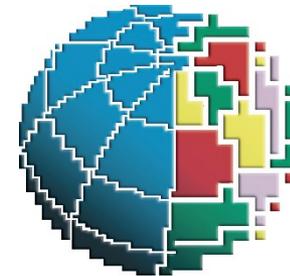


Reti diffuse di sensori low-cost per il monitoraggio sismico e strutturale



UNIVERSITÀ
POLITECNICA
DELLE MARCHE



INGV

Prof.ssa Ing. Paola Pierleoni

p.pierleoni@univpm.it

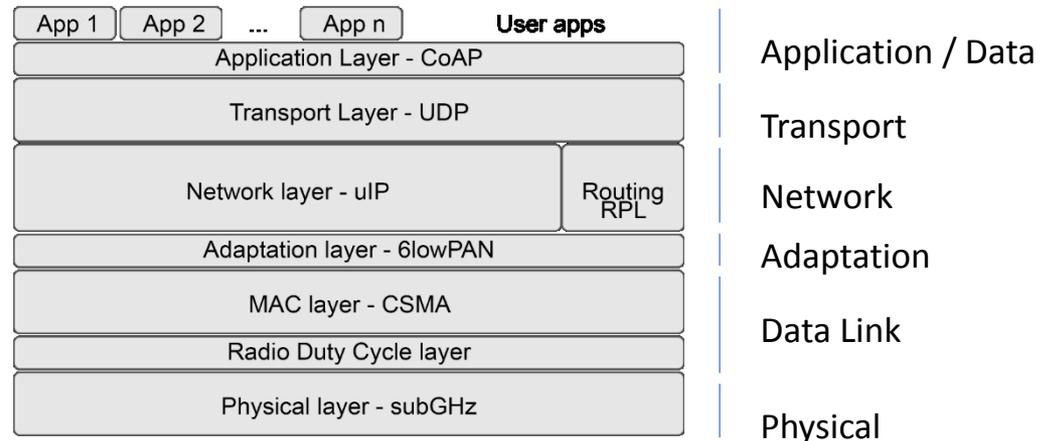
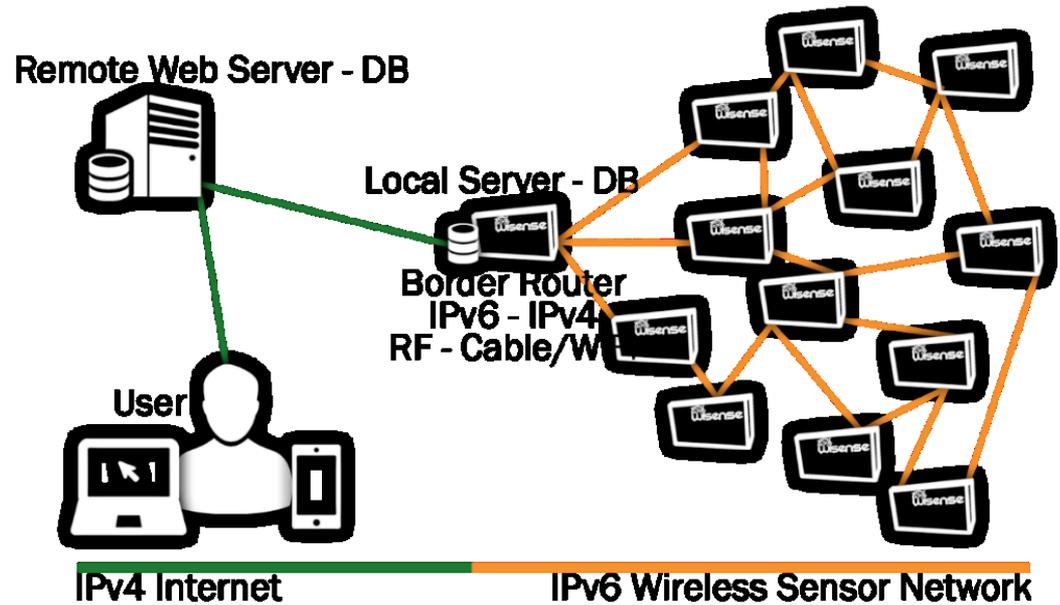


UNIVERSITÀ
POLITECNICA
DELLE MARCHE

Reti di Sensori Wireless

Scenari applicativi:

- Early Warning System
- Smart Cities
- Environmental monitoring
- Cultural Heritage
- Indoor positioning
- Lighting system
- Smart Energy
- Industry 4.0
- ...



Accordo quadro INGV

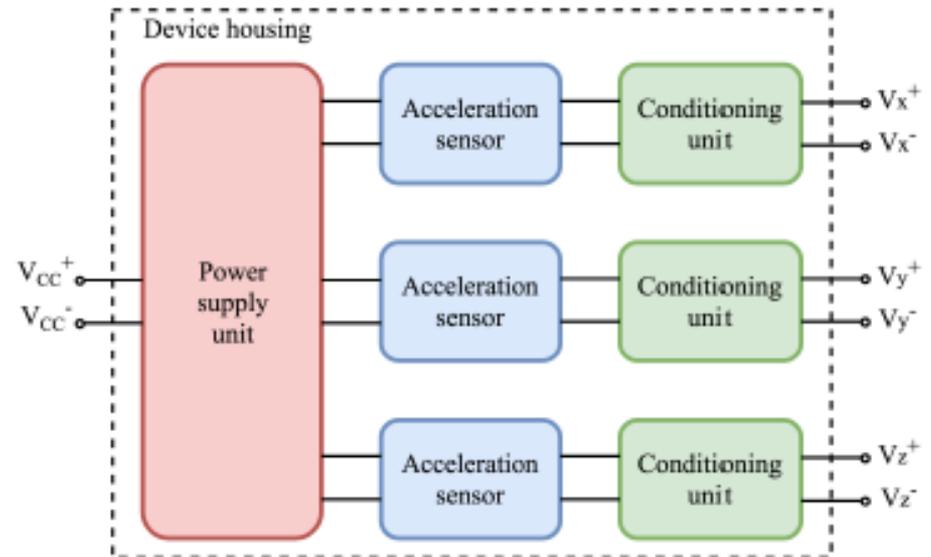
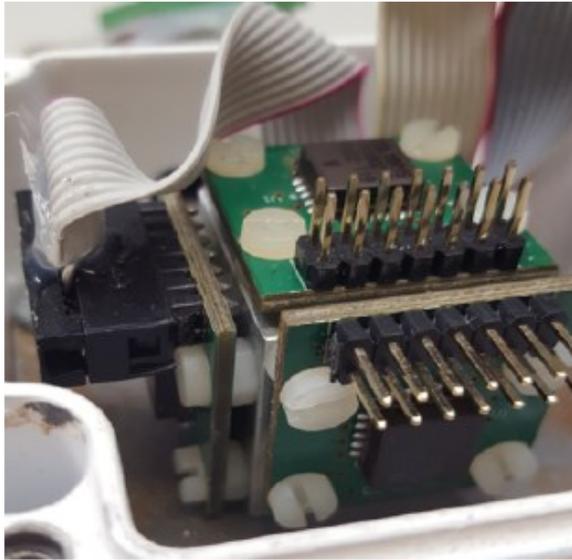
“Ricerca e sviluppo di architetture e sistemi di monitoraggio sismico e strutturale basati su reti di sensori distribuite”

Applicazioni delle reti diffuse di sensori low cost:

- Monitoraggio sismico
- Monitoraggio strutturale
- EEW

Monitoraggio sismico: stazione TEST

Realizzazione di una unità di sensing basata su sensori MEMS (Colibrys VS1002) a basso costo e a bassa potenza per il monitoraggio sismico e per la creazione di mappe di scuotimento.



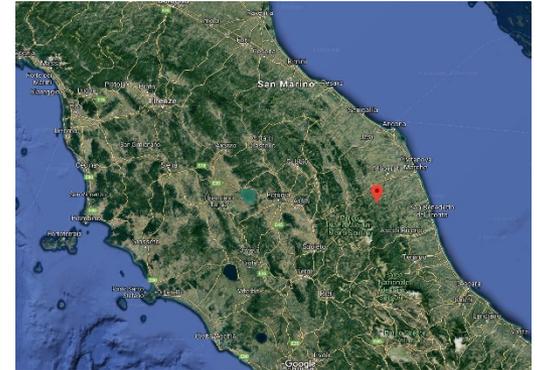
La stazione TEST è costituita da:

- L'unità di sensing realizzata
- Data logger GAIA2 (INGV)

Monitoraggio sismico: stazione di riferimento GUMA

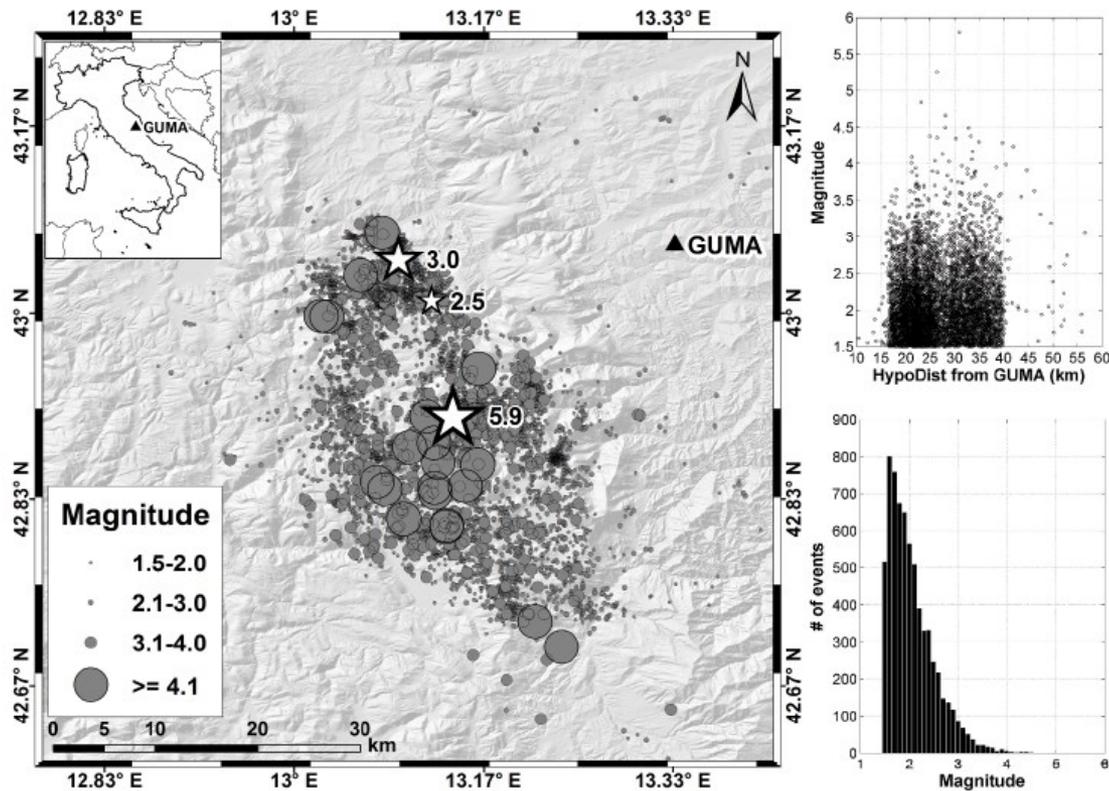
La stazione di riferimento GUMA dell'INGV, si trova a Gualdo (MC) (lat. 43.0627° N, long. 13.3352° E, elevation 574 m Z) ed è composta da:

- Episensor FBA ES-T (Kinematics)
 - ✓ composto da tre accelerometri force balance, ortogonali tra loro
 - ✓ full g-scale range da ± 0.25 a ± 4 g (settabile)
 - ✓ thermal drift ($< 500 \mu\text{g}/^\circ\text{C}$)
- GAI2 data logger



Monitoraggio sismico: Distribuzione eventi sismici

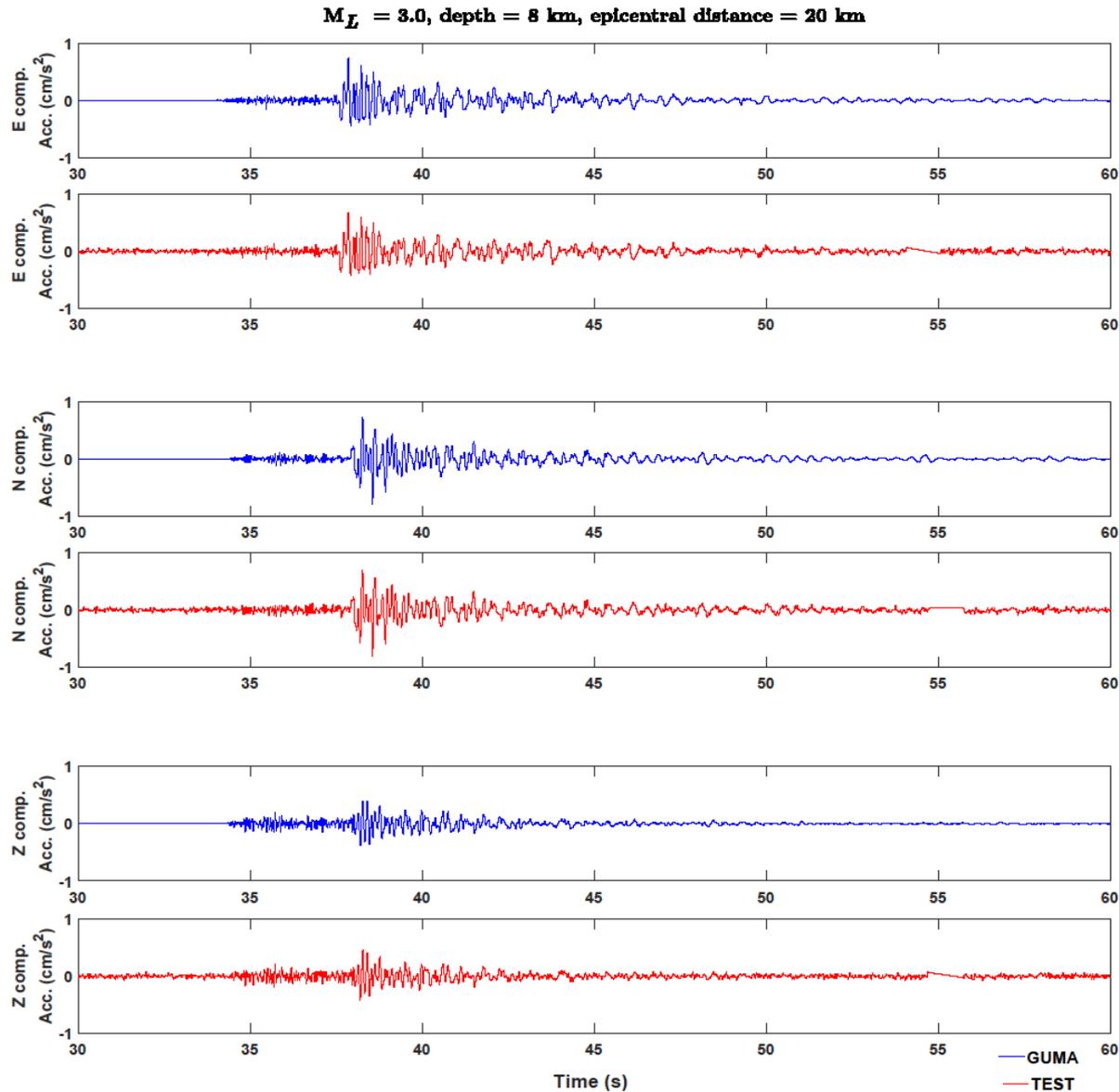
- Il confronto è iniziato il 20 Settembre 2016 ed è terminato il 20 Marzo 2017
- 35207 eventi sismici rilevati da GUMA nel periodo di riferimento
- **6764** eventi sismici selezionati
- Range epicentro **16 km÷40 km** da stazioni



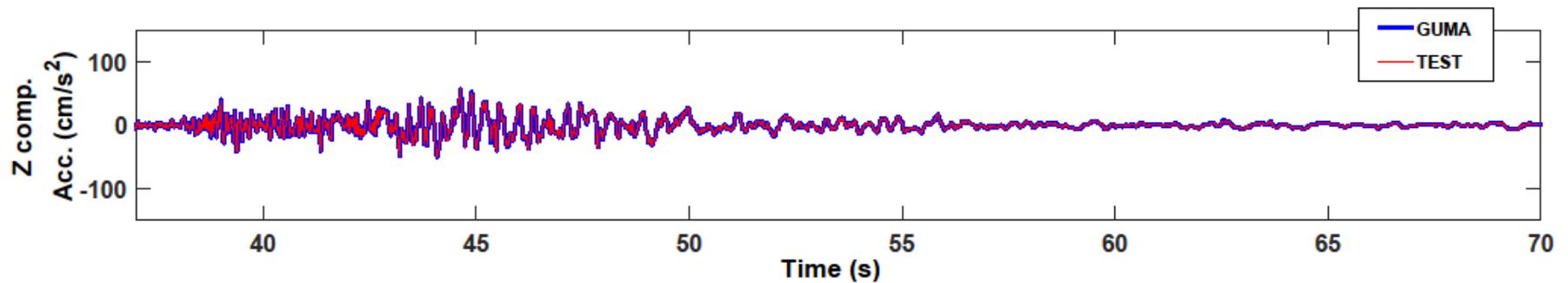
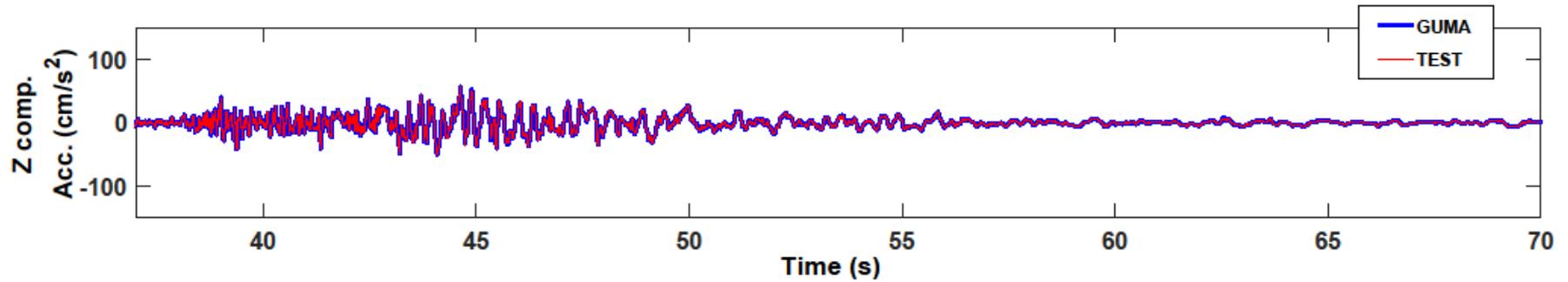
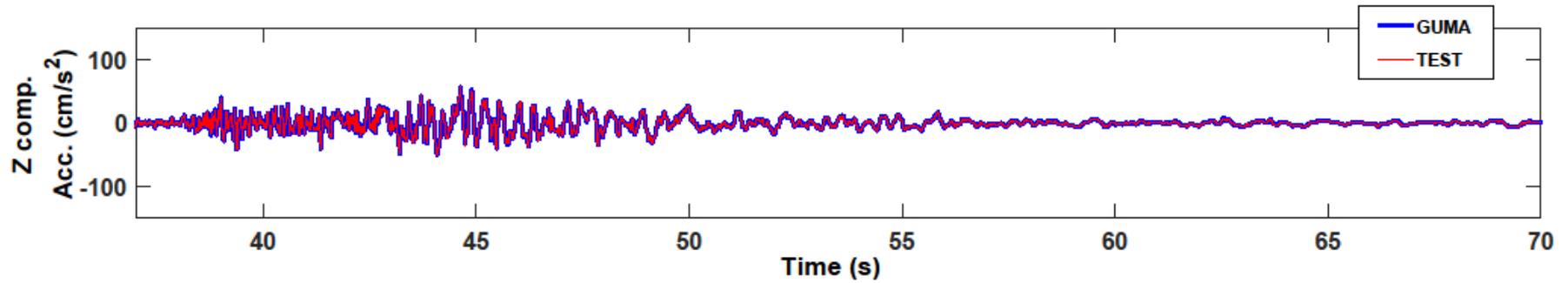
Monitoraggio sismico: eventi a confronto

Date	Time (UTC)	M_L	Lat. (degrees)	Long. (degrees)	Depth (km)	E_d (km)
Oct 26, 2016	19:18:05	5.9	42.9°	13.13°	8	21.6
Dec 6, 2016	19:11:36	3.0	43.05°	13.09°	8	20

Monitoraggio sismico: risultati - $M_L = 3,0$



Monitoraggio sismico: risultati - $M_L = 5,9$



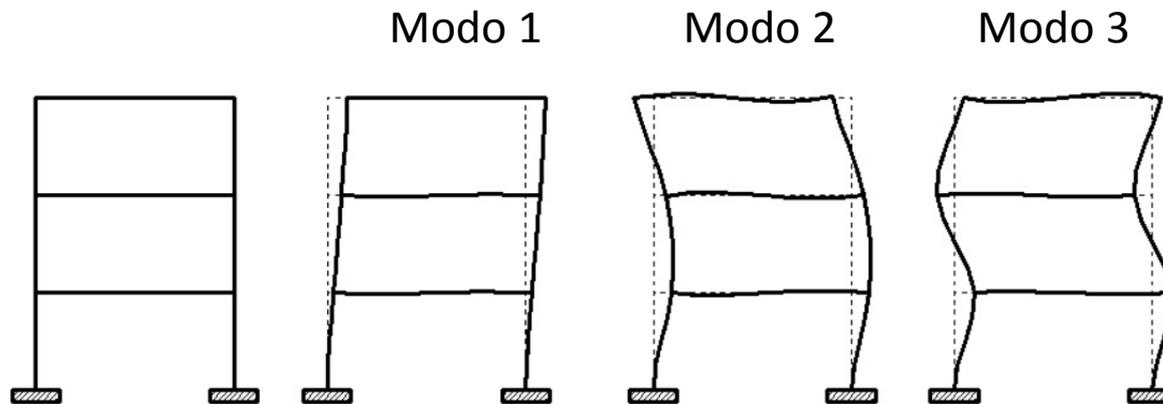
Monitoraggio sismico: performance della stazione TEST

N of earthquakes	M_L	P phase	S phase
3661	$1.5 \leq M_L < 2.0$	0%	0%
1979	$2.0 \leq M_L < 2.5$	2%	16%
803	$2.5 \leq M_L < 3.0$	19%	77%
238	$3.0 \leq M_L < 3.5$	57%	96%
63	$3.5 \leq M_L < 4.0$	97%	100%
20	$M_L \geq 4.0$	100%	100%

Percentuali di onde P e onde S rilevate dalla stazione test relative a eventi sismici con epicentro ad una distanza compresa **tra 16 e 40 Km** dalla stazione.

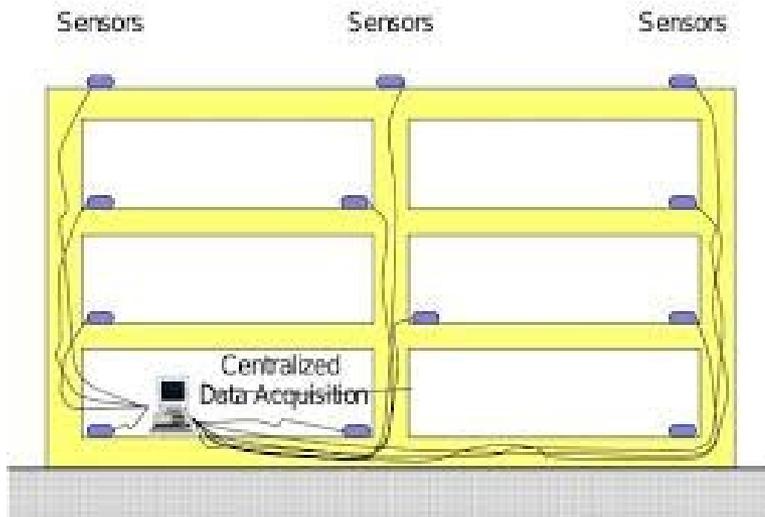
Progetto strategico d'ateneo

“Ricerca e implementazione di soluzioni innovative di Wireless Sensor Network finalizzate al monitoraggio strutturale”



Esempi di modi di vibrare di un edificio

Monitoraggio strutturale: obiettivo

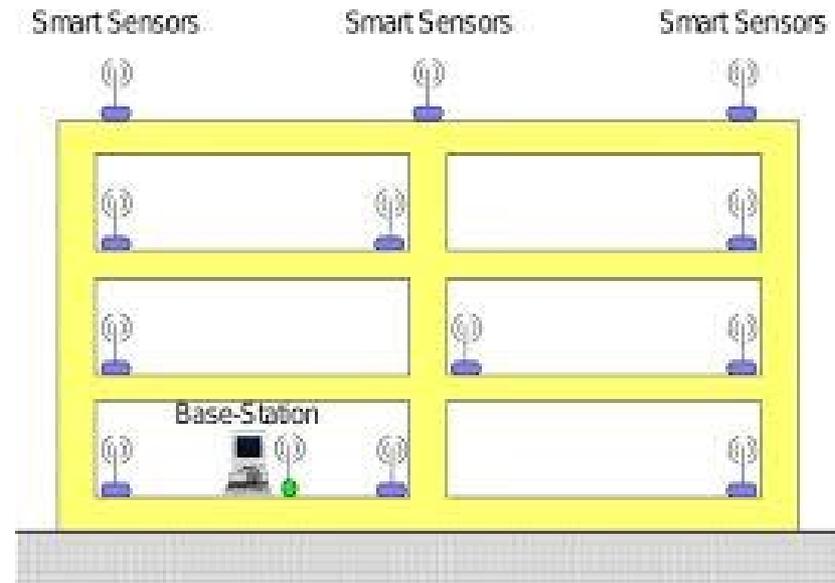


Sistema cablato tradizionale:

- Tempi di installazione lunghi
- Sensori costosi

Sistema wireless proposto:

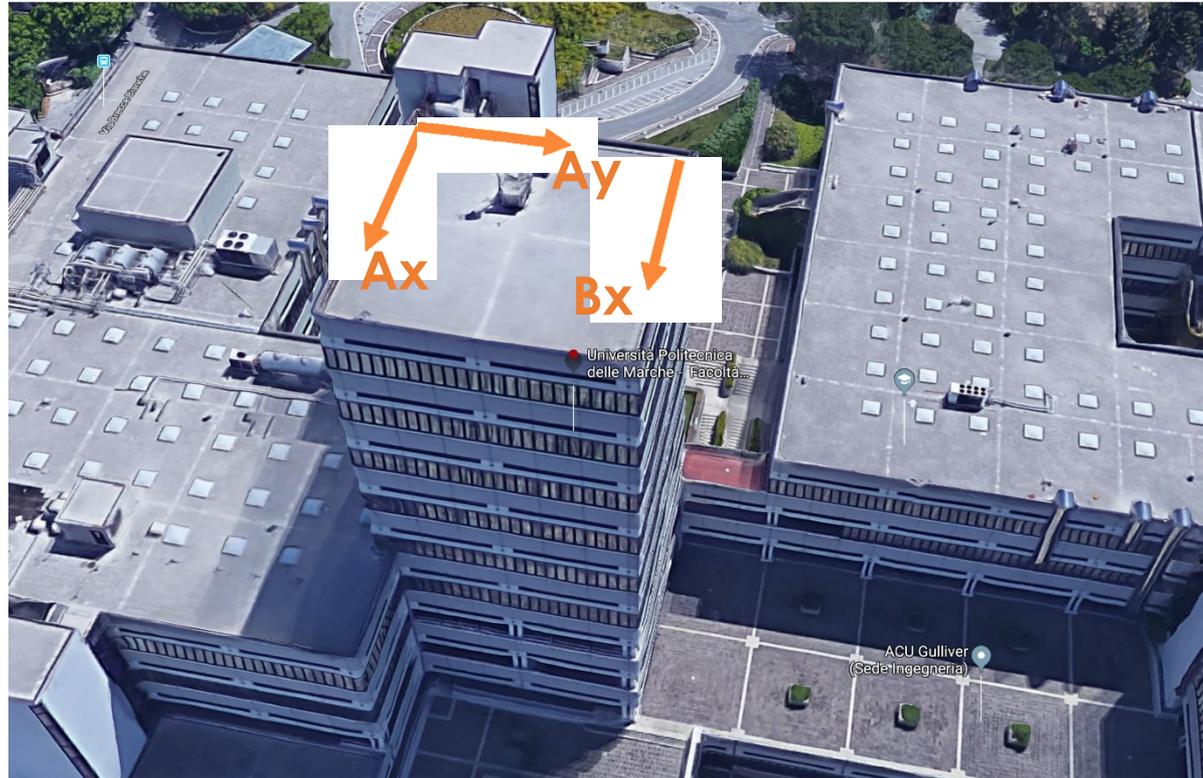
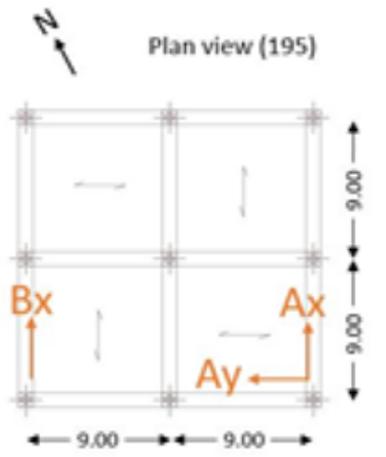
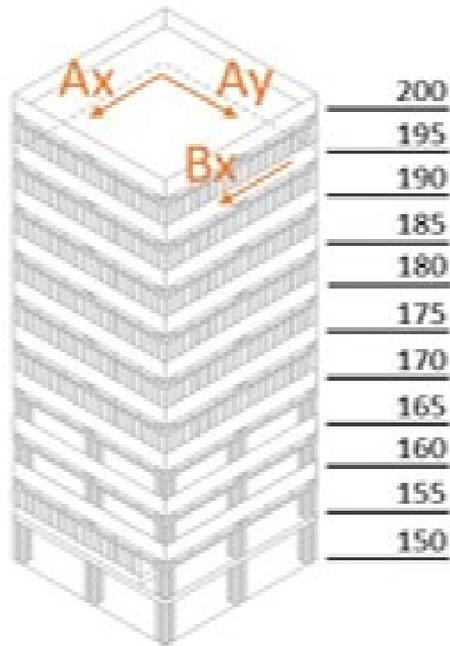
- Smart sensors
- Sensori low-cost
- Tempi di installazione brevi



Monitoraggio strutturale: sensori a confronto

Sensor name		Sensor Type	Acquisition unit	ADC resolution [bit]	Rate [sps]	
PCB 393B31		DICEA Analogic Accelerometer	DAQ NI 9234		24	51.2
LENNARTZ 5s TRILLIUM 120c		INGV Analogic Velocimeters	GAIA2		24	100
ADXL355		DII Digital Accelerometer	STM32 Nucleo		20	50

Monitoraggio strutturale: Test q195 Torre di Ingegneria



Monitoraggio strutturale: posizionamento dei sensori

PCB 393B31

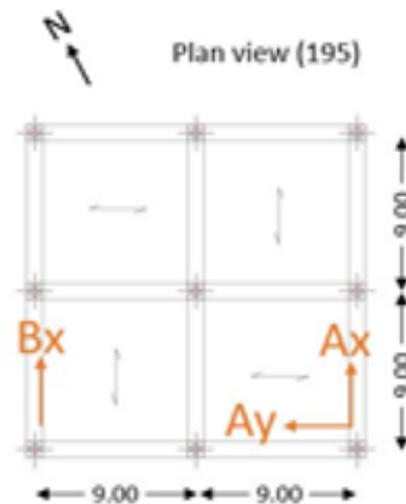
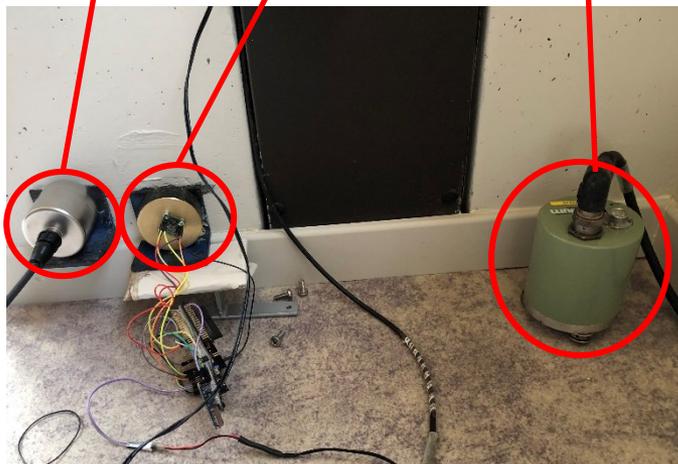
TRILLIUM 120c

LENNARTZ 5s

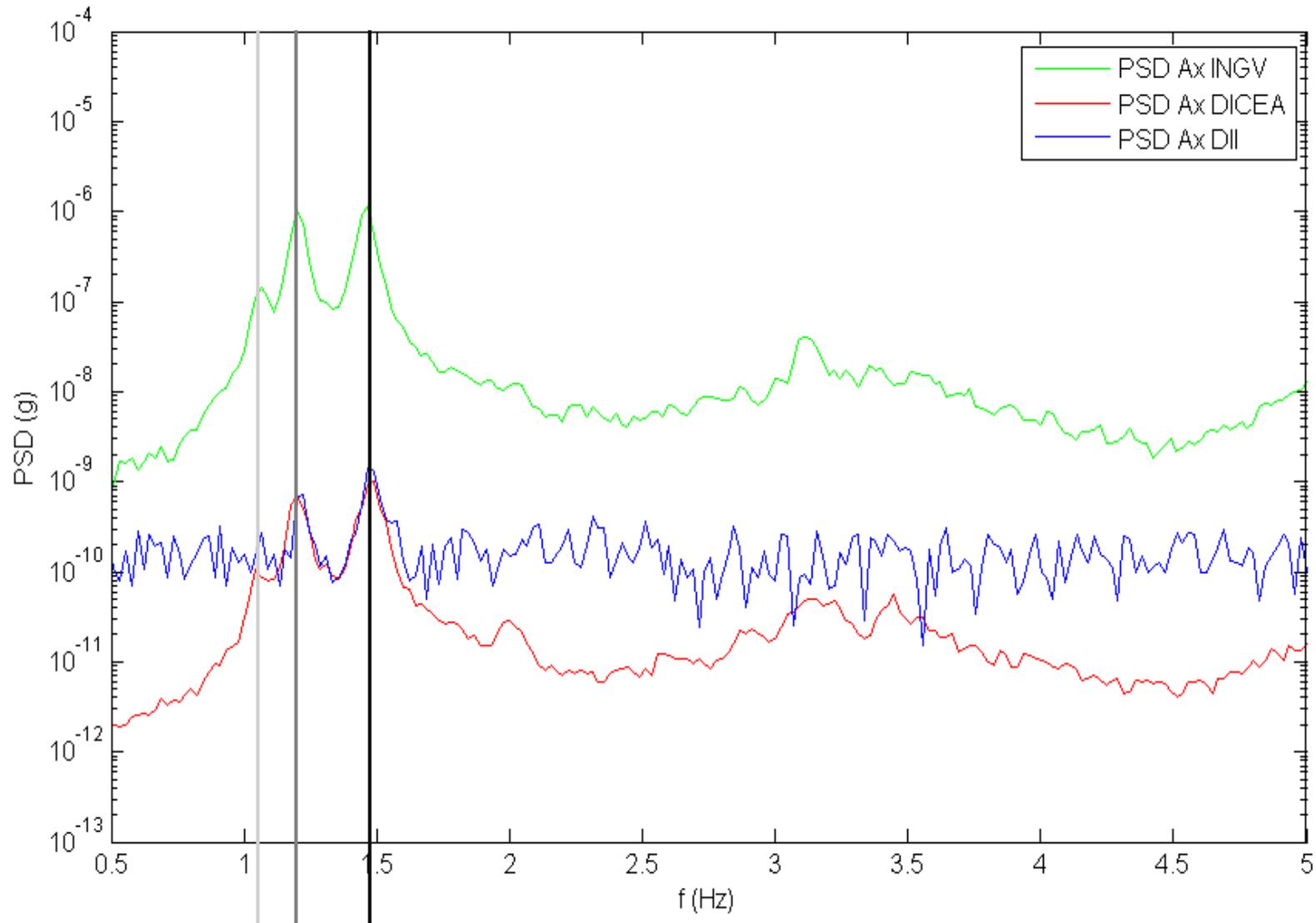
ADXL355

ADXL355

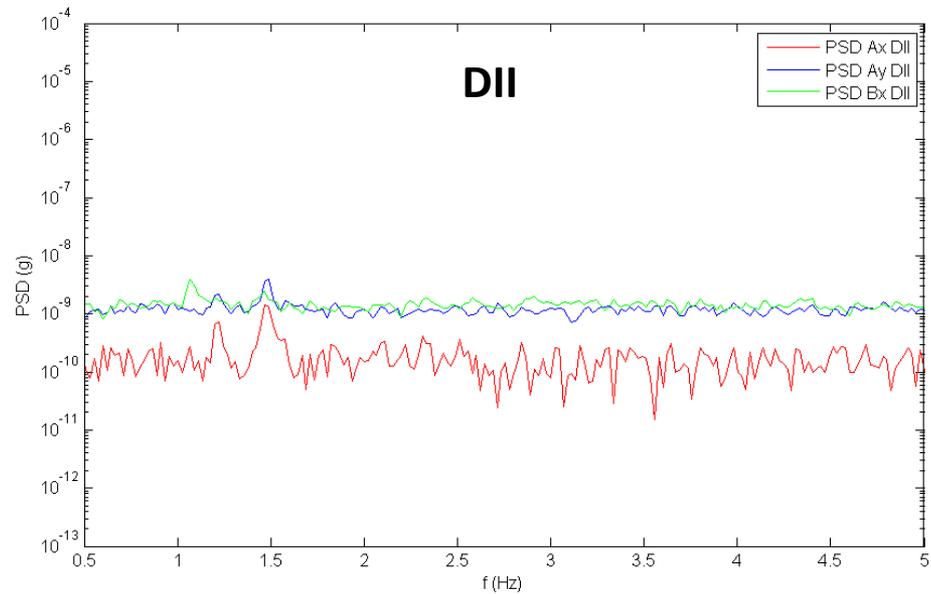
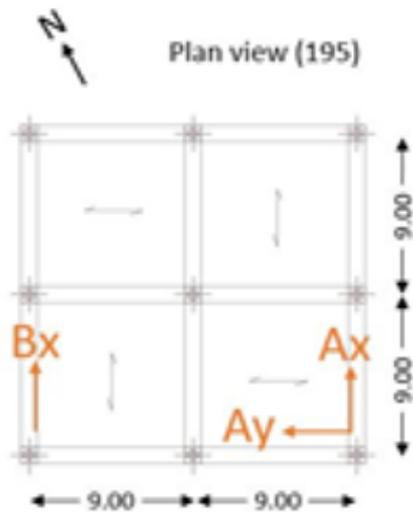
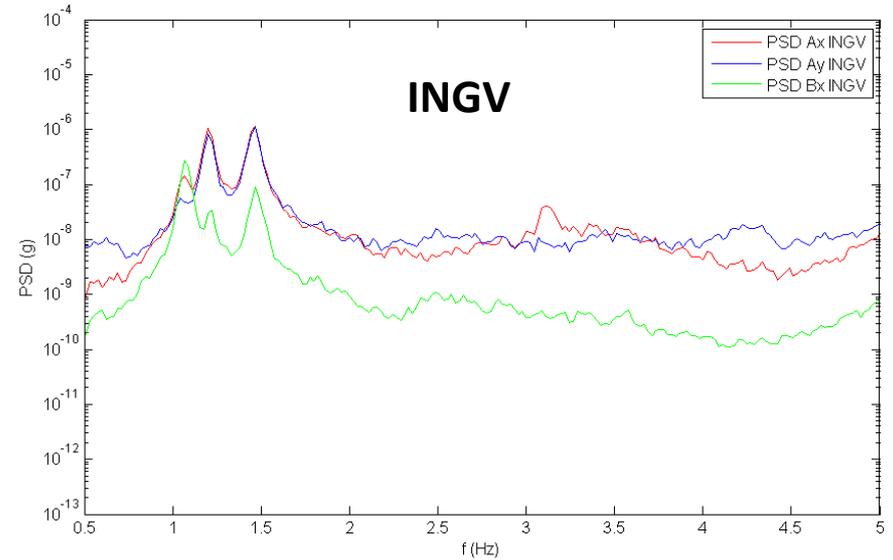
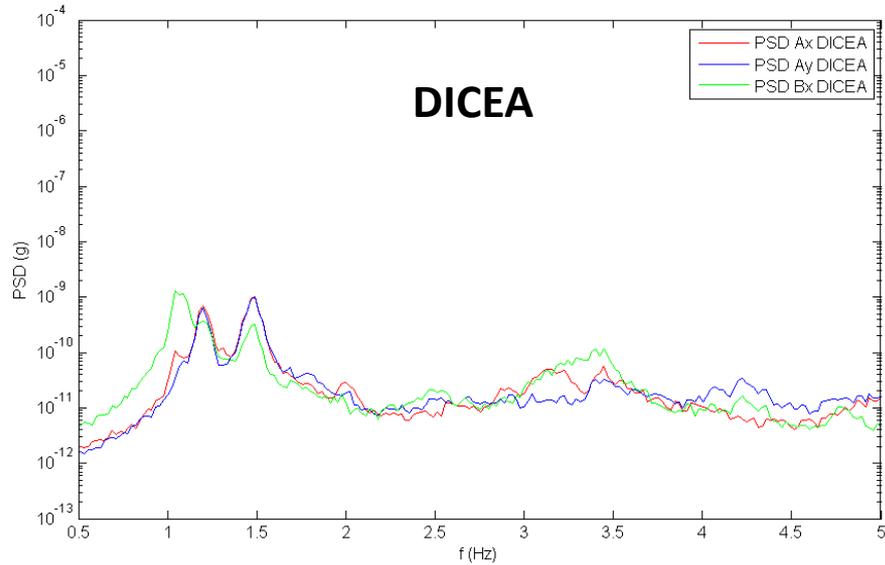
PCB 393B31



Monitoraggio strutturale: PSD



Monitoraggio strutturale: PSD



Prevenzione dei rischi e gestione delle emergenze

Realizzazione di sistemi di monitoraggio per valanghe con diverse finalità:

- **Allerta rapida**
- **Localizzazione**
- Studio delle **dinamiche comportamentali** delle aree soggette
- **Controllo** delle aree potenzialmente interessate
- Sistema **real-time** di allerta nei centri abitati o lungo le vie di comunicazione per salvaguardare la popolazione



Sistemi tradizionali:

- Sistemi elettro-meccanici
- Stazioni di misura sismiche
- Sistemi infrasonici
- Sistemi visivi
- Stazioni meteo

Prevenzione, manutenzione, semplificazione e rafforzamento

- I sensori attualmente consentono monitoraggio costante delle frane
- L'architettura di rete proposta permette il **monitoraggio**, **alertamento** e **difesa** dal dissesto idrogeologico con l'integrazione delle seguenti unità di sensing
 - Sensori di portata
 - Sensori di flusso
 - Sensori di livello
 - Sensori di umidità del suolo
 - Pluviometri

Protocolli di comunicazione

Estendere e incrementare la rete con sensori e protocolli di ultima generazione:

LTE-M

5G

IPv6-mesh

LoRa

NB-IoT

Potenziare l'attuale infrastruttura di comunicazione senza necessità di installare nuovi ponti radio, permettendo di sfruttare a pieno gli investimenti fatti per lo sviluppo di Marche-way