

# Sviluppo di un sistema diagnostico basato sulla muografia per il monitoraggio delle dighe dei bacini idroelettrici

Andrea Paccagnella

Ottobre 2021

## Abstract

Questo progetto di ricerca si inserisce all'interno di un percorso di dottorato per la Ricerca e l'Innovazione su tematiche "Green", per la durata di tre anni. L'idea è quella di utilizzare la tecnica della Radiografia Muonica per il monitoraggio delle dighe dei bacini idroelettrici. Questo lavoro è inserito all'interno del progetto Muon Imaging for Mining and Archaeology (MIMA), il cui scopo è quello di sviluppare una tecnica di imaging non invasiva per strutture molto dense, utilizzando appunto la radiografia ad assorbimento di muoni. Tutto questo è possibile grazie alla costruzione di un telescopio muonico, attualmente a disposizione dell'INFN di Firenze, studiato per essere usato in diversi ambiti, tra cui il monitoraggio e l'individuazione di infiltrazioni all'interno delle strutture delle dighe. Scopo di questo lavoro sarà quindi, sviluppare un software per l'individuazione e la ricostruzione tridimensionale dell'infiltrazione all'interno di una diga e la determinazione del tempo necessario per individuarla.

## Progetto

Oggi sono presenti in Italia più di 500 grandi dighe e il 60% hanno più di 50 anni. Molte di queste sono state costruite prima delle attuali normative tecniche, ragion per cui è importante sviluppare una tecnica di indagine che ne controlli lo stato. La tecnica che viene proposta in questo progetto di ricerca è quella della Radiografia Muonica, la quale utilizza i muoni provenienti dai raggi cosmici per ricostruire immagini di ambienti altrimenti difficilmente accessibili per l'uomo. Il flusso di muoni al livello del mare è di circa 10000 al minuto al metro quadro e decresce come il coseno quadro dell'angolo zenitale. Questa tecnica presenta svariati vantaggi, tra cui: l'assenza di acceleratori, rendendola quindi una tecnica non pericolosa per l'uomo, e l'alta penetrabilità dei muoni [1].

In generale esistono due tipi di processi fisici per la ricostruzione di immagini tramite l'uso dei muoni: l'assorbimento e il multiple scattering.

La prima studia la variazione del flusso dei muoni a cielo libero con il flusso di muoni che attraversano il bersaglio interessato, sfruttando l'incapacità dei muoni a bassa energia di attraversare il materiale; realizzando così immagini di densità della struttura interna dell'oggetto ispezionato.

La seconda invece sfrutta la deflessione dei muoni, dovuta al Multiple Coulomb Scattering, quando questi attraversano un materiale denso. Per quanto riguarda quest'ultima è necessaria la presenza di due rivelatori che contornino il bersaglio che si vuole ispezionare, quindi è maggiormente adatta per oggetti di dimensione ridotta.

L'assorbimento è tipicamente utilizzato per materiali di grandi dimensioni, come ad esempio: piramidi, grotte e appunto dighe.

In questo progetto verrà quindi utilizzata la tecnica dell'assorbimento. Nello specifico quello che si vuole

capire è la presenza o meno di infiltrazioni nella struttura di una diga.

Per rivelare queste anomalie l'idea è di utilizzare un telescopio muonico già presente presso l'INFN di Firenze. Questo rivelatore è composto da 3 moduli XY di scintillatore plastico, con una risoluzione spaziale di 3 mm, una risoluzione angolare di 14 mrad e un'accettanza di 1000 cm<sup>2</sup>sr. Visto lo scopo di utilizzo del rivelatore questo deve essere facilmente trasportabile e deve avere un consumo elettrico adeguato, le dimensioni totali sono 50x50x50 cm<sup>3</sup>, con un peso di 60 kg e un consumo di potenza di 60 W. Ogni modulo del del Piano XY è composto da due piani traccianti, ognuno dei quali contiene a sua volta 21 barre di scintillatore plastico, ogni barra viene letta utilizzando due fotomoltiplicatori al silicio [2].

Questo rivelatore è stato utilizzato anche in studi precedenti, come ad esempio per l'identificazione della Gran Cava nelle miniere del Temperino, identificando quest'ultima con un alto livello di precisione [3]. Questo lascia presagire che l'uso di questo rivelatore tramite la tecnica dell'assorbimento, per l'identificazione di anomalie nella struttura di una diga possa dare esito positivo.

L'attività di ricerca partirà da una simulazione specifica, utilizzando come riferimento misure del rivelatore a cielo libero condotte in studi precedenti.

I software di simulazione disponibili in questo momento sono due: Geant4 e muRange. Il primo simula dettagliatamente la fisica dei muoni ma fornisce una geometria della diga semplificata, questo infatti utilizza un modello CAD. Il secondo invece fornisce una simulazione semplificata della fisica dei muoni, ma fornisce una geometria dettagliata della diga, questo infatti utilizza un modello digitale di elevazione (DTM).

Lo scopo finale sarà quindi sviluppare un software in grado di individuare la presenza o meno di una infiltrazione all'interno di una diga. Questo sarà inizialmente testato a partire dalle simulazioni descritte poco fa.

Uno degli scopi di questo lavoro di ricerca sarà sviluppare anche un metodo per ricostruire tridimensionalmente la presenza di una anomalia all'interno di una diga, questo può essere fatto ad esempio con la tecnica della triangolazione, grazie alla quale è possibile determinare la distanza tra due punti inaccessibili tra loro.

In fine l'ultimo passo di questo progetto sarà testare sul campo il rivelatore e il software da noi sviluppato, determinando così la precisione con la quale si riesce a rivelare una anomalia all'interno della struttura di una diga e il tempo di acquisizione necessario.

## Riferimenti bibliografici

- [1] P.Checchia et All. Muography of different structures using muon scattering and absorption algorithms. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 377(2137):20180051, 2019.
- [2] G.Baccani et All. The mima project. design, construction and performances of a compact hodoscope for muon radiography applications in the context of archaeology and geophysical prospections. *Journal of Instrumentation*, 13, 2018.
- [3] G.Baccani et All. Muon radiography of ancient mines: The san silvestro archaeo-mining park (campiglia marittima, tuscan). *Universe*, 5(1), 2019.