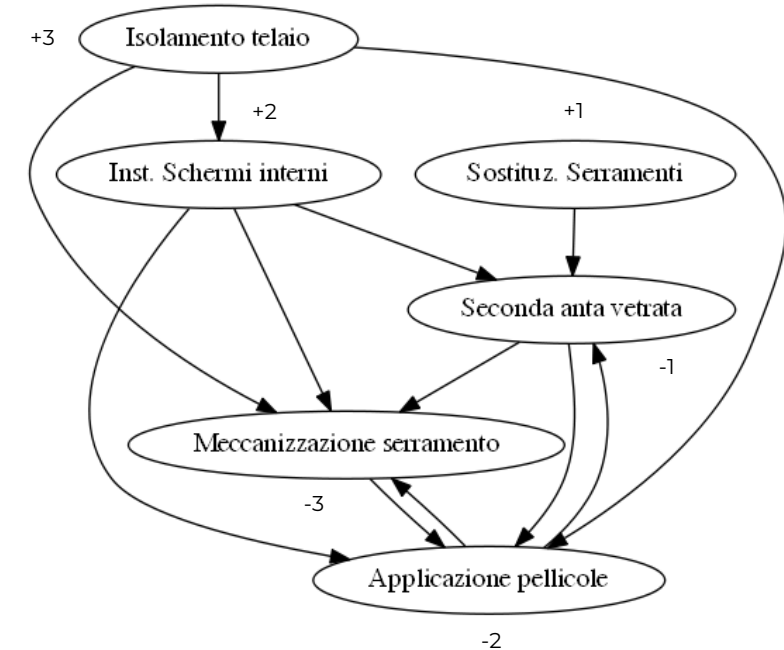
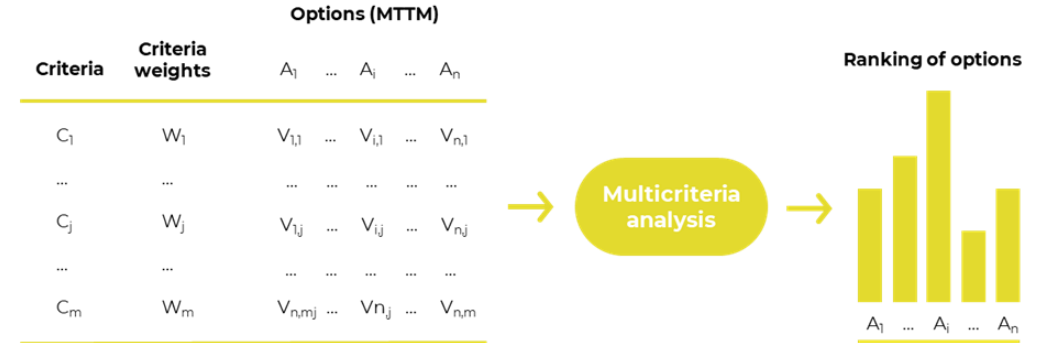
	Sostituz. Serramenti	Seconda anta vetrata	Isolamento telaio	Meccanizzazioni	Applicazione pellicole	Inst. Schermi interni	w
Costo monetario	3,00	3,00	5,00	3,00	3,50	4,50	4,00
Complessità del cantiere	3,00	3,00	5,00	3,50	2,50	4,50	3,00
Disponibilità	3,00	3,00	4,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Tempo di esecuzione	3,50	3,00	5,00	4,00	4,00	3,50	2,00
Costi manutenzione	4,00	3,00	2,50	3,00	3,00	3,00	4,00
Interventi integrativi	3,00	3,00	3,50	3,00	3,00	3,00	4,00
Limitazione uso	3,50	4,50	4,00	4,00	4,00	3,50	5,00



Analisi multicriteria con metodologia ELECTRE



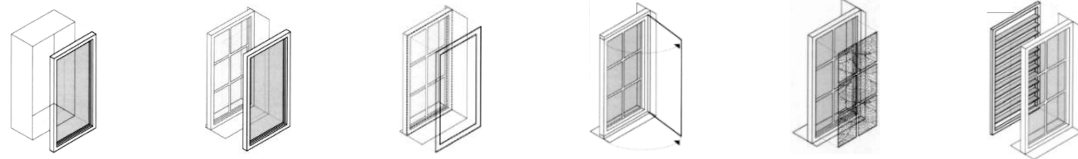
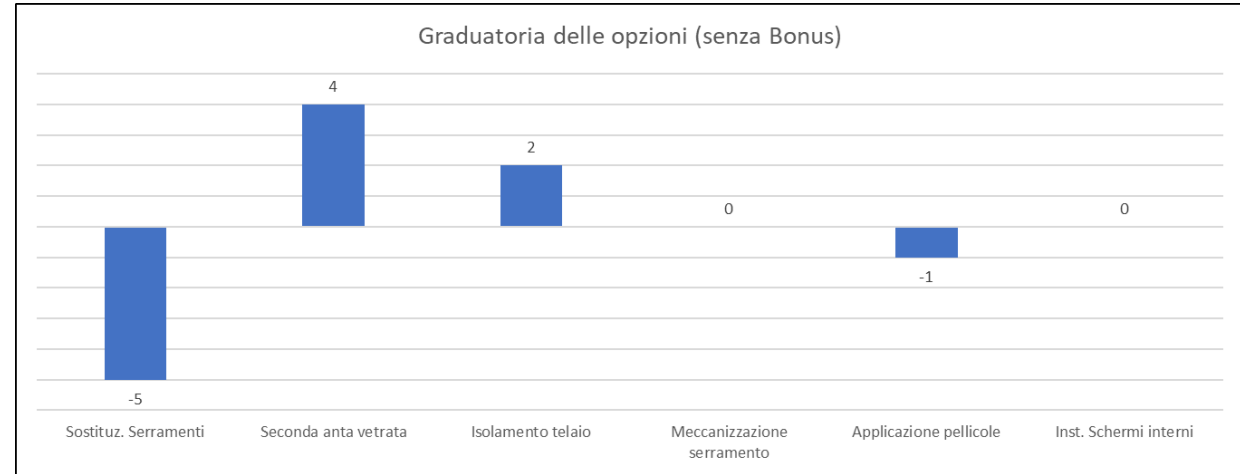
Matrice Logistica di cantiere e costi



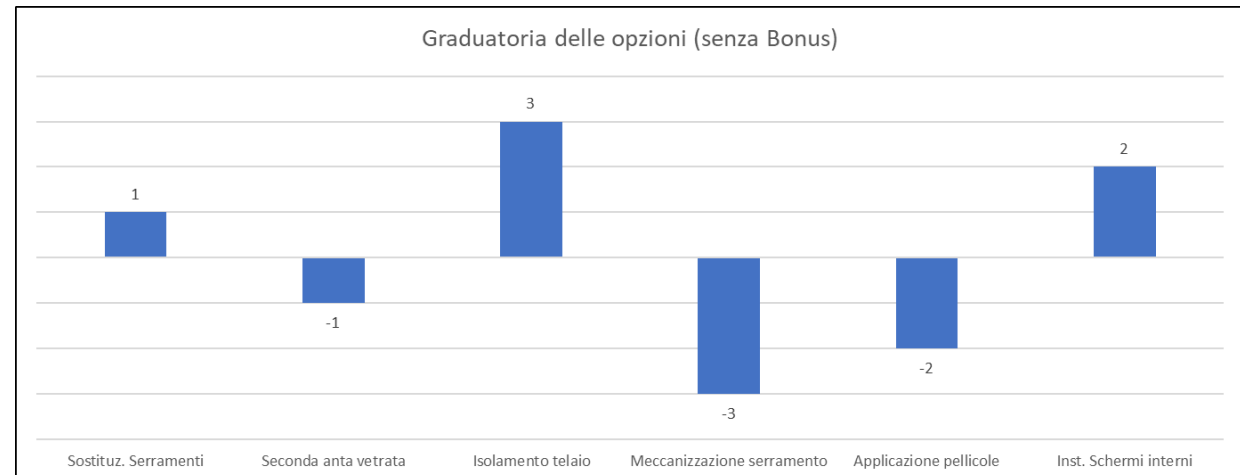
Analisi multicriteria con metodologia ELECTRE

Confronto tra le due classi di criteri di valutazione

Matrice Applicabilità e impatti



Matrice Logistica di cantiere e costi



Ipotesi di approfondimento e sviluppo della ricerca

1. Modello di analisi del rischio

- Estensione del modello a nuovi eventi e problematiche (es. **città costiere e innalzamento del livello del mare**)
- Sviluppo di un **modello sismico dedicato alle chiese storiche** (macroelementi e meccanismi)
- Integrazione dinamica con **GIS web e BIM/HBIM/Digital Twin**

2. MTTM e criteri di valutazione

- Aggiornamento periodico delle MTTM in base a innovazione tecnica e normativa
- Validazione approfondita dei **criteri di valutazione e dei pesi**

4. Applicazioni integrate in cantiere

- Studio di combinazioni di MTTM (in parallelo / in sequenza)
- **Integrazione di interventi multirischio** (es. sisma + efficientamento energetico)
- Supporto alla **programmazione del cantiere** (cronoprogramma, risorse, combinazioni di MTTM - in parallelo / in sequenza)

5. Valore degli edifici storici

- Sviluppo di un **tool operativo per il valore** (economico, sociale, culturale), con **indicatori quantitativi e qualitativi**
- Integrazione con sondaggi e percezione sociale (cittadini, fruitori, stakeholder)

6. Applicazioni e casi studio

- Edifici singoli e/o aggregati
- Chiese ed edifici speciali, Monumenti
- Siti urbani
-

Riferimenti



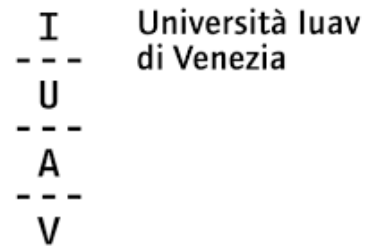
Pierpaolo Campostrini
Chiara Dall'Angelo
Enrico Rinaldi

corila.it

Consorzio iNEST

Sede. c/o Area Ricerca e rapporti con
le imprese Via Martiri della Libertà 8,
35137 Padova (PD)

e-mail: coordinamento.pnrr@unipd.it
CF: 92315730280



Università Iuav
di Venezia

Lorenzo Fabian (coordinatore Spoke 4)
Paolo Faccio
Sara Di Resta
Laura Rappa

iuav.it

www.consorzioinest.it