

Elaborazione di indicatori sintetici di rischio del patrimonio scolastico pugliese

Silvana Milella, Luigi Guastamacchia

Politecnico di Bari, Dipartimento ICAR, Via Orabona 4, I-70100 Bari, Tel. 0805963826, Fax 0805963881,
silvana.milella@poliba.it, lugu@tiscali.it

Riassunto

Il presente contributo¹ espone i risultati di uno studio preliminare (SPREPAS) finalizzato alla valutazione del livello di rischio del patrimonio scolastico pugliese nell'ambito della Convenzione stipulata tra la Regione Puglia - Assessorato Sud e Diritto allo Studio e il Dipartimento ICAR del Politecnico di Bari.² Attraverso l'analisi dei dati e l'estrapolazione di indicatori sintetici di rischio, è stata fornita una lista di priorità per individuare gli edifici scolastici e le aree regionali con il livello di maggiore rischio. Metodologicamente la relazione che intercorre tra gli indicatori sintetici di rischio e la localizzazione delle aree di maggiore criticità e rischio, è stata elaborata in ambiente GIS, utilizzando complessi metodi di analisi spaziale. I risultati raggiunti sono stati quindi analizzati da *expertise* del gruppo di lavoro con il compito di territorializzare il fenomeno indagato, al fine di far emergere geografie utili a definire un piano di lavoro per la programmazione e la gestione economica/temporale delle problematiche connesse a situazioni di rischio negli edifici scolastici. L'obiettivo è quello di fornire agli attori istituzionali (Regione, Province) delle prime indicazioni di massima sull'eventualità e sulla tempistica delle operazioni necessarie per sottoporre gli edifici, maggiormente esposti a situazioni di rischio, a valutazioni di sicurezza più approfondite.

Abstract

This paper shows the findings of a preliminary study (SPREPAS) aimed at evaluating the risk level of Apulia School assets, under the Convention between *Regione Puglia - Assessorato Sud e Diritto allo Studio* and *Dipartimento ICAR del Politecnico di Bari*.

Through the analysis of data and the extrapolation of synthetic risk indicators, we provided a priority list for identifying school buildings and regional areas with the higher risk level.

Methodologically, the relationship between synthetic risk indicators and localization of the most critical and risk areas was developed in a GIS environment using complex spatial analysis methods.

Then the expertise of the working group analyzed the achievements with the task of territorialising the investigated phenomenon, in order to bring out geographies useful to define a work scheme for planning and economic/time management of the issues related to risk situations in school buildings.

The purpose is to provide the institutional stakeholders (Region, Provinces) of the early guidelines concerning whether and timing of operations required to subject to more detailed safety assessments the buildings most exposed to risk situations.

¹ Il presente *paper* è frutto di una riflessione collettiva degli autori, tuttavia è attribuibile a S. Milella la stesura del § 1, 3 e a L. Guastamacchia la stesura del § 2, 4, e congiuntamente a tutti gli autori l'*abstract* e il § 5. L'elaborazione dei dati in ambiente GIS è stata coordinata da S. Milella, l'elaborazione delle mappe e lettura dei dati da L. Guastamacchia.

² Il report finale dello studio, a cui fa riferimento il presente contributo, è stato pubblicato su "Il progetto Aristoteles Un'analisi tecnico-economica sulle strutture scolastiche in Puglia" Coordinatore scientifico Prof. M. Mezzina.

1-Introduzione

Il MIUR con la collaborazione degli enti locali realizza e cura l'aggiornamento, nell'ambito del proprio sistema informativo, di un'anagrafe nazionale dell'edilizia scolastica, con l'obiettivo di monitorare la consistenza e la funzionalità del patrimonio edilizio scolastico nazionale.

Il progetto "ARISTOTELES" attraverso dati messi a disposizione dall'Anagrafe dell'Edilizia Scolastica, ha come finalità, la valutazione del livello di rischio del patrimonio edilizio scolastico della Regione Puglia, in relazione a fattori quali, il degrado, la vetustà, la tipologia, lo stato di manutenzione, il livello di pericolosità sismica, nonché la predisposizione di uno strumento di supporto alla relativa programmazione e gestione economico temporale.

Considerata la complessità del problema, la vastità del patrimonio edilizio scolastico, le limitate risorse temporali/economiche disponibili, la numerosità e la diversità degli elementi coinvolti nell'analisi, è opportuno che le procedure di valutazione del rischio prevedano una successione di livelli di approfondimento, per calibrare le risorse economiche disponibili.

Il progetto "ARISTOTELES" nel primo livello di questa valutazione, attraverso una procedura speditiva basata sui dati poveri della Regione, ha effettuato uno *screening* generale del patrimonio analizzato, ricavando quindi delle prime indicazioni di massima sull'eventualità e sulla tempistica delle operazioni necessarie, per sottoporre gli edifici a successive valutazioni approfondite. L'analisi dei dati e la relativa estrapolazione di indicatori sintetici ha consentito di fornire una lista di priorità per individuare gli edifici scolastici caratterizzati da particolari situazioni di criticità.

Su questi edifici, si potranno indirizzare le analisi per il successivo livello di valutazioni e quindi la definizione degli interventi finalizzati ad adeguare il livello di sicurezza alle attuali norme tecniche.

L'analisi preliminare svolta è stata completata con la determinazione di massima dei costi necessari all'adeguamento degli edifici analizzati, orientando quindi la ripartizione tra province/comuni delle risorse economiche regionali per l'adeguamento dell'edilizia scolastica.

2 - Le strutture scolastiche in Puglia, situazioni e problemi

In un sistema scolastico il raggiungimento degli obiettivi pianificati dipende non solo dalla qualità e dall'efficacia della didattica, ma anche dall'efficienza delle infrastrutture scolastiche utilizzate. Tale efficienza è determinata da una varietà di parametri, non sempre interconnessi, come ad esempio la sicurezza degli utenti, la fruibilità delle aule e delle altre infrastrutture, e la rispondenza delle dotazioni edilizie agli standard normativi di vario genere.

Esiste una oggettiva difficoltà nella gestione del patrimonio edilizio esistente (spesso molto datato) rispetto a quello di recente realizzazione o di nuova progettazione. Non di rado vi sono strutture, progettate e realizzate con riferimenti normativi decaduti (sostituiti da nuove norme in genere più restrittive), che risultano essere ubicate in aree ormai inadatte, urbanisticamente, funzionalmente e demograficamente. Esistono, inoltre contesti in cui le attività scolastiche si svolgono in edifici "adattati" allo scopo, poiché progettati per altri usi e attività.

Accanto a questi fattori occorre considerare il problema della sismica delle strutture scolastiche, divenuto di primaria importanza, anche in seguito alle tragiche conseguenze dei passati eventi sismici, che hanno coinvolto edifici scolastici, tra cui il tragico crollo della scuola di San Giuliano a seguito del terremoto in Molise nel 2002. Tali eventi hanno dato un forte impulso alla rielaborazione della Normativa Tecnica in materia, ponendo particolare attenzione alle valutazioni di sicurezza del patrimonio edilizio esistente.

La Regione Puglia ha quindi inteso avviare uno studio multidisciplinare per organizzare sistematicamente su scala regionale la mappatura, catalogazione e valutazione preliminare del reale stato del patrimonio edilizio scolastico. La gestione dei dati avviene all'interno di un sistema informativo territoriale, in modo da poter ottimizzare l'archiviazione, l'elaborazione, e la visualizzazione dei dati e dei risultati.

Lo studio ha interessato gli edifici scolastici delle 5 province, presenti nel catalogo dell'anagrafe della Regione Puglia ed integrato dagli approfondimenti effettuati dal progetto.

Preliminarmente il *database* e le schede, estratte dall'anagrafe dell'edilizia scolastica, sono stati analizzati ed elaborati per ricavare informazioni utili al progetto. Contemporaneamente è stata anche valutata la completezza ed attendibilità dei dati forniti della Regione da cui è emersa la mancanza di informazioni per alcune scuole, e in alcuni casi, l'incompletezza delle informazioni contenute nelle stesse schede. Sulla base di questa ricognizione su un totale di 3.009 edifici scolastici presenti nominalmente nell'anagrafe, è stato possibile analizzare e valutare 2.553 edifici ripartiti nelle diverse provincie. Nel dettaglio nella prov. di Bari sono stati analizzati 802 edifici, in quella di Foggia 468, in quella di Brindisi 286, in quella di Lecce 675 e infine in quella di Taranto 322.

3- Le fasi del progetto

Di seguito sono riassunte le diverse fasi del progetto:

3.1 - I FASE: Localizzazione di tutte le strutture scolastiche pugliesi (realizzazione di Sistema Informativo Territoriale - SIT)

La fase propedeutica alle analisi svolte ha comportato l'estrazione ed elaborazione dei dati, a partire dalla localizzazione delle le strutture scolastiche pugliesi presenti nel SIT.

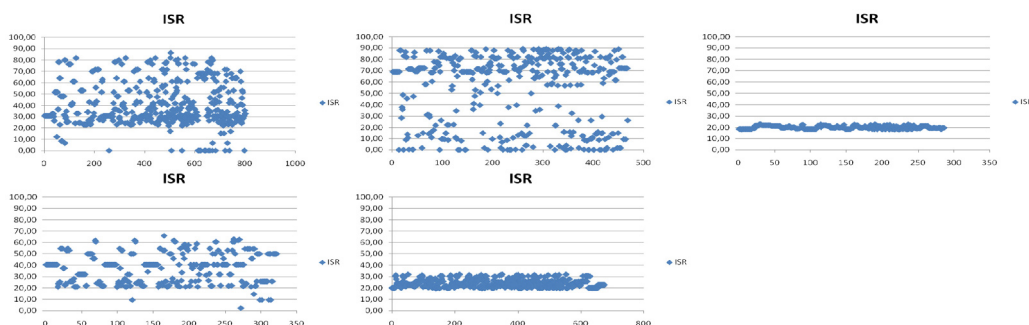
- Localizzazione delle strutture (764 scuole su 1.972) sulla base dei dati catastali relativi alle scuole dell'infanzia, primaria, secondaria di primo grado e secondaria di secondo grado suddivise per comuni (fonte: Anagrafe edilizia scolastica; Richiesta diretta agli uffici comunali);
- Localizzazione delle strutture sulla base degli indirizzi (fonte: Anagrafe edilizia scolastica);
- Confronto e controllo incrociato con i dati ufficiali del Ministero (fonte: www.puglia.istruzione.it);
- Creazione di tabelle di relazione tra i dati relativi agli edifici (indirizzo, Comune, ecc.) e i dati relativi alle istituzioni scolastiche (nome della scuola, tipologia di scuola, ecc.);
- Associazione del codice edificio e del codice istituzione (in ciascuna struttura scolastica possono coesistere più istituzioni scolastiche e ciascuna istituzione scolastica può essere ripartita su più strutture scolastiche).

3.2 - II FASE: Definizione dell'indice di Seismic Rating ISR

Le valutazioni delle condizioni di criticità attraverso i dati poveri, si limitano a determinare un indice che esprime sinteticamente la condizione media dell'edificio. L'indice proposto in questa fase (ISR) è valutato sul singolo edificio, basandosi su semplici indagini storiche correlate all'evoluzione normativa in tema di protezione sismica.

E' possibile definire il valore dell'indice di rischio sismico (ISR) una volta conosciuto l'anno di costruzione dell'edificio, e quindi la normativa vigente all'epoca, il fattore di struttura (muratura o cemento armato), l'accelerazione di picco media attesa sul Comune, il fattore di amplificazione medio sul Comune, l'accelerazione di picco massima regionale.

Di seguito si riportano i grafici, suddivisi per provincia, dei risultati ottenuti da queste valutazioni.

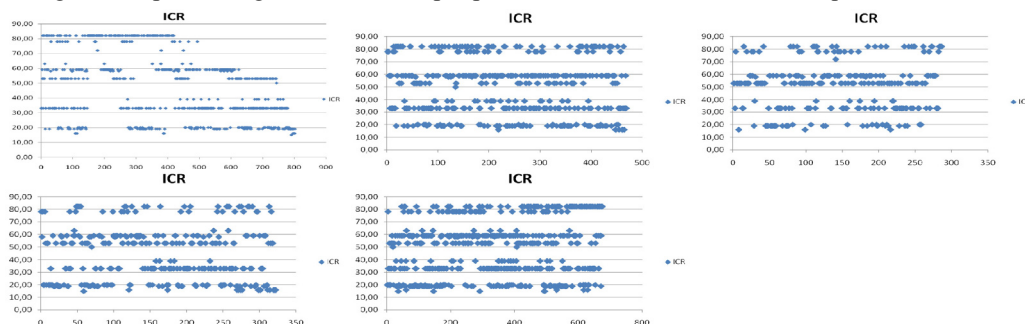


Indice di seismic rating (ISR) per gli edifici scolastici della provincia di Bari, Foggia, Brindisi, Taranto e Lecce.

L'indice assume valore nullo per quegli edifici i cui dati, necessari per la valutazione, non erano disponibili. I valori dell'indice di *Seismic Rating* per le province di Brindisi, Lecce e Taranto sono nettamente inferiori rispetto ai valori delle altre province analizzate in virtù della bassa sismicità del territorio oggetto d'indagine.

3.3 - III FASE: Definizione dell'indice di *Condition Rating* ICR

Il deficit capacitivo nei confronti dell'esercizio è sintetizzato da questo indice (ICR), parametro significativo della capacità residua di sostenere le azioni di esercizio, funzione delle caratteristiche costruttive dell'edificio. I dati di *input* per la valutazione di ICR sono l'anno di costruzione, la tipologia strutturale (muratura o cemento armato), l'ubicazione della scuola in comune rivierasco. Di seguito si riportano i grafici, suddivisi per provincia, dei risultati ottenuti da queste valutazioni.



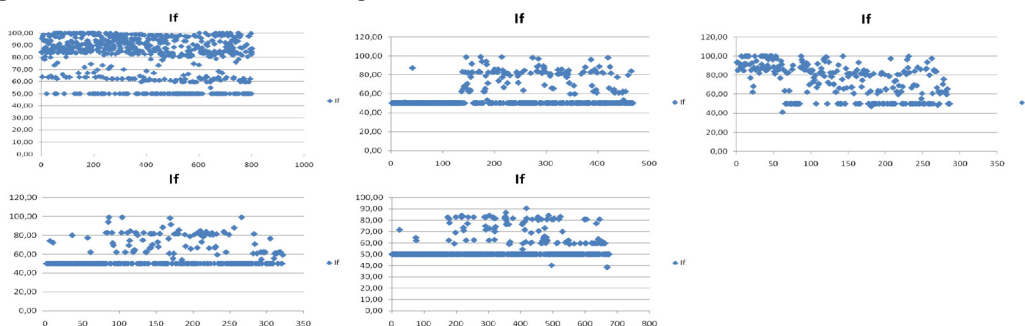
Indice di *Condition Rating* (ICR) degli edifici scolastici della provincia di Bari, Foggia, Brindisi, Taranto e Lecce.

3.4 - IV FASE: Definizione dell'indice di *Funzionalità* IF

L'indice di funzionalità (IF) è un indicatore circa l'importanza della scuola nella comunità servita. Esso viene valutato sulla base dei diversi fattori che concorrono, con il loro peso, a definire il livello di criticità correlato all'esposizione del manufatto. In particolare si definiscono:

- F1 - tipo di scuola. Tale parametro è legato alla capacità di risorse in relazione ad una situazione di emergenza. Esso cambia al variare delle fasce d'età degli alunni e viene assunto in funzione della tipologia di scuola;
- F2 - numero di alunni insediati. Tale parametro tiene conto dell'entità della popolazione scolastica attualmente insediata nell'edificio scolastico;
- F3 - numero di alunni insediabili. Tale parametro tiene conto dell'offerta di alunni, valutata in relazione alla capacità delle classi;
- F4 - offerta di alunni rispetto alla domanda di alunni. Tale parametro tiene conto del rapporto tra la domanda di popolazione scolastica e l'offerta di popolazione scolastica.

A ciascun fattore viene poi associato un peso. Di seguito si riportano i grafici, suddivisi per provincia, dei risultati ottenuti da queste valutazioni.



Indice di *Funzionalità* (IF) degli edifici scolastici della provincia di Bari, Foggia, Brindisi, Taranto e Lecce.

Poiché per un numero elevato di edifici scolastici, in particolare per la scuola dell'infanzia, i dati necessari per la valutazione di questo indice non disponibili, si è assunto come valore indicativo il valore medio (50). Ciò per evitare che venisse annullato completamente l'indice di funzionalità (IF) nella valutazione dell'indice complessivo di criticità (ICR).

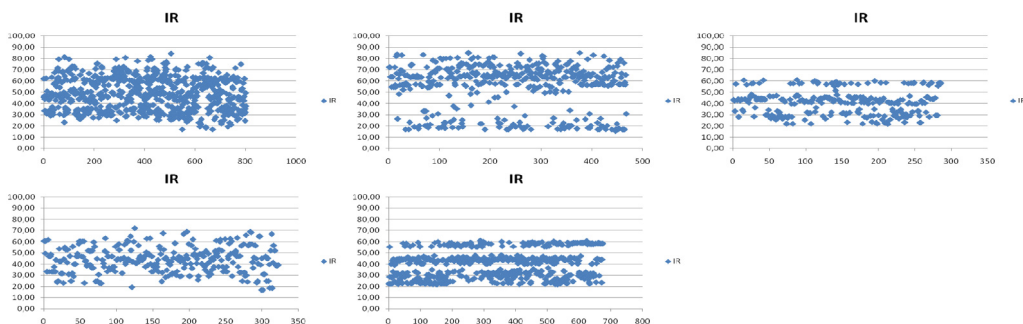
3.5 - V FASE: Definizione dell'indice di Criticità IR

La valutazione delle situazioni di criticità degli edifici scolastici viene effettuata introducendo un indice di criticità (IR), la cui determinazione può essere effettuata in relazione sia a *deficit* capacitivi che a *deficit* relativi alla condizione attuale di esercizio dell'edificio. La quantificazione del *deficit* capacitivo sismico è affidata all'indice di *Seismic Rating* (ISR), rappresentativo degli elementi di criticità connessi all'opera e alla pericolosità del sito in cui l'opera è localizzata. Il *deficit* capacitivo nei confronti dell'esercizio è invece sintetizzato dall'indice di *Condition Rating* (ICR), parametro significativo della capacità residua di sostenere le azioni di esercizio, funzione delle caratteristiche costruttive dell'edificio. L'importanza del manufatto è individuata tramite l'indice di Funzionalità (IF) che tiene conto anche dell'esposizione dell'edificio. Ciascuno di questi indici viene pesato attraverso un coefficiente che tiene conto dell'importanza dei diversi fattori.

A seconda del grado di criticità gli edifici sono stati suddivisi in 4 fasce:

- $0 < IR < 30$ edifici a basso livello di criticità;
- $30 < IR < 60$ edifici a medio livello di criticità;
- $60 < IR < 90$ edifici ad alto livello di criticità;
- $90 < IR < 100$ edifici a livello di criticità molto alto;

Di seguito si riportano i grafici, suddivisi per provincia, dei risultati ottenuti da queste valutazioni.



Indice di Criticità (IR) complessivo degli edifici scolastici della provincia di Bari, Foggia, Brindisi, Taranto e Lecce.

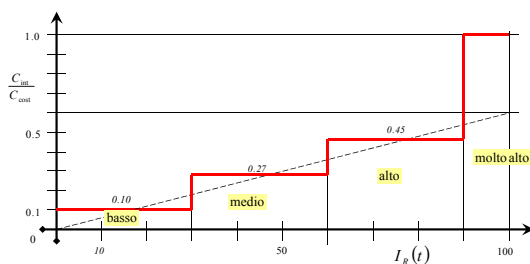
Si può osservare che la totalità degli edifici analizzati, nel caso degli edifici di Bari si trova nella fascia di criticità media o alta e nessun edificio si trova invece nella fascia molto alta. In provincia di Foggia il valore dell'indice di criticità complessivo è maggiore rispetto a quello valutato per la provincia di Bari. Ciò è da relazionarsi alla più elevata sismicità del territorio foggiano. Per la provincia di Brindisi invece tale valore è mediamente inferiore rispetto a quello valutato per le province precedenti, considerata la più bassa sismicità del suo territorio. E' da considerare infatti che, anche se l'indice complessivo di criticità tiene conto di tutte e tre le componenti in campo, la componente legata alla sismicità del territorio assume un ruolo importante ai fini della valutazione finale in quanto le è stato assegnato un peso pari a 0,4. Per gli edifici scolastici delle province di Taranto e Lecce il valore dell'indice di criticità complessivo è mediamente compreso tra i valori della province di Bari e Foggia e i valori relativi alla provincia di Brindisi

La determinazione di IR consente di ottenere mappe e liste di priorità sulla base di valutazioni di massima, in grado di fornire un quadro generale della condizione degli edifici scolastici in relazione a situazioni caratterizzate da particolari criticità a fronte di elementi quali come lo stato di consistenza dell'immobile, la tipologia, la vetustà, la manutenzione, l'insistenza in zona sismica.

Questo indice consente all'Ente gestore dell'edificio scolastico la possibilità di effettuare le necessarie considerazioni in merito alla mitigazione della vulnerabilità del patrimonio edilizio scolastico. La determinazione di IR inoltre, consente una valutazione di massima del costo complessivo degli interventi necessari per adeguare il livello di sicurezza degli edifici ai requisiti delle attuali Norme Tecniche.

4 - Valutazione del costo complessivo degli interventi

La fase finale delle attività svolte ha riguardato la determinazione di larga massima dei costi necessari all'adeguamento dei diversi edifici analizzati, in modo che l'ente gestore potrà ripartire in maniera più ponderata le risorse economiche regionali destinate all'adeguamento dell'edilizia scolastica. La stima dei costi d'intervento sulle scuole non è di facile definizione a causa della mancanza di dati di dettaglio relativi ai singoli edifici. E' stato messo a punto un modello di costo che esprime il costo dell'intervento C_{int} (costo dell'interventi strutturale e del costo di ripristino della parti non strutturali, impianti compresi) rapportato al costo di ricostruzione C_{cost} , come una funzione dell'indice di criticità complessivo.



Come risulta del grafico il modello prevede un valore minimo di costo legato alla necessità di prevedere comunque interventi minimi anche se l'indice di criticità è molto basso. Il costo di tali interventi minimi sono valutati pari al 10% del costo di costruzione.

Al contrario se il valore dell'indice di criticità supera il valore prefissato si assume non conveniente adeguare l'edificio in quanto oltre ad alcune riserve sull'esito a lungo termine dell'intervento, il costo richiesto risulterebbe troppo vicino a quello di ricostruzione.

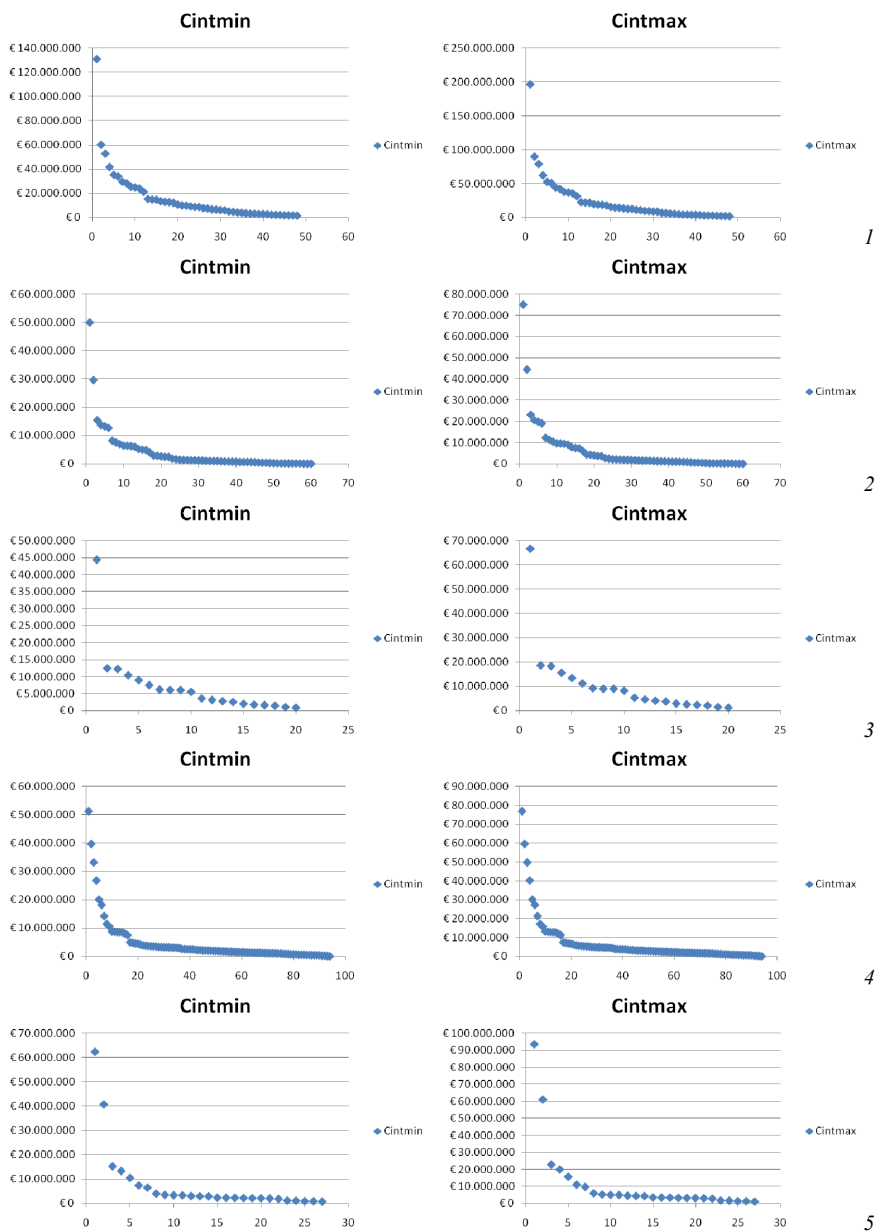
La legge assume la seguente forma:

- $C_{int}/C_{cost}=0.10$ se $IR < 30$
- $C_{int}/C_{cost}=0.27$ se $30 < IR < 60$
- $C_{int}/C_{cost}=0.45$ se $60 < IR < 90$
- $C_{int}/C_{cost}=1.0$ se $IR > 90$

La definizione del costo dell'intervento è completata dalla valutazione del costo di ricostruzione, il cui valore è funzione della dimensione dell'edificio, valutata in termini di superficie calpestabile.

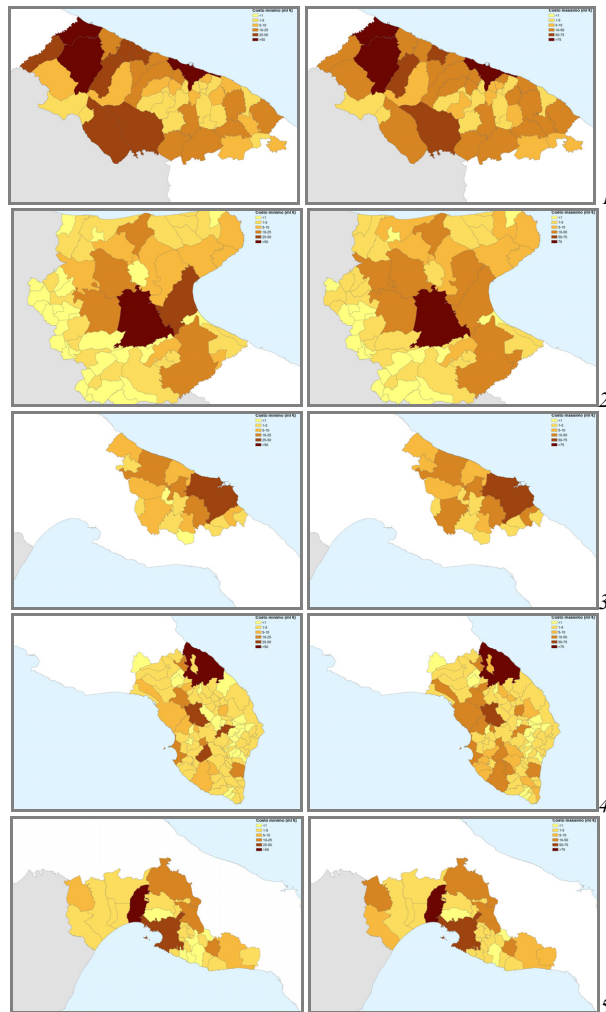
Il costo di costruzione dipende da una serie di fattori. Una valutazione di massima è stata ottenuta dai dati disponibili in numerosi prezziari ufficiali. Ma attraverso i dati attualmente a disposizione ed introducendo ulteriori fattori di incertezza, è possibile soltanto individuare una fascia entro la quale il costo di costruzione può variare. Si è valutato come valore minimo 800 €/mq e come valore massimo 1.200 €/mq.

Il costo complessivo dell'intervento si ottiene considerando il valore del costo di costruzione. Poiché questo è stato definito in una fascia di variazione tra un valore massimo e uno minimo, si perviene ad una valutazione del costo complessivo compresa anch'essa in una fascia delimitata da un valore minimo ed un valore massimo.



C_{int_min} (in Euro) per comune e C_{int_max} (in Euro) per comune, valutati su tutti gli edifici della Prov. di BA (1), FG,(2) BR (3), LE(4) e TA (5).

Le immagini che seguono riportano i costi di intervento minimi e massimi complessivi. Considerato l'elevato livello di approssimazione dei risultati relativi ad ogni singolo edificio, è stato riportato in mappa il dato dei costi valutato sull'intero comune, poiché esso può essere utilizzato nelle operazioni necessarie alla pianificazione delle ripartizioni delle risorse economiche tra i diversi comuni, sulla base di criteri oggettivi.



C_{int_min} complessivo e C_{int_max} complessivo, valutati sui comuni della Prov. di BA(1), FG,(2) BR (3), LE(4) e TA (5).

5 - Conclusioni

I risultati ottenuti da questo modello sono stati letti sia aggregati per comune, sia per ogni edificio. Naturalmente per quanto concerne il dato riferito ai comuni, il costo maggiore ricade nei comuni con una maggiore concentrazione di edifici scolastici (capoluoghi di provincia), mentre per quanto concerne le singole scuole i costi maggiori si riferiscono agli edifici con superficie molto estesa e caratterizzati da una più elevata criticità.

Riferimenti bibliografici

- Mezzina M. et al.(2008) "Rischio, hazard e vulnerabilità;in Sicurezza e conservazione delle prime costruzioni in calcestruzzo armato", DeAgostini scuola.
- Milella S., Guastamacchia L., Pellegrini A.,"Il GIS come strumento di gestione dell'istruzione pubblica. Il caso della Regione Puglia", in: *Atti della XIII Conferenza Italiana Utenti Esri*, Roma, 18 aprile 2012.