



## PELL-Seismic-School: piattaforma integrata, standardizzata e interoperabile per supportare la valutazione della vulnerabilità sismica delle scuole italiane

Mauro Annunziato<sup>a</sup>, Laura Blaso<sup>b</sup>, Giacomo Buffarini<sup>c</sup>, Paolo Clemente<sup>c</sup>, Sonia Giovinazzi<sup>d</sup>, Claudia Meloni<sup>a</sup>, Stefano Pampanin<sup>e</sup>, Stefano Pizzuti<sup>f</sup>, Maurizio Pollino<sup>d</sup>, Vittorio Rosato<sup>d</sup>

<sup>a</sup> ENEA DTE-SEN, Via Anguillarese 301, 00123 Roma, Italy

<sup>b</sup> ENEA, DTE-SEN-SCC, Via Enrico Fermi 2749, 21027, Ispra (Varese), Italy

<sup>c</sup> ENEA SSPT-MET-DISPREV, Via Anguillarese 301, 00123 Roma, Italy

<sup>d</sup> ENEA DTE-SEN-APIC, Via Anguillarese 301, 00123 Roma, Italy

<sup>e</sup> Sapienza Università di Roma, Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica, Via Eudossiana 18, Roma

<sup>f</sup> ENEA, DTE-SEN-SCC, Via Anguillarese 301, 00123 Roma, Italy

*Keywords: School Buildings; Seismic Vulnerability Assessment; Seismic Risk; Public Energy Living Lab (PELL); PELL-Seismic-School; CIPCast Decision Support Systems; Public Administration Databases*

### ABSTRACT

Questo lavoro intende fornire una panoramica di strumenti già realizzati e in corso di realizzazione a supporto della Pubblica Amministrazione (PA) per la definizione e implementazione di interventi di riqualificazione degli edifici pubblici, che mirano a perseguire congiuntamente la sicurezza sismica, l'efficienza energetica e la certificazione ambientale. Il lavoro fornisce una panoramica su *PELL*, *Public Energy Living Lab*, piattaforma software verticale per il censimento e il monitoraggio a scala nazionale della illuminazione pubblica, e su *CIPCast DSS* un sistema di supporto alle decisioni che consente la simulazione di scenari sismici; entrambe le piattaforme sono state sviluppate all'ENEA e già utilizzate da PA locali. Il lavoro descrive, inoltre le attività in corso per lo sviluppo del modulo *PELL-Seismic-School*, che ambisce a diventare uno strumento di riferimento per il censimento e la mappatura standardizzata degli edifici e plessi scolastici presenti sul territorio nazionale, e per la raccolta standardizzata dei dati necessari ai fini della valutazione della loro vulnerabilità sismica, a diverso livello di dettaglio e complessità, e, grazie all'interoperabilità con *CIPCast DSS*, per la stima degli impatti indotti da eventi sismici. Il modulo *PELL-Seismic-School* viene proposto anche come strumento dove far convogliare dati di monitoraggio sismico degli edifici stessi; monitoraggio che si intende promuovere a larga scala grazie all'utilizzo di strumenti a basso costo.

## 1 INTRODUZIONE

L'ENEA ha realizzato diversi strumenti e servizi in grado di supportare la Pubblica Amministrazione (PA), nelle sue varie articolazioni a livello centrale e locale, per la definizione e implementazione di interventi di riqualificazione degli edifici pubblici, mirati a perseguire congiuntamente la sicurezza sismica, l'efficienza energetica e la certificazione ambientale. Questo lavoro intende fornire una panoramica di strumenti già realizzati e in corso di realizzazione, con particolar riferimento alla piattaforma *PELL*, *Public Energy Living Lab*, già utilizzata con successo per il censimento omogeneo e il monitoraggio energetico, in tempo reale, dell'illuminazione pubblica (Annunziato et al. 2018a; Annunziato et al. 2018b; Blaso et al.

2018a; Blaso et al. 2018b; Fasano et al 2017) e alla piattaforma di supporto alle decisioni WEB-GIS *CIPCast* (Di Pietro et al., 2016), che grazie al modulo specifico *CIPCast-ES* consente valutazioni di vulnerabilità e rischio sismico per strutture e infrastrutture strategiche e distribuite (Matassoni et al. 2017, Giovinazzi et al 2017a) consentendo anche di tenere conto delle interdipendenze e di eventuali effetti a cascata.

In particolare, questo contributo, presenta le attività in corso e in programma, per lo sviluppo del modulo *PELL-Seismic-School*, all'interno della piattaforma integrata e interoperabile *PELL*, con l'obiettivo di consentire un censimento standardizzato e il monitoraggio delle scuole italiane, a supporto delle valutazioni di vulnerabilità e della stima di eventuali conseguenze attese in caso di evento sismico.

Obiettivo a medio termine di queste attività è' lo sviluppo di un più ampio modulo *PELL-*

*Seismic-Buildings* dedicato agli edifici della PA in generale (non solo alle scuole, quindi), concepito e sviluppato per rispondere adeguatamente alla necessità di predisporre una base di dati opportuna per la descrizione del patrimonio immobiliare appartenente agli Enti Pubblici. In tale prospettiva, per quanto riguarda gli edifici scolastici, il modulo *PELL-Seismic-School* sarà sviluppato in modo da essere compatibile e integrabile con il Sistema Nazionale Anagrafe Edilizia Scolastica (SNAES), predisposta dal MIUR (Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca) nell'ambito del Sistema Informativo dell'Istruzione (SIDI). Il *PELL-Seismic-Buildings* si propone, nel medio termine, come piattaforma integrata da mettere a disposizione della PA stessa, indirizzata al settore civile, residenziale e non, per la gestione dei flussi di energia in edifici singoli o complessi, per la loro caratterizzazione e valutazione in termini di prestazioni energetiche, consumi energetici ed emissioni di CO<sub>2</sub>, nonché per il monitoraggio della risposta in caso di eventi sismici.

### 1.1 Anagrafe e sicurezza dell'Edilizia scolastica in Italia

La L. 107/2015 (art. 1, co. 137) ha disposto che il MIUR garantisca stabilmente l'accesso e la riutilizzabilità dei dati del sistema nazionale di istruzione e formazione pubblicando in formato aperto, tra gli altri, i dati dello SNAES. Secondo i dati dello SNAES (disponibili online dal 26 settembre 2018), il patrimonio edilizio scolastico italiano è composto da 40.151 edifici attivi che fanno capo agli enti locali, 22.000 dei quali costruiti prima del 1970. Dai dati raccolti all'Anagrafe dell'Edilizia Scolastica il panorama in termini di sicurezza e di sicurezza sismica appare a dir poco allarmante. Ad oggi, il 46,8% degli edifici non possiede il certificato di collaudo statico, e il 22,3% degli edifici senza questo certificato è costruito prima del 1970. Il 59,5% degli edifici scolastici non possiede il certificato di prevenzione incendi e il 53,8% non possiede il certificato di agibilità/abitabilità.

La legge di bilancio 2019 ha previsto l'attribuzione alle province delle regioni a statuto ordinario di un contributo (dal 2019 al 2033) per il finanziamento di piani di sicurezza finalizzati, tra l'altro, alla manutenzione delle scuole<sup>1</sup>. In particolare, per gli interventi in materia di edilizia

scolastica per il triennio 2018-2020 (D.l. 3 gennaio 2018) si prevede che tutte le risorse debbano essere ripartite tenendo conto dei seguenti criteri:

- a) Numero studenti (43%);
- b) Numero edifici (42%);
- c) Zone sismiche: (zona 1: 40%; zona 2: 30%; zona 3: 20%; zona 4: 10%);
- d) Affollamento delle strutture: 5%.

Lo sviluppo del modulo *PELL-Seismic-School*, risponderà all'esigenza che avranno tutte le scuole (anche quelle edificate in zone a più bassa sismicità) di raccogliere dati finalizzati alla dimostrazione dei criteri di cui sopra e finalizzati a supportare valutazioni di vulnerabilità sismica.

## 2 PUBLIC ENERGY LIVING LAB, PELL

Il Progetto PELL<sup>3</sup>, Public Energy Living Lab, avviato nel 2014 da ENEA su finanziamento del MISE, si pone l'obiettivo, su scala nazionale, di avviare e supportare una riorganizzazione dei processi gestionali delle infrastrutture pubbliche energivore.

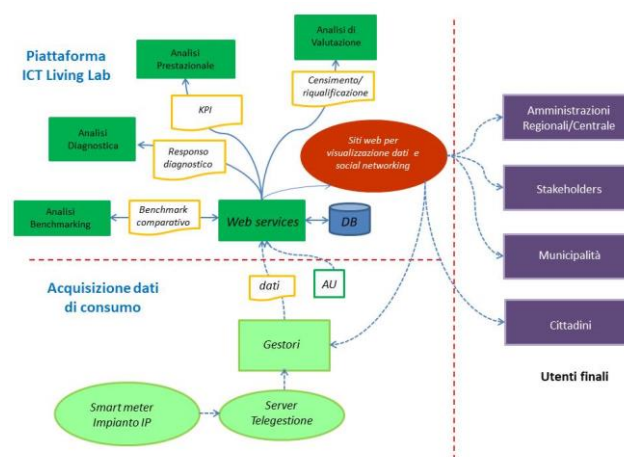


Figura 1. Architettura generale della piattaforma verticale PELL organizzata come smart city as-a-service (fonte immagine <https://www.pell.enea.it/enea/>)

A tal fine, è stata concepita e realizzata la piattaforma software verticale Public Energy Living Lab PELL<sup>1</sup>, per consentire:

1. una raccolta standardizzata ed omogenea dei dati d'identità e di consumo e la mappatura e delle infrastrutture, secondo un formato standard di acquisizione dei dati che segue le direttive dell'Agenzia per l'Italia Digitale (AgID<sup>2</sup>);

<sup>1</sup> <https://www.pell.enea.it/enea/>

<sup>2</sup> AgID, (<https://www.agid.gov.it/>)

2. l'interoperabilità con altri database grazie allo sviluppo di opportuni protocolli di trasmissione dei dati;
3. la creazione di un catasto nazionale, strutturato come un Database (DB) interoperabile; e
4. la realizzazione di uno strumento di monitoraggio di prestazioni e servizi.

La piattaforma verticale PELL è una piattaforma di tipo *smart city as-a-service*, la cui architettura generale definisce il recupero dei dati da diverse infrastrutture e gestori e la creazione di una serie di servizi per gli utenti finali (Figura 1). La piattaforma PELL è strutturata per operare sia in fase statica, a supporto del censimento dei dati di identità dell'infrastruttura, sia in fase dinamica, a supporto del monitoraggio continuo del funzionamento dell'infrastruttura.

### 2.1 PELL-IP Specifiche di Contenuto e KPI

La piattaforma PELL, è stata inizialmente sviluppata con riferimento all'infrastruttura della illuminazione pubblica, *PELL-IP* con l'obiettivo di censire gli impianti, al fine della loro gestione ed innovazione. Con riferimento al *PELL-IP* si vede in questo paragrafo come sono stati raggiunti i 4 obiettivi sopra elencati (che dovranno similmente essere raggiunti nel modulo *PELL-Seismic-School*), qui riportati in modo sintetico:

1. Censimento e mappatura standardizzata;
2. Interoperabilità con DB esistenti;
3. Catasto Nazionale;
4. Strumento monitoraggio.

Al fine di raggiungere i primi 3 obiettivi, sono state definite, grazie alla collaborazione tra ENEA e AgID, le “*Specifiche di contenuto di riferimento PELL – per l'Illuminazione Pubblica IP*”<sup>3</sup>. Nel definire le *Specifiche PELL-IP* è stata assicurata la coerenza con le specifiche già in uso in altre basi di dati in particolare, nel modello di dati utilizzato dal *Sistema Informativo Nazionale Federato delle Infrastrutture*<sup>4</sup> (SINFI) e nei *Database Geotopografici*, DBGT<sup>5</sup>. Questo ha consentito, per esempio, di relazionare l'illuminazione pubblica al contesto territoriale in cui insiste,

grazie a un sottoinsieme di dati territoriali rappresentativi dell'attività antropica, principalmente derivati dai DBGT regionali. Inoltre, in ottemperanza alla logica dell'interoperabilità, dettata dalla direttiva europea INSPIRE, 2007/2/CE (*IN*frastruttura for *S*patial *I*nfoRmation in Europe)<sup>6</sup>, la maggior parte dei dati previsti dalle specifiche *PELL-IP*, sono condivisi con il sistema informativo SINFI, consentendo, tra le altre cose il riuso di componenti di sistemi informatici già sviluppati per il SINFI, e il conseguente uso condiviso (senza duplicazioni) dei dati territoriali comuni ai due sistemi.

Per quanto riguarda l'obiettivo 4, *PELL-IP* oltre a essere operativo come piattaforma informatica per la raccolta standardizzata di dati statici e dinamici degli impianti di pubblica illuminazione, è stato strutturato anche come strumento di valutazione e monitoraggio tecnologico/prestazionale, sia dell'infrastruttura che del servizio offerto. Il *PELL-IP* consente infatti l'elaborazione dei dati e fornitura e il calcolo di Key Performance Indicators, KPI, statici e dinamici, ad esempio per verificare lo stato degli impianti in termini di efficienza delle tecnologie utilizzate, di potenza impiegata ( $W/m^2$ ), di risparmi energetici derivanti dalla dimmerazione dell'impianto (KPI statici) oppure dei consumi reali e delle prestazioni dell'impianto rispetto a quanto previsto in fase di progetto (KPI dinamici).

### 2.2 EISAC.IT E IL SISTEMA DI SUPPORTO ALLE DECISIONI CIPCAST-ES.

Il centro EISAC.it, *European Infrastructure Simulation and Analysis Centre in Italy* - nato in Italia dalla collaborazione tra ENEA e INGV - è il primo di una serie di centri interconnessi che nasceranno in Europa per supportare la protezione civile, le pubbliche amministrazioni e i gestori nella protezione delle strutture strategiche e infrastrutture critiche. Tra i servizi avanzati offerti da EISAC.it ci sono l'analisi del rischio su aree del territorio, simulazioni di scenari di eventi naturali, tra i quali scenari sismici, e la stima dell'eventuale impatto indotto sulle reti e sulle strutture strategiche, nonché la raccolta e l'analisi di dati satellitari, la creazione di banche dati territoriali e

<sup>3</sup> <http://sue.enea.it/>

<sup>4</sup> <https://www.sinfi.it/portal/>

<sup>5</sup> <https://geodati.gov.it/>

<sup>6</sup> <https://www.minambiente.it/f>

di sistemi di previsione meteo-climatici e oceanografici.

Il centro si avvale di numerose figure professionali e di tecnologie all'avanguardia come la piattaforma *Critical Infrastructure Protection risk analysis and foreCAST, CIPCast*, (Di Pietro et al., 2016) un sistema di supporto alle decisioni, *Decision Support System, DSS GIS-Based* che supporta analisi, monitoraggio e previsione del rischio sulle infrastrutture strategiche per tutto il territorio nazionale. Nel complesso, CIPCast consente di effettuare valutazione di impatti sul sistema integrato delle strutture e infrastrutture critiche e strategiche e di stimare le eventuali conseguenze: 1) sia per eventi reali; 2) sia attraverso la predisposizione di scenari simulati.

Nel primo caso vengono acquisite le coordinate e la profondità dell'epicentro, e la magnitudo stimata, non appena rese disponibili dall'INGV, e viene simulata una mappa di scuotimento utilizzando la ground motion predictive equation (GMPE) proposta da Bindi et al. 2011) e tenendo conto di possibili amplificazioni lito-stratigrafiche e morfologiche (Clemente et al. 2015; Rinaldis e Clemente 2014) laddove sono disponibili tali informazioni; questa viene poi sostituita dalle shake-maps INGV dell'evento elaborate a partire dai segnali registrati dalla Rete Sismica Nazionale non appena esse sono rese disponibili (Giovinazzi et al. 2019).

Nel secondo caso, l'evento sismico può essere definito dall'utente in funzione dei parametri di input selezionati dall'utente (Figura 2): coordinate dell'epicentro [lat, long]; profondità dell'ipocentro [km]; Magnitudo momento dell'evento [Mw]; legge di attenuazione, ground motion prediction equation, GMPE; effetti di sito in termini di fattore di amplificazione (se il dato è disponibile per l'area). Tale approccio consente di effettuare simulazioni ripetute, variando i suddetti parametri (ad esempio, simulando eventi storici le cui caratteristiche possono essere attinte dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani<sup>7</sup> (CPTI15), raggiungibile via web da CIPCast-ES e creando differenti scenari di danno sulla base dei quali stimare impatti e conseguenze sulle strutture e sulle IC (Giovinazzi et al., 2017-a).

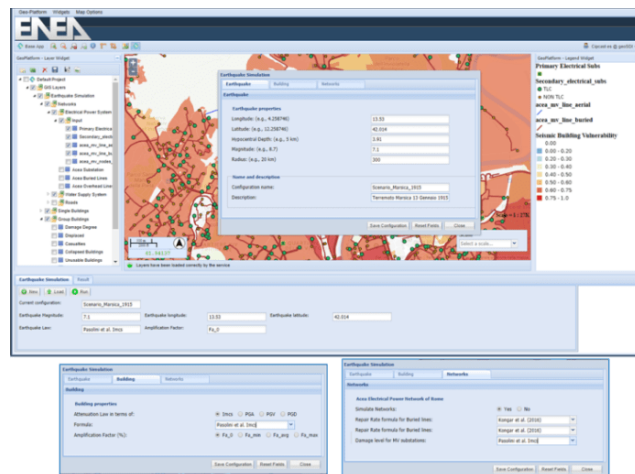


Figura 2. CIPCast-ES: Finestre di dialogo per l'inserimento dei parametri di input e la definizione dell'approccio simulativo

Il livello di danno fisico potenzialmente indotto dal sisma a strutture e infrastrutture viene valutato in funzione dello scuotimento sismico e di un indice vulnerabilità sismica; in particolare, per gli edifici viene utilizzato, al momento, il Metodo Macrosismico-Meccanico cross-calibrato (Lagomarsino & Giovinazzi, 2016; Matassoni et al., 2017).), che tiene conto della tipologia e delle caratteristiche costruttive e geometriche degli edifici. Il danno viene valutato secondo 6 differenti livelli (da D1, danno lieve a D5, collasso, oltre all'assenza di danno indicata con D0), in accordo con la scala di danno adottata dalla Scala Macrosismica Europea EMS-98, come mostrato in Figura 3.



Figura 3. CIPCast-ES, danno atteso su singoli edifici, scala EMS98 (D0-D5)

L'applicativo CIPCast-ES consente inoltre di stimare il livello residuo di funzionalità di una strada dopo un terremoto, valutando le possibili ostruzioni causate dalle macerie degli edifici crollati, che andrebbero a ridurre o impedire la transitabilità (D'Agostino et al., 2018). In base a questo CIPCast-ES, supporta l'identificazione di

<sup>7</sup> INGV: <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>



possibili “isole”, cioè zone urbane che non sarebbero potenzialmente raggiungibili in caso di evento sismico; questo al fine di mettere in luce potenziali criticità dovute alla presenza al loro interno di edifici strategici (centri direzionali, ospedali, punti di raccolta e ammassamento, etc.), che risulterebbero quindi indisponibili per la gestione dell'emergenza (Figura 4).

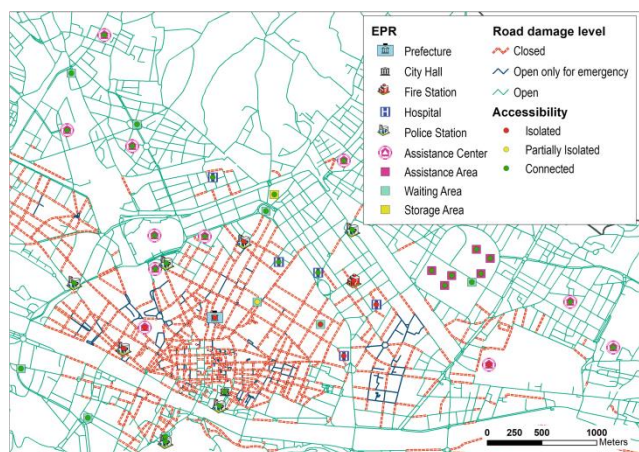


Figura 4. Esempio di simulazione di scenario con ostruzioni stradali dovute alle macerie ed edifici strategici interessati

In collaborazione con la Protezione Civile Comunale di Roma Capitale, nell'ambito delle attività connesse all'analisi della *Condizione Limite dell'Emergenza, CLE*, è stata fatta una prima applicazione di quanto descritto sopra, per un primo *screening* su una serie di edifici scolastici individuati dalla Protezione Civile Comunale di Roma Capitale come aree e centri di assistenza alla popolazione, in caso di un evento emergenziale.

I rilievi di vulnerabilità sismica di tali edifici sono stati eseguiti utilizzando la “App *SafeSchool 4.0*”<sup>8</sup>, un'applicazione per smartphone e tablet (scaricabile gratuitamente da Apple Store e Google Play), realizzata da ENEA per supportare i tecnici e i responsabili nei rilievi energetici e strutturali negli edifici scolastici. *SafeSchool 4.0* consente di rilevare in modo semplice i consumi energetici e le caratteristiche strutturali delle scuole per una prima valutazione degli interventi di messa in sicurezza, riqualificazione ed efficientamento. Per le scuole rilevate, mediante l'applicativo CIPCast-ES, sono state quindi effettuate varie simulazioni di eventi sismici di media e forte intensità, selezionandoli dal CPTI15 tra quelli che storicamente hanno interessato l'area della Capitale (e.g., Marsica 1915, Colli Albani 1927, Sequenza Sismica Italia Centrale 2016-

<sup>8</sup> <http://www.enea.it/it/efficienza-energetica/enea-rende-disponibile-app-per-misurare-la-vulnerabilita-energetico-strutturale-degli-edifici-scolastici>

2017). I risultati sono in corso di valutazione e validazione (Figura 5).

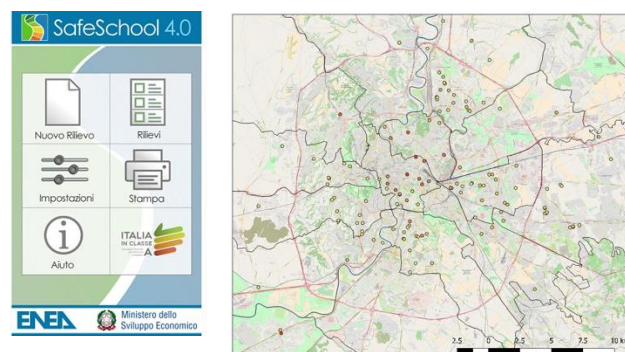


Figura 5. Analisi di alcuni plessi scolastici di Roma Capitale nell'ambito delle valutazioni CLE, supportate da *SafeSchool 4.0* e CIPCast-Es

### 3 MODULO PELL-SEISMIC-SCHOOL: ATTIVITA'

Le attività in corso e previste per sviluppare il modulo *PELL-Sesismic-School* perseguono due obiettivi principali:

1) *Censimento e mappatura standardizzata* - la definizione di un modello per la raccolta e la catalogazione di dati utili alla caratterizzazione della vulnerabilità sismica, secondo gli standard preposti da AgID, e perseguendo l'interoperabilità con DB esistenti sulla falsariga di quanto già fatto nelle sopraccitate *Specifiche di contenuto di riferimento PELL – per l'Illuminazione Pubblica IP*;

2) *Creazione di uno strumento di monitoraggio diffuso* – a tal fine si avvanzerà la sperimentazione su alcuni casi studio di strumentazione specifica (e.g, sensori MEMS, Micro Electro-Mechanical Systems) per valutare quanto questa possa consentire una registrazione della effettiva risposta dell'edificio, in caso di evento sismico e quindi una valutazione rapida e puntuale, in remoto, dello stato di danno atteso e della residua funzionalità dell'edificio

#### 3.1 Verso il Censimento e la mappatura standardizzata delle scuole italiane

Come già accennato per lo sviluppo del modulo *PELL-Seismic-School* si lavorerà in completa sinergia con le attività previste per le successive fasi di attuazione e sviluppo del SNAES<sup>9</sup>, che vedranno il MIUR impegnato al fine di

<sup>9</sup> Accordo Quadro raggiunto durante la Conferenza unificata del 6 settembre 2018

consentirne maggiore fruibilità, trasparenza e completezza realizzando, tra le altre cose, una interazione fra la banca dati dell'edilizia scolastica e l'anagrafe degli studenti e con l' Anagrafe Regionale dell'Edilizia Scolastica (ARES), costantemente aggiornata da comuni, province e città metropolitane.

### 3.1.1 *Dati e approcci finalizzati alla valutazione della vulnerabilità sismica*

Al fine di perseguire il primo obiettivo, O1, saranno revisionati e integrati diversi approcci utilizzati, ad oggi in Italia, per la valutazione degli indici di sicurezza sismica degli edifici di particolare rilevanza, (a seguito dell'O.P.C.M 3274/2003). Sarà, quindi, valutata la possibilità di strutturare il modulo *PELL-Seismic School* con 3 diversi livelli di dettaglio di raccolta dati (Tiers), che consentano un crescente livello di conoscenza (e corrispondente crescente livello di complessità e affidabilità delle analisi di vulnerabilità sismica): da un livello "qualitativo", definito anche come Livello di Conoscenza 0 (LC0), fino a Livello di Conoscenza 2 (LC2).

Per LC2 si farà riferimento alla "*Scheda di Sintesi di Edifici Strategici ai Fini di Protezione Civile o Rilevanti in Caso di Collasso a Seguito di Evento Sismico*" predisposta dal Dipartimento di Protezione Civile Nazionale (DPC), Presidenza del Consiglio dei Ministri (PCM). Il Ministero dell'Università e della Ricerca (MIUR) e dal Dipartimento Casa Italia della PCM, utilizzano la suddetta scheda ai fini delle verifiche propedeutiche all'allocazione dei contributi finalizzati all'analisi di vulnerabilità sismica e progettazione di interventi di adeguamento antisismico sugli edifici di proprietà pubblica adibiti ad uso scolastico ricadenti nelle zone a media e alta sismicità (zone sismiche 1 e 2, secondo la classificazione dell'OPCM 3274/2003).

Per i livelli LC1 e LC2, si farà sempre riferimento a quanto predisposto dal DPC avendo cura di integrare la do necessario i dati previsti con i dati necessari all'implementazione sia del Metodo Macrosismico-Meccanico cross-calibrato (per consentire interoperabilità con CIPCast-ES) sia del metodo analitico-meccanico semplificato, noto come *SLaMA*, (Simple Lateral Mechanism Analysis).

La procedura *SLaMa* di valutazione della vulnerabilità/sicurezza e classificazione del rischio sismico si sviluppa a partire dalla identificazione delle vulnerabilità critiche attese ed attraverso la valutazione delle capacità (sia in termini di forze

che di spostamenti) degli elementi strutturali, per definire la gerarchia delle resistenze delle connessioni o sottosistemi trave-colonna e quindi i meccanismi di collasso locali e globali dei principali sistemi sismo-resistenti nelle due direzioni ortogonali. Da un confronto tra curva di capacità della struttura (curva forza-spostamento analitica e non lineare) e domanda si possono derivare in modo relativamente speditivo e con sufficiente approssimazione le prestazioni 'attese' della struttura oggetto delle analisi a vari livelli di intensità/scuotimento del terremoto di progetto/verifica (i.e. a vari periodi di ritorno).

Tale approccio analitico consente di definire un livello di sicurezza 'relativo' ad una struttura di nuova progettazione, tramite l'utilizzo di un indice %NBS (%New Building Standard, rapporto capacità/domanda), di associare una classe di rischio (da A-E, con valori indicativi delle probabilità' di collasso relative ad una struttura di nuova progettazione), nonché' di valutare le perdite annue medie (PAM, come previsto dall'*Allegato A* al D.M. n. 65 del 7-03-2017 "*Linee Guida per la Classificazione del Rischio Sismico delle Costruzioni*") prima e dopo un intervento di miglioramento/rinforzo sismico (Saitta et al. 2017), candidandosi dunque come strumento fondamentale di supporto per l'attuazione di una strategia a medio-lungo termine di riduzione del rischio sismico a scala nazionale (Pampanin, 2017; Giovinazzi e Pampanin 2017).

### 3.2 *Verso la creazione di uno strumento di monitoraggi-sismico per le scuole italiane*

Al fine di verificare la fattibilità del secondo obiettivo sopra-menzionato, il modulo *PELL-Seismic-School* sarà implementato su una serie di casi studio, identificati tra le scuole di Roma Capitale (in accordo con il Dipartimento Sviluppo Infrastrutture e Manutenzione Urbana, SIMU) e di altri Comuni, rilevando i dati a diverso livello di dettaglio (cioè LC0, LC1, LC2) per le diverse scuole selezionate.

Per le scuole per le quali sarà possibile compilare i dati richiesti dal modulo *PELL-Seismic-School* nella sua completezza (LC2) si prevede l'istallazione di sensori per il monitoraggio sismico, sia di tipo tradizionale, quali accelerometri capacitivi, sia economici e versatili all'interno di sistemi Smart Meterings, quali accelerometri sviluppati con tecnologia MEMS e/o in fibra ottica. I sensori saranno posizionati in punti opportunamente selezionati degli edifici.

Verranno, quindi, esplorati possibili protocolli di comunicazione, attraverso reti wireless, tra la piattaforma, *PELL*, e sensori MEMS/fibra.

Per tali sviluppi ci si avvarrà della preziosa collaborazione dell'INGV che insieme all'ENEA fa capo all'iniziativa *European Infrastructure Simulation and Analysis Centre* (EISAC.it), il primo nodo di una costellazione di centri di competenza che stanno sorgendo in Europa per la sicurezza delle infrastrutture strategiche. L'INGV ha avuto collaborato a diversi progetti e iniziative relative all'utilizzo di accelerometri sviluppati con tecnologia MEMS su larga scala (D'Alessandro et al. 2014; Pierleoni et al. 2018). INGV e ENEA collaborano inoltre nel progetto *RAFAEL* “*System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions*”. MIUR PON 2014-2020 (PNR 2015-2020), che vedrà l'implementazione di simile sensoristica sia su edifici che su infrastrutture critiche.

### 3.2.1 Scenari di danno e impatto: CIPCast-ES

Per tutti i casi studio, indipendentemente dal livello di conoscenza raggiunto, i dati censiti con modulo *PELL-Seismic-School*, saranno anche acquisiti dall'applicativo CIPCast-ES, realizzato da ENEA per l'analisi del rischio sismico CIPCast-ES consentirà di stimare in modo semplificato le potenziali conseguenze indotte in caso di evento sismico, quali danno fisico e/o perdita di funzionalità dell'edificio, tenendo anche conto dell'interdipendenza con altri servizi critici, quali acqua potabile e energia elettrica, consentendo valutazioni di massima. Queste valutazioni sono estremamente utili ai fini di pianificazione di protezione civile e per redigere liste di priorità per la pianificazione di interventi, etc.

Per garantire l'interoperabilità con la piattaforma *PELL* e gestire a livello di GeoDatabase i dati geo-spaziali, sia per i parametri della simulazione che per i risultati prodotti, verrà appositamente sviluppato un diagramma Entità-Relazioni (ER): in tal modo, il modulo CIPCast-ES gestirà i collegamenti tra il *PELL-Seismic-School* il database delle reti tecnologiche e i processi di simulazione sismica, di valutazione del danneggiamento e degli impatti prodotti da CIPCast-ES. L'auspicata connettività e interoperabilità tra *PELL-Seismic-School* e lo SNAES (Sistema Nazionale Anagrafe Edilizia Scolastica) consentirà di riflesso la possibilità per CIPCast-ES di avere costantemente un aggiornamento dei flussi di studenti e personale

nelle scuole al fine di previsioni puntuali su eventuali impatti alle persone in caso di un evento sismico potrebbe causare.

## 4 CONCLUSIONI

Il lavoro in corso per lo sviluppo del modulo *PELL-Seismic-School*, brevemente presentato in questo paper vuole rispondere alla forte necessità di disporre in Italia di un catasto standardizzato degli edifici scolastici a scala nazionale e di adeguati strumenti per supportare non solo le valutazioni della vulnerabilità di tali strutture, a diverso livello di dettaglio, ma anche la stima del rischio che potrebbe essere indotto, da eventuali eventi sismici, considerate le attuali precarie condizioni della maggioranza di tali edifici e quindi per supportare la stima dei benefici che l'attuazione di efficaci politiche di mitigazione potrebbero comportare. Il modulo *PELL-Seismic-School* viene proposto anche come strumento dove far convogliare dati di monitoraggio sismico degli edifici stessi; monitoraggio che si intende promuovere a larga scala grazie all'utilizzo di strumenti a basso costo, che potrebbero essere installati, ad esempio, all'interno di Smart Meters. L'idea è di consentire la registrazione della effettiva risposta degli edifici, in caso di evento sismico e quindi una valutazione rapida e puntuale, da remoto e su larga scala, dello stato di danno atteso e della residua funzionalità degli stessi.

## RINGRAZIAMENTI

L'attività per lo sviluppo del modulo *PELL Seismic-School* è finanziata nell'ambito Programmatico e Finanziario del Piano triennale 2019-2021 della Ricerca di Sistema Elettrico, per quanto attiene la tematica 1.7 “*Tecnologie per la penetrazione efficiente del vettore elettrico negli usi finali*” della Linea progettuale “*Local Energy District*”. Si ringrazia, inoltre, il progetto *RAFAEL* “*System for Risk Analysis and Forecast for Critical Infrastructure in the ApenninEs dorsaL Regions*”, MIUR PON 2014-2020 (PNR 2015-2020)

## BIBLIOGRAFIA

Annunziato, M., Blaso, L., Caiaffa, E., Cosimi, E., Fontana, F., Giuliani, G., Gozo, N., Pizzuti, S., Ponzio, G.G., 2018. La gestione smart della pubblica illuminazione e delle reti energivore: il progetto Public Energy living Lab (PELL IP). In *Atti del Congresso nazionale AIDI: Luce e*

- Luoghi: cultura e Qualità*, 17-18 Maggio 2018, Roma, pag. 156-165 (ISBN 978-88-943603-0-).
- Annunziato, M., Blaso, L., Giuliani, G., Gozo, N., Pizzuti, S., Cosimi, E., Fontana, F., Caiaffa, E., Ponzo, G.G., 2018. Progetto PELL IP: gestione smart della pubblica illuminazione. *In Rivista AEIT*, numero 9/10 del 2018, pag. 8-15.
- Bindi, D., Pacor, F., Luzi, L., Puglia, R., Massa, M., Ameri, G., Paolucci, R., 2011. Ground motion prediction equations derived from the Italian strong motion database. *Bull Earthquake Eng* (2011) 9:1899–1920 DOI 10.1007/s10518-011-9313-z.
- Blaso, L., Agnoli, S., Brutti, A., Fasano, G., Fumagalli, S., Giuliani, G., Gozo, N., Leonardi, G., Pieroni, F., Pizzuti, S., Zinzi, M., 2018. *Valutazione di infrastrutture pubbliche energivore per complessi edificati, Impianti di IP smart e Sistemi Smart Service: Prototipo di piattaforma ICT*. Report RdS/PAR2018/027.
- Blaso, L., Agnoli, S., Antonelli, A., Brutti, A., Caiaffa, E., Cosimi, E., Fasano, G., Fontana, F., Frascella, A., Fumagalli, S., Giuliani, G., Gozo, N., La Porta, L., Leonardi, G., Li Rosi, O., Gregori, O., Novelli, C., Pieroni, F., Pistochini, P., Pizzuti, S., Pollino, M., Sylos Labini, S., Zinzi, M., Ponzo G.G., 2018. *Valutazione di infrastrutture pubbliche energivore per complessi edificati, Impianti di IP smart e Sistemi Smart Service: Prototipo di piattaforma ICT*. Report RdS/PAR2017/053.
- Clemente, P., Bongiovanni, G., Buffarini, G., Saitta, F., 2015. Seismic input in the structural design: considerations and application to the Italian territory. *Int. J. of Safety and Security Eng.*, Vol. 5, No. 2, 101-112, WIT Press, doi: 10.2495. SAFE-V5-N2-101-112.
- D'Alessandro, A., Luzio, D., and D'Anna G. 2014. Urban MEMS based seismic network for post-earthquakes rapid disaster assessment. *Adv. Geosci.*, 40, 1–9, 2014. DOI: 10.5194/ageo-40-1-2014
- D'Agostino, G., Di Pietro, A., Giovinazzi, S., La Porta, L., Pollino, M., Rosato, V., Tofani, A., 2019. Earthquake Simulation on Urban Areas: Improving Contingency Plans by Damage Assessment. *In: Luijff E., Žutautaitė I., Hämmerli B. (eds) Critical Information Infrastructures Security. CRITIS 2018. Lecture Notes in Computer Science*, vol 11260, 72-83. Springer, Cham
- Di Pietro, A., Lavallo, L., La Porta, L., Pollino, M., Tofani, A., Rosato, V., 2016. Design of DSS for Supporting Preparedness to and Management of Anomalous Situations in Complex Scenarios. *In: Setola, R., Rosato, V., Kyriakides, E., and Rome, E. (eds.) Managing the Complexity of Critical Infrastructures: A Modelling and Simulation Approach*. pp. 195–232. Springer International Publishing, Cham.
- Fasano, G., Blaso L., Agnoli, S., Brutti, A., Caiaffa, E., Cosimi, E., Fontana, F., Frascella, A., Fumagalli, S., Giuliani, G., N. Gozo, G., Honorati Consonni, C., La Porta, L., Leonardi, L., Gregori, L., Novelli, C., Pieroni, F., Pizzuti, S., Pollino, M., Sylos Labini, S., Scognamiglio, A., Zini, P., Zinzi M. e Verde, C., 2017. *Valutazione di infrastrutture pubbliche energivore per complessi edificati, Impianti di IP Smart e Sistemi Smart Service*. Report RdS/PAR2016/011.
- Giovinazzi, S., Pollino, M., Ciarallo, F., Rosato, V., Luigi La Porta, L., Di Pietro, A., Clemente, P., Buffarini, G., 2019. Un sistema di supporto alle decisioni per la gestione delle reti autostradali in caso di evento sismico. *Proceedings of XVIII ANIDIS Conference*, Ascoli Piceno, Settembre 2019.
- Giovinazzi, S., and Pampanin, S., 2017. Simplified Approaches for the Seismic Risk Rating of Reinforced Concrete Buildings and the Selection of Retrofit Strategies. *Proceedings of XVII ANIDIS Conference*, 2017, Pistoia, Italy.
- Giovinazzi, S., Pollino, M., Kongar, I., Rossetto, T., Caiaffa, E., Di Pietro, A., La Porta, L., Rosato, V., Tofani, A., 2017a. Towards a Decision Support Tool for Assessing, Managing and Mitigating Seismic Risk of Electric Power Networks. *In: Computational Science and Its Applications - ICCSA 2017. Lecture Notes in Computer Science*, Part III, LNCS 10406, pp. 399–414. Springer International Publishing.
- Giovinazzi, S., Di Pietro, A., Mei, M., Pollino, M., Rosato, V., 2017b. Protection of Critical Infrastructure in the event of Earthquakes: CIPCast-ES. *Proceedings of XVII ANIDIS Conference*, 2017, Pistoia, Italy.
- Lagomarsino, S., Giovinazzi, S., 2016. Macro seismic and mechanical models for the vulnerability and damage assessment of current buildings. *Bull. Earthq. Eng.* **4**, 415-443.
- Matassoni, L., Fiaschi, A., Giovinazzi, S., Pollino, M., La Porta, L., Rosato, V., 2017. A geospatial decision support tool for seismic risk management: Florence (Italy) case study. *In: Computational Science and Its Applications - ICCSA 2017. Lecture Notes in Computer Science*. Part II, LNCS 10405, pp. 278–293, Springer International Publishing.
- Pampanin, S., 2017. Towards the practical implementation of performance-based assessment and retrofit strategies for RC buildings: challenges and solutions, *SMAR2017-Fourth conference on Smart Monitoring, Assessment and Rehabilitation of Structures*, Keynote Lecture, 13-15 Sept, Zurich, Switzerland
- Pierleoni, P., Marzorati, S., Ladina, C., Raggiunto, S., Belli, A., Palma, L., Cattaneo, M., and Valenti S., 2018. *Performance Evaluation of a Low-Cost Sensing Unit for Seismic Applications: Field Testing During Seismic Events of 2016-2017 in Central Italy*. June 2018 IEEE Sensors Journal, (99):1-1. DOI: 10.1109/JSEN.2018.2850065
- Rinaldis, D., Clemente, P., 2014. Seismic input characterization for some sites in Italy. *In: Syngellakis S. (ed), Earthquake Ground Motion: Input Definition for Aseismic Design*, WIT Press, Southampton, UK, ISBN 978-1-84564-736-0, eISBN 978-1-84564-737-7.
- Saitta, F., Clemente, P., Buffarini, G., Bongiovanni, G. 2017. Vulnerability analysis and seismic retrofit of a strategic building. *J. of Performance of Constructed Facilities*, ASCE, Vol. 31, No. 2, doi: 10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0000948.