

# Verso un protocollo integrato del rilievo del danno sismico:

Analisi critico-comparativa sui teatri storici emiliani danneggiati dal sisma 2012

Developing an integrated protocol for seismic damage survey:

Critical-comparative analysis of the historical theatres of Emilia Romagna damaged by the 2012 earthquake

Martina Suppa

Documentare e analizzare il patrimonio culturale che ha subito danni causati da azioni naturali o antropiche, per garantirne una conservazione programmata, presuppone l'adozione di una metodologia integrata di indagine attraverso la quale è possibile classificare, interpretare e restituire i "significances", tangibili e intangibili, propri del patrimonio culturale.<sup>1</sup>

*To document and analyse the cultural heritage, which has affected by natural or anthropic actions, to guarantee its programmatic conservation, the adoption of an integrated survey methodology through which it is possible to classify, interpret and return the tangible and intangible "significances" of cultural heritage, is necessary.<sup>1</sup>*

Mapa dei 31 teatri danneggiati del cratere emiliano dal sisma del 2012. Dati estratti dal WebGIS del Patrimonio Culturale - Emilia-Romagna del Segretariato Regionale MIBACT

31 damaged Theatres of Emilia-Romagna. Data made available by the Regional Secretariat on the regional platform - WebGIS of Cultural Heritage - Emilia Romagna.



FOTO - archivio PATER\_IBC - Emilia Romagna

Partendo da questo presupposto, la ricerca di dottorato, condotta all'interno del 34° ciclo del programma IDAUP – International Doctorate in Architecture and Urban Planning – dell'Università di Ferrara e finanziata dal programma della Regione Emilia-Romagna «Three-year high skills plan for research, technology transfer and entrepreneurship» pursuant to Legislative Assembly and Representative Deliberation N. 38, 20/10/2015, ERDF ESF 2014/2020 thematic objective 10, ha come obiettivo la documentazione integrata dei Teatri storici dell'Emilia-Romagna colpiti dal sisma del 2012, al fine di elaborare un protocollo integrato di rilievo del danno sismico, specifico per la tipologia architettonica analizzata ma adattabile e declinabile ad altre tipologie del patrimonio culturale, per garantire la mitigazione e la gestione del rischio sismico sia in fase di emergenza che per una manutenzione programmata ordinaria. Attraverso il protocollo integrato si vuole operare, dapprima, una sistematizzazione dei dati e metadati (ovvero informazioni che descrivono un insieme di dati) raccolti nella fase di ricostruzione, gestita dall'Agenzia per la ricostruzione della Regione Emilia-Romagna, e successivamente una implementazione degli stessi all'interno di piattaforme per l'integrazione e l'interoperabilità dei dati digitali, come la piattaforma H-BIM sviluppata nell'ambito del progetto INCEPTION, finanziato dalla Commissione Europea e coordinato dal Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Ferrara.

I 25 teatri storici danneggiati dal sisma del 2012. Foto dell'archivio digitale PatER de ibc – Istituto per i beni artistici culturali e naturali – Regione Emilia Romagna

*The 25 historic theatres damaged by the 2012 earthquake. Photos from the digital archive PatER de ibc - Institute for artistic, cultural and natural heritage - Emilia Romagna Region*

## Introduzione

Una visione olistica e multidisciplinare, propria dell'approccio integrato, è stata la base per la costruzione dell'impianto metodologico della ricerca, perché capace di documentare e restituire gli specifici valori del patrimonio culturale e, nel caso specifico, dei teatri storici emiliani colpiti dal sisma nel maggio 2012 (fig.1). L'impianto metodologico integrato ha consentito di decodificare, interpretare e avere una prima restituzione delle peculiari caratteristiche grammaticali della tipologia "Teatro", dalla geometria ai valori metrico-dimensionali, alla morfologia, alle stratigrafie costruttive, materica e degli interventi di restauro effettuati nel corso del tempo, fino alle macro-unità strutturali che ne caratterizzano il comportamento sotto l'azione sismica. L'individuazione di tali fattori gioca un ruolo decisivo per l'identificazione della matrice di classificazione degli elementi caratteristici dello spazio architettonico analizzato, attraverso la quale è stato possibile avviare una analisi esaustiva del rilievo del danno sismico. Pertanto, l'applicazione del metodo integrato ha posto come primo gradino di conoscenza l'analisi comparativa dei dati derivanti dalle operazioni di ricostruzione post sisma: dalle schede MiBACT(A- DC chiese, B-DP palazzi), utilizzate in fase di emergenza per il rilievo speditivo del danno finalizzato all'individuazione dell'indice del danno e all'erogazione dei primi contributi economici per la messa in sicurezza dei beni danneggiati, alle analisi e agli elaborati tecnici, elaborati da equipe multidisciplinari di professionisti responsabili del progetto di restauro e conservazione. Attraverso l'approccio comparativo, nel confronto

tra le schede MiBACT e le indagini specialistiche dei professionisti, si sono evidenziate alcune criticità nelle attuali procedure del rilievo del danno sismico per la tipologia "Teatro" dovute alla soggettività del rilevatore, al carattere speditivo e all'adozione di una scheda adattata (la maggior parte dei Teatri è stata rilevata utilizzando il solo modello B-DP) ma non specifica per la tipologia architettonica in esame. A fronte di questo, la ricerca propone dapprima la sistematizzazione dei dati provenienti da tutte le operazioni post sisma (dalle schede del danno alle indagini specialistiche) per giungere a un protocollo integrato del danno sismico ottimizzato, allo scopo di fornire uno strumento efficace per la di valutazione della vulnerabilità sismica di un bene tutelato, che sia, da un lato, speditivo ma esaustivo di tutte le informazioni utili ad una coerente lettura del danno nella fase emergenziale e, dall'altro, analitico nel supportare le fasi successive finalizzate al progetto di conservazione. Ciò presuppone pertanto la digitalizzazione dei dati desunti e la sistematizzazione documentale all'interno di una piattaforma integrata e interoperabile all'interno della quale è possibile operare e implementare dati e metadati per una gestione integrata del rischio sismico per il patrimonio culturale regionale.

Starting from this premise, the Ph.D. research, conducted within the 34th cycle of the IDAUP – International Doctorate in Architecture and Urban Planning program of the University of Ferrara and funded by the Emilia-Romagna Region program "Three-year high skills plan for research, technology transfer and entrepreneurship" according to Legislative Assembly and Representative Resolution N. 38, 20/10/2015, ERDF ESF

2014/2020 thematic objective 10, has as its objective the integrated documentation of the historical theatres of Emilia-Romagna struck by the 2012 earthquake, to develop an integrated protocol of seismic damage survey specific for the architectural typology analysed but adaptable and declinable to the macro-scale of cultural heritage, to ensure the mitigation and management of seismic risk both during the emergency phase and

ordinary programmatic maintenance. Through the integrated protocol it is intended to operate, starting from a systematization of data and metadata collected in the reconstruction phase, managed by the Agency for the reconstruction of the Emilia-Romagna Region, and then their implementation within platforms for the integration and interoperability of digital data, such as the H-BIM platform developed within the

INCEPTION project, funded by the European Commission and coordinated by the Department of Architecture of the University of Ferrara.

### Introduction

A holistic and multidisciplinary vision, in keeping with the integrated approach, was the basis for the construction of the methodological structure of the research, because it can document and represent the specific significances of the cultural assets and, in this

specific case, of the historical theatres in Emilia struck by the earthquake in May 2012 (fig.1). The integrated methodological layout allowed to decode, interpret and have a preliminary representation of the specific grammatical characteristics of the "Theatre" typology: the geometry, the metric-dimensional values, the morphology, the construction, material and restoration stratigraphies carried out over time and the structural macro-units that

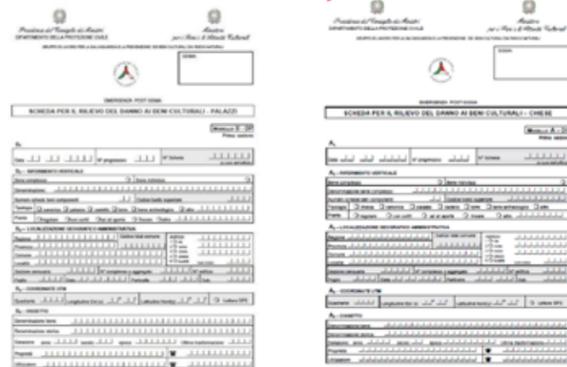
## Comparative critical analysis of damage Mibact forms

complete sample of damaged theatres: 31 damaged Theatres out of 105 in the region

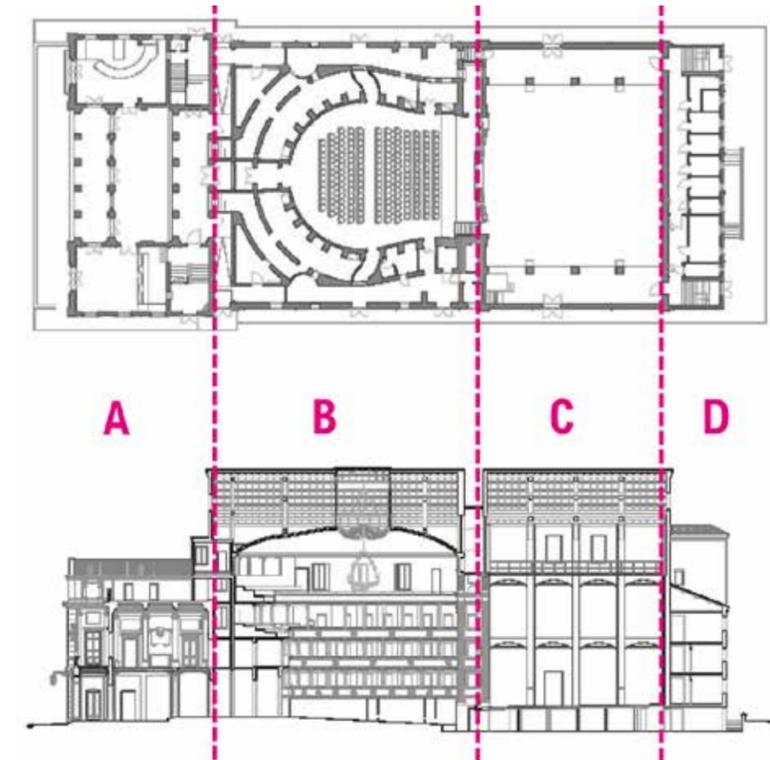


sample of 25 forms drawn up and available for consultation in the archive out of a total of 31 damaged theatres

25 Forms B-DP + 2 Forms A-DC



ID Teatro	modello B-DP	modello A-DC
Teatro Comunale - B		
Municipio e Teatro comunale Alice Zappalà - Pieve di Cento		
Complesso Parrocchiale di San Matteo della Collina - San Giovanni in Persiceto		
Teatro Comunale - Crevalcore		
Chiesa di San Nicola Vecchio - San Nicola Ferrarese-Angenta		
Teatro Comunale Borgatti - Cento		
Teatro Comunale - Ferrara		
Teatro Nuovo - Ferrara		
Teatro Comunale - Carpi		
Teatro Vallata - Vallata		
Teatro del Popolo di Concordia - Concordia sulla Secchia		
Teatro Sociale - Finale Emilia		
Teatro Lirico - Teatro Fiacchini - Modena		
Chiesa di San Leonardo Lincisino e pertinenze - Monticchio		
Teatro Nuovo - Mirandola		
Cinema Teatro Astoria - Mirandola		
Teatro Storchi - Modena		
Teatro Comunale Luciano Pavarotti - Modena		
Teatro Sociale - Novi di Modena		
Teatro Comunale - San Felice sul Panaro		
Teatro Comunale San Felice Anelli - Coroglio		
Teatro Borbone - Guastalla		
Teatro Comunale Ruggiero Ruggeri - Guastalla		
Teatro Gonzaghesco - Luzzara		
Rocca del Genesio - Novellara		
Teatro Comunale - Reggio		
Teatro Municipale Renzo Villa - Reggio Emilia		
La civiltà della Caserma Zanichè - Teatro Zavatini - Reggio Emilia		
Teatro Aristoteli - Reggio Emilia		
Teatro Comunale - Rio Saliceto		
Teatro Verbata - Rubiera		



Body A:  
forebody (entry and foyer)  
Body B:  
theatre hall  
Body C:  
stage  
Body D:  
dressing rooms and technical and service spaces

### L'analisi critico-comparativa

L'analisi critico-comparativa è stata applicata a un macro-campione di 31 teatri risultati danneggiati dal sisma 2012, per i quali sono state prese in esame le schede MIBACT del rilievo del danno sismico, primo strumento utile per individuare e quantificare il danno subito, le quali sono poi state confrontate con la metodologia integrata, applicata in fase di progettazione dai team di professionisti. In concerto con l'Ufficio Coordinamento degli interventi di ricostruzione post-sisma su immobili sottoposti a tutela dell'Agenzia per la ricostruzione della Regione Emilia-Romagna, sono state quindi

Macro campione dei 31 teatri danneggiati: analisi critico-comparativa delle schede del danno MIBACT.

Macro sample of damaged theatres: 31 damaged Theatres: Comparative critical analysis of damage Mibact forms

analizzate 25 schede corrispondenti ai teatri storici emiliani danneggiati (fig.2) e poi comparate alle analisi del danno condotte dai professionisti, mentre le restanti 6, relative a sale teatrali connesse a pertinenze parrocchiali, sono state tralasciate in quanto non identificabili con i caratteri intrinseci del teatro storico. Nell'ottica di identificare i criteri e gli standard secondo cui formulare il protocollo integrato di rilievo declinato sulla specifica tipologia architettonica, sono stati esaminati alcuni campi della scheda MIBACT. Va premesso che per quanto concerne il rilievo dei teatri, nella maggior parte dei casi è stato utilizzato il modello B delle schede MIBACT - modello B-PD: Palazzi -. Da ciò si rileva

Analisi critica comparativa: la semplificazione geometrica e volumetrica ha permesso una lettura dettagliata dei danni finalizzata alla gestione del sito, alle verifiche strutturali e allo sviluppo dell'impianto

Comparative critical analysis: geometric and volumetric simplification has allowed a detailed reading of the damage aimed at the management of the site, structural checks and plant development

che solo in due casi - Municipio e Teatro di Pieve di Cento e Teatro Comunale Ruggiero Ruggeri di Guastalla - la scheda B è stata integrata dal modello A - DC: chiese (fig.3). Questa premessa sottolinea come la sensibilità di alcuni funzionari abbia ritenuto opportuno integrare i due modelli schedografici a fronte di una coerente interpretazione morfologica e strutturale dello spazio architettonico, finalizzata al danno subito per effetto dell'evento sismico. Inoltre, dal confronto con le indagini integrate applicate dai professionisti responsabili del progetto di restauro e conservazione dei teatri danneggiati, è emerso che tale lettura morfologico-strutturale è stata ripresa e razionalizzata per ottimizzare le fasi di analisi del danno, gestione del cantiere e progettazione preliminare ed esecutiva. Sono stati identificati, nella maggior parte dei casi studio analizzati, 4 porzioni, ridotto-foyer (A); sala - platea (B); palco e retropalco (C); blocco camerini (D) (fig. 4), con l'obiettivo di semplificare, e quindi conoscere e controllare, le macro unità strutturali e funzionali dell'oggetto esaminato ai fini progettuali. Il risultato

characterise its behaviour under the seismic action. The identification of these factors has a decisive influence on the identification of the classification matrix of the characteristic elements' matrix within the analysed architectural space, through which it has been possible to start an accurate analysis of the seismic damage survey. Therefore, the application of the integrated method has focused on the comparative analysis of the data collected

from the post-seismic reconstruction procedures: from the MIBACT forms (A-DC churches, B-DP palaces), used in the emergency phase for the rapid survey of the damage to identify the damage index and to provide the first economic contributions for the safety of the damaged goods, to the analyses and technical reports, elaborated by multidisciplinary teams of experts responsible for the restoration and conservation

project. Some weaknesses in the current procedures of the seismic damage survey for the "Theatre" typology have highlighted applying the comparative approach between the MIBACT forms and the expert surveys. These have due to the surveyor's subjectivity, the expeditious feature and the adoption of an adapted form (most of the Theatres have surveyed using only the B-DP model) but not specific for the architectural typology under examination.

Therefore, the study proposes the systematisation of the data coming from all the post-seismic interventions (from damage forms to technical surveys) to reach an integrated protocol of optimised seismic damage, aiming at developing an integrated tool of the seismic vulnerability's assessment for the safeguarded asset. This approach allows, on the one hand, expeditious but exhaustive of all the information useful for a

coherent reading of the damage in the emergency phase and, on the other hand, analytical in supporting the subsequent phases aimed at the conservation project. After that, in order to operate and implement data and metadata for integrated seismic risk management for the regional cultural heritage, the study will develop the digitisation of the data and the document systematisation within an integrated and interoperable platform.

Critical-comparative analysis  
The critical-comparative analysis has applied to a macro-sample of 31 theatres found damaged by the 2012 earthquake, which has examined the MIBACT forms of seismic damage survey, the first tool to survey and quantify the damage suffered, which have matched with the integrated methodology, applied in the project design phase by expert teams. In agreement with the Coordination Office of post-

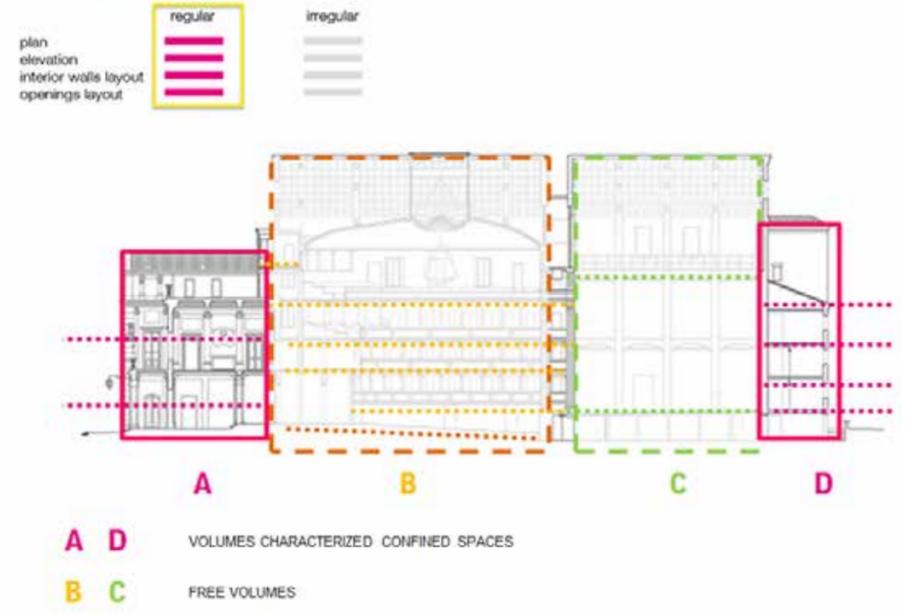
earthquake reconstruction interventions on protected buildings of the Emilia-Romagna Region's Reconstruction Agency, 25 forms related to the damaged historical theatres in Emilia-Romagna were analysed and compared to the damage analysis implemented by the experts (fig.2). The remaining six forms, related mainly to theatres in parish buildings, were omitted because they cannot identify with the historical theatre. In the

perspective of identifying the criteria and standards to formulate the integrated protocol on the specific architectural typology, some fields of the MIBACT forms have examined. It should acknowledge that in most cases, the survey of theatres has based on B -PD: Buildings - model B of the MIBACT cards - model B-PD: Palazzi -. From this, it can be seen that only in two cases - Town Hall and Theatre of Pieve di Cento and Municipal Theatre Ruggiero

Form B-DP\_B17- regularity shape and dimensional data of the plan

ID Teatro	plan		elevation		interior walls layout		openings layout	
	regular	irregular	regular	irregular	regular	irregular	regular	irregular
Teatro Comunale - Bologna	---	---	---	---	---	---	---	---
Municipio e Teatro comunale Alice Zappelli - Pieve di Cento	---	---	---	---	---	---	---	---
Complesso parrocchiale di San Matteo della Delsa - San Giovanni in Persiceto*	---	---	---	---	---	---	---	---
Teatro Comunale - Crevalcore	---	---	---	---	---	---	---	---
Chiesa di San Nicola Vecovo - San Nicolò Ferrarese-Argenta	---	---	---	---	---	---	---	---
Teatro Comunale Borgatti - Cento	---	---	---	---	---	---	---	---
Teatro Comunale - Ferrara	---	---	---	---	---	---	---	---
Teatro Nuovo - Ferrara	---	---	---	---	---	---	---	---
Teatro Comunale - Carpi	---	---	---	---	---	---	---	---
Teatro Vallata - Vialta	---	---	---	---	---	---	---	---
Teatro del Popolo di Concordia - Concordia sulla Secchia	---	---	---	---	---	---	---	---
Teatro Sociale - Finale Emilia	---	---	---	---	---	---	---	---
Teatro Lirico - Teatro Facchini - Modena	---	---	---	---	---	---	---	---
Chiesa di San Leonardo Limosino e pertinenze - Monticchiello*	---	---	---	---	---	---	---	---
Teatro Nuovo - Mirandola	---	---	---	---	---	---	---	---
Orchestra Teatro Asolaria - Mirandola*	---	---	---	---	---	---	---	---
Teatro Storchi - Modena	---	---	---	---	---	---	---	---
Teatro Comunale Luciano Pavarotti - Modena	---	---	---	---	---	---	---	---
Teatro Sociale - Nost di Modena *	---	---	---	---	---	---	---	---
Teatro Comunale - San Felice sul Panaro	---	---	---	---	---	---	---	---
Teatro Comunale Bonifacio Ascoli - Correggio	---	---	---	---	---	---	---	---
Teatro Bentivoglio - Guastalla	---	---	---	---	---	---	---	---
Teatro Comunale Ruggero Ruggeri - Guastalla *	---	---	---	---	---	---	---	---
Teatro Gonzaghesco - Luzzara	---	---	---	---	---	---	---	---
Rocca del Gonzaga - Novellara	---	---	---	---	---	---	---	---
Teatro Comunale - Reggio	---	---	---	---	---	---	---	---
Teatro Municipale Ronolo Valli - Reggio Emilia	---	---	---	---	---	---	---	---
Ex cavallerizza della Caserma Zucati - Teatro Zucatti - Reggio Emilia	---	---	---	---	---	---	---	---
Teatro Anzotto - Reggio Emilia *	---	---	---	---	---	---	---	---
Teatro Comunale - Rio Saliceto	---	---	---	---	---	---	---	---
Teatro Herberta - Rubiera	---	---	---	---	---	---	---	---

Form B-DP\_B17- regularity shape and dimensional



Criticità della scheda: La conoscenza delle variazioni planimetriche e altimetriche è strettamente connessa al comportamento strutturale sotto l'azione sismica, al relativo quadro deformativo e fessurativo.

The form's weaknesses: The knowledge of plant and altimetric varieties is closely related to the structural behaviour under seismic action, deformation and cracking framework.

la macro-schematizzazione morfologica-strutturale, si osserva che mentre i volumi A e D (ridotto – foyer, blocco camerini) sono spazi confinati e definiscono ambienti confinati, per i quali è possibile rilevare una regolarità planimetrica e in alzato, diversamente accade per i volumi liberi B e C (platea, palco e retropalco) caratterizzati da ampie volumetrie vuote con differenti livelli altimetrici. Nello specifico sviluppo in alzato, inoltre, vanno considerati i nodi cerniera dei vani scale che servono i corridoi di accesso ai palchetti, i quali connettono i volumi liberi con i volumi scolarli del ridotto e dei camerini rappresentando uno dei punti più critici nel comportamento globale della struttura sotto l'azione sismica, determinando lesioni per effetto di martellamento. Dunque, è possibile affermare che il teatro presenta una regolarità solo considerando le sotto unità morfologiche-strutturali, in quanto un unico volume presenta più conformazioni geometriche, dimensionali e planimetriche, con relative e specifiche variazioni altimetriche, che influenzano la risposta sismica dei macro elementi, appartenenti

di questa macro schematizzazione strutturale-morfologica ha confermato come i blocchi estremi, corrispondenti alle aree del ridotto e foyer e blocco camerini hanno assunto, sotto l'azione sismica, un comportamento simile allo schema strutturale di un palazzo, mentre le ampie volumetrie libere della sala – del palco e retro palco- sono schematicamente in assonanza con il volume libero di un'aula di una chiesa in risposta all'azione sismica. Risulta chiaro, pertanto, che una lettura integrata su un edificio storico, come il teatro, sia necessaria per interpretare coerentemente il livello del danno anche nelle primissime fasi emergenziali, ai fini di ottimizzare le scelte della messa in sicurezza del bene danneggiato

Analisi critica comparativa del danno forme Mibact: analisi del campo delle forme B17 relative alla "regolarità" della struttura

Comparative critical analysis of damage Mibact forms: analysis of B17 forms' field related to structure "regularity"

e indirizzare le fasi del progetto di restauro e conservazione. Nel dettaglio l'analisi critica delle schede del danno MiBACT ha rilevato alcune criticità delle stesse, con la perdita di informazioni quantitative e qualitative utili ai fini del rilievo del danno. Ad esempio, analizzando il campo B17 della scheda (fig.5), relativo alla "regolarità" del manufatto, si osserva che sul macro campione dei 25 teatri i rilevatori hanno optato nell'identificare il teatro come manufatto regolare sia in planimetria che in alzato. Tale lettura, ai fini dell'analisi del danno sismico, risulta generica ed eccessivamente semplificata. Infatti il teatro è composto da conformazioni spaziali plano-altimetriche differenti. Riprendendo

Ruggeri di Guastalla - the B card has been integrated with model A - DC: Churches (fig.3). This premise shows how the sensibility of some functionalities judged it appropriate to integrate the two schedographic models against a clear morphological and structural interpretation of the architectural space, aiming at the damage suffered as a result of the seismic event. Furthermore, a comparison with the professionals integrated

surveys showed that this morphological-structural interpretation has adopted and rationalized in order to optimize the phases of damage analysis, site management and preliminary and executive project. Four sections, foyer (A); hall - stalls (B); stage and backstage (C); dressing room block (D) (fig.4), have been identified in most of the case studies analyzed, to simplify, know and control the macrostructural and functional units of the object

examined. This macro-structural-morphological simplification showed how the extreme blocks, corresponding to the areas of foyer and dressing room block assumed, under the seismic action, a behaviour similar to the structural scheme of a building. While the large free volumes of the hall - the stage and backstage - are schematically in analogy with the free volume of a church hall in response to the seismic action.

Therefore, the integrated interpretation of a historical building, as the theatre, is necessary to achieve a consistent interpretation of the level of damage also in the first emergency phases, to optimise the choices for the safety of the damaged asset and to support the restoration and conservation interventions. The critical analysis of the MiBACT damage forms has revealed some forms' weaknesses, showing the

loss of quantitative and qualitative information useful for the survey of the damage. The analysis of B17 forms' field, related to structure "regularity" (fig.5), shows that the surveyors identified the theatre as a regular structure whether in plan or elevation. This interpretation, aimed at analysing seismic damage, is generic and excessively oversimplified. The theatre is characterised by different plane and elevation space configurations. Considering

the morphological-structural simplification, it can be observed that while volumes A and D (foyer, dressing room block) are confined rooms and define confined spaces. It is possible to survey a planimetric and elevation regularity. Otherwise, it happens with free volumes B and C (stalls, stage and backstage) featuring large empty volumes having different elevation levels. Moreover, in the specific elevation development, must

be considered the hinge nodes of the stairwells that connect the free volumes with the box volumes of the foyer and the dressing rooms. Where these connections represent a critical aspect in the overall behaviour of the structure under the seismic action, damaging it by hammering. Therefore, it is possible to define that the theatre presents a regularity only considering the morphological-structural subunits. However,

considering it a single volumetric unit, it presents several geometrical and dimensional conformations, which have correlated specific elevation variations. This aspect influences the seismic behaviour of the macro elements, pertinent to the single structural macro units, determining the consequent deformation and cracking picture on a global scale (fig. 6). Another examined field is the B23 related to the collapse

Form B-DP\_B23 deactivated damage compared to collapse

ID Teatro	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8*	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22*	M23	M24
Teatro Comunale - Bologna																								
Municipio e Teatro comunale Alice Zeppilli - Pieve di Cento																								
Complesso Parrocchiale di San Matteo della Deima - San Giovanni in Persiceto																								
Teatro Comunale - Crevalcore																								
Chiesa di San Nicola Vecovo - San Nicolò Ferrarese-Argenta																								
Teatro Comunale Borgatti - Cento																								
Teatro Comunale - Ferrara																								
Teatro Nuovo - Ferrara																								
Teatro Comunale - Carpi																								
Teatro Vallalta - Vallalta																								
Tatro del Popolo di Concordia - Concordia sulla Secchia																								
Teatro Sociale - Finale Emilia																								
Teatro Littorio - Teatro Facchini - Medolla																								
Chiesa di San Leonardo Limosino e pertinenze - Mortizzuolo*																								
Teatro Nuovo - Mirandola																								
Cinema Teatro Astoria - Mirandola*																								
Teatro Storchi - Modena																								
Teatro Comunale Luciano Pavarotti - Modena																								
Teatro Sociale - Novi di Modena *																								
Teatro Comunale - San Felice sul Panaro																								
Teatro Comunale Bonifazio Ascoli - Correggio																								
Teatro Bentivoglio - Guastalla																								
Teatro Comunale Ruggero Ruggeri - Guastalla *																								
Teatro Gonzaghesco - Luzzara																								
Rocca del Gonzaga - Novellara																								
Teatro Comunale - Reggello																								
Teatro Municipale Romolo Valli - Reggio Emilia																								
Ex cavallerizza della Caserma Zucchi - Teatro Zavattini - Reggio Emilia																								
Teatro Ariosto - Reggio Emilia *																								
Teatro Comunale - Rio Saliceto																								
Teatro Herberia - Rubiera																								

SCHEDA B\_B23 MACROELEMENTI

- PARETI PERIMETRIALI**
    - M1 ribaltamento delle pareti
    - M2 instabilità verticale delle pareti
    - M3 rottura a flessione delle pareti
    - M4 ribaltamento del cantonale
    - M5 taglio nelle pareti esterne: maschi
    - M6 taglio nelle pareti interne: architravi e muratura soprastante
  - PARETI INTERNE**
    - M7 taglio nelle pareti interne
  - GLOBALE**
    - M8\* sconnimento di piano
  - PORTICATI E LOGGE**
    - M9 danno ai porticati/logge
  - ORIZZONTAMENTI**
    - M10 allungamento testa delle travi e /o martellamento
    - M11 collassi locali dell'impalcato o della volta
    - M12 danno alle volte per rotazione delle imposte
    - M13 danno alle volte per deformazioni di piano
  - SCALE**
    - M14 danno alle scale
  - COBERTURE**
    - M15 danno negli elementi di copertura
    - M16 danno al manto di copertura
    - M17 ribaltamento delle fasce di sottotetto e limano
  - ELEMENTI AGGETTANTI /SVETTANTI**
    - M18 danno agli elementi aggettanti /svettanti
  - COLLASSI LOCALI**
    - M19 collassi locali per irregolarità costruttive e del materiale
  - INTERAZIONI**
    - M20 danno per irregolarità di forma
    - M21 danno dei corpi annessi
    - M22 cedimento delle fondazioni
  - ALTRO**
    - M23
    - M24
- \* (modello 075012280)  
alcuni meccanismi sono stati raggruppati. I danni sono espressi in %  
M1 + M2 + M3 + M4 meccanismi di primo modo - pareti esterne  
M5 + M7 rottura nel piano dei maschi murari  
M6 + M7 rottura delle fasce di piano  
M11 + M12 + M13 danno alle volte

ID Teatro	schede del danno	verifica rilievo geometrico 2D esistente	stazione totale	laser scanner	fotocamera	voli drone	indagini diagnostiche
Teatro Comunale - Bologna							
Municipio e Teatro comunale Alice Zeppilli - Pieve di Cento							
Complesso Parrocchiale di San Matteo della Deima - San Giovanni in Persiceto							
Teatro Comunale - Crevalcore							
Chiesa di San Nicola Vecovo - San Nicolò Ferrarese-Argenta							
Teatro Comunale Borgatti - Cento							
Teatro Comunale - Ferrara							
Teatro Nuovo - Ferrara							
Teatro Comunale - Carpi							
Teatro Vallalta - Vallalta							
Tatro del Popolo di Concordia - Concordia sulla Secchia							
Teatro Sociale - Finale Emilia							
Teatro Littorio - Teatro Facchini - Medolla							
Chiesa di San Leonardo Limosino e pertinenze - Mortizzuolo							
Teatro Nuovo - Mirandola							
Cinema Teatro Astoria - Mirandola							
Teatro Storchi - Modena							
Teatro Comunale Luciano Pavarotti - Modena							
Teatro Sociale - Novi di Modena *							
Teatro Comunale - San Felice sul Panaro							
Teatro Comunale Bonifazio Ascoli - Correggio							
Teatro Bentivoglio - Guastalla							
Teatro Comunale Ruggero Ruggeri - Guastalla *							
Teatro Gonzaghesco - Luzzara							
Rocca del Gonzaga - Novellara							
Teatro Comunale - Reggello							
Teatro Municipale Romolo Valli - Reggio Emilia							
Ex cavallerizza della Caserma Zucchi - Teatro Zavattini - Reggio Emilia							
Teatro Ariosto - Reggio Emilia							
Teatro Comunale - Rio Saliceto							
Teatro Herberia - Rubiera							

alle quattro singole macro unità strutturali, determinandone il conseguente quadro deformativo e fessurativo su scala globale (fig. 6). Altro campo preso in esame è il B23 relativo ai meccanismi di collasso attivatisi a fronte del sisma, che vengono espressi su scala globale e poi riportati sui singoli macro-elementi ai fini di indicare l'indice del danno (fig. 7). Raffrontando i dati derivanti dalle schede con i report analitici e le indagini diagnostiche condotte dai professionisti, risulta evidente quanto il rilievo dei meccanismi di collasso in fase di emergenza segua una logica speditiva e soggettiva, che non tiene conto di aspetti fondamentali, come le fasi stratigrafiche-evolutive e gli eventuali interventi di restauro succedutesi nel tempo, nell'indicazione di un valore coerente ed effettivo dell'indice del danno, restituendo talvolta un quadro sismico parziale. Quanto riportato a titolo esemplificativo per l'analisi dei campi descritti, sottolinea la necessità dell'adozione e dell'applicazione di una metodologia integrata di rilievo per garantire una lettura multi-scalare e multi-criteriale, che, correlata all'utilizzo delle tecniche integrate di rilievo, consenta una conoscenza e un'analisi diacronica e implementabile al fine di definire il protocollo integrato ottimizzato del danno sismico per i beni tutelati e, nello specifico della ricerca, per i teatri storici regionali (fig.8). Questo approccio è necessario per la sistematizzazione dei dati raccolti durante la fase di emergenza e del post sisma per costruire un database digitale attraverso il quale, optando per diverse profilazioni di utenti, sia possibile una gestione integrata e programmata del rischio sismico.

mechanisms, which, in order to indicate the damage index, are expressed on a global scale and then carried over to the individual macro-elements (fig.7). In comparing the data obtained from the data forms with the professionals' analytical and the diagnostic surveys, the assessment of the collapse mechanisms in the emergency phase seems to follow an expeditious and subjective approach. This approach, give a partial seismic framework without

Analisi critica comparativa del danno forme Mibact: analisi del campo delle forme B23 relative ai meccanismi di collasso attivatisi.

Critical comparative damage analysis of Mibact forms: field analysis of B23 forms related to the collapse mechanisms activated.

Analisi delle procedure e tecniche di rilievo utilizzate per il rilievo integrato del danno sismico.

Analysis of the survey procedures and techniques applied for the integrated seismic damage assessment.

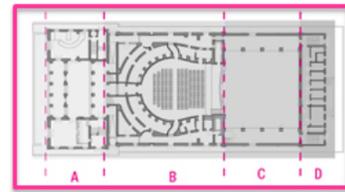
### Conclusioni: verso il protocollo integrato ottimizzato

Successivamente alla fase analitico-comparativa, attualmente in corso, verrà formulata la matrice dei criteri e degli standard necessari per la definizione del protocollo integrato di rilievo del danno simico per i teatri storici. Metodologicamente si tratta di una implementazione dell'analisi comparata settata su un campione ristretto di 11 Teatri storici per il quali l'Agenzia per la Ricostruzione e i RUP (Responsabile unico del procedimento) referenti hanno messo a disposizione la documentazione specifica del progetto preliminare e, in alcuni casi, esecutivo, prendendo in esame 4 indicatori specifici relativi ai metodi e alle tecniche di rilievo applicati al fine di rilevare, interpretare e restituire il grado e la tipologia di danno riportato sull'architettura in seguito al sisma. Sono stati selezionati e messi in relazione i seguenti fattori: il livello del danno riscontrato, desunto dalle schede e verificato dagli studi analitici degli esperti, i metodi e le tecnologie impiegate per il rilievo metrico e per il rilievo diagnostico e il tipo di restituzione (fig.9). Partendo dalla comparazione di questi 4 indicatori e raffrontando i risultati ottenuti per i casi studio afferenti al campione ristretto, si vuole definire una valutazione quantitativa e qualitativa del rilievo del danno eseguito per i singoli teatri. A fronte di ciò, sulla base del protocollo sviluppato nell'ambito del progetto INCEPTION per l'ottimizzazione dell'acquisizione dati, per ogni caso studio verrà analizzato il flusso delle operazioni di rilievo secondo specifici requisiti e indicatori correlati alla pianificazione del progetto di rilievo; per i teatri rilevati con tecnologia LIDAR, sarà preso in esame il

Conclusion: In towards the optimised integrated protocol. After the analytical-comparative phase, which is currently underway, the matrix of criteria and standards necessary for the definition of the integrated protocol of seismic damage relief for historical theatres will be developed. This step is a comparative analysis implementation. It set up on a limited sample of 11 historical theatres, for which the Agency for Reconstruction and the RUP (Single Responsible for the procedure) has made available the specific documentation of the preliminary, executive, project. Examining four specific indicators relating to the methods and techniques of survey applied to detect, interpret and return the degree and type of damage reported on the architecture following the earthquake. The following factors were selected and related: the level of damage found, taken from

## Comparative critical analysis on a sample of damaged theatres

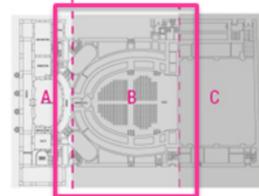
### Teatro Nuovo di Mirandola



body A: forebody ( entrance and foyer)  
body B: theatre hall  
body C: stage  
body D: dressing rooms and technical and service spaces



### Teatro Comunale di Modena Luciano Pavarotti



body A: forebody ( entrance and foyer)  
body B: theatre hall  
body C: stage



<b>LEVEL OF OVERALL DAMAGE</b>
slight damage
medium damage
serious damage
big damage
collapse
<b>METRIC AND GEOMETRIC SURVEY</b>
check existing 2d geometric survey
total station
laser scanner
terrestrial photogrammetry
photogrammetry by drone
<b>RILIEVO DIAGNOSTICO</b>
detail photo report
geological surveys
thermography
ultrasound scanning
materials testing
<b>REPRESENTATION</b>
2D representation
retail photography
morphometric modelling
modeling and structural analysis
BM modelling

Analisi critica comparativa su un campione di teatri danneggiati: per definire un protocollo per l'ottimizzazione del rilevamento dei danni sismici verrà analizzato e confrontato su quattro parametri.

Comparative critical analysis on a sample of damaged theatres: to define a protocol for the optimization of seismic damage survey will be analyzed and compared on four parameters.

Fasi di sviluppo del protocollo di rilievo integrato del danno sismico per i teatri storici danneggiati del cratere emiliano

Workflow of the integrated seismic damage protocol for the damaged historical theatres of the Emilian crater

supporto della rete topografica, il piano di scansione, le condizioni di sicurezza, le caratteristiche tecniche della strumentazione utilizzata, i requisiti di risoluzione, l'accuratezza, la modalità di acquisizione e registrazione fino a controllo, verifica e archiviazione del dato restituito (fig 10).

Il doppio livello di analisi effettuato risulta necessario all'individuazione di una matrice criteriiale di progetto del protocollo di rilievo integrato per il rilievo del danno sismico per i teatri storici emiliani danneggiati, in quanto sulla base di essa, modulando specifici fattori, diversificati e declinati per differenti tipologie architettoniche è possibile ottimizzare le fasi di rilievo integrato del danno sismico in modo da garantirne la gestione preventiva e programmata.

### Note

1- Zarnic, Roko Et Rajcic, Vlatka Et Vodopivec, Barbara. (2017). Data Collection for Estimation of Resilience of Cultural Heritage Assets. 10.1007/978-3-319-49607-8\_11.

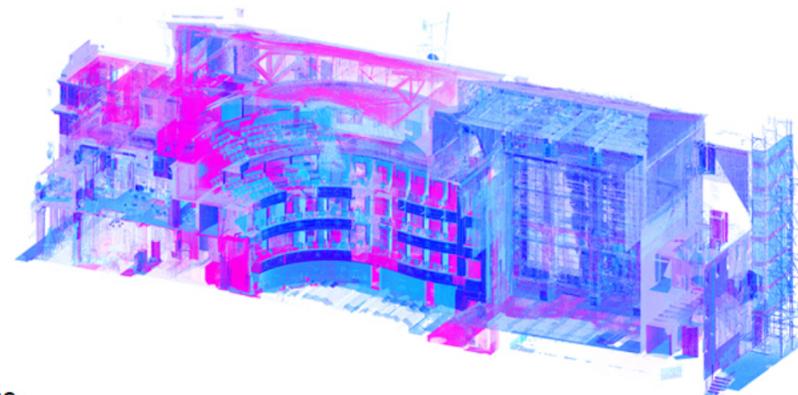
## Parameters of Damaged integrated survey protocol

### 1. analysis of existing morphometric models through Inception Data Acquisition Protocol

- Scan Plan
- Health and safety
- Resolution Requirements
- Registration mode
- Control network
- Quality control
- Data control and verification
- Data storage and archive

### 2. specific setting up of of the Inception's Data Acquisition Protocol on seismic damage

### 3. application of the seismic damage survey protocol on the application case of the Teatro Sociale di Novi di Modena.



Teatro di Mirandola LS Data acquisition by Zenith s.r.l

### Martina Suppa

Dottoranda, IDAUP – Dottorato Internazionale Architettura & Pianificazione Urbana 34° ciclo, Università degli Studi di Ferrara • PhD candidate, IDAUP – International Doctorate Architecture and Urban Planning 34th Cycle, University of Ferrara  
martina.suppa@unife.it

the data sheets and verified by the experts' analytical studies, the methods and technologies used for metric and diagnostic survey and the type of restitution. Starting from the comparison of these four indicators and comparing the results obtained for the case studies related to the restricted sample, we want to define a quantitative and qualitative evaluation of the damage survey carried out for the individual theatres (fig.9). On the basis of the protocol developed within the INCEPTION project for the optimization of data acquisition, for each

case study, the flow of the survey operations will be analysed according to specific requirements and indicators related to the planning of the survey project; for the theatres surveyed with LIDAR technology, the support of the topographic network, the scanning plan, the security conditions, the technical characteristics of the instrumentation used, the resolution requirements, the accuracy, the mode of acquisition and recording until control, verification and storage of the returned data will be examined (fig 10). The double level of analysis

carried out is necessary for the identification of a design criteria matrix of the integrated survey protocol for the seismic damage survey for the damaged historical theatres in Emilia Romagna, as based on it, modulating specific factors, diversified and declined for different architectural typologies, and it is possible to optimize the phases of integrated seismic damage survey in order to guarantee its preventive and programmed management.