



# Università Politecnica delle Marche

## Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente

**Corso di Laurea: Scienze Ambientali e Protezione Civile**

**Anno Accademico: 2023/2024**

# Impatto del Contesto Sociale nella Valutazione del Rischio Sismico

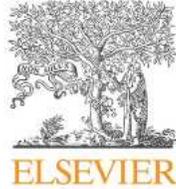
IMPACT OF SOCIAL CONTEXT IN SEISMIC RISK EVALUATION

---

**Candidato: Elia Compagnoni**

**Relatore: prof. Fausto Marincioni**

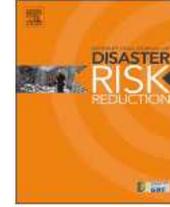
**Sessione: Estiva (Luglio 2024)**



Contents lists available at ScienceDirect

# International Journal of Disaster Risk Reduction

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/ijdrr](http://www.elsevier.com/locate/ijdrr)



## Evaluation of social context integrated into the study of seismic risk for urban areas



Nayive Jaramillo<sup>a</sup>, Martha Liliana Carreño<sup>b,\*</sup>, Nieves Lantada<sup>c</sup>

<sup>a</sup> *Departamento de ciencias aplicadas y humanísticas, Escuela Básica de Ingeniería. Universidad de Los Andes, Sector La Hechicera, Edificio B, 2° piso, Ala Norte, Merida, Estado Merida, Venezuela*

<sup>b</sup> *Centre Internacional de Metodes Numerics en Enginyeria (CIMNE), Division of Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria (RMEE), Department of Civil and Environmental Engineering, Universitat Politècnica de Catalunya, Jordi Girona 1-3, Building C1, Campus Nord UPC, 08034 Barcelona, Spain*

<sup>c</sup> *Division of Geotechnical Engineering and Geosciences, Department of Civil and Environmental Engineering, Universitat Politècnica de Catalunya, Jordi Girona 1-3, Building D2, Campus Nord UPC, 08034 Barcelona, Spain*

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 14 January 2016

Received in revised form

6 May 2016

Accepted 9 May 2016

Available online 10 May 2016

#### Keywords:

Urban seismic risk

Social vulnerability

Social fragility

Lack of resilience

Social indicators

Holistic assessment of seismic risk

### ABSTRACT

Usually the seismic risk evaluation involves only the estimation of the expected physical damage, casualties or economic losses. This article corresponds to a holistic approach for seismic risk assessment which involves the evaluation of the social fragility and the lack of resilience. The complementary evaluation of social context aspects such as the distribution of the population, the absence of economic and social development, deficiencies in institutional management, and lack of capacity for response and recovery; is useful in order to have seismic risk evaluation suitable to support a decision making processes for risk reduction.

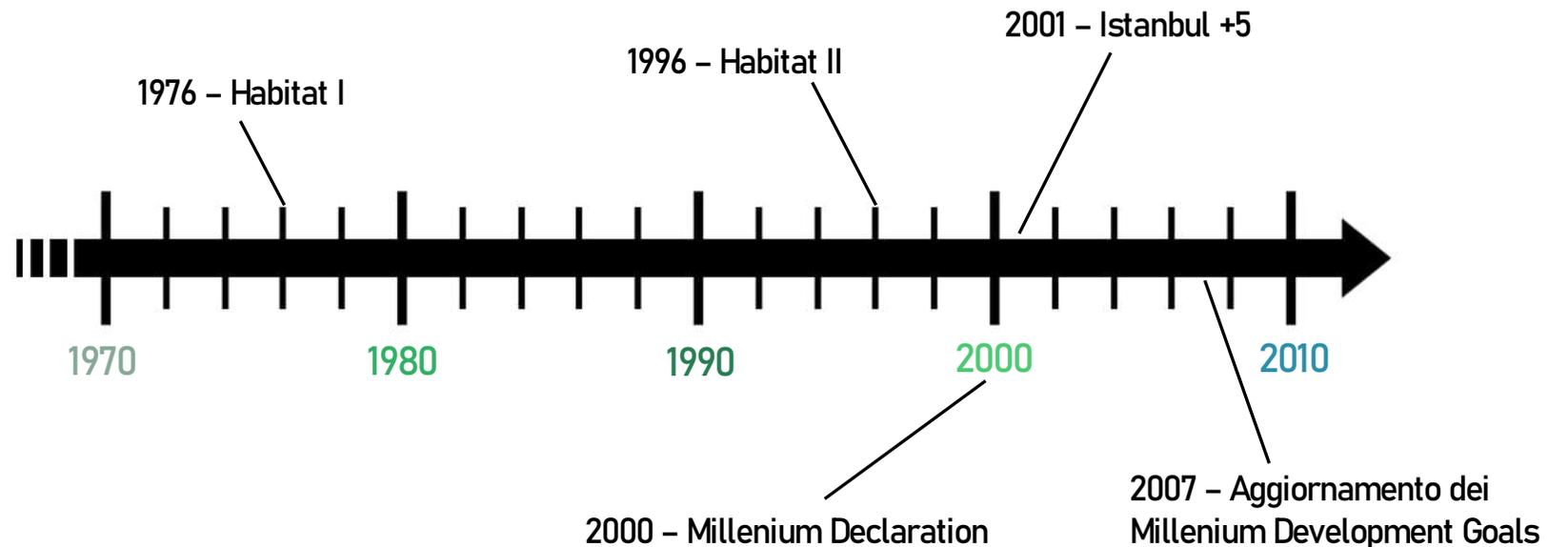
The proposed methodology allows a standardized assessment of the social fragility and lack of resilience, by means of an aggravating coefficient of which summarizes the characteristics of the social context using fuzzy sets and Analytic Hierarchy Process (AHP). The selection of 20 social indicators is based on the indicators used by urban observatories of United Nations and other social researchers. These indicators are classified according to social item they describe, in six categories. Applying the determination level analysis, thirteen prevailing social indicators are selected. The proposed methodology has been applied in the cities of Merida (Venezuela) and Barcelona (Spain).

© 2016 Elsevier Ltd. All rights reserved.

# Contesto

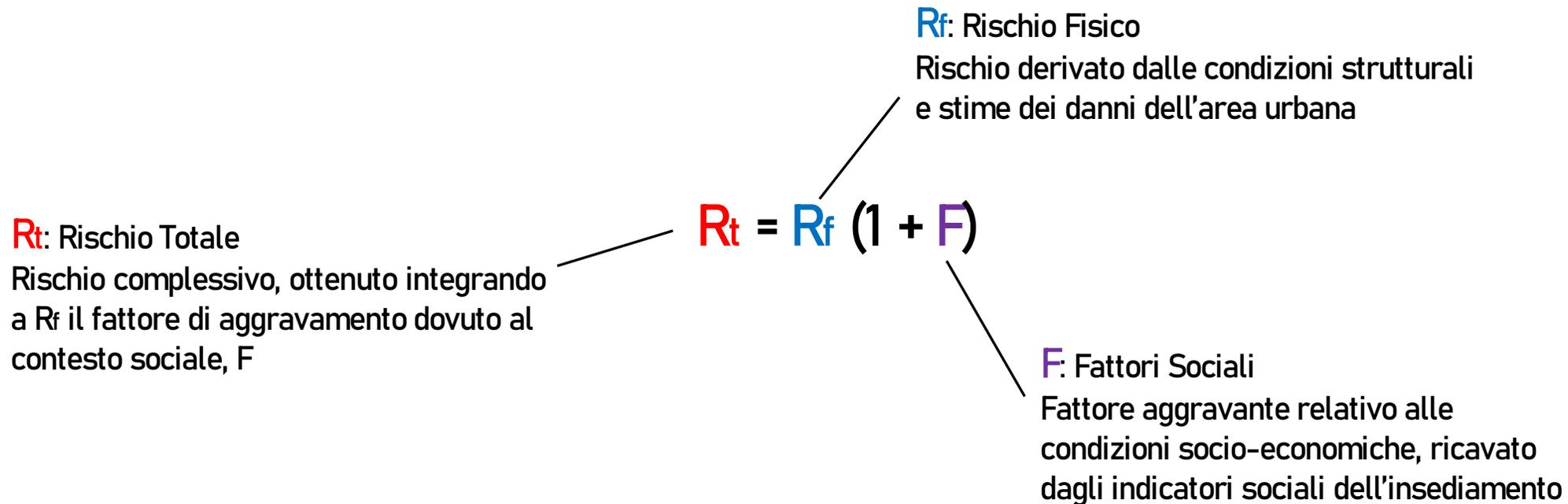
Il tradizionale approccio di valutazione del rischio sismico, basato esclusivamente su condizioni fisiche, sta cambiando. L'impatto del contesto sociale di un'area urbana sulla propria situazione di rischio è sempre più evidente alle autorità competenti (N. Jaramillo, 2014).

Diverse conferenze delle Nazioni Unite (ONU), incentrate sulle conseguenze della crescente urbanizzazione e della povertà diffusa, hanno stabilito un vasto numero di indici con lo scopo di monitorare diversi aspetti sociali di un qualsiasi insediamento, permettendo la valutazione del contesto sociale di un elevato numero di centri urbani.



# Introduzione

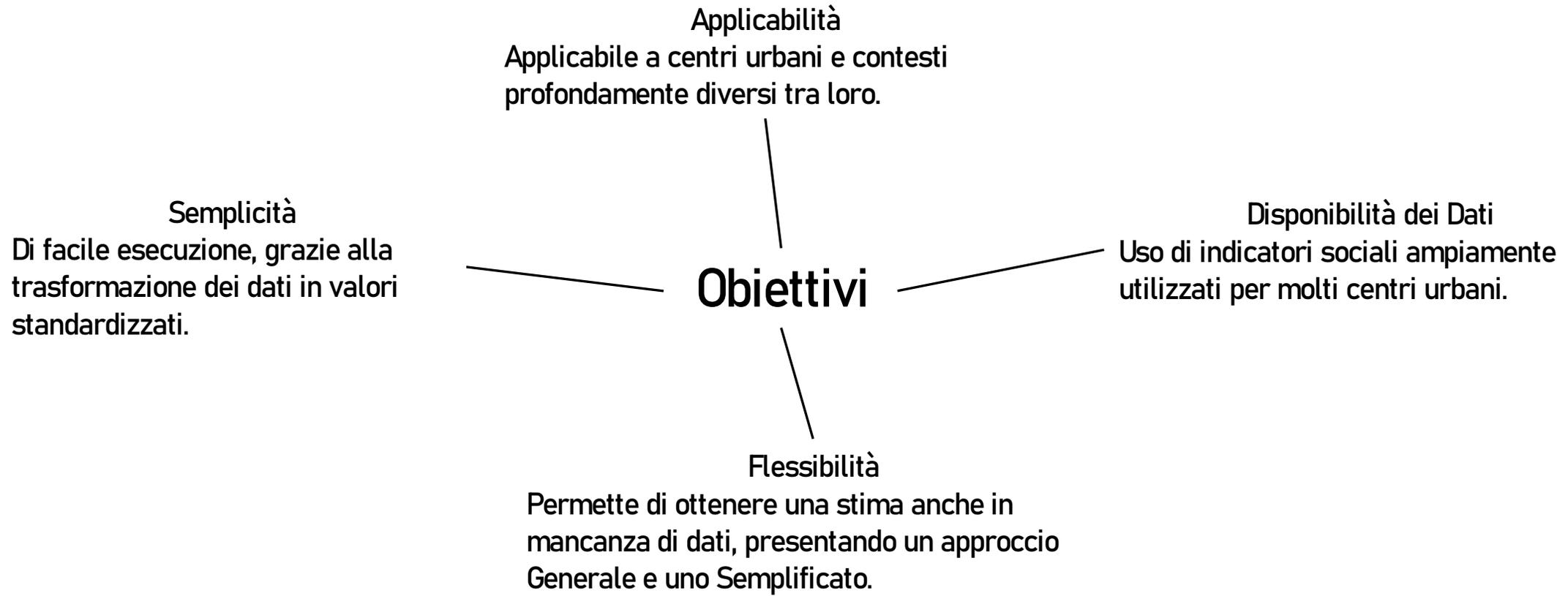
La metodologia in esame ha lo scopo di integrare il tradizionale rischio derivato da condizioni e conseguenze fisiche ( $R_f$ ) con un fattore di aggravamento derivato dalle condizioni sociali ed economiche ( $F$ ) di un'area urbana, ottenendo un valore complessivo di rischio totale ( $R_t$ ). Il metodo si basa sulla seguente formula:



Due aree urbane sono state utilizzate come casi di studio per la metodologia, con notevoli differenze nei loro contesti fisici e sociali: **Merida, Venezuela** e **Barcellona, Spagna**.

# Obiettivo

L'obiettivo principale del metodo proposto dall'articolo è ottenere una stima del rischio sismico **più accurata** del rischio simico, in maniera **semplice e flessibile**, permettendo una **gestione più informata** di un'area urbana.

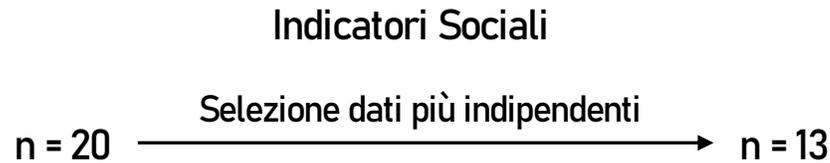


# Contesto Sociale

Il processo di valutazione del contesto sociale si basa sul calcolo del fattore aggravante (**F**), ottenuto attraverso tre fasi.

## Selezione degli Indicatori

Un **numero ideale** ( $n$ ) di indicatori sociali viene selezionato, con un **peso** ( $w_i$ ) assegnato in base al loro impatto.



Attraverso un processo di selezione che scarta tutti i dati con un'elevata dipendenza da altri, il metodo porta il numero di indicatori totali da 20 a 13 (Tab. 1).

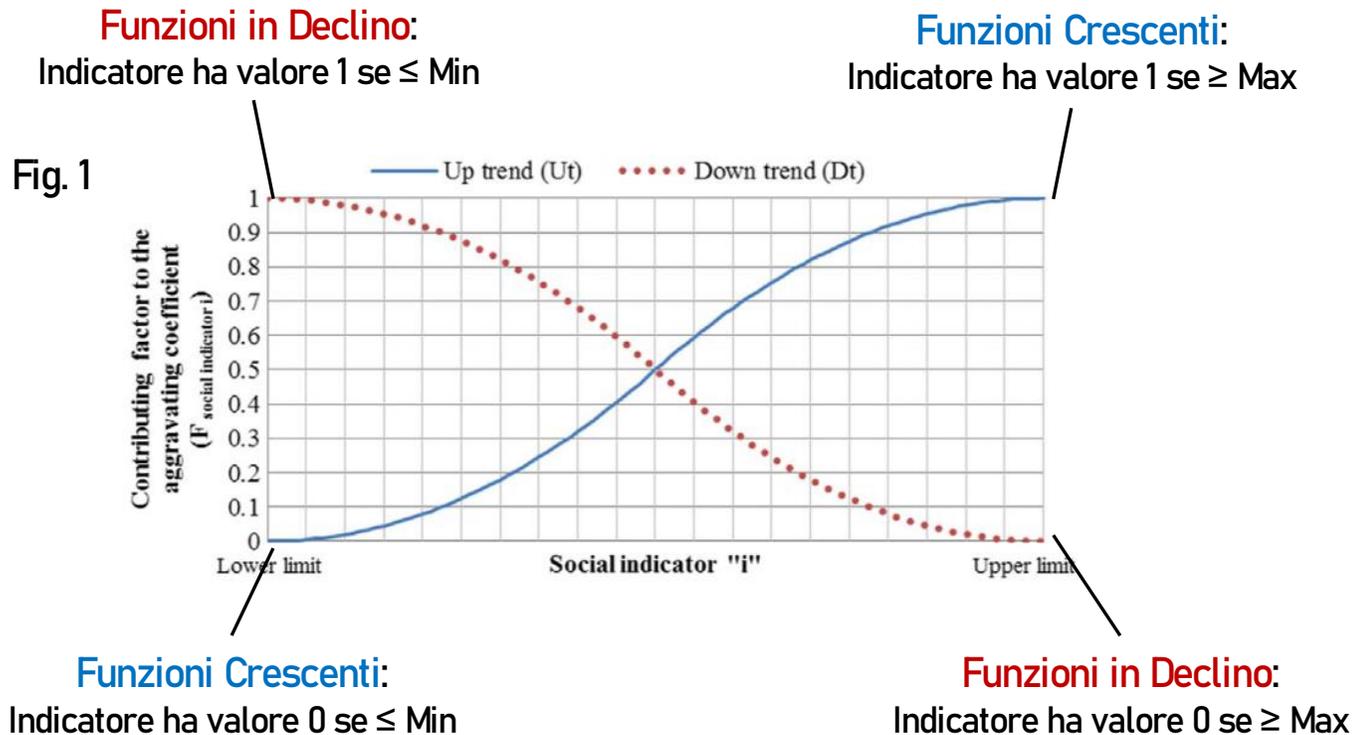
Tab. 1

Categoria	Indicatore Sociale Codice   Nome
C1: Abitazione	Dw1: Sufficiente area abitativa Dw2: Stato dell'abitazione
C2: Sviluppo sociale e lotta alla povertà	SD5: Unità familiari povere SD6: Alfabetizzazione
C3: Pianificazione urbana	UP1: Crescita di insediamenti informali UP2: Livello di pianificazione urbana UP3: Case in zone a rischio
C4: Governance	G1: Indice di gestione del rischio disastri (M.L. Carreño et al, 2007)
C5: Mancanza di resilienza	LR1: Posti letto in ospedale LR2: Risorse umane nella sanità LR3: Personale di soccorso
C6: Demografia	D1: Densità della popolazione D2: Crescita della popolazione urbana

# Standardizzazione dei Valori

A causa delle differenti unità di misura (Tab. 2), ogni indicatore viene **trasformato** in valori standard tra 0 e 1. Vengono individuati dei **Minimi** e **Massimi** del loro intervallo di valori, basati su informazioni raccolte da enti urbani ed esperti locali.

Le funzioni possono essere **crescenti** o in **declino** (Fig. 1).



Tab. 2

Indicatore	Unità di Misura	Tendenza
Dw1	Abitazioni sovraffollate ogni 1000 case	Crescita
Dw2	Abitazioni senza servizi (acqua, telefono, elettricità, fognie) o in cattive condizioni ogni 1000 case	Crescita
SD5	Abitazioni in povertà ogni 1000 case	Crescita
SD6	Percentuale (%) di alfabetizzazione	Declino
UP1	Rapporto tra abitazioni costruite con e senza adeguata progettazione	Crescita
UP2	Opinione di esperti	Crescita
UP3	Abitazioni in aree a rischio ogni 1000 case	Crescita
G1	Livello di prestazione	Declino
LR1	Posti letto ogni 1000 abitanti	Declino
LR2	Professionisti medici ogni 1000 abitanti	Declino
LR3	Personale di soccorso ogni 1000 abitanti	Declino
D1	Abitanti per kilometro quadrato	Crescita
D2	Tasso di crescita annuale (%)	Crescita

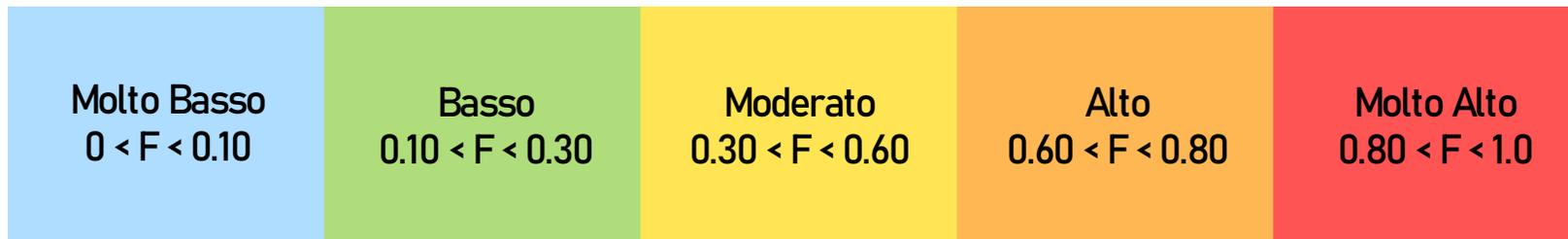
# Calcolo del Fattore Aggravante

Si calcola infine il fattore aggravante (**F**) attraverso la sommatoria dei **valori degli indicatori** ( $F_{\text{Indicatore sociale } i}$ ) moltiplicati per il proprio **peso** ( $w_i$ ). Il peso è ricavato attraverso il processo di gerarchia analitica (AHP) (T. Saaty, 1980).

$$F = \sum_i^n w_i * F_{\text{Indicatore sociale } i}$$

F è compreso tra 0 e 1. I suoi valori numerici possono essere divisi in **soglie di aggravamento** (Fig. 2).

Fig. 2



Il metodo permette l'uso di un numero di indicatori ( $n$ ) tra 6 e 13. Sono proposti due scenari d'uso:

- **Caso Generale:  $n = 13$**

Sono utilizzati quanti più dei 13 indicatori.

- **Caso Semplificato:  $n = 6$**

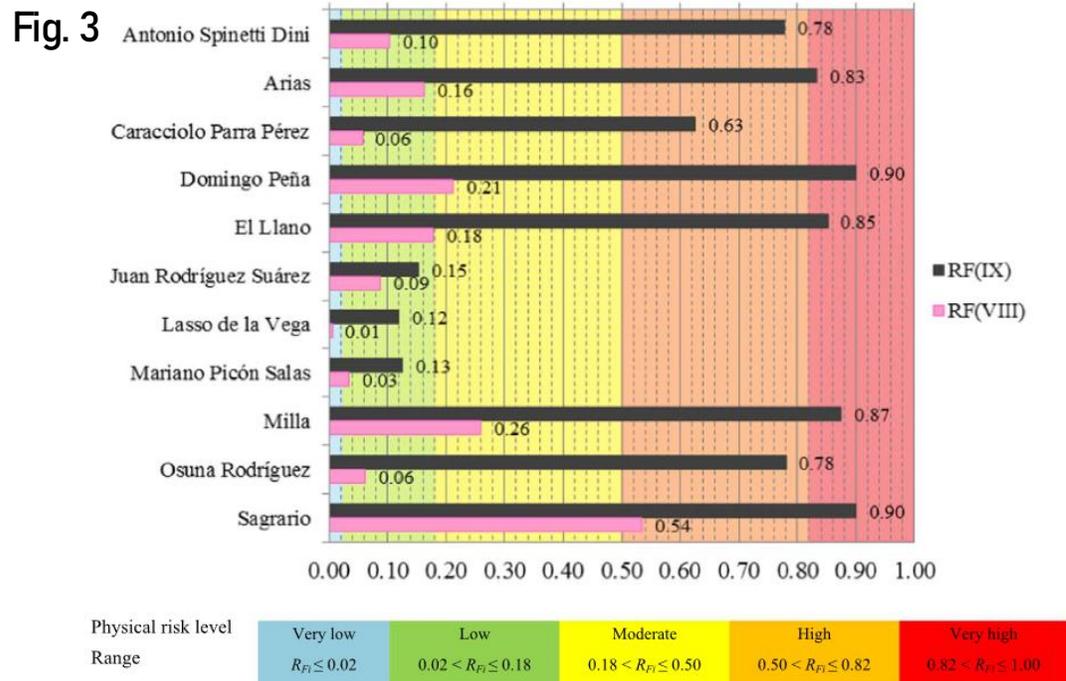
Sono utilizzati solo 6 degli indicatori.

# Applicazione: Merida, Venezuela

Merida è situata nel comune di Liberador ed è divisa in 12 parrocchie civili. La città si trova su una zona altamente sismica, sopra la faglia di Boconó, nelle Ande Venezuelane.

## Merida: Rischio Fisico

Il calcolo del rischio fisico ( $R_f$ ) considera due eventi di intensità VIII e IX (Fig. 3), usando la scala EMS-98 (G. Grünthal, 1998). Vengono stimati i danni a diversi aspetti della città:



### Danni Strutturali

- Stimare vulnerabilità strutturale degli edifici
- Dividere città in microzone con edifici di simile vulnerabilità

### Vittime

- Stimare le vittime i morti
- Stimare i feriti
- Stimare gli sfollati

### Linee Vita

- Stimare i danni alle condutture idriche
- Stimare danni alle principali vie di trasporto

# Merida: Fattori Sociali

Per la città di Merida sono stati ricavati 11 dei 13 indicatori sociali, ottenuti da esperti locali ed enti pubblici. Vengono applicati due casi di calcolo di **F** a ogni parrocchia civile (Fig. 4).

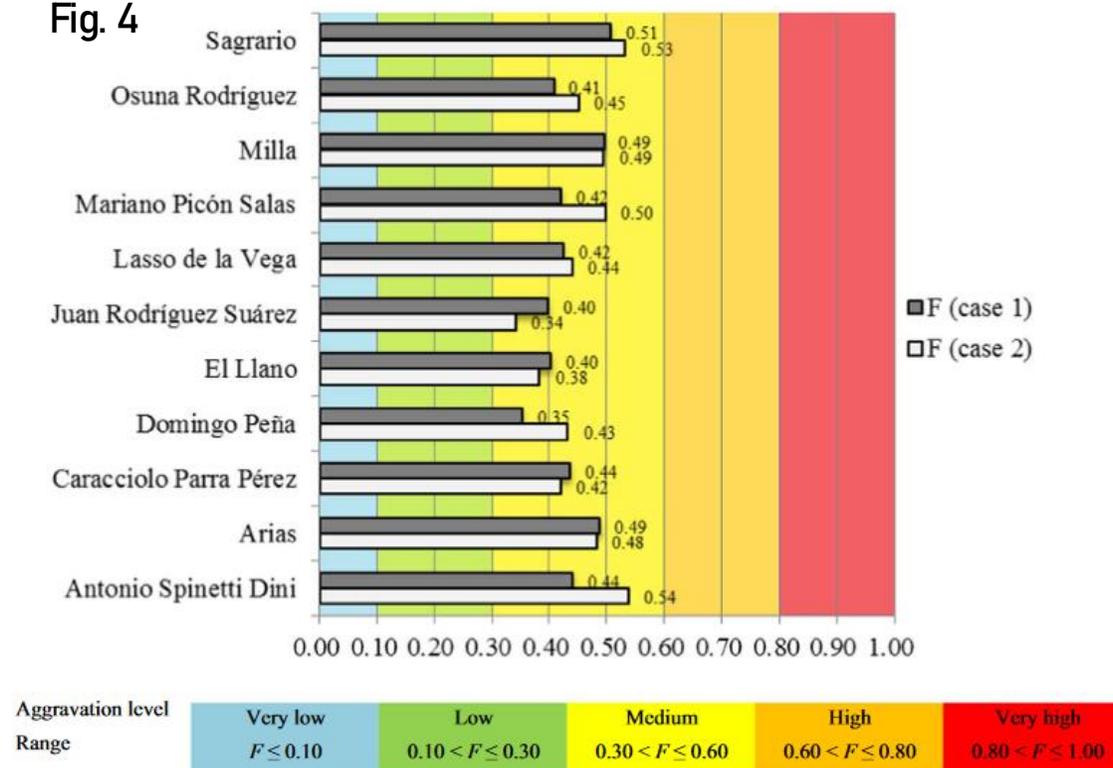
## Caso 1

- Metodo di calcolo Generale
- $n = 11$
- Tutti i valori di **F** ricadono nell'intervallo di aggravamento **Medio** ( $0.30 < F < 0.60$ )

## Caso 2

- Metodo di calcolo Semplificato
- $n = 6$
- Tutti i valori di **F** ricadono nell'intervallo di aggravamento **Medio** ( $0.30 < F < 0.60$ )

Fig. 4



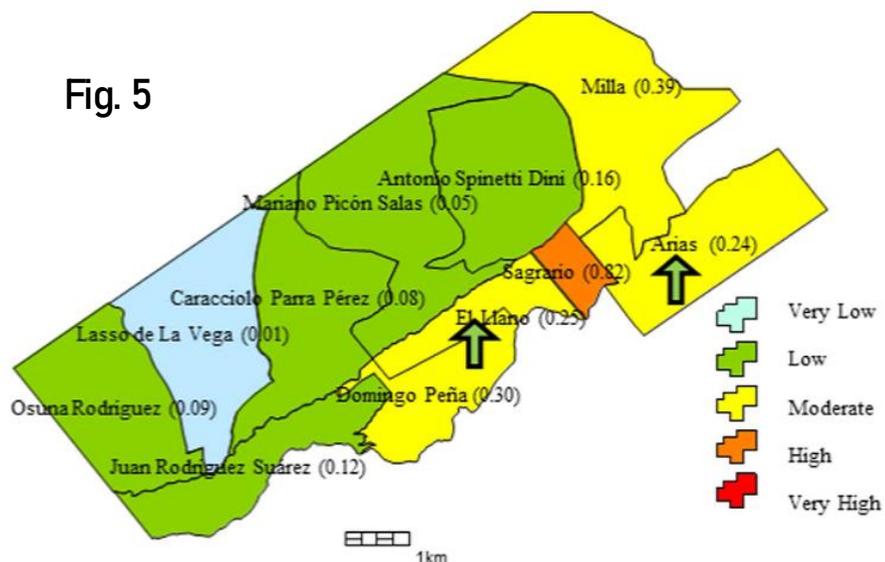
In entrambi i casi, i valori di aggravamento rimangono **simili**.

# Merida: Rischio Totale

Il valore di di Rischio Totale ( $R_t$ ) rilevato è notevolmente più elevato di quello fisico ( $R_f$ ) a causa dei fattori aggravanti ( $F$ ) di **Moderata** intensità.

Intensità VIII (Fig. 5)

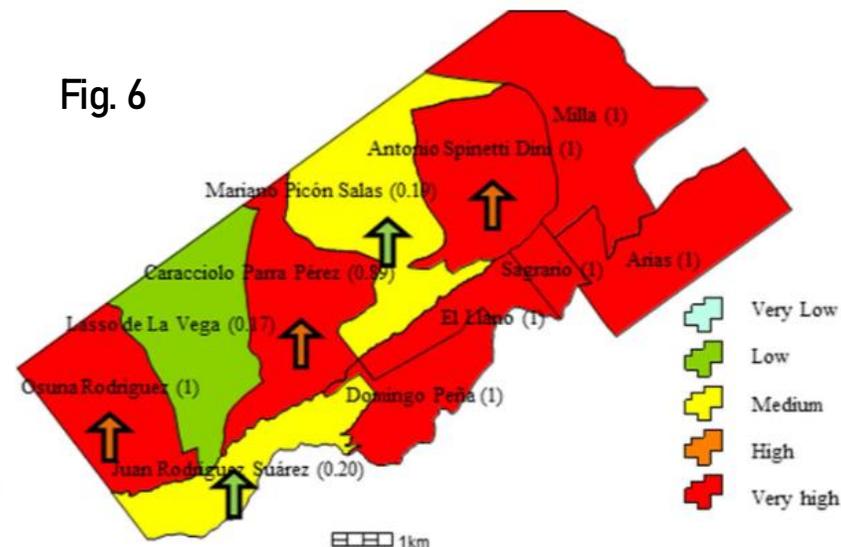
- Incremento da rischio **Basso** a **Moderato** rispetto a  $R_f$  in due parrocchie civili
- Invariato per le altre



Intensità IX (Fig. 6)

- Incremento da rischio **Basso** a **Moderato** rispetto a  $R_f$  in due parrocchie civili
- Incremento da rischio **Alto** a **Molto Alto** rispetto a  $R_f$  in tre parrocchie civili
- Rimane invariato per le altre

Fig. 6



# Applicazione: Barcellona, Spagna

Barcellona è la capitale politica ed economica della regione della Catalogna. La città è divisa in 10 distretti ed è densamente popolata. È situata su una zona di attività sismica medio/bassa.

## Barcellona: Rischio Fisico

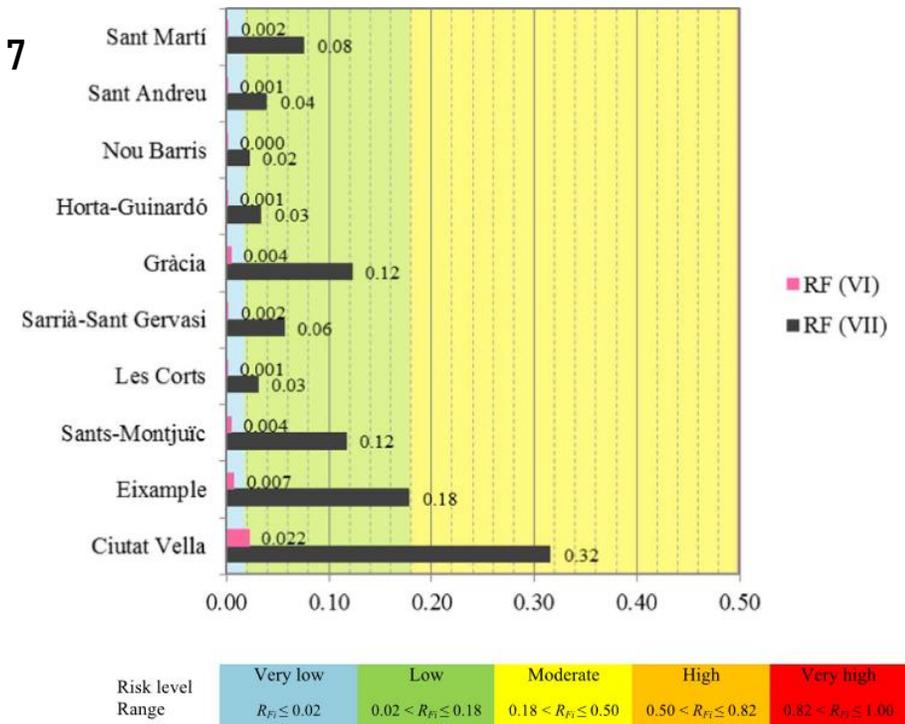
Il calcolo del rischio fisico ( $R_f$ ) considera due eventi di intensità VI e VII (Fig. 7). I dati sono stati ricavati da rapporti tecnici municipali della città.

## Barcellona: Fattori Sociali

Per la città di Barcellona sono stati individuati 6 indicatori sociali, ottenuti da esperti locali ed enti pubblici.

È stato applicato un solo caso di calcolo Semplificato di  $F$  a ogni distretto.

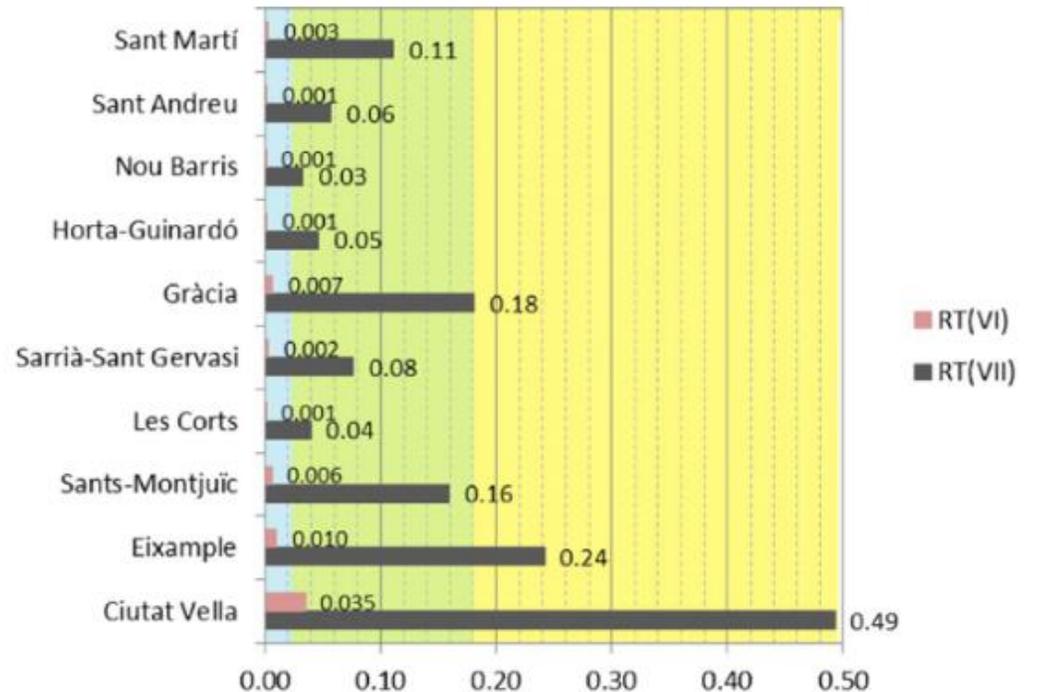
Fig. 7



# Barcelona: Rischio Totale

Il valore di Rischio Totale ( $R_t$ ) rilevato è lievemente più elevato di quello fisico ( $R_f$ ), nonostante i fattori aggravanti ( $F$ ) di **Moderata** intensità.

Fig. 8



## Intensità VI (Fig. 8)

- Nessun incremento di rischio rispetto a  $R_f$

## Intensità VII (Fig. 8)

- Incremento da rischio **Basso** a **Moderato** rispetto a  $R_f$  in due distretti
- Rimane invariato per le altre

Total risk level	Very low	Low	Moderate	High	Very high
Range	$R_f \leq 0.02$	$0.02 < R_f \leq 0.18$	$0.18 < R_f \leq 0.50$	$0.50 < R_f \leq 0.82$	$0.82 < R_f \leq 1.00$

# Conclusioni

La metodologia in esame propone un approccio semplice, ripetibile e flessibile che permette di considerare l'impatto di fattori sociali nella determinazione del rischio sismico. Ciò è stato chiaro nella determinazione del rischio totale ( $R_t$ ) per due città profondamente diverse: Merida (Tab. 3) e Barcellona (Tab. 4).

Nonostante i valori medi di  $F$  simili (livello **Moderato**), l'effetto sul valore  $R_t$  per gli scenari di maggiore intensità (IX per Merida, VII per Barcellona) è **notevolmente diverso**:

A **Barcellona**, la maggior parte dei distretti (8 su 10) mostrano lo **stesso livello di rischio** di quello identificato dal proprio valore di  $R_f$ , mostrando un **impatto lieve** di  $F$ .

Barcellona, Spagna	
$R_f$ Medio (Int. VI)	Livello <b>Molto Basso</b>
$R_f$ Medio (Int. VII)	Livello <b>Molto Basso</b>
$F$ Medio	Livello <b>Moderato</b>
$R_t$ Medio (Int. VI)	Livello <b>Molto Basso</b>
$R_t$ Medio (Int. VII)	Livello <b>Basso</b>

A **Merida** molte parrocchie civili (5 su 11) hanno visto un **incremento del livello di rischio** di un intervallo rispetto al proprio  $R_f$ , mostrando un **impatto pronunciato** di  $F$ .

Merida, Venezuela	
$R_f$ Medio (Int. VIII)	Livello <b>Basso</b>
$R_f$ Medio (Int. IX)	Livello <b>Alto</b>
$F$ Medio	Livello <b>Moderato</b>
$R_t$ Medio (Int. VIII)	Livello <b>Moderato</b>
$R_t$ Medio (Int. IX)	Livello <b>Molto Alto</b>

# Riferimenti

- N. Jaramillo, M.L. Carreño, N. Lantada, Evaluation of social context integrated into the study of seismic risk for urban areas, *International Journal of Disaster Risk Reduction* 17 (2016) 185-198 (grafici ed immagini)
- N. Jaramillo, Evaluación holística del riesgo sísmico en zonas urbanas y estrategias para su mitigación. Aplicación a la ciudad de Merida-Venezuela (Tesis Doctoral), Universidad Politécnica De Cataluña, Barcelona, 2014.
- M.L. Carreño, O.D. Cardona, A.H. Barbat, A disaster risk management performance index, *Nat. Hazards* 41 (1) (2007) 1-20.
- T. Saaty, *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York, 1980.
- G. Grünthal, *European Macroseismic Scale 1998*, Centre Européen de Géodynamique et Séismologie, Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, Luxemburg, 1998.