

Dissertazione finale del Master in Geomatica A.A. 2023/2024

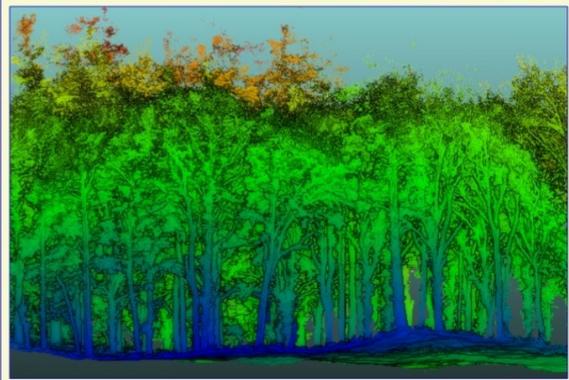
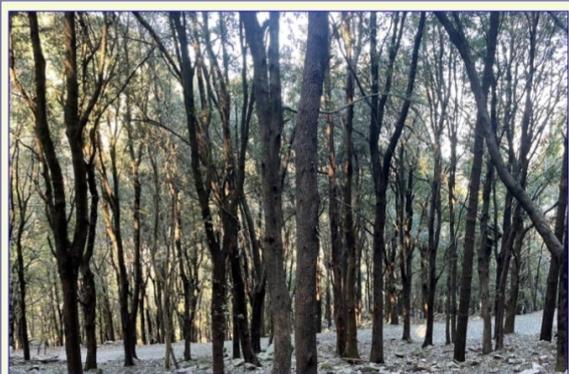
11 Aprile 2025

Dott.ssa Elena Andreini

Progettazione e sviluppo di un protocollo di monitoraggio degli habitat d'interesse comunitario nei parchi nazionali italiani mediante laser scanner terrestri portatili

sede di stage: Bluebiloba Startup innovativa s.r.l.

Il presente elaborato descrive la progettazione e lo sviluppo di un protocollo di monitoraggio degli habitat di interesse comunitario nei parchi nazionali italiani mediante l'impiego di laser scanner terrestri portatili (MLS – Mobile Laser Scanner). Questa iniziativa rientra nell'ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), specificamente nella Misura M2C4 Inv. 3.2 "Digitalizzazione dei parchi nazionali e delle aree marine protette (DigitAP)", coordinata dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA). L'obiettivo principale è la raccolta di dati ad alta risoluzione per monitorare l'evoluzione degli habitat e le pressioni agenti su di essi. Dopo una fase preliminare, in cui i responsabili di ciascun parco nazionale hanno selezionato i siti da monitorare, si è avviata la raccolta dei dati attraverso rilievi ripetuti su aree di saggio



representative. Il progetto prevede tre rilievi per ciascuna area di saggio a circa 6 mesi di distanza l'uno dall'altro: il primo è attualmente in corso, il secondo avverrà nell'estate 2025 e il terzo nell'autunno-inverno successivo. Il mio tirocinio presso Bluebiloba Startup Innovativa S.r.l. si è concentrato sulla redazione del protocollo operativo e sull'elaborazione delle prime nuvole di punti risultanti.

Nei primi rilievi è stata condotta una valutazione di diversi MLS: GeoSLAM ZEB Horizon RT, Leica BLK2GO e XGRIDS Lixel L2 Pro, che ha permesso di evidenziarne limiti e potenzialità. L'applicazione del MLS per il monitoraggio degli habitat presenta vantaggi e criticità. Tra i punti di forza vi è la possibilità di acquisire dati dettagliati per monitorare variazioni strutturali della vegetazione, come la crescita della copertura o gli effetti di eventi meteorologici estremi. Tuttavia emergono alcune problematiche, tra cui l'influenza delle condizioni meteorologiche sulla qualità del rilievo e la difficoltà nel georeferenziare le nuvole di punti in aree naturali dove la copertura

GNSS è scarsa o assente. In termini di precisione, i test condotti indicano una buona coerenza tra rilievi consecutivi, sebbene rimangano interrogativi sull'accuratezza dei prodotti. Il test su un campione di alberi ha confrontato rilievi dendrometrici

tradizionali con stime ottenute dalle nuvole di punti, con risultati in linea con la letteratura: i confronti hanno mostrato che l'accuratezza nelle stime del diametro del fusto è migliore rispetto a quella delle altezze degli alberi. L'implementazione futura di MLS con rilievi da drone (ALS - Airborne Laser Scanner) potrebbe migliorare la qualità dei dati, specialmente per la stima della biomassa forestale.

In conclusione, il protocollo sviluppato rappresenta un primo passo verso un monitoraggio standardizzato e ripetibile degli habitat nei parchi nazionali italiani. La sua applicazione nei prossimi mesi permetterà di valutarne l'efficacia e di apportare eventuali miglioramenti. Sebbene la ridotta durata del progetto non consenta di osservare cambiamenti fisionomici significativi nei popolamenti vegetali, esso permetterà di testare e mettere a punto una solida base metodologica per future attività di monitoraggio e per una gestione più consapevole delle risorse naturali nelle aree protette e non solo.

Dott. Giacomo Baldi

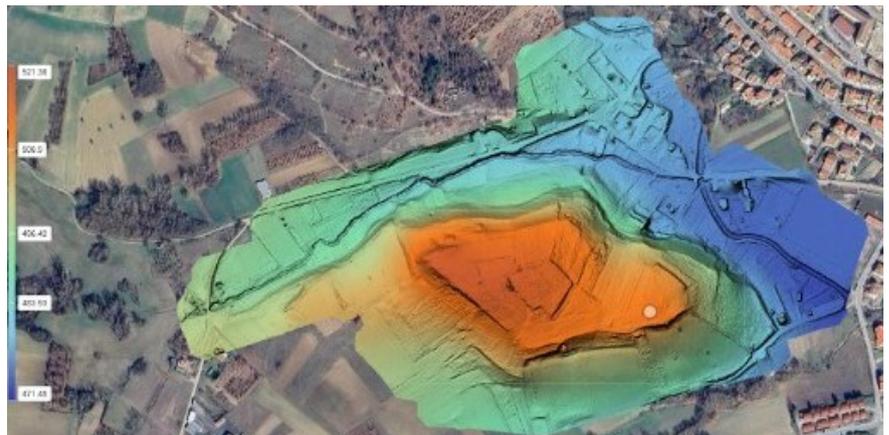
Analisi dati LiDAR finalizzata all'ottimizzazione dei processi di segmentazione e classificazione

sede di stage: Tecnostudi Ambiente Srl

Il presente elaborato finale del Master Universitario di II Livello in Geomatica per l'Anno Accademico 2023/2024 si concentra sull'analisi avanzata dei dati LiDAR per ottimizzare i processi di segmentazione e classificazione, con particolare attenzione a un'area archeologica situata nell'Appennino centrale italiano. Il lavoro è stato svolto presso Tecnostudi Ambiente S.r.l. a Roma, con l'obiettivo di migliorare l'estrazione e la classificazione semi-automatica della nuvola di punti LiDAR per identificare strutture sub-aeree di interesse archeologico.

La strumentazione utilizzata include droni DJI Matrice 350 equipaggiati con sensore LiDAR L2-RGB e il software Global Mapper Pro per l'elaborazione dei dati. Il documento offre una descrizione dettagliata della tecnologia LiDAR, evidenziando i suoi vantaggi e svantaggi rispetto alla fotogrammetria, e le sue principali applicazioni in settori come il rilievo topografico, la ricerca archeologica, la gestione forestale e l'ispezione delle infrastrutture. Il caso di studio analizza un'area archeologica nell'Appennino centrale, con l'obiettivo di

ottimizzare i parametri di classificazione per ottenere un modello digitale del terreno (DTM) accurato. La parametrizzazione della piattaforma software Global Mapper Pro è descritta in dettaglio, con particolare attenzione alle impostazioni e ai parametri utilizzati per la classificazione dei dati LiDAR, inclusa la classificazione del terreno



e della vegetazione. L'applicazione al caso di studio include la valutazione dell'area minima per il parametro terreno e il confronto dei profili longitudinali per comprendere la qualità dei risultati di classificazione. Inoltre, è stata condotta un'analisi di sensibilità dei parametri, testando 20 diversi scenari di parametrizzazione per determinare i migliori valori di classificazione del terreno e della vegetazione. Le conclusioni del lavoro indicano che non è possibile applicare una parametrizzazione univoca per tutte le casistiche di morfologia e copertura del suolo. È necessaria una parametrizzazione specifica per ciascuna area di studio, adattando i parametri di classificazione alle caratteristiche specifiche di ogni area.

Dott.ssa Camilla Coccia

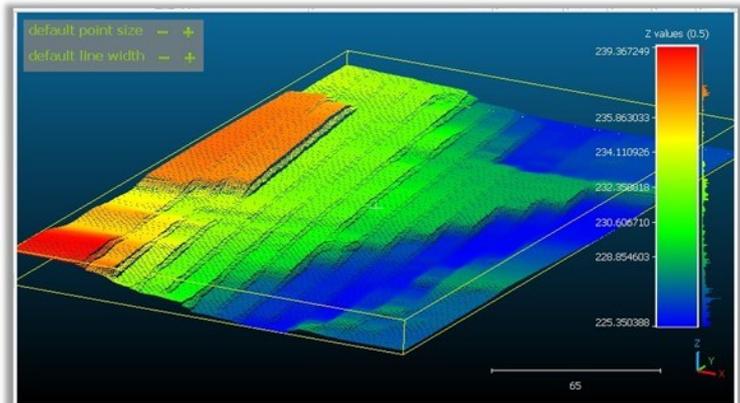
Utilizzo di Imbarcazione a Pilotaggio Remoto (USV) per rilievi batimetrici con ecoscandagli Singlebeam e Multibeam

sede di stage: Microgeo Srl

Per realizzare i rilievi batimetrici vengono utilizzati gli ecoscandagli, strumenti che impiegano onde sonore per misurare il fondale di corpi idrici di acque superficiali, quali un lago, un bacino artificiale, un fiume, un torrente, un canale, acque di transizione o un tratto di acque costiere. Per ottenere una batimetria accurata è fondamentale considerare i vari fattori che possono influire sulla precisione delle misurazioni. Le tecnologie più recenti utilizzate per tali rilevamenti sono gli USV (Unmanned Surface Vehicles): imbarcazioni telecomandate che possono essere equipaggiate con diversi sensori, in base al tipo di lavoro da svolgere.

Nel presente studio, è stato testato l'USV Apache 4, impiegando sia l'ecoscandaglio a fascio singolo D270 che l'ecoscandaglio a fascio multiplo HQ-400. Il processo ha incluso la raccolta dei dati e il successivo post-processamento, con l'obiettivo di valutare le prestazioni, le problematiche potenziali e l'affidabilità di queste tecnologie nel soddisfare i requisiti tecnici.

Inoltre, sono state eseguite delle elaborazioni per analizzare i dati generati dai rilievi e la loro compatibilità con altri software per la gestione delle informazioni territoriali.



Dott. Simone Lentini

Carta geologica digitale della Regione Friuli-Venezia Giulia nel contesto del nuovo "Modello Strutturale Digitale d'Italia - scala 1:250.000"

sede di stage: Centro di GeoTecnologie dell'Università di Siena

I software GIS (Geographic Information System), sviluppati per rispondere alle esigenze in vari ambiti disciplinari tra i quali la cartografia geologica, consentono l'informatizzazione di mappe tematiche e la gestione di grandi quantità di dati associati in forma tabellare. Il "Modello Strutturale d'Italia - scala 1: 500.000" a copertura dell'intero territorio nazionale rappresenta un prodotto unico in formato sia analogico che digitale, corredato di legenda ma privo di relative note illustrative e con associata banca dati geologica incompleta.

Il progetto relativo al nuovo "Modello Strutturale Digitale d'Italia - scala 1:250.000" nasce dall'esigenza di creare un nuovo prodotto revisionato e completo, fondendo in ambiente GIS la più aggiornata cartografia a piccola scala disponibile delle singole regioni e corredandola di una banca dati integrata.

In quest'ultimo contesto si colloca la "Carta Geologica del Friuli Venezia Giulia – scala 1: 150.000" che rappresenta il prodotto di sintesi più recente per la suddetta regione, corredata con relative "Note Illustrative". Tale materiale cartografico costituisce la base del presente lavoro di tirocinio.

La finalità centrale del seguente progetto è la realizzazione di un prodotto cartografico digitale rielaborato in formato vettoriale relativo alla geologia del Friuli-Venezia Giulia correlato con tabelle in cui i dati spaziali relativi alle geometrie digitalizzate vengono organizzati secondo campi attributo.

Il lavoro si sviluppa in una serie di passaggi che seguono varie analisi di carattere geologico-cartografico, ampiamente esposte all'interno della relazione di accompagnamento alla carta digitale prodotta, allo scopo di ottenere una serie di prodotti coerenti e ben organizzati:

- supporto cartografico raster correttamente georeferenziato e rettificato, mediante punti di controllo omologhi individuati con riferimento a una basemap topografica riproiettata nel sistema di coordinate ETRS89-LAEA Europe, e la tabella relativa agli errori associati dei punti di controllo stessi;
- tabelle che evidenziano la struttura delle features classes con relativi campi, per geometrie sia lineari (come elementi strutturali e stratigrafici) che puntuali (come le labels illustranti le caratteristiche dei poligoni geologici come classe derivata dalle aree individuate dall'intersezione delle geometrie lineari);
- tabelle che evidenziano la struttura dei domini, ossia liste di valori predefiniti assumibili dagli elementi geometrici digitalizzati di una feature class nei suoi diversi campi attributo.

Nelle sezioni riguardanti l'inquadramento cartografico-geologico, così come per l'analisi e l'interpretazione dei risultati, ci si è confrontati con ulteriori lavori recenti, di natura sia geologica che sismotettonica, per risolvere eventuali discrepanze e migliorare la qualità del lavoro svolto.

Dott. Loris Lizzi

Tecniche integrate di rilievo topografico per la manutenzione delle sponde fluviali: il caso dei fiumi Dendalo e Venna (CH)

sede di stage: Studio Tecnico Associato Tecnoproject



Il progressivo e continuo sviluppo dell'informatica, oggi affiancato dall'avvento dell'intelligenza artificiale, sta fornendo alla Geomatica nuova strumentazione e il miglioramento di tecniche per effettuare rilievi del territorio. Utilizzando in sinergia le diverse tecniche e i diversi strumenti è possibile avere dei risultati dettagliati ed utili per una moltitudine di scopi. Con questo lavoro si è cercato di utilizzare delle tecniche integrate di rilievo topografico (GNSS, LiDAR e aerofotogrammetrico) per ottenere delle sezioni fluviali a pelo d'acqua dei fiumi Dendalo e Venna, in provincia di Chieti, con lo scopo di effettuare una ricognizione utile alla manutenzione delle sponde fluviali.

In fase di rilievo, per un'area di lavoro di circa 2 km², sono stati utilizzati un mobile laser scanner ed un drone (UAV – Unmanned Aerial Vehicle) e la successiva combinazione dei dati prodotti con queste strumentazioni ha permesso di ottenere una nuvola di milioni di punti 3D con accuratezza posizionale media di circa 5 cm. Da questa nuvola di punti sono state ottenute 100 sezioni fluviali con il software open source CloudCompare, organizzate infine in viste prospettiche. Le viste prospettiche hanno anche permesso di evidenziare pregi e criticità di tutto il lavoro, sottolineando come, in presenza di vegetazione ripariale densa, i rilievi LiDAR aerei e da terra siano molto efficienti nel definire le sponde dei fiumi, suggerendo quindi di investire maggiormente in futuro in questa tecnologia geomatica.

Dott. Daniele Lucherini

Digital Twin di una Rete Fognaria

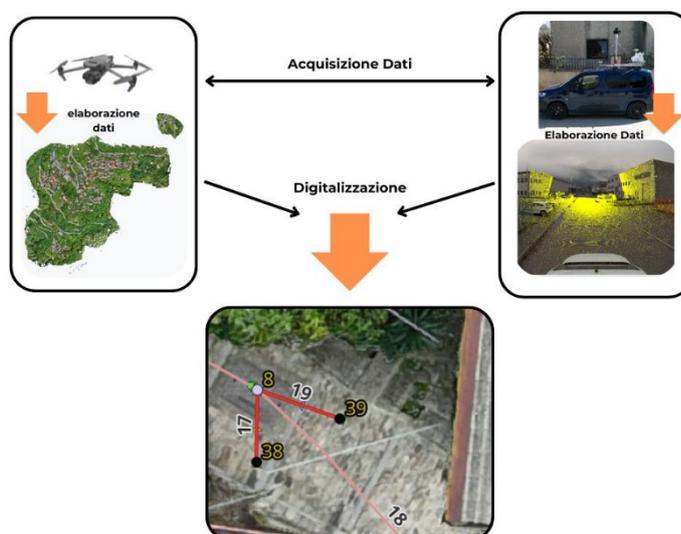
sede di stage: EAGLE Projects

Negli ultimi anni stiamo assistendo ad una vertiginosa evoluzione tecnologica e, protagonisti della stessa, vi sono i sempre più rinomati Digital Twin. Sebbene a catturare l'attenzione siano i moderni SuperCalcolatori in grado di gestire modelli numerici sempre più complessi, il tutto non sarebbe possibile se non si disponesse di dati acquisiti nel Mondo Reale e se quest'ultimi non fossero elaborati per essere utilizzati in modo proficuo dai calcolatori. Il lavoro svolto ripercorre l'intero Workflow che consente di ottenere i file, in formato *.shp, della rete fognaria di Aurano (comune piemontese), su richiesta di Acqua Novara VCO S.p.A. Tali file verranno poi caricati sul portale "WebGIS Acque di Lombardia".

Il Workflow prevede le seguenti fasi:

- a. Acquisizione dei Dati "in campo";
- b. Post-processamento dei dati acquisiti;
- c. Digitalizzazione del "Gemello Reale".

I file ottenuti in formato *.shp, consegnati al committente, adottano il Sistema di Riferimento WGS84/UTM zone 32N (codice EPSG: 32632). Oltre all'utilità in termini di amministrazione territoriale, il prodotto del lavoro svolto può essere considerato come la base a partire dalla quale è possibile sviluppare Modelli Previsionali, in accordo con la più recente concezione di Digital Twin.



Dott.ssa Federica Pallini

Monitoraggio delle variazioni altimetriche e dell'assestamento del terreno mediante rilievi GNSS e fotogrammetria con drone: il caso delle vasche di colmata di Livorno

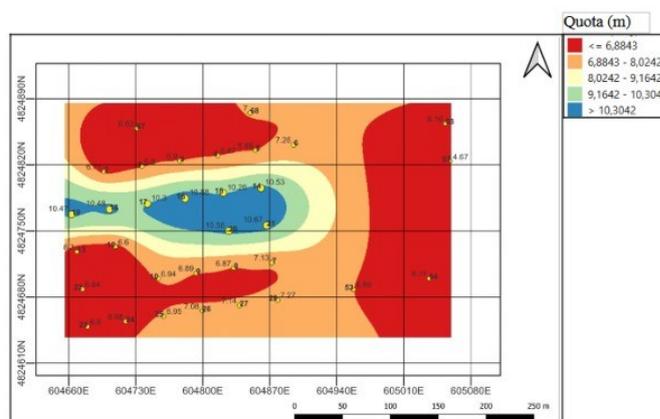
sede di stage: Geocoste SNC

La tesi analizza le variazioni altimetriche e l'assestamento del terreno nell'area delle vasche di colmata di Livorno, dove sono in corso lavori infrastrutturali di rilevanza strategica. Lo studio si concentra sull'uso di rilievi fotogrammetrici con droni e misurazioni Global Navigation Satellite System (GNSS).

Gli obiettivi principali sono due: 1) monitorare le variazioni altimetriche dovute all'aggiunta di materiale esterno che sta portando alla creazione di una piramide di terreno andando a creare e confrontare i Digital Terrain Model (Modelli Digitali del Terreno - DTM) ricavati dai vari rilievi eseguiti (13 novembre, 3 dicembre e 27 dicembre) e facendo un'analisi volumetrica di aree più piccole nei dintorni della piramide stessa per determinare la quantità di materiale importato; 2) analizzare i fenomeni di

assestamento del terreno tramite la rilevazione delle quote di assetimetri presenti nella zona, in particolare quelli collocati sulla piramide e nei dintorni. Anche in questo caso sono stati eseguiti 3 rilievi GNSS (17 dicembre, 14 gennaio e 30 gennaio). Inoltre, sarà possibile anche farsi un'idea di come i lavori stanno procedendo. L'elaborazione dei dati è stata eseguita con i seguenti software: Metashape, Global Mapper, Surfer 13, Convergò e QGIS.

Le varie analisi eseguite evidenziano un aumento dell'estensione della piramide di terreno, le nuove sezioni che vanno a comporre la piramide già presente aumentano di circa 5 m di quota così da raggiungere la quota massima di circa 9 m; la quantità di materiale esterno che è stato importato tra novembre e dicembre è di circa 32245,81 m³. Inoltre i dati mostrano un assestamento progressivo del suolo, con una riduzione altimetrica media di alcuni centimetri. La ricerca rappresenta una base di partenza per futuri studi, consentendo di affinare le tecniche di rilievo e migliorare la pianificazione degli interventi infrastrutturali nell'area di studio.



Dott. Paolo Salis

Rilievo e modellazione 3D per la riqualifica del Monastero di Santa Chiara a Faenza

sede di stage: Monitor the planet

Il presente studio documenta il rilievo tridimensionale del Monastero delle Clarisse di Santa Chiara a Faenza, eseguito nell'ambito di un progetto di riqualificazione dell'edificio storico, liberato dalla comunità monastica dal 2019. L'obiettivo principale è stato la creazione



di un database accurato che supportasse gli interventi futuri di recupero e riconversione della struttura.

Il rilievo è stato realizzato con un approccio integrato che ha combinato l'utilizzo di tecnologia LiDAR, fotogrammetria aerea e immagini sferiche. Sono state impiegate due stazioni totali RIEGL (VZ-400i e VZ-600i) per l'acquisizione di una nuvola di punti integrale della struttura, completata con fotografie panoramiche e un volo con drone DJI Mini 3 Pro per la documentazione della copertura dell'edificio. La scelta di un sistema di coordinate locali ha permesso di ottimizzare i tempi di rilievo e di garantire la precisione relativa tra i punti acquisiti, pur escludendo la georeferenziazione in un sistema globale.

La fase di elaborazione dei dati è stata articolata in diversi passaggi:

- Allineamento e registrazione delle nuvole di punti tramite il software RISCAN PRO, con affinamento mediante ICP (Iterative Closest Point).
- Generazione della nuvola fotogrammetrica con PIX4D per integrare le immagini da drone.
- Estrazione di sezioni e piante mediante PointCab Origins.
- Vettorializzazione e restituzione grafica in AutoCAD per la produzione di elaborati tecnici.

I prodotti finali comprendono modelli tridimensionali dettagliati, piante e prospetti delle facciate, fornendo un riferimento essenziale per la progettazione degli interventi di restauro e per l'analisi strutturale dell'edificio. Il lavoro ha evidenziato i vantaggi dell'integrazione tra rilievo laser scanner e fotogrammetria, dimostrando come queste tecnologie possano migliorare l'efficienza della documentazione architettonica e la gestione del patrimonio storico.

Dal punto di vista applicativo, il rilievo digitale consente non solo di supportare le fasi progettuali della riqualifica, ma anche di creare una base dati utile per future analisi, monitoraggi e interventi di conservazione preventiva.

Dott.ssa Rachele Salmaso

Realizzazione di un sistema di archiviazione interna di banche dati cartografiche nazionali

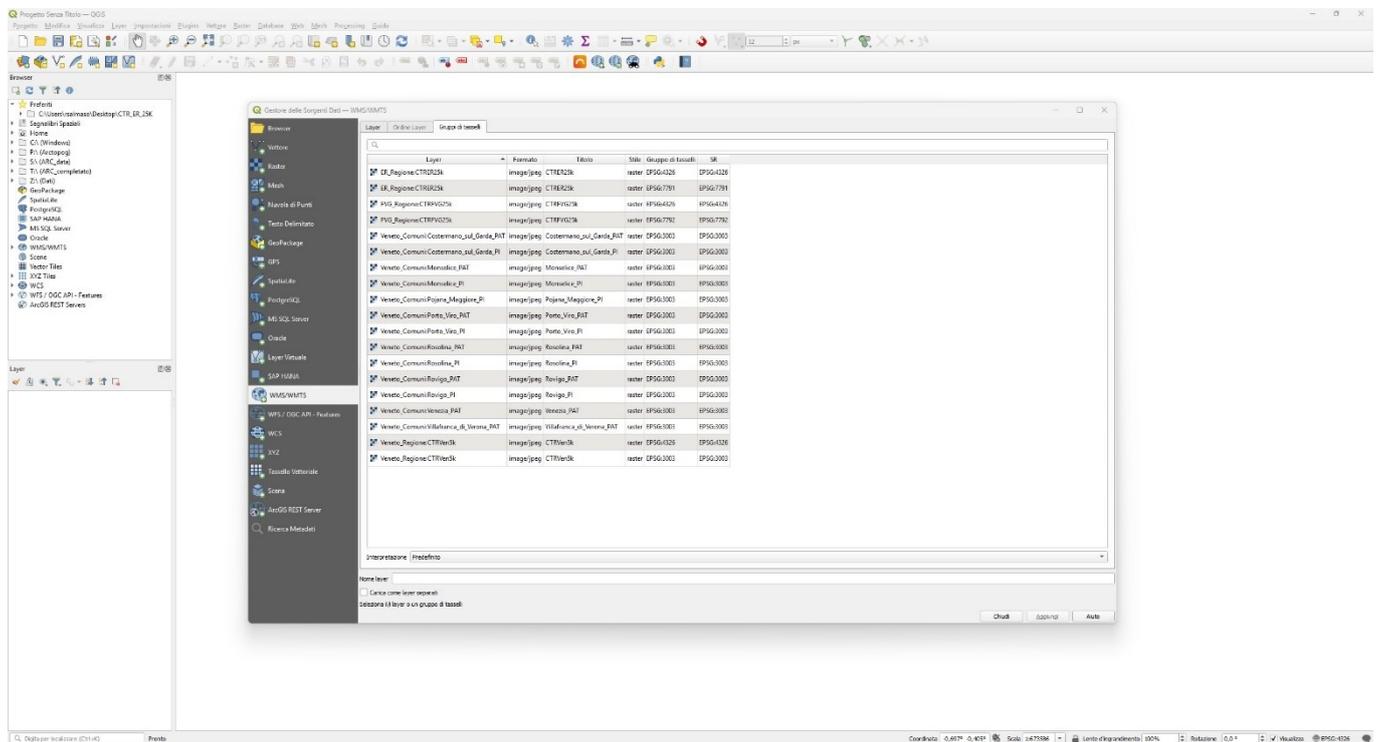
sede di stage: ARCSYSTEM S.r.l.

Il presente elaborato riporta il progetto svolto durante il periodo di tirocinio presso Arcsystem, azienda padovana che si occupa di progettazione di impianti a rete, sistemi informativi territoriali e servizi topografici.

Nello specifico, il lavoro si è articolato in diverse fasi:

- ricerca ed elaborazione delle banche dati cartografiche delle regioni di interesse;
- relativa pubblicazione e catalogazione in un repository interno, anche attraverso una rielaborazione in ambiente GIS;
- studio, gestione, parametrizzazione e personalizzazione dei principali software a supporto, quali GeoServer e GeoNetwork;
- metadatezione dei layer rielaborati, mediante l'utilizzo di plug-in per QGIS.

L'obiettivo è la realizzazione di un sistema di archiviazione interna delle banche dati cartografiche nazionali, facilmente fruibile attraverso un servizio di consultazione WMS.

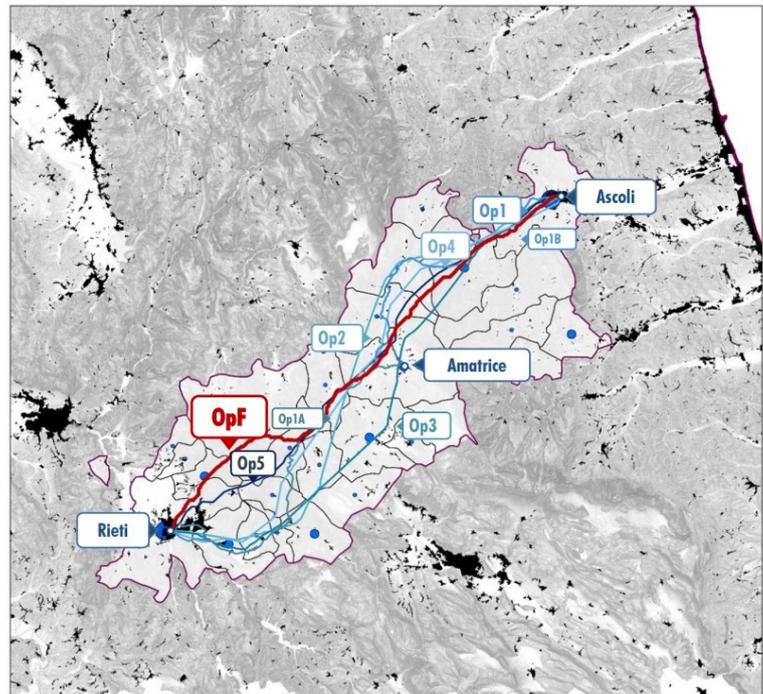


Dott.ssa Maria Valese

Analisi Multicriteria Spaziale per la Progettazione di Tracciati Ferroviari: sviluppo di un tool parametrico Gis-based

sede di stage: Centro di GeoTecnologie dell'Università di Siena

La pianificazione delle infrastrutture di trasporto è una componente critica dello sviluppo sostenibile, strettamente connessa agli aspetti ambientali, socio-economici e regolatori del territorio. Questo studio propone un approccio basato sull'Analisi Multicriteria Spaziale a Supporto delle Decisioni (SMCDA - Spatial MultiCriteria Decision Analysis) per la valutazione di tracciati ferroviari attraverso l'elaborazione di un workflow parametrico integrato da tecnologie GIS. Attraverso l'uso della piattaforma GIS, di algoritmi di ottimizzazione territoriale e dell'armonizzazione di dataset di diversa natura, la metodologia SMCDA si propone di fornire soluzioni di tracciati ferroviari ottimali in relazione agli obiettivi specifici dei casi studio.



I casi studio selezionati sono il corridoio ferroviario Rieti-Amatrice-Ascoli e il tracciato Ragusa -Vizzini. I risultati evidenziano che la combinazione di modelli di sostenibilità ecologica e vincoli geologici consente di identificare corridoi ottimali, minimizzando l'impatto ambientale e i costi infrastrutturali. Le implicazioni di questo studio suggeriscono un'integrazione più strutturata dei metodi multicriteria nei processi decisionali di pianificazione dei trasporti e un approccio multi-scalare che evidenzi la relazione tra infrastruttura ferroviaria, con tutte le sue implicazioni morfologiche, costruttive e realizzative, e il territorio in termini di potenzialità di sviluppo e di dinamiche di trasformazione.