ABSTRACT

- **Candidato: Davide Gandossi**
- **Tesi Magistrale in Ingegneria delle Costruzioni Edili presso Università degli Studi di Bergamo**
- **Titolo: Progettazione di un museo diffuso di torrini piezometrici lombardi attraverso la riqualificazione del torrino di Cassano d'Adda**
- **Relatore: Prof. Giuseppe Ruscica – ICAR/11 – Ergotecnica Edile**
- **Correlatore: Prof. Davide Prati – ICAR/11 – Architettura Tecnica**

La gestione efficiente e sostenibile del territorio passa sempre più attraverso l'integrazione di strumenti digitali avanzati capaci di supportare la conoscenza, la pianificazione e la valorizzazione del patrimonio costruito. In questo contesto, l'innovazione tecnologica rappresenta una leva fondamentale non solo per incrementare la produttività del settore delle costruzioni, ma anche per migliorare la capacità di monitoraggio, tutela e rigenerazione del territorio.

L'applicazione di metodologie come il **Building Information Modeling (BIM)** e l'**Intelligenza Artificiale (AI)** consente oggi di disporre di strumenti in grado di analizzare grandi quantità di dati territoriali, riducendo tempi ed errori nella progettazione, e fornendo una base conoscitiva utile alle amministrazioni e ai professionisti per una gestione più consapevole delle risorse territoriali.

La presente tesi si colloca in questo quadro e propone un approccio innovativo per la **mappatura e valorizzazione dei torrini piezometrici della Lombardia**, infrastrutture idriche di interesse storico, tecnico e paesaggistico, spesso trascurate nella pianificazione territoriale. È stata sviluppata una **rete neurale convoluzionale** per l'individuazione automatica di tali manufatti sul territorio regionale, integrando i risultati in un sistema **GIS** per la classificazione e l'analisi territoriale.

A completamento dello studio, è stato approfondito il **caso del torrino piezometrico di Cassano d'Adda (MI)**, oggetto di modellazione BIM e analisi strutturale, finalizzate a definire una strategia di **riuso e valorizzazione** dell'opera nel contesto urbano. L'obiettivo complessivo è quello di dimostrare come la sinergia tra AI, BIM e GIS possa rappresentare uno strumento efficace per la **gestione integrata e la valorizzazione del patrimonio costruito**, contribuendo alla rigenerazione e alla sostenibilità del territorio.

L’elaborato è articolato in 8 capitoli:

- **Introduzione**
  L’obbiettivo di questo capitolo è quello di presentare un quadro generale sull’adozione di nuove tecnologie nell’ambito dell’edilizia, cioè il settore industriale con i più bassi livelli di produttività. Tale mancanza del settore delle costruzioni è principalmente dovuta ad una resistenza al cambiamento rispetto ad altri ambiti produttivi. In risposta a questa criticità, nel tempo si sono moltiplicate le iniziative di ricerca e innovazione, sia da parte del mondo accademico che industriale, con l’obiettivo di individuare soluzioni capaci di rilanciare il settore. Tra le tecnologie più promettenti emergono il Building Information Modeling (BIM) e l’Intelligenza Artificiale (AI), entrambe utilizzate per la riqualificazione del torrino piezometrico di Cassano d’Adda.

- **Building Information Modeling**

  Il capitolo approfondisce il Building Information Modeling (BIM), un metodo che riguarda la modellazione e l’insieme dei processi per produrre, analizzare e comunicare modelli di edifici. Nel capitolo viene messo in evidenza l’aspetto principale del BIM, ossia le informazioni e la loro condivisione tra i soggetti coinvolti nella progettazione e non solo. Nel capitolo vengono presentati i quadri normativi a livello internazionale, europeo e nazionale. Particolare attenzione è data alla legislazione italiana, partendo dalla norma UNI 11337 fino al D.Lgs. 36/2023, che rende obbligatorio l’uso del BIM negli appalti pubblici. Infine, viene presentato, visto l’ampia rilevanza, il BIM applicato all’esistente, facendo riferimento a dati nazionali riguardanti sullo stato di fatto del patrimonio edilizio italiano.

- **Software**

  Il capitolo analizza il software BIM scelto per la realizzazione del progetto: Autodesk Revit. Viene presentato il flusso di lavoro in Revit e concetti chiave come quello delle famiglie.

- **Torrini piezometrici**

  In questo capitolo vengono descritti i torrini piezometrici, elementi unici della storia dell’industrializzazione. Ogni città del mondo ha la propria torre dell‘acqua e nei prossimi anni molte di queste saranno destinate alla demolizione. Per questo motivo è necessario pensare a una strategia applicabile su un fenomeno a larga scala di recupero e riutilizzo alternativo, che coinvolga il singolo manufatto e il contesto urbano in cui viene inserito.

- **Intelligenza Artificiale**

  Questo capitolo affronta il tema dell'Intelligenza Artificiale, cominciando con la spiegazione del termine e il suo sviluppo nel corso del tempo, fino alle sue applicazioni di oggi. Vengono esaminati i progressi chiave che hanno portato ai sistemi di IA che usiamo ora, compresi i modelli linguistici estesi come ChatGPT. Oltre allo sviluppo della disciplina nel corso del tempo, vengono presentate le definizioni e i termini chiave per comprendere a pieno l'argomento, come i concetti di Machine Learning, Deep Learning, neurone artificiale, apprendimento supervisionato e non supervisionato. Il capitolo tocca anche le preoccupazioni legate all'uso dell'IA, presentando l'AI Act e l'AI Risk Repository.

- **Rilevamento e classificazione dei torrini piezometrici mediante rete neurale**

  Questo capitolo esamina l'aspetto dell'individuazione automatica dei torrini piezometrici, un passaggio fondamentale per poter applicare una strategia di Re-Uso compatibile e funzionale al contesto. Oltre alla presentazione di una panoramica dei metodi di individuazione attualmente utilizzati, il capitolo si concentra sulle tecniche basate su intelligenza artificiale, in particolare le reti neurali convoluzionali (CNN) su architettura YOLO. In particolare, attraverso una rete neurale convoluzionale, appositamente realizzata e addestrata, è stato possibile individuare in maniera agevole tutti i torrini piezometrici della Regione Lombardia. Quindi nel capitolo vengono descritti i risultati ottenuti, che sono stati anche processati attraverso sistemi GIS, producendo mappe utili per la conoscenza e la gestione del territorio.

- **Il caso del Torrino Piezometrico di Cassano d'Adda**

  In questo capitolo viene presentato il torrino piezometrico di Cassano d'Adda, situato in via Alzaia Naviglio Martesana 5. L'obbiettivo del capitolo è quello di introdurre lo stato di fatto della struttura in cui applicare una delle strategie di Re-Uso indicate nel capitolo 5.

- **Analisi Dinamica del Torrino Piezometrico di Cassano d'Adda**

  Questo capitolo si concentra sull'analisi dinamica del torrino piezometrico oggetto di studio, che è stato schematizzato come un oscillatore semplice, ossia un sistema a singolo grado di libertà (SDOF). Attraverso tale analisi è stato possibile, tramite la realizzazione di un codice Matlab, derivare le risposte del sistema per tre differenti valori di smorzamento, sia nel caso di cisterna vuota che piena.

  Inoltre, è stata analizzata la risposta sismica del sistema determinata tramite il metodo di Newmark e l'integrale di Duhamel, con i quali sono stati valutati lo spostamento, velocità ed accelerazioni massimi, sia nel caso di cisterna vuota che piena.

- **Il progetto di Re-Uso del Torrino Piezometrico di Cassano d'Adda**

  Il capitolo illustra il progetto di Re-Uso del torrino piezometrico oggetto di studio, con l'obiettivo di valorizzare il manufatto industriale e renderlo accessibile al pubblico, trasformandolo in un museo. Viene descritta la soluzione architettonica adottata, il cui elemento cardine è stato l'adattabilità dello spazio per accogliere diverse attività. Una parte significativa del capitolo è inoltre dedicata al quadro normativo di riferimento, che ha guidato le scelte progettuali.

- **Tavole di progetto**

  In questo ultimo capitolo vengono riportati gli elaborati progettuali.