



consorzio nazionale
interuniversitario
per le telecomunicazioni

Linea 6. Monitoraggio strutturale ed ambientale

Prof. Andrea Irace

Outline

- Sensori in fibra ottica
 - FBG, Brillouin
 - Esempi
- Altre tecnologie
 - Diagnostica EM non invasiva
 - Sensori optofluidici di inquinanti
 - Monitoraggio radar e satellitare
- Tecnologie abilitanti
 - Sensor Networks
 - Wireless Power Transmission
 - 5G
 -

Obiettivi del Monitoraggio Strutturale/ Ambientale

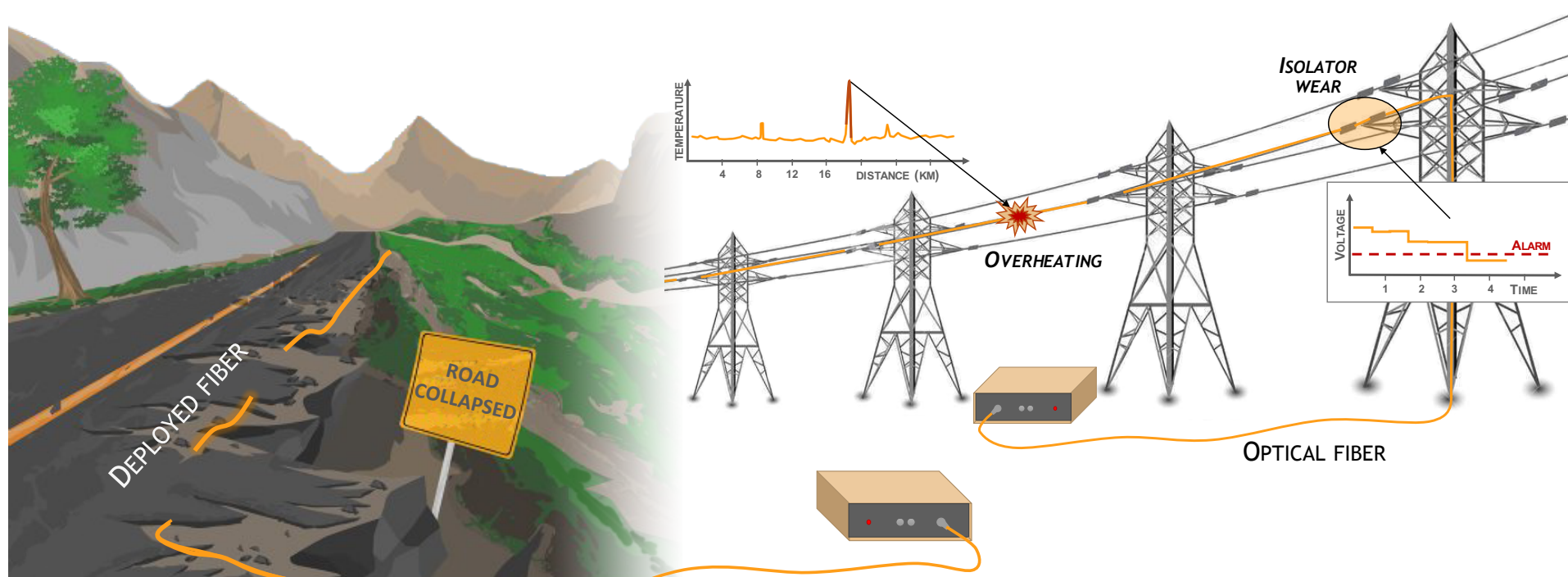
- **Osservare** con continuità la degradazione di strutture e/o materiali con minimo intervento da parte dell'operatore (autonomo);
- **Valutare** variazioni critiche dei parametri, a partire da una condizione nominale (baseline);
- **Verificare** l'integrità strutturale (margine di sicurezza adeguati, vita residua sufficientemente ampia);
- **Raccomandare** strategie di intervento o manutenzione.

SENSORI IN FIBRA OTTICA

SENSORI PUNTUALI (FBG) O DISTRIBUITI (RAMAN, BRILLOUIN):

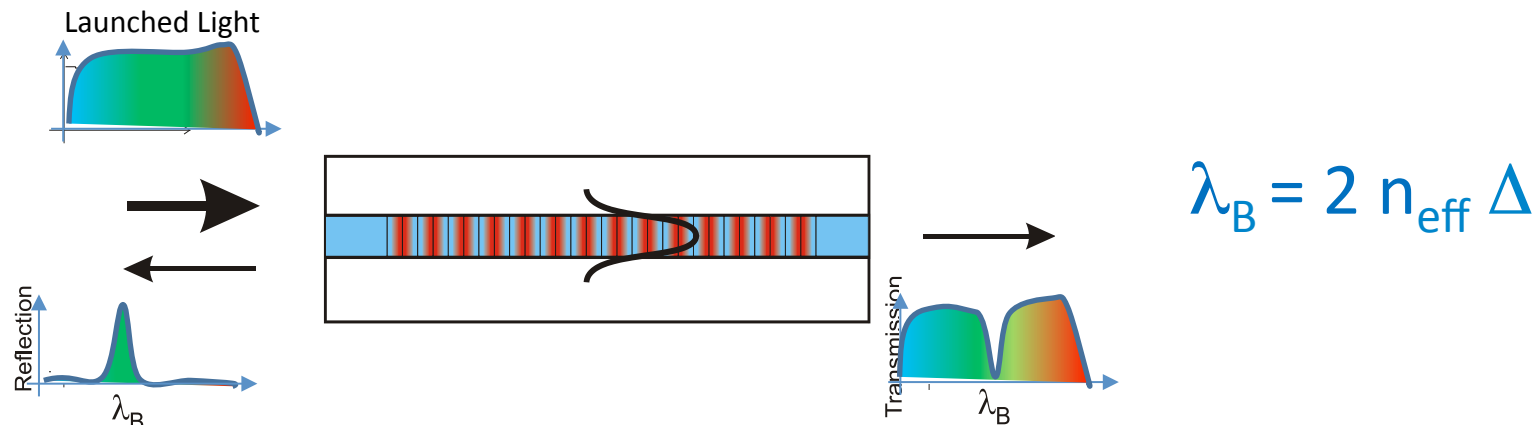
- CONSENTONO ANALISI IN REAL TIME & MULTI-PARAMETRO DI INFRASTRUTTURE

- **MONITORAGGIO STRUTTURALE DI GALLERIE E VIADOTTI**
- **FRANE E RISCHIO IDROGEOLOGICO**
- **MONITORAGGIO DELLO STATO DELLE CONDUTTURE IDRICHE**
- **CONTROLLO DELLO STATO DELLE LINEE ELETTRICHE**



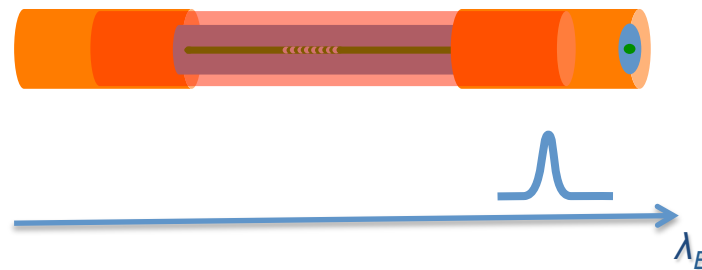
Reticoli di Bragg in Fibra Ottica

Un reticolo di Bragg agisce, analogamente ad una strain-gauge, come sensore puntuale di deformazione. Con la stessa tecnologia è possibile monitorare la temperatura



$$\frac{\Delta \lambda_B}{\lambda_B} = (1 - p_e) \varepsilon + (\alpha_\Lambda + \alpha_n) \Delta T$$

STRAIN/STRESS



Sensibilità tipica: 1.2 pm/1 microstrain (um/m)

Sensori in Fibra Ottica per Applicazioni Industriali

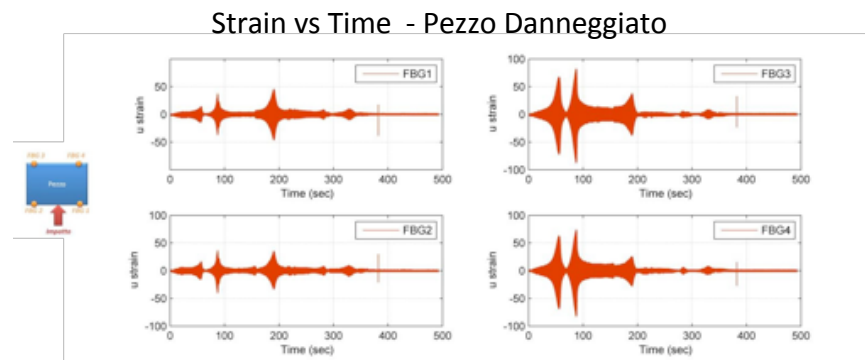
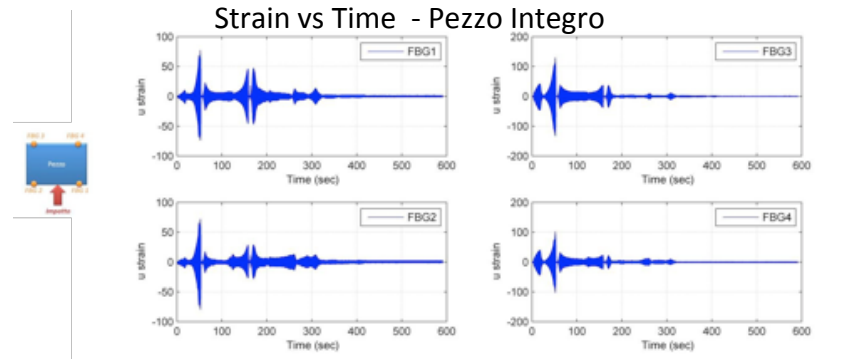
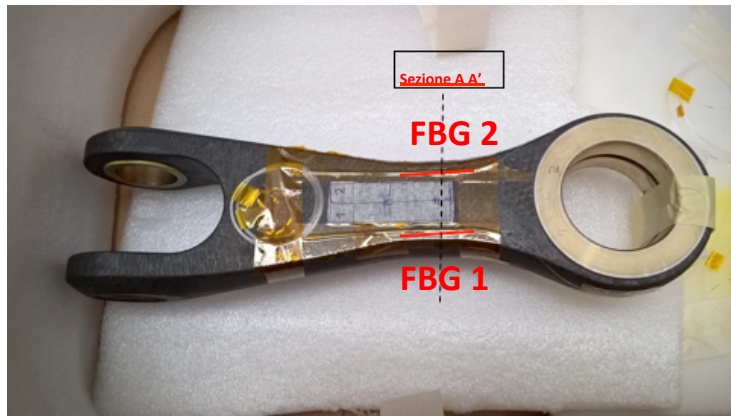
Parametri misurati:

Strain	→	$1\mu\epsilon$
Temperatura	→	0.1 C°
Vibrazioni	→	Up to 1 MHz
Indice di rifrazione	→	10^{-5}
Inquinanti	→	$< 1\text{ ppm}$
Umidità	→	$< 1\%$
Campo elettrico e magnetico		

Applicazioni per :

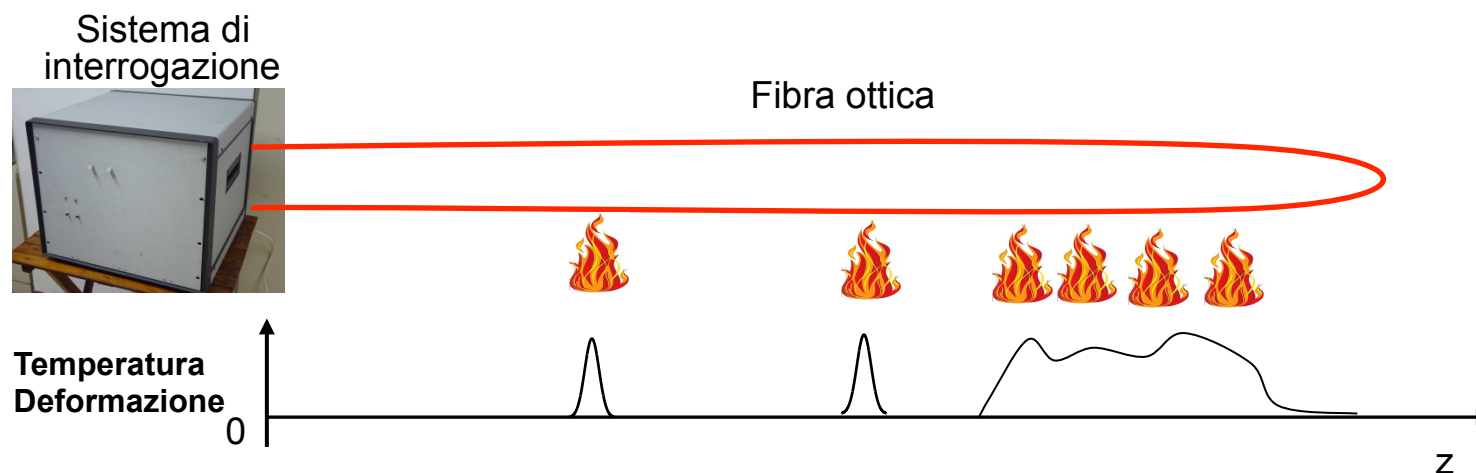
Monitoraggio strutturale
Monitoraggio ambientale
Monitoraggio acustico
Monitoraggio ferroviario
Monitoraggio chimico e biologico
Applicazioni musicali

Risultati prova di danno su Controvento Composito



Sensori distribuiti in fibra ottica basati sullo scattering di Brillouin

- I sensori distribuiti in fibra ottica forniscono una misura spazialmente continua della grandezza di interesse
- La fibra ottica stessa agisce sia come elemento attivo, sensibile alla grandezza da misurare, sia come elemento passivo per il trasporto del segnale di misura



Vantaggi

Elemento sensibile rappresentato da una fibra per TLC - La risoluzione spaziale è tipicamente 1 metro o inferiore

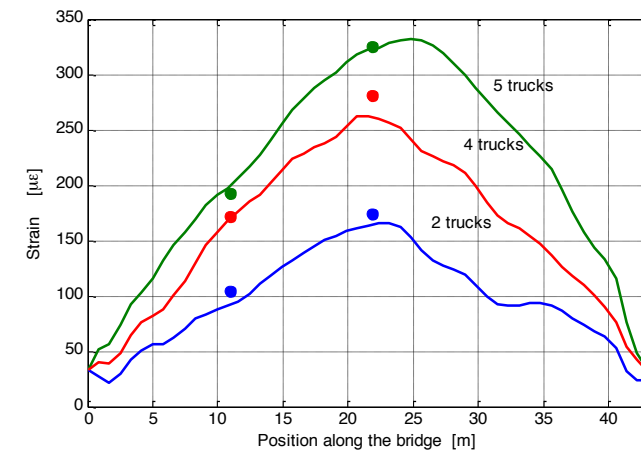
Regioni di misura anche di chilometri - Risoluzione in temperatura 1°C o inferiore

Risoluzione in deformazione 20 $\mu\epsilon$ (parti per milione)

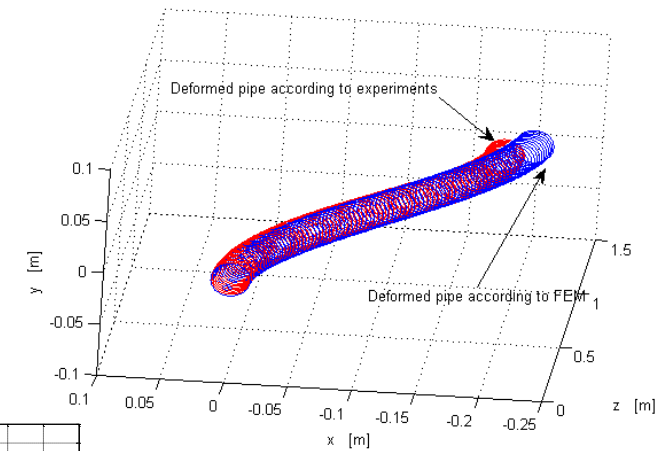
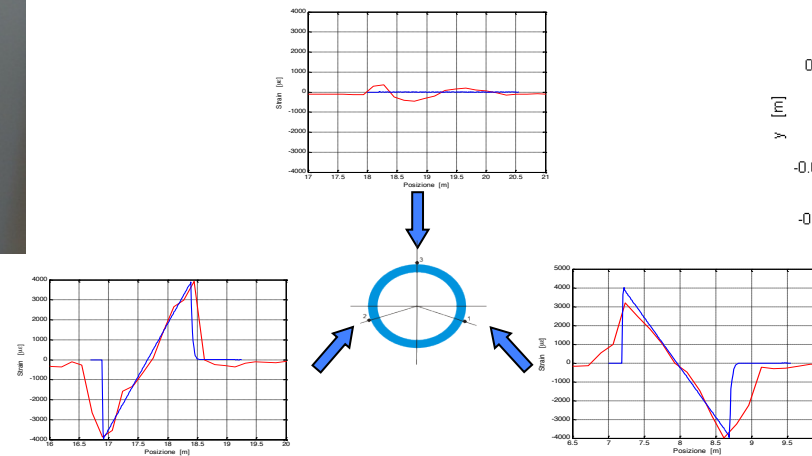
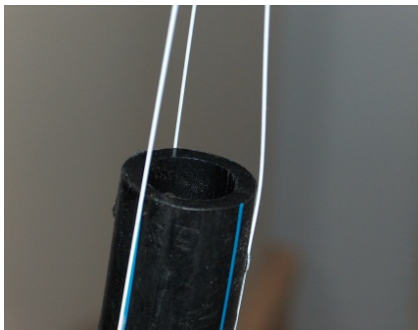
Applicazioni

Monitoraggio di grandi strutture (ponti, viadotti, dighe, ferrovie) Monitoraggio condutture (acquedotti, oleodotti, gasdotti). Allarme incendi gallerie. Monitoraggio frane

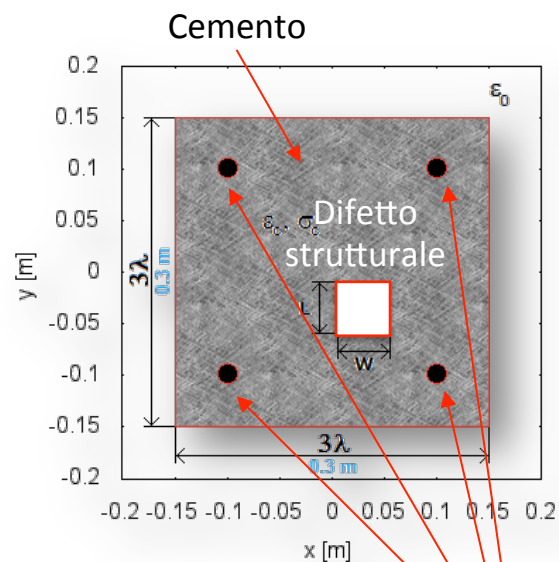
Viadotto



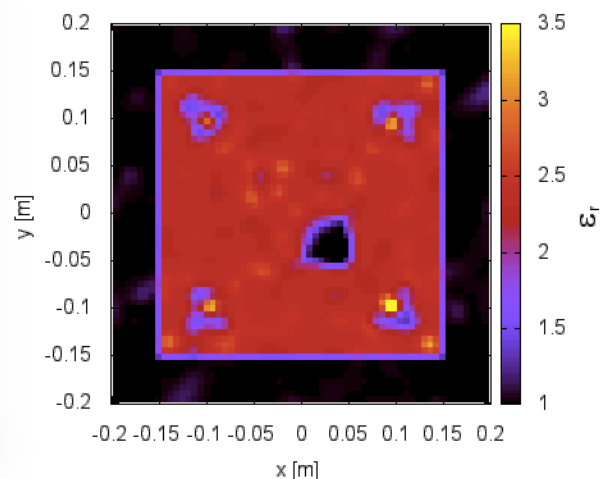
Condutture



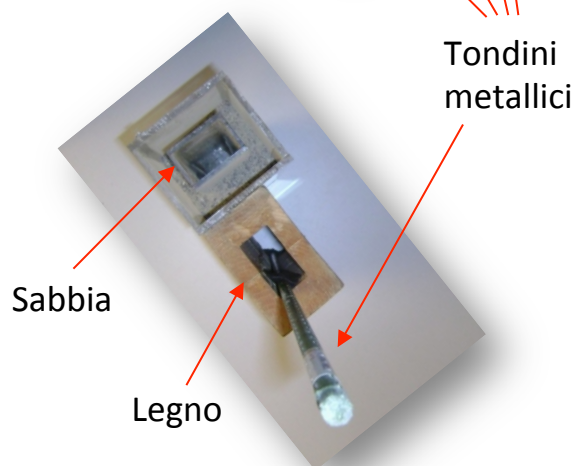
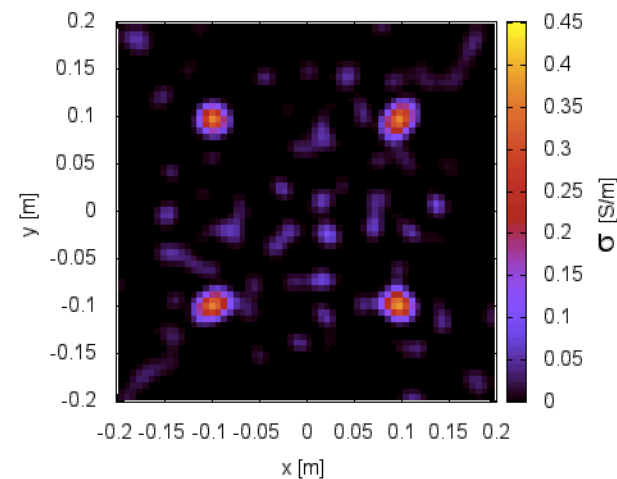
Diagnostica elettromagnetica e rilevamento di difetti ed inclusioni in strutture



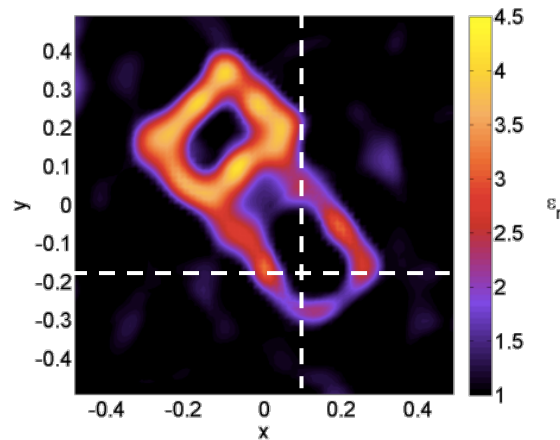
Permettività dielettrica relativa



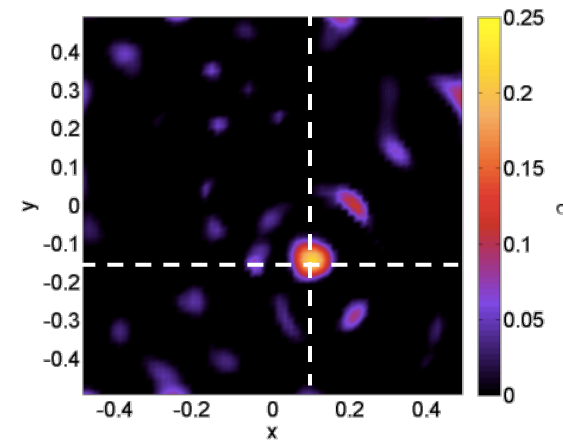
Conducibilità elettrica



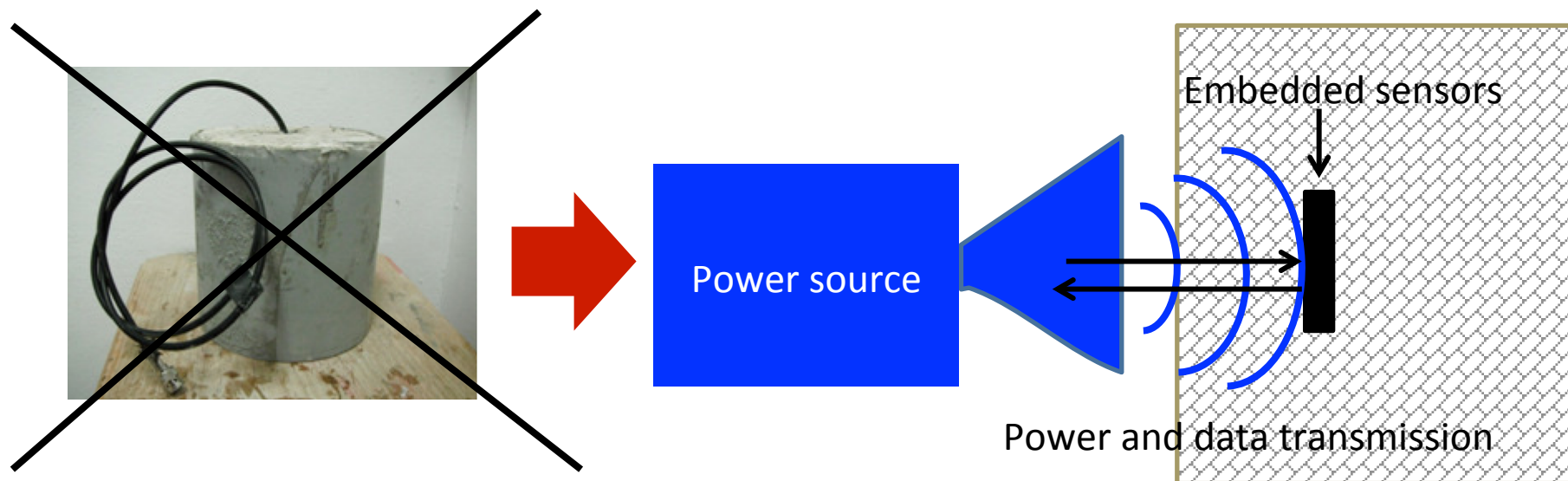
Permettività dielettrica relativa



Conducibilità elettrica



- I sensori non hanno bisogno di batteria
- Non sono necessarie cablature verso i sensori immersi nella struttura da monitorare (i.e. calcestruzzo)

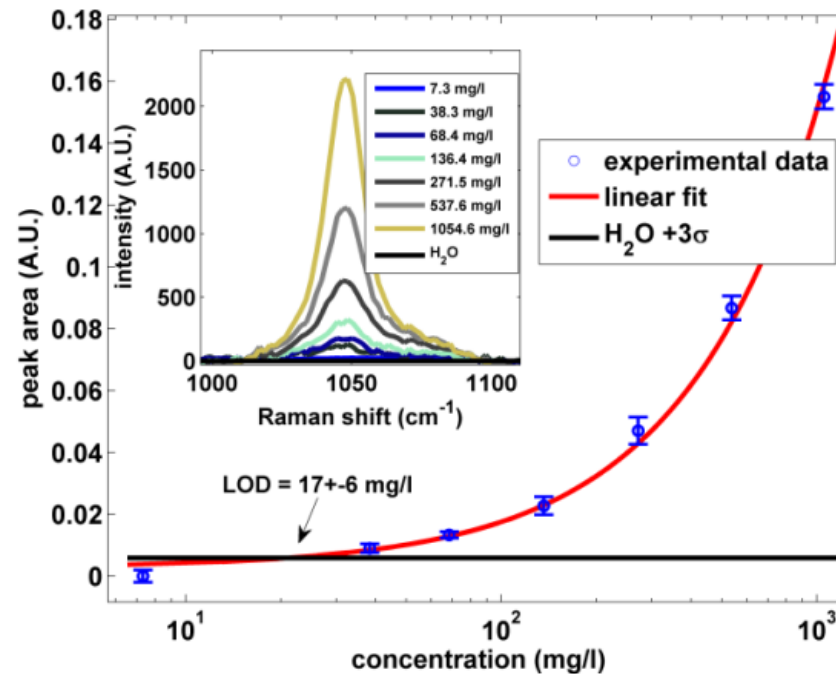
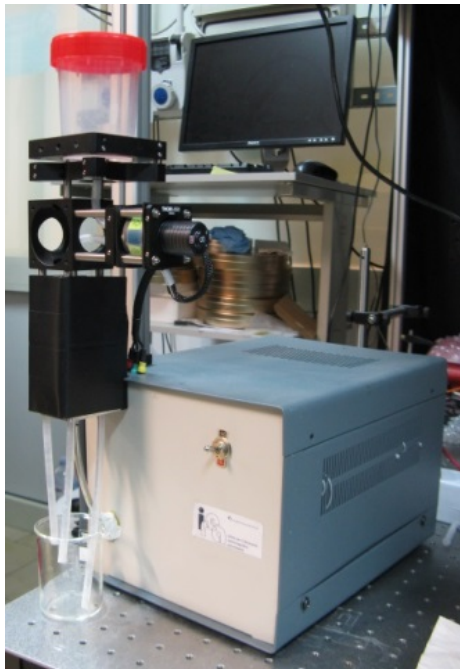


Vantaggi

Elevata sensibilità. Versatilità (spettroscopia in Fluorescenza/Raman). Nessuna preparazione del campione
Monitoraggio on-line, real-time

Applicazioni

Monitoraggio acque destinate ad uso umano. Rivelazione d'inquinanti (nitrati, idrocarburi, batteri,...)
Conteggio ed analisi particelle



Rivelazione di nitrati LOD=17±6mg/l

Altre attività (monitoraggio ambientale)

- Algoritmi per il monitoraggio e la previsione dell'irradianza solare per applicazioni energetiche ed agricoltura di precisione.
- Sviluppo di tecniche Satellitari Robuste (RST) in banda ottica per lo studio ed il monitoraggio dei principali rischi naturali, ambientali ed antropici
- Metodologie avanzate di analisi di dati satellitari multisensore per il monitoraggio di parametri di interesse ambientale (vegetazione, acque costiere, aerosol)

Tecnologie abilitanti

- Tecnologie **RFID** e di **trasmissione wireless** per il Monitoraggio Ambientale.
- Il ruolo del 5G: latenza temporale e bit-rate adatti per **advanced videosurveillance**.
- Il ruolo del **Cognitive Radio** e del **TV white space** per il monitoraggio in zone rurali con contenuta infrastruttura di rete.
- Applicazioni con **wireless sensor networks** per il rilevamento di parametri ambientali