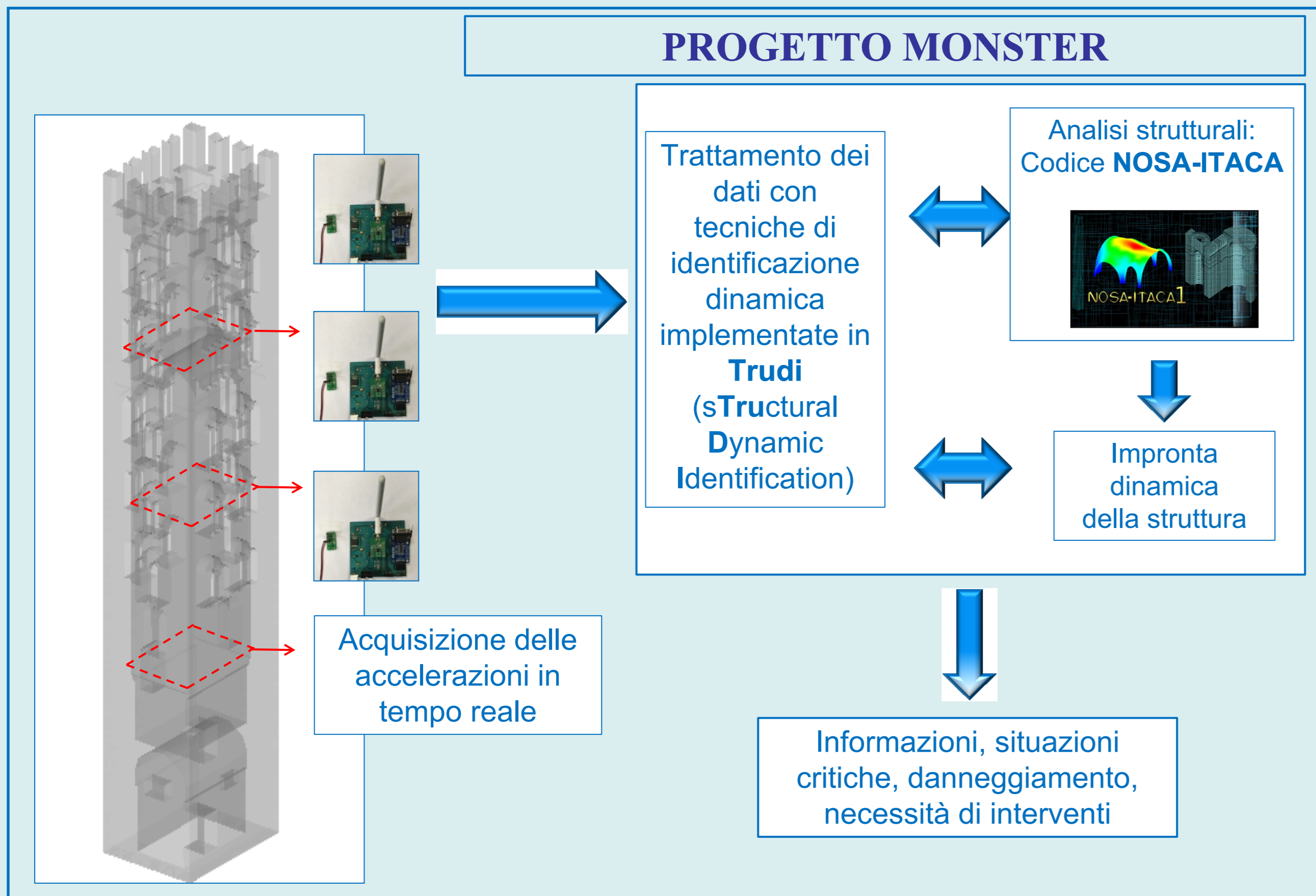


## Monitoraggio dinamico e modellazione strutturale di edifici storici nel territorio lucchese: il progetto MONSTER



Il **monitoraggio** delle vibrazioni ambientali di un edificio storico consiste nella **misura**, in alcuni suoi punti, di accelerazioni/velocità/spostamenti indotti dal traffico, dal vento, persino dalle persone che transitano nelle sue vicinanze. Questo tipo di monitoraggio, se protratto nel tempo, consente da una parte di acquisire importanti conoscenze sul comportamento dinamico del manufatto, dall'altra di controllarne lo stato di salute strutturale: infatti, significative variazioni nel tempo delle caratteristiche dinamiche di un edificio possono essere indice di danno e mettere in allerta chi è preposto alla sua tutela.

Un nuovo sistema per il **monitoraggio delle vibrazioni ambientali di edifici storici** è stato realizzato dai laboratori "Meccanica dei Materiali e delle Strutture" e "Reti Wireless" dell'Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione "A. Faedo" del Consiglio Nazionale delle Ricerche di Pisa (ISTI-CNR) nell'ambito del progetto **MONSTER**, cofinanziato dalla **Fondazione Cassa di Risparmio di Lucca** e concluso a Giugno 2016. Nel corso del progetto è stata indagata la possibilità di utilizzare strumentazione a basso costo, in particolare accelerometri simili per prestazioni a quelli impiegati negli *smartphone*. Questa scelta, se da una parte riduce l'accuratezza dei dati acquisiti, dall'altra abbassa notevolmente i costi del sistema di monitoraggio (costo hardware, installazione, manutenzione, etc.). Il nuovo sistema consente la realizzazione di campagne di misura di lungo periodo e può svolgere **funzione di presidio** nei confronti di azioni eccezionali che dovessero interessare la struttura, ad esempio un sisma.

### Il campanile della Basilica di San Frediano (Lu) – installazione del sistema di monitoraggio



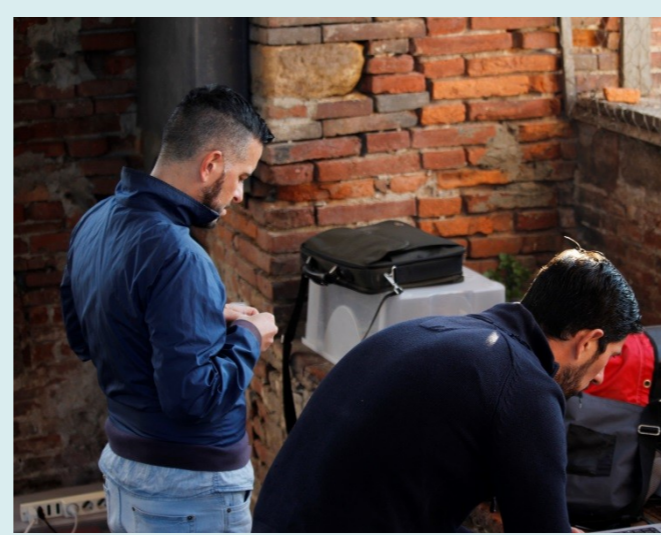
La basilica di San Frediano



Il campanile



Sensore a basso costo applicato sul campanile



Installazione del sistema di monitoraggio



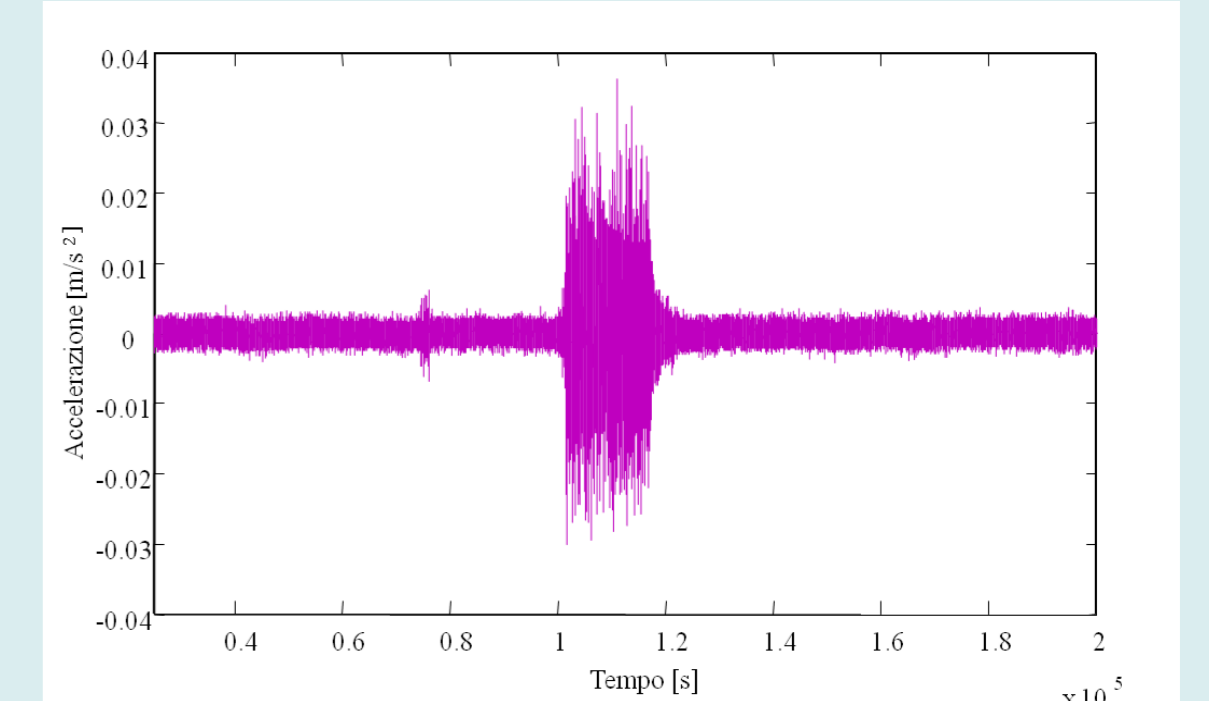
Stazione sismica SARA SS20, Osservatorio Sismologico di Arezzo (INGV)

Il sistema, sviluppato da ISTI-CNR e testato per mezzo di una sofisticata strumentazione messa a disposizione dal dott. Riccardo Mario Azzara dell'Osservatorio Sismologico di Arezzo, è stato applicato alla **torre campanaria della basilica di San Frediano** a Lucca e al **Ponte della Maddalena** noto come Ponte del Diavolo a Borgo a Mozzano.

Il comportamento strutturale dei due manufatti è stato modellato utilizzando il codice di calcolo agli elementi finiti **NOSA-ITACA**, sviluppato da ISTI-CNR per l'analisi statica e dinamica di costruzioni in muratura di interesse architettonico ([www.nosaitaca.it](http://www.nosaitaca.it)).



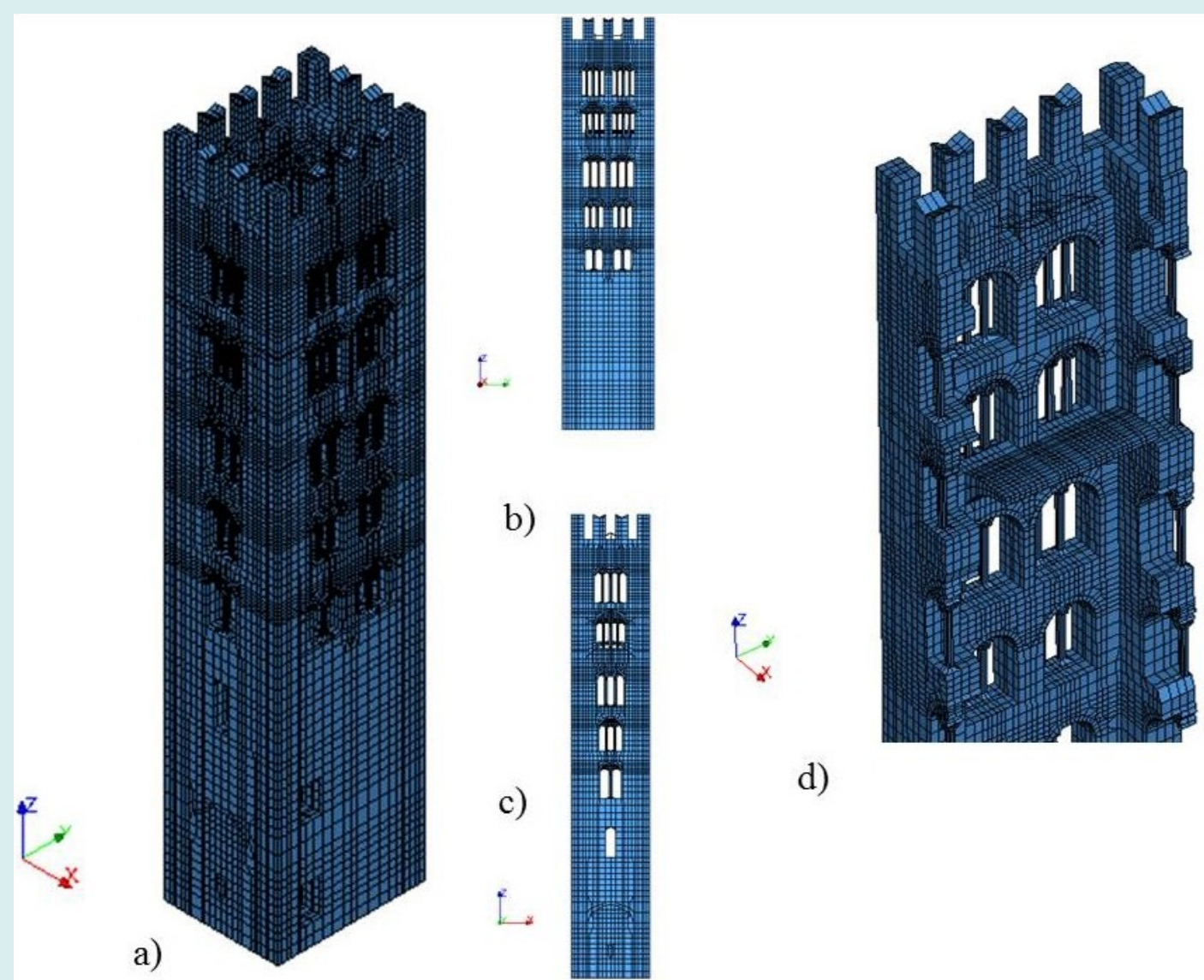
La cella campanaria



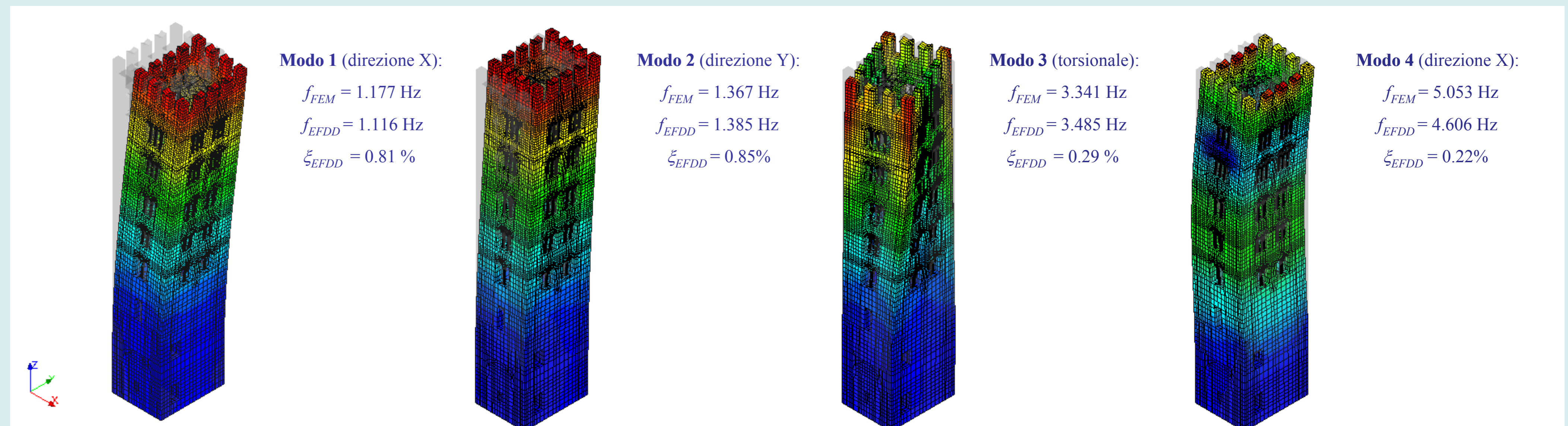
Accelerazione in direzione Y misurata sulla cella campanaria al suono delle campane (17/11/2015)

### Il campanile della Basilica di San Frediano (Lu) – modello agli elementi finiti

Il codice di calcolo **NOSA - ITACA** è utilizzato per studiare il comportamento statico e le caratteristiche dinamiche della torre campanaria discretizzata con elementi finiti. Il modello è costituito da 45637 elementi *brick* a 8 nodi, 8 elementi *beam* (che simulano la presenza delle catene), per un totale di circa 180000 gradi di libertà. La muratura è modellata come un materiale elastico non lineare con resistenza a trazione nulla e infinita resistenza a compressione. E' stata condotta un'analisi statica preliminare che ha permesso di valutare lo stato tensionale e deformativo all'interno del campanile. Note le frequenze naturali della torre, sono state utilizzate tecniche di *model updating* per stimare le caratteristiche meccaniche dei materiali costituenti.



Modello agli elementi finiti: a) vista globale; b) prospetto est; c) prospetto sud; d) spaccato assonometrico. I rilievi del campanile sono stati forniti dallo Studio Tecnico Associato Natucci-Butelli.



I primi 4 modi di vibrare e le relative frequenze calcolate da NOSA-ITACA (FEM) e dall'identificazione dinamica mediante la tecnica *Enhanced Frequency Domain Decomposition* (EFDD).

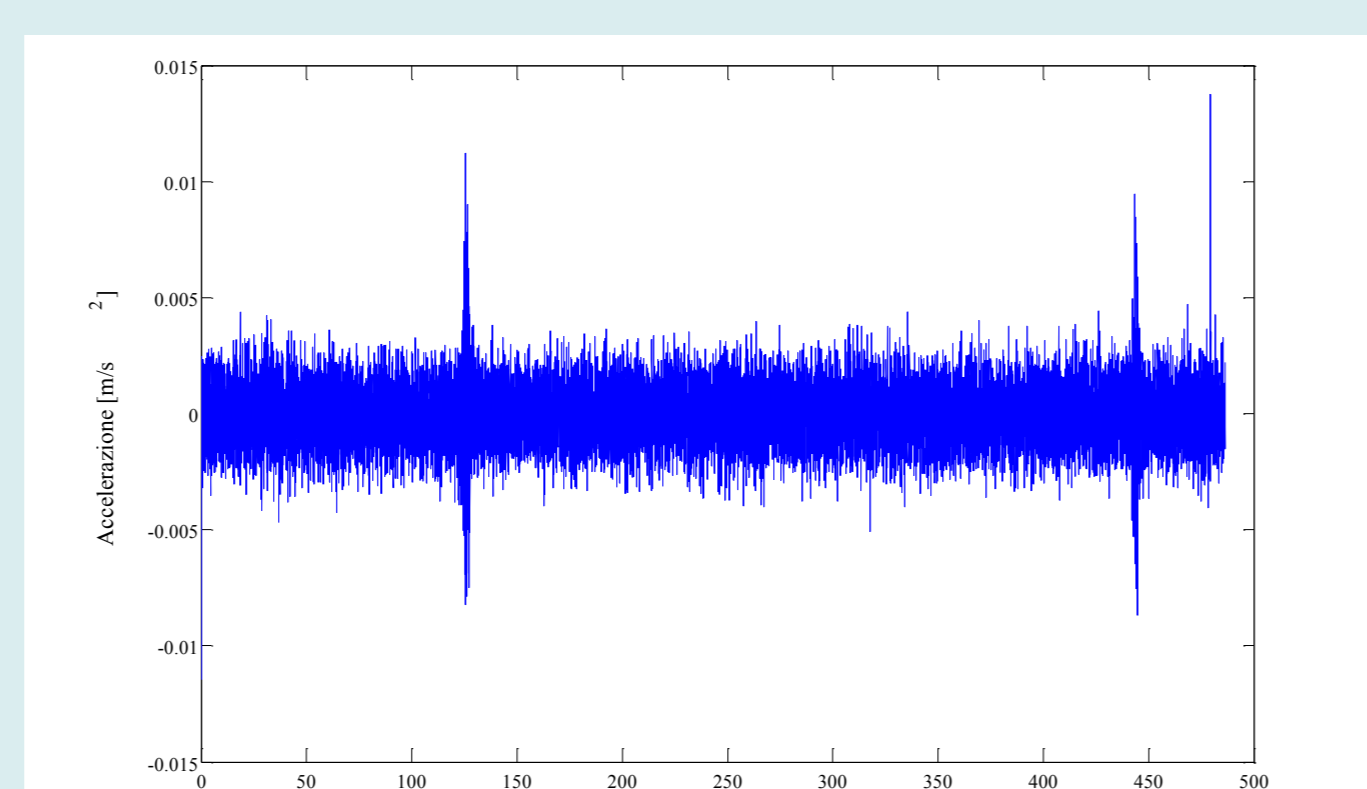
### Il Ponte della Maddalena, Borgo a Mozzano (Lu) – installazione dei sensori



Il ponte della Maddalena



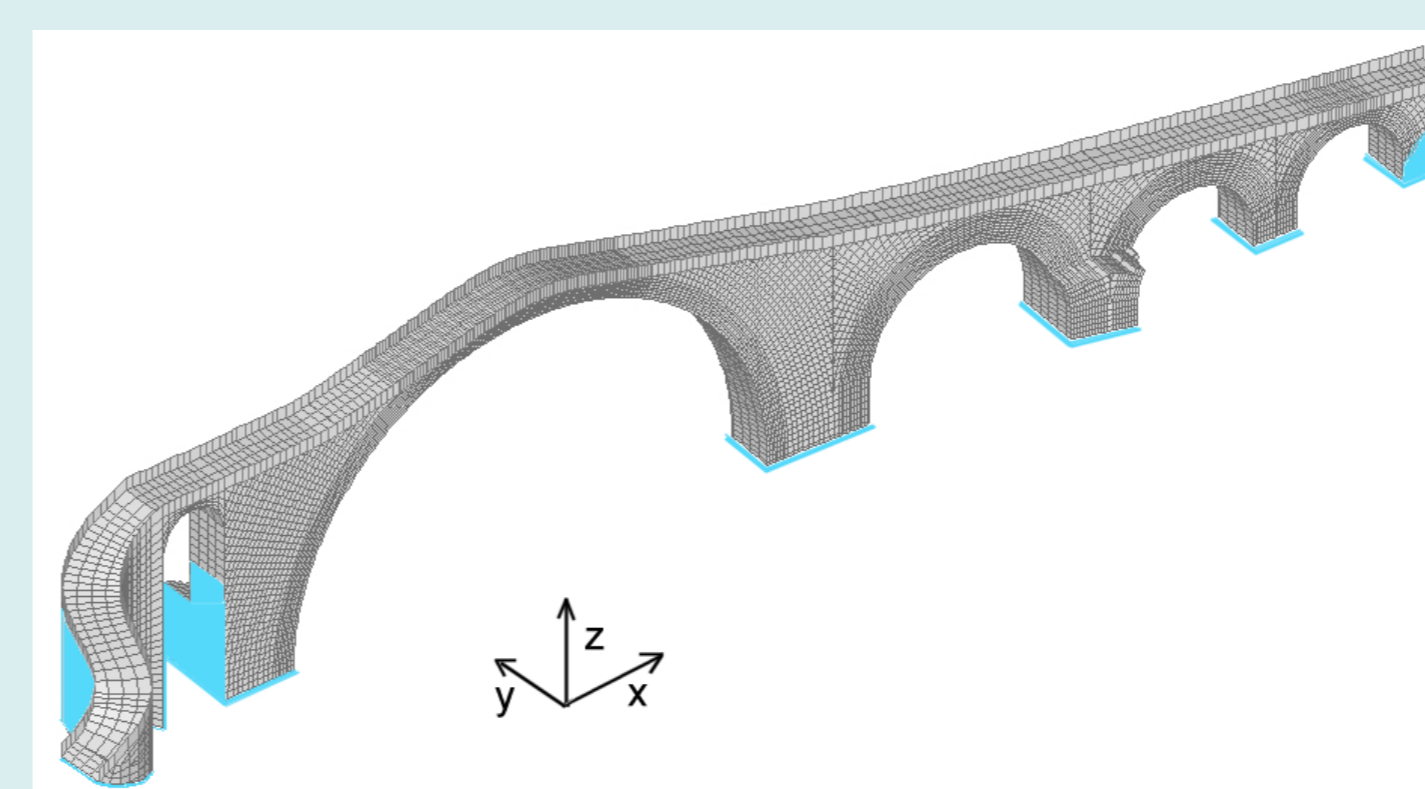
Applicazione del sistema all'impalcato del ponte



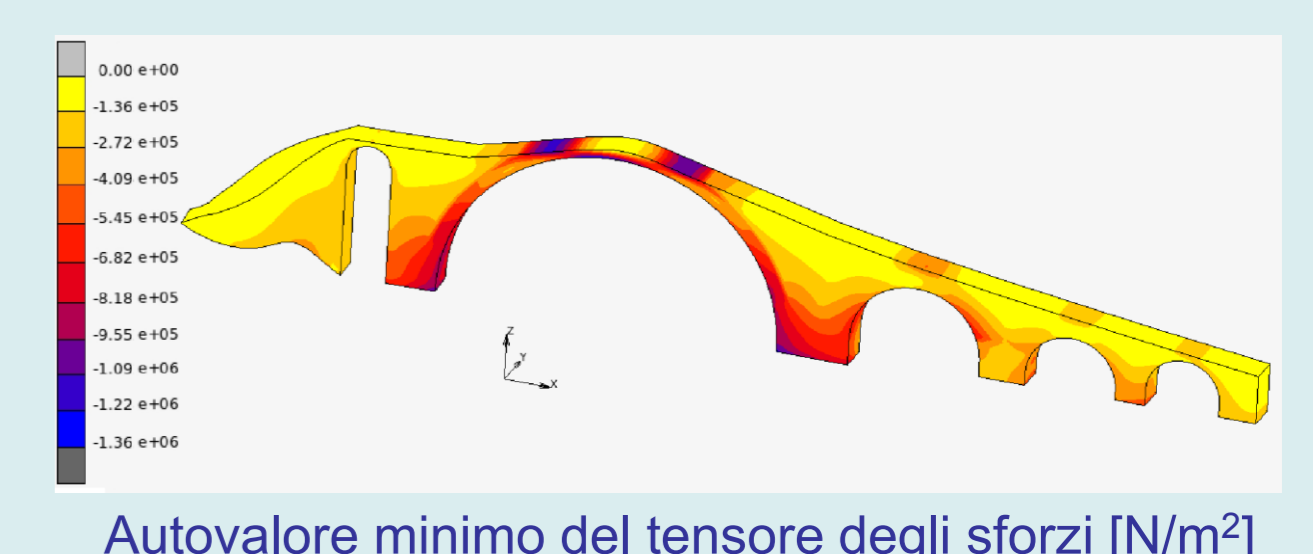
Accelerazione rilevata sul ponte il 30/09/2015, alle ore 12:06

### Modello agli elementi finiti

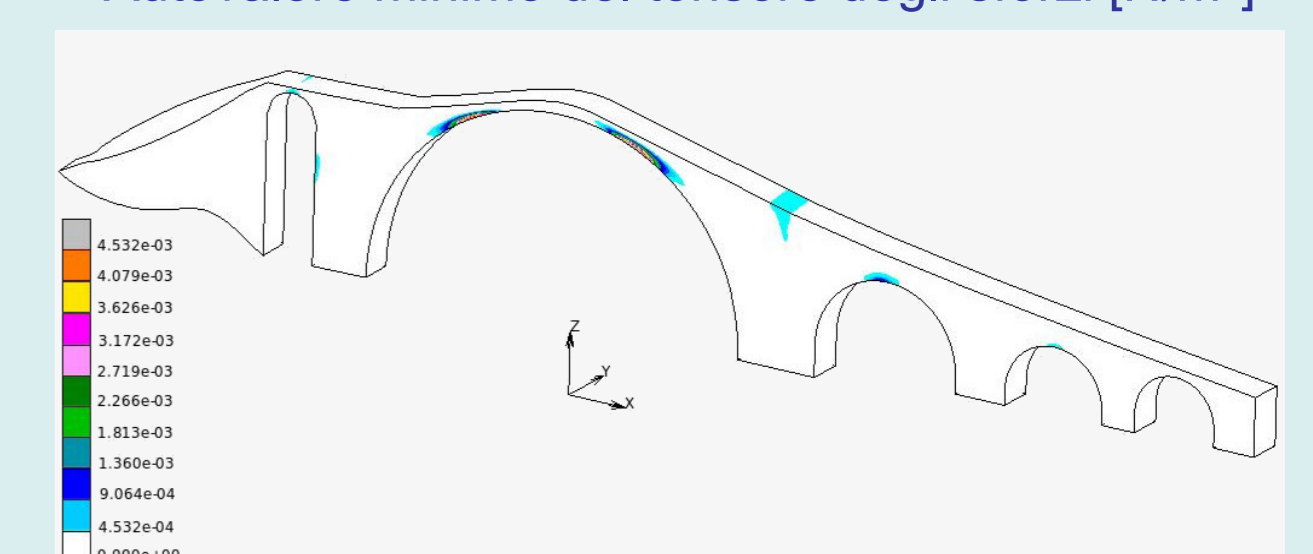
Il codice di calcolo **NOSA - ITACA** è stato utilizzato, in collaborazione con l'Ing. Anna De Falco dell'Università di Pisa, per creare un modello agli elementi finiti costituito da 30156 elementi *brick* a 8 nodi. E' stata condotta un'analisi statica preliminare che ha permesso di valutare lo stato tensionale e deformativo nel ponte soggetto ai carichi permanenti. Inoltre, è stato valutato l'effetto del passaggio di un convoglio ferroviario attraverso la spalla del ponte sul comportamento dinamico della struttura.



Modello agli elementi finiti



Autovalore minimo del tensore degli sforzi [N/m<sup>2</sup>]



Autovalore massimo del tensore delle deformazioni di frattura