



Convegno

**L'ESODO DAI FABBRICATI DI GRANDE ALTEZZA**



## **VALUTAZIONE DI EDIFICI COMPLESSI ATTRAVERSO L'ANALISI DI VULNERABILITÀ**

*Stefano Grimaz*



*Facoltà Ingegneria  
Università degli Studi di Udine*

## IL PROBLEMA DELL'ESODO E L'ANALISI DI VULNERABILITÀ...





## IL PROBLEMA DELL'ESODO ...

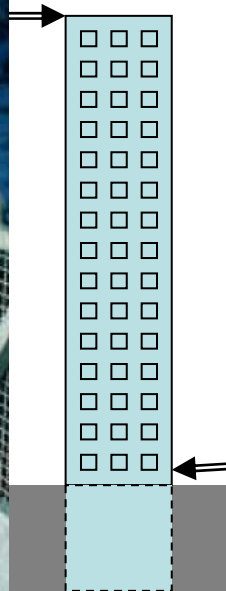


## DIVERSI PUNTI DI VISTA ...

L'OCCUPANTE



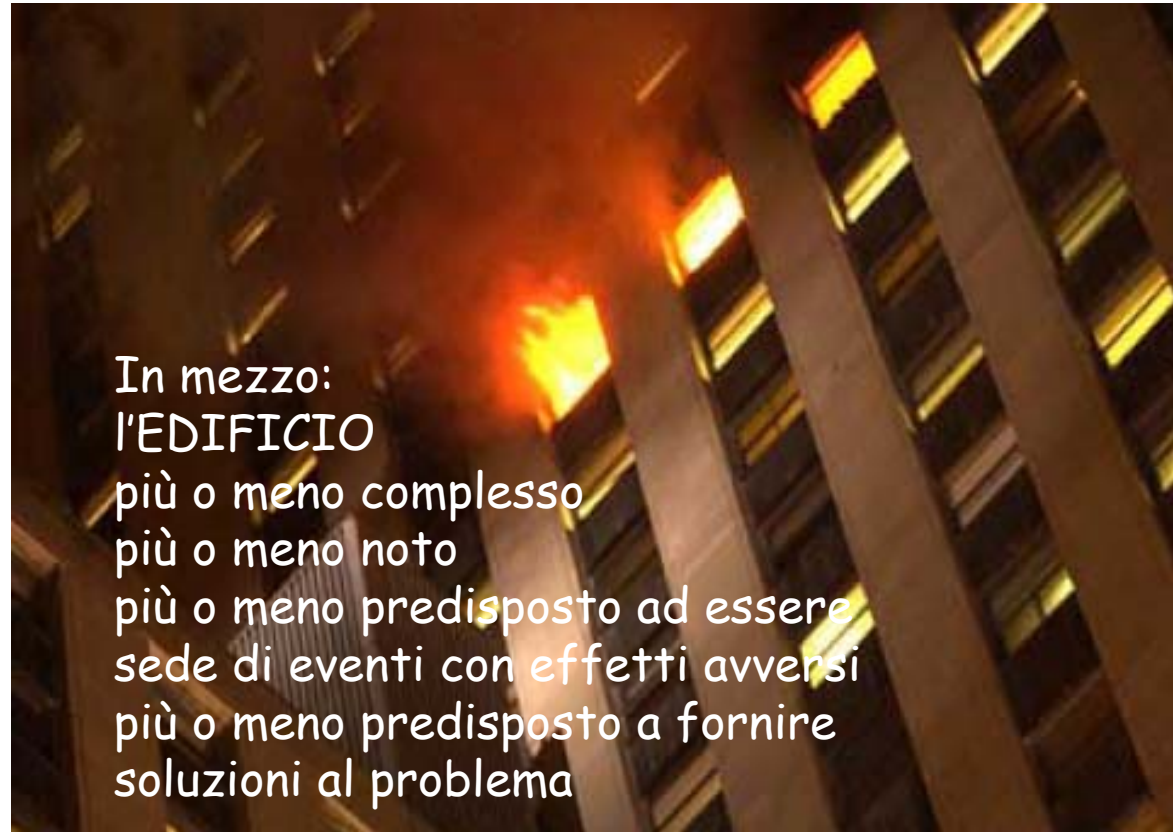
IL SOCCORRITORE





## DIVERSE DOMANDE ...

Le domande dell'occupante: cosa sta succedendo? vado o resto? dove? come?



In mezzo:  
l'EDIFICIO  
più o meno complesso  
più o meno noto  
più o meno predisposto ad essere  
sede di eventi con effetti avversi  
più o meno predisposto a fornire  
soluzioni al problema

Le domande del soccorritore: come intervengo? come gestisco l'esodo?

## L'ESODO: un problema di risposta

L'ESODO ?

UN PROBLEMA  
DI RISPOSTA!

A COSA?

AD UNA SITUAZIONE  
AVVERSA

es. INCENDIO, ATTENTATO..

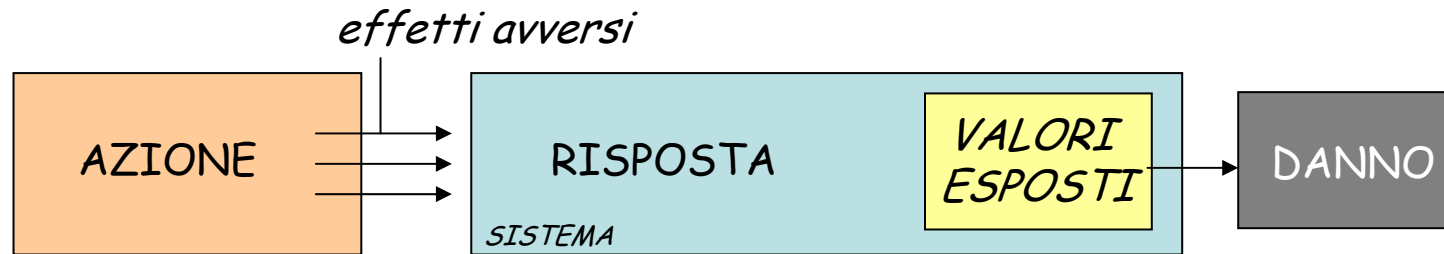


*È POSSIBILE UNA CHIAVE DI LETTURA INGEGNERISTICA DEL PROBLEMA?*

*COME PUÒ ESSERE DI AIUTO UN'ANALISI DI VULNERABILITÀ?*

*COS'È UN'ANALISI DI VULNERABILITÀ?*

## LA CHIAVE DI LETTURA INGEGNERISTICA DEL PROBLEMA



NOTA O  
IPOTIZZATA  
L'AZIONE

SI DEVE FARE IN MODO CHE  
VENGA POSTA IN ATTO UNA  
RISPOSTA ADEGUATA

CAPACITÀ/QUALITÀ DI RISPOSTA (PERFORMANCE)

### PERFORMANCE-BASED APPROACH

*Fire safety engineering*

*SUL NUOVO*

*SI FORNISCE E ORGANIZZA UNA  
CAPACITÀ DI RISPOSTA ADEGUATA*

*SULL'ESISTENTE*

*SI VALUTA SE LA CAPACITÀ  
DI RISPOSTA È ADEGUATA*

## IL CONCETTO DI VULNERABILITÀ

*la definizione:*

**vulnerabilità** = misura della propensione al danneggiamento  
in funzione delle sole caratteristiche intrinseche del sistema analizzato

*in pratica:*

VULNERABILITÀ



QUALITÀ  
DELLA  
RISPOSTA  
DEL SISTEMA

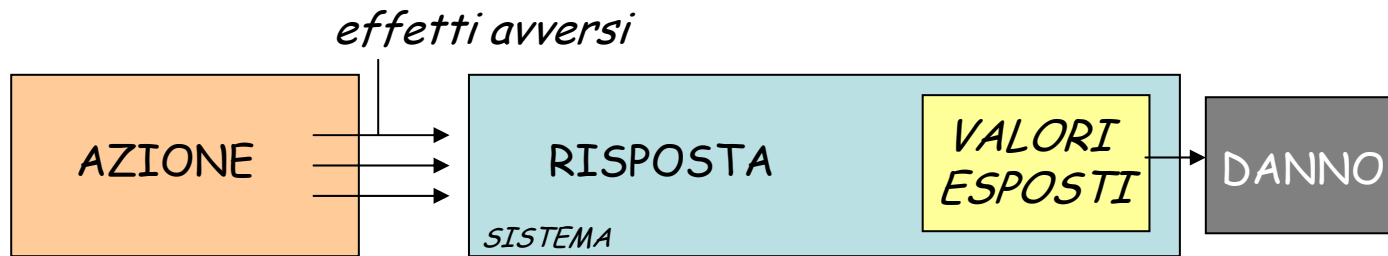
legame tra

**VULNERABILITÀ** - PERFORMANCE



## IL PARALLELISMO

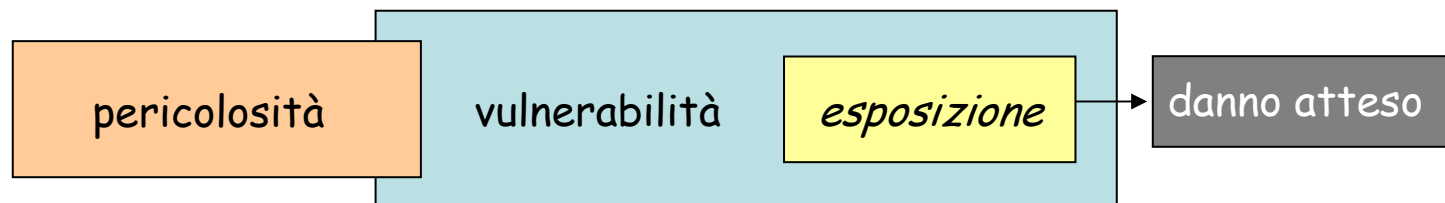
### PERFORMANCE-BASED APPROACH



*PERFORMANCE (QUALITÀ DI RISPOSTA)*

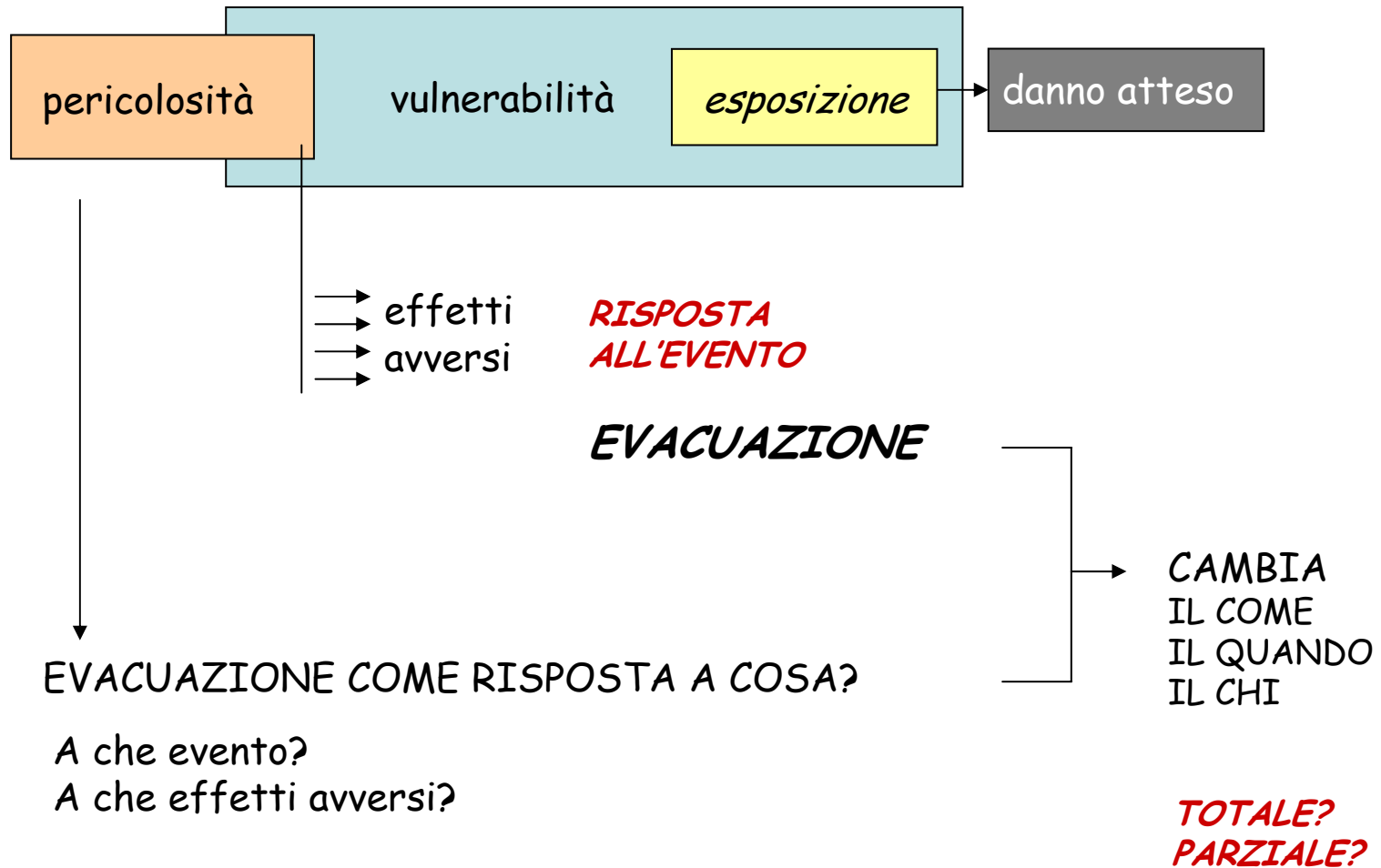
### ANALISI DI VULNERABILITÀ

*VULNERABILITÀ  
(CARENZE NELLA QUALITÀ DELLA RISPOSTA)*



*Particolarmente utile nell'analisi dell'esistente*

## L'ESODO COME RISPOSTA AD UN EVENTO AVVERSO



## DOPO L'11 SETTEMBRE ...

### NUOVI SCENARI

INCENDI  
EVENTI NATURALI

ATTACCHI  
TERRORISTICI



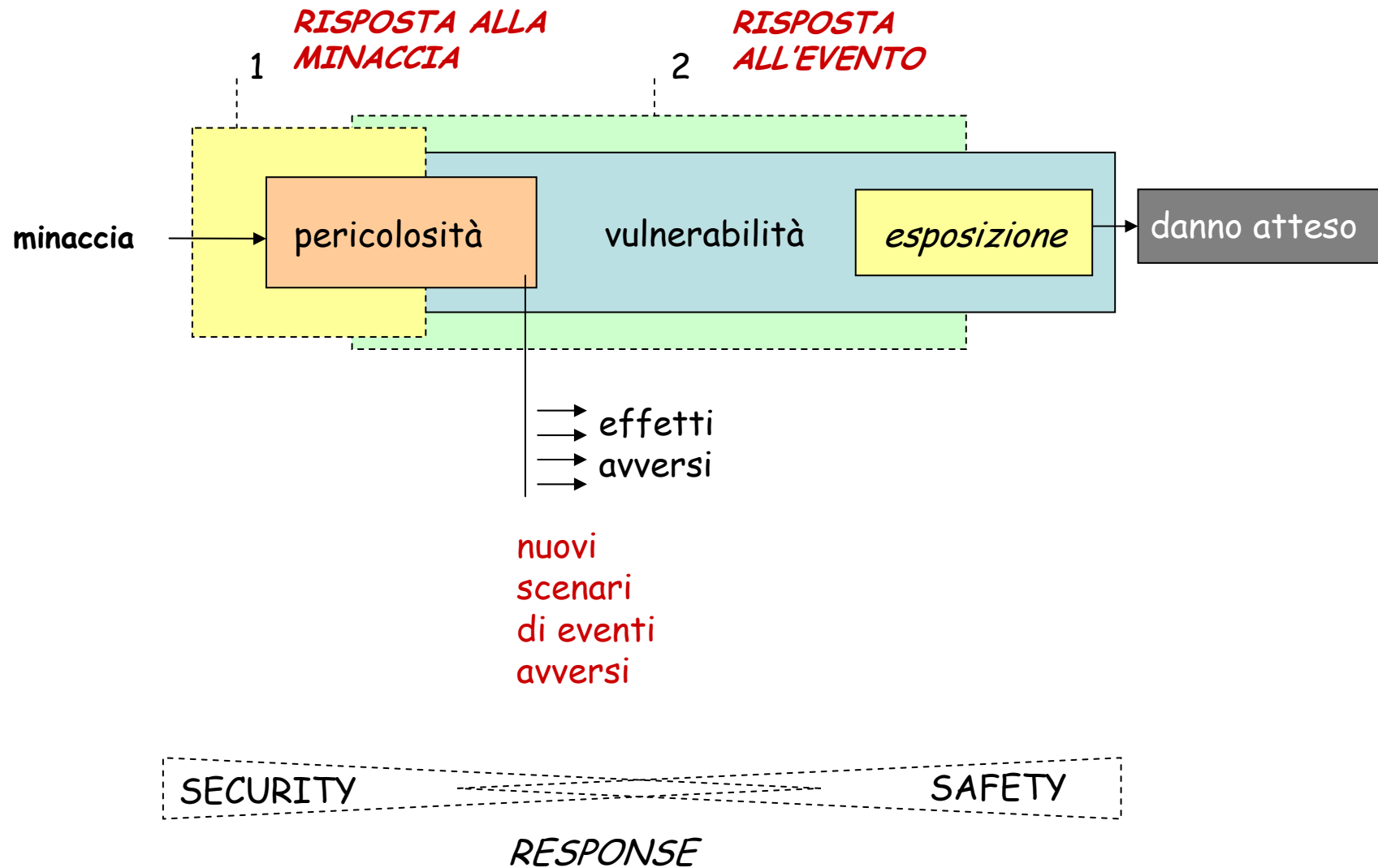
### NUOVE ESIGENZE DI RISPOSTA

tra le quali

**ESIGENZA DI EVACUARE GLI OCCUPANTI  
DA EDIFICI A GRANDE ALTEZZA**  
(prima pensati per la "*defence in place*")



## DUE TIPOLOGIE DI RISPOSTA PER UNO STESSO OBIETTIVO



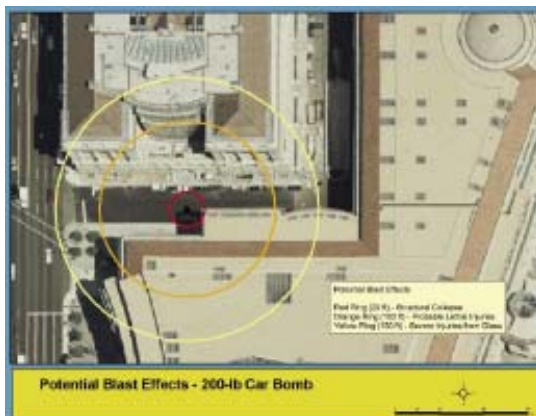
## IMPORTANTI OSSERVAZIONI



FEMA

Soprattutto dopo l'11 settembre sottolinea l'importanza di:

**Analisi per scenari**



**Approccio multi-hazard**

Esplosioni e impatti  
Agenti aero-disperdibili  
Agenti idro-disperdibili  
Attacchi ed intrusioni  
Incendi  
Terremoti

...

**Integrazione di SAFETY e SECURITY**

**TRAVASO DI CONOSCENZE TRA DISCIPLINE DIVERSE**

## TRAVASO DI APPROCCI



FEMA

Risk Management Series  
Risk Assessment

A How-To Guide to Mitigate Potential Terrorist Attack  
Against Buildings

FEMA 452 / January 2005

$$R = P \times M$$



United Nations Educational,  
Scientific and Cultural Organization

**Risk = Asset Value x Threat Rating x Vulnerability Rating**

Rischio = esposizione X pericolosità X vulnerabilità

**R = P x V x E**  
UNESCO, 1972

RISCHI NATURALI  
(SISMICO)

carenze di risposta

**Vulnerability.** Any weakness in an asset or mitigation measure than can be exploited by an aggressor (potential threat element), adversary, or competitor. It refers to the organization's susceptibility to injury.

azione avversa

risposta inadeguata di un sistema → perdita



# CENTRALITÀ DELLE ANALISI DI VULNERABILITÀ DOPO L'11 SETTEMBRE

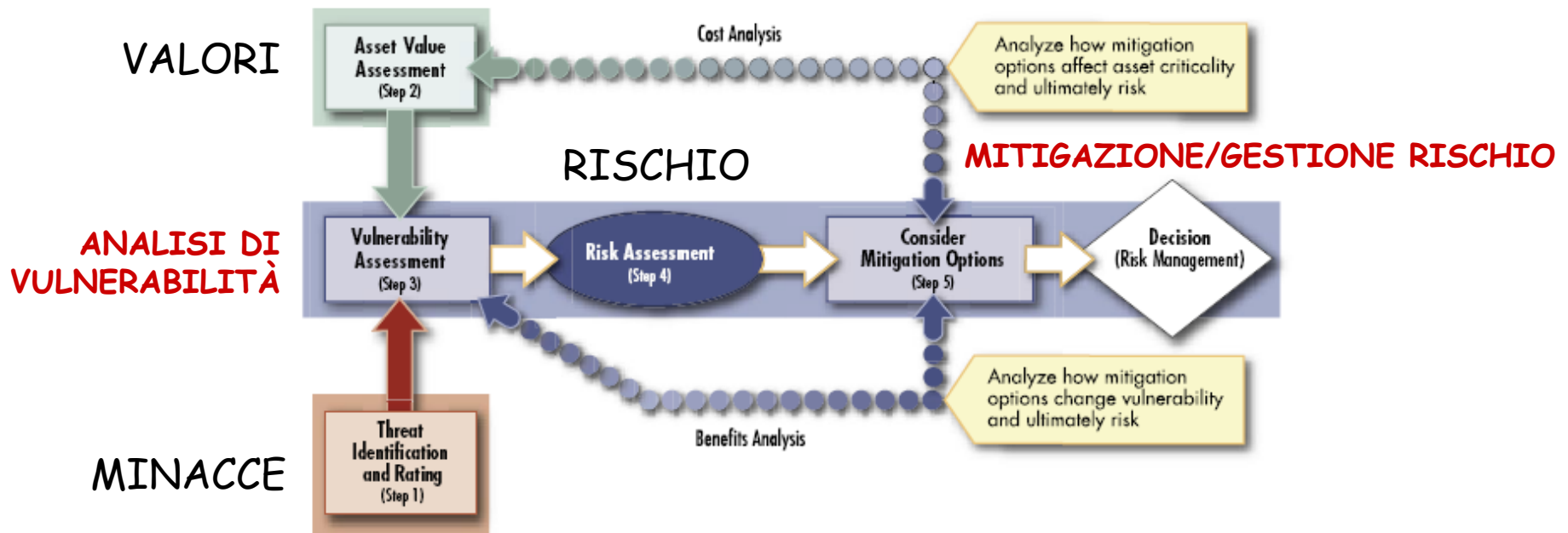


FEMA

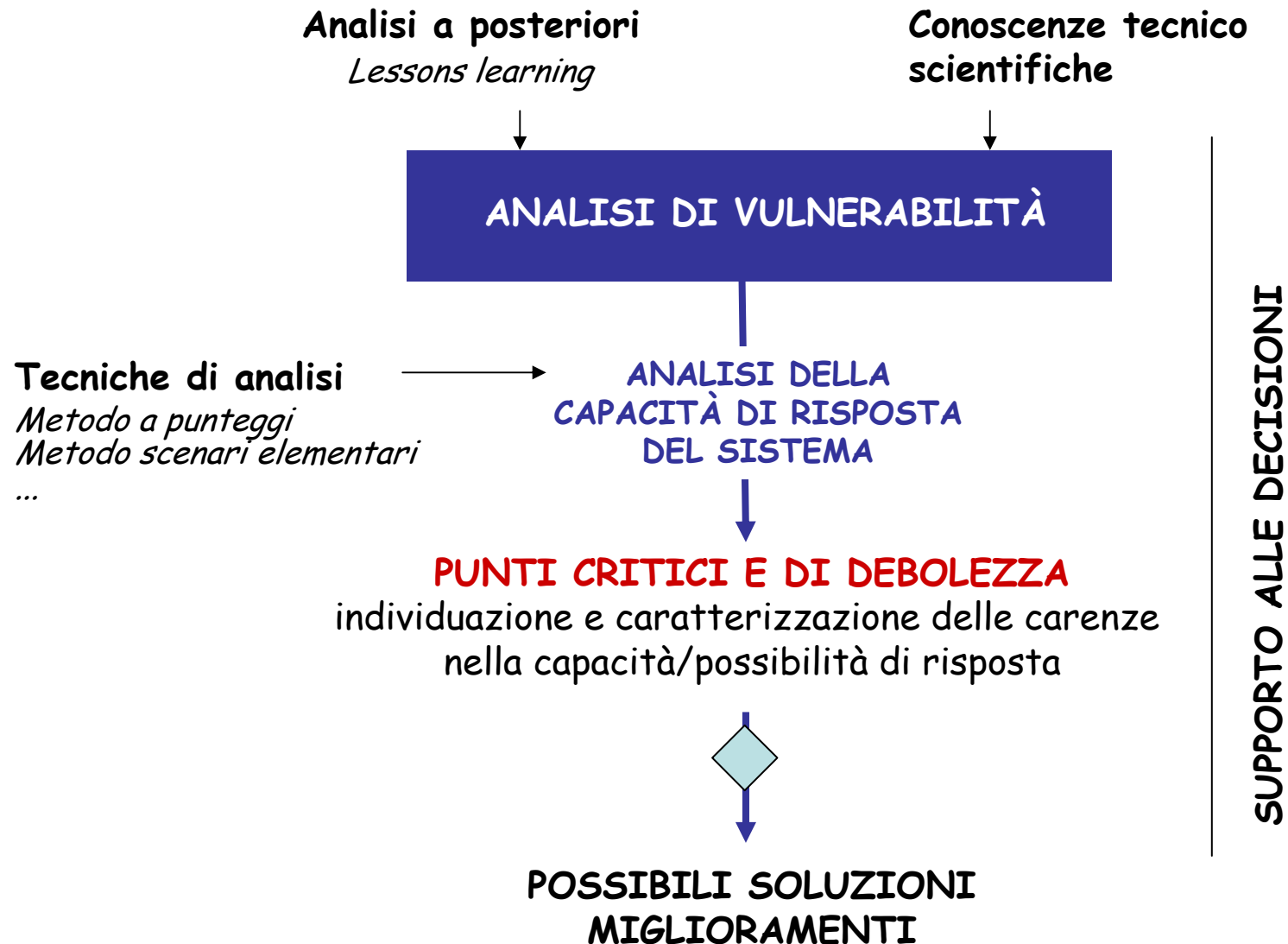
## Risk Management Series Risk Assessment

A How-To Guide to Mitigate Potential Terrorist Attacks  
Against Buildings

FEMA 452 / January 2005



## L'ANALISI DI VULNERABILITÀ: cosa consente



## ATTENZIONE PERÒ:

L'ESODO ?

UN PROBLEMA  
DI RISPOSTA!

**SISTEMICA  
MULTIDIMENSIONALE**



Dimensione umana

Dimensione fisico-funzionale

ANALISI DI VULNERABILITÀ  
PUNTI CRITICI E DI DEBOLEZZA

APPROCCIO INGEGNERISTICO CHE TIENE CONTO ANCHE DI QUESTE CARATTERISTICHE

**"INGEGNERIA DEI SISTEMI COMPLESSI E DEI FATTORI UMANI"**



## UN ESEMPIO: la dimensione del singolo



**POSSIBILITÀ di risposta**  
disponibilità di sistemi/mezzi  
corda

**ABILITÀ di risposta**  
capacità di scendere  
con/senza discensore

### DIMENSIONE FISICO-FUNZIONALE

CONDIZIONI  
MEZZI  
SISTEMI

### DIMENSIONE UMANA

CONOSCENZE  
ABILITÀ

**RISPOSTA**

## LA RISPOSTA DELLE PERSONE

Reports WTC



I **parametri** che incidono sulle caratteristiche della risposta delle persone sono **molti** e sono **interrelati** con le **caratteristiche del sistema fisico e dell'evento** e.... possono dipendere dal **"momento storico"**

*dopo l'11 settembre.. gli occupanti accettano di rimanere dentro (defence in place)?*

*La dimensione umana pone un problema di:*

*Incertezza e aleatorietà*



*Prevedibilità?*

*Governabilità?*



*IPOTESI*



*ANALISI  
MULTISCENARIO*

## LA DIMENSIONE UMANA: alcune "tendenze"



### L'esperienza ha evidenziato che:

Generalmente non si va verso il fuoco o il fumo (l'effetto avverso riconosciuto)

Si cerca il gruppo e si sta con il gruppo (anche se non è una buona opzione)  
La dimensione del gruppo è importante

Le informazioni servono come elemento motivante

La familiarità aiuta i gruppi  
a formarsi e a minimizzare il panico

La leadership è particolarmente importante  
in spazi pubblici sia per la formazione  
di comportamenti di gruppo che per  
la loro guida



## LA DIMENSIONE UMANA: variabili e fattori chiave

È noto che la risposta dipende da:

Variabili

individuali

*Familiarità, precedenti esperienze, ...*

organizzative

*Assistenza all'esodo, comunicazione, ...*

fisico/strutturali

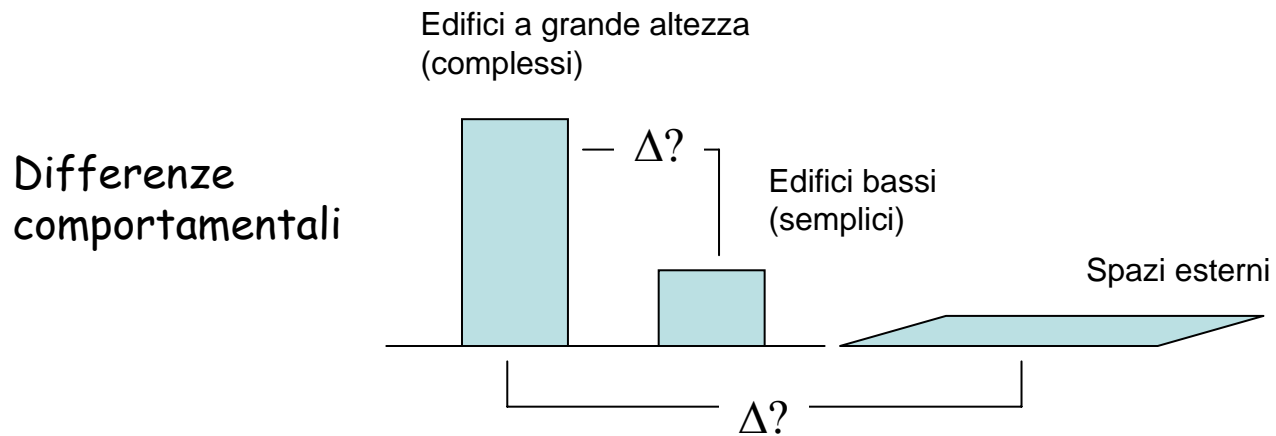
*Uscite, sistema d'esodo, ...*



FATTORI  
CHIAVE

DISPONIBILITÀ INFORMAZIONI  
CONOSCENZA EDIFICIO  
CONOSCENZA ALTERNATIVE  
LEADERSHIP/CREDIBILITÀ  
PROCEDURE

## LA DIMENSIONE UMANA IN FUNZIONE DEL CONTESTO



*fattore*

*predominante*

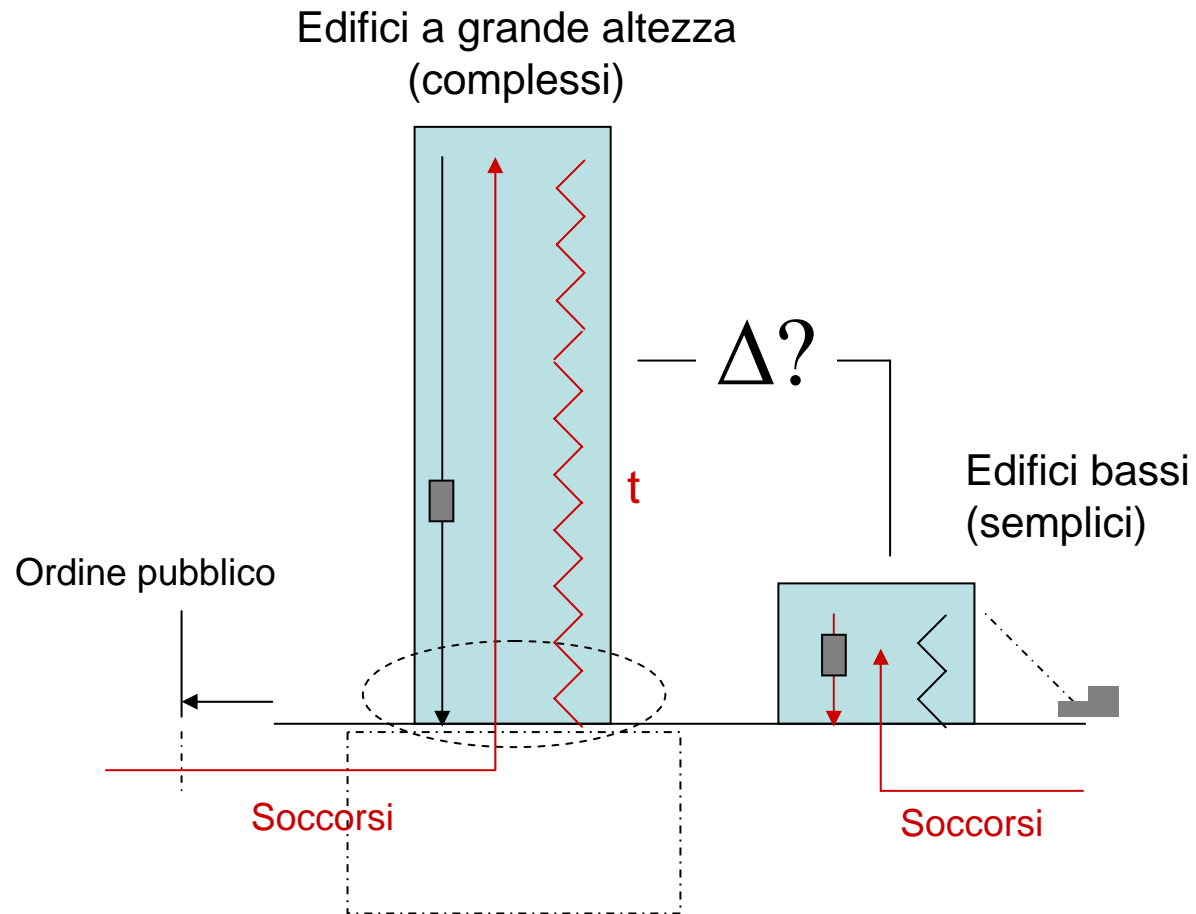
**Vincoli fisico-funzionali**

**Interazioni relazionali**





## LE DIFFERENZE FISICO-FUNZIONALI



## ELEMENTI DI CRITICITÀ INTRINSECA DEGLI EDIFICI DI GRANDE ALTEZZA

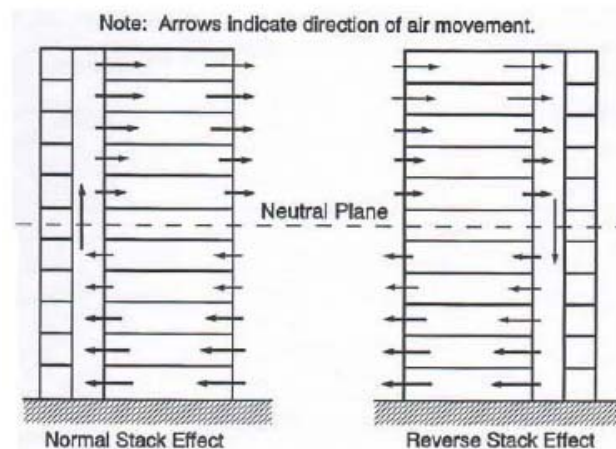
SISTEMI HVAC

Propagazione agenti avversi

LAY OUT

Complessità distributivo funzionale/Accessibilità

STACK EFFECT



Effetto dovuto alla differenza di pressione generato dalla differenza di temperatura

PARETI VETRATE

Propagazione verticale

STRUTTURE

Vulnerabilità strutturale

USO

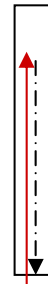
Promiscuità/Molteplicità di "entità utilizzatrici"

## ELEMENTI DI CRITICITÀ NELLA MOVIMENTAZIONE VERTICALE

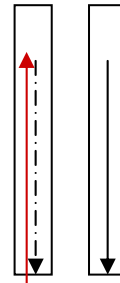
**SCALE**  
**ASCENSORI**  
**SISTEMI EMERGENZA**



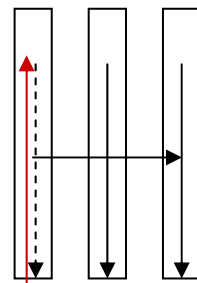
soccorritori ↑ ↓ occupanti



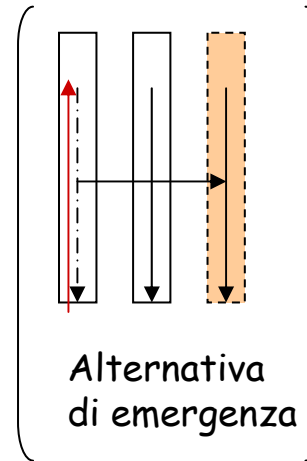
Unicità (no alternative)  
Promiscuità totale



Alternativa  
Promiscuità parziale



Alternativa  
Separabilità  
Scelta



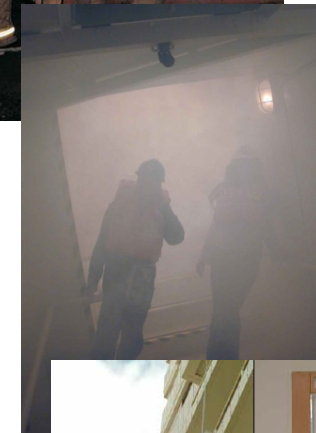
Alternativa  
di emergenza



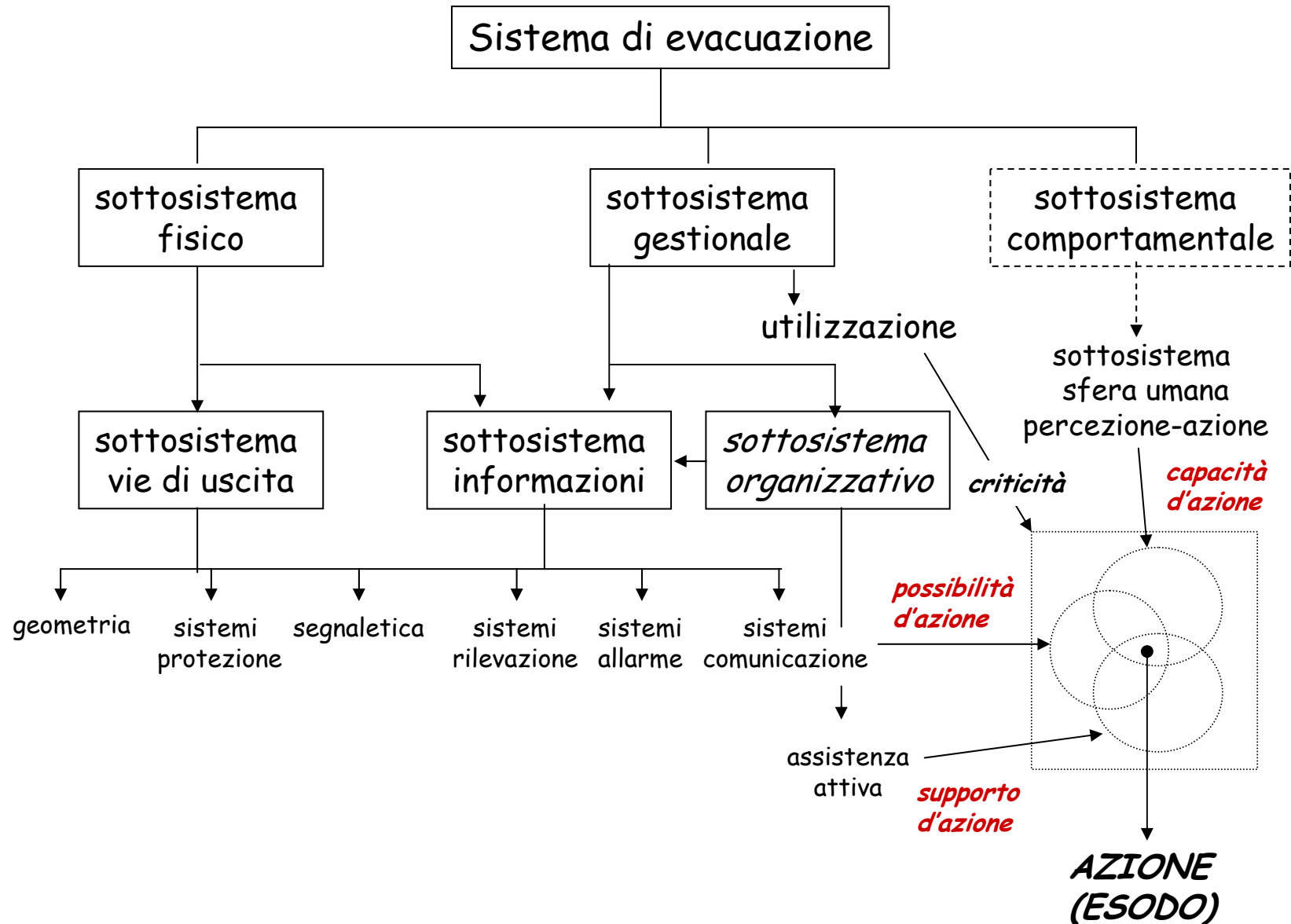
## CRITICITÀ NELL'ATTUAZIONE DEL SOCCORSO

### I PUNTI DI CRITICITÀ E DI POTENZIALE DEBOLEZZA

<ul style="list-style-type: none"> <li>- ACCESSIBILITÀ AL FABBRICATO</li> <li>- LOCALIZZAZIONE E CARATTERIZZAZIONE EVENTO</li> <li>- LOCALIZZAZIONE E CARATTERIZZAZIONE OCCUPANTI</li> </ul>	}	<p>ACQUISIZIONE INFORMAZIONI DIRETTE  <b>INDIRETTE (OCCUPANTI)</b>                  QUADRI SINOTTICI</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- RAGGIUNGIBILITÀ AREA CRITICA</li> <li>- TRASPORTO ATTREZZATURE</li> </ul>	}	<p>(SCALE)                  ACENSORI ANTINCENDIO  <b>(promiscuità)</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- DEFINIZIONE STRATEGIE</li> </ul>		<p>COORDINAMENTO IN-OUT  <b>COMUNICAZIONI</b>                  SOC-SOC                  SOC-OCC                  OCC-SOC</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- TRASPORTABILITÀ/EVACUABILITÀ OCCUPANTI</li> </ul>		<p>(SCALE)  <b>ASCENSORI</b>                  ZONE DI RIFUGIO  <b>SISTEMI AUSILIARI DI EMERGENZA</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- MONITORAGGIO EVOLUZIONE</li> </ul>		<p><b>COMUNICAZIONI</b></p>
<p><b>+ problematiche di ordine pubblico</b></p>		



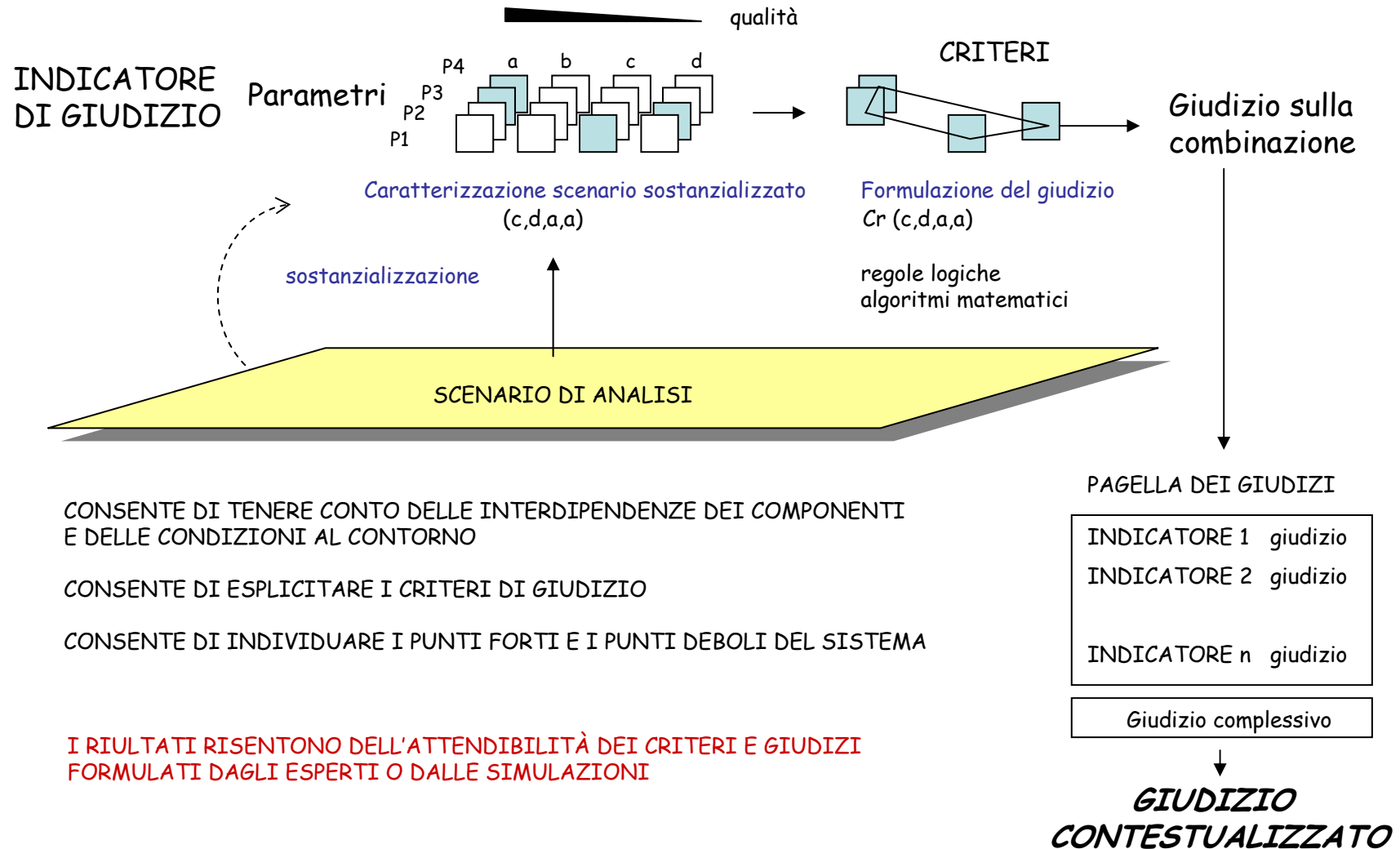
## ANALISI SISTEMICA





## LA TECNICA DEGLI SCENARI ELEMENTARI

*Origine: teoria dei sistemi esperti e dell'intelligenza artificiale*



## PARAMETRI DI ANALISI DELLA VULNERABILITÀ D'EVACUAZIONE

### *Parametri*

1. Grado di allertamento

2. Sfollabilità delle aree

3. Sfollabilità delle vie di esodo

4. Sfollabilità generale

5. Supporti all'esodo

6. Supporti alla gestione dell'esodo

### *Elementi di valutazione*

*1.1 Efficacia dell'allertamento*

*2.1 Raggiungibilità dei varchi*

*2.2 Capacità di sfollamento aree*

*2.3 Presenza di alternative*

*3.1 Raggiungibilità zone riparate e sicure*

*3.2 Capacità di sfollamento vie di esodo*

*4.1 Abbandonabilità generale*

*4.2 Criticità intrinseca del sistema d'esodo*

*5.1 Facilitazioni*

*5.2 Guide*

*5.3 Ausili*

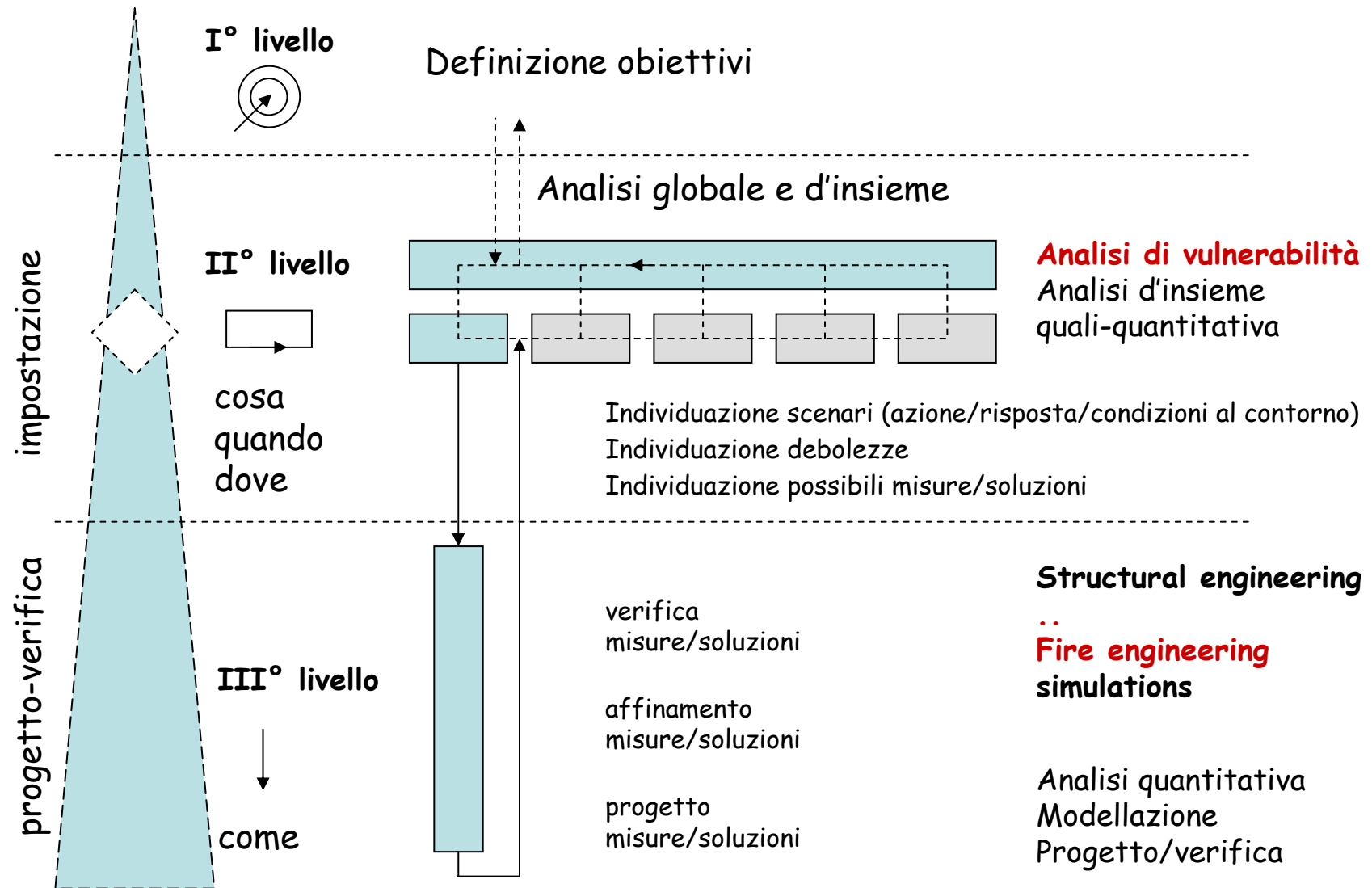
*6.1 Accessibilità soccorsi*

*6.2 Qualità interazione soccorsi-occupanti*

*6.3 Comunicazioni*

*6.4 Ordine pubblico*

## APPROCCIO PROGRESSIVO (MULTILIVELLO)



## PERALTRO

In vari documenti redatti dopo l'11 settembre si afferma l'importanza:



*Non solo*

Approccio per scenari

Approccio multi-hazard

*Ma anche*

**Approccio interdisciplinare-multidimensionale**

**Analisi sistemica progressiva**

### **Valenza strategica delle analisi di vulnerabilità**

Consentono la formulazione di giudizi di supporto alle decisioni e di supporto alla individuazione coordinata delle possibili soluzioni

Consentono di impostare (e motivare) **MODELLAZIONI MIRATE**  
**il cui esito concorre a definire il giudizio d'insieme**

## CON L'AUSPICIO CHE

ESPERIENZA E SCIENZA

INGEGNERIA DELLA SICUREZZA



CI CONSENTANO DI  
GIUNGERE A NON  
LEGGERE PIÙ NOTIZIE  
DEL GENERE

***VI RINGRAZIO  
PER L'ATTENZIONE!***



*Per eventuali contatti:*



*Stefano Grimaz*

***Centro studi e ricerche SPRINT  
Università degli Studi di Udine***

*stefano.grimaz@uniud.it*

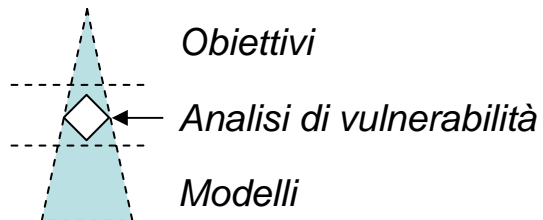
## UN PRECEDENTE NOSTRANO APPLICATO A REALTÀ COMPLESSE

Comando VVF di Venezia  
Comune di Venezia  
Soprintendenza di Venezia  
Università di Udine



### IL PROGETTO PER LA SICUREZZA ANTINCENDIO DI VENEZIA 1996-99

Fire Safety Engineering



REALTÀ COMPLESSA "IN ORIZZONTALE"



### ANALISI SISTEMATICA DI VULNERABILITÀ

modello UNESCO (ora anche FEMA)

$$R = P \times V \times E$$

Valutazione del rischio e della sicurezza equivalente