



## Il progetto HELI-DEM (Helvetia-Italy Digital Elevation Model): scopi e stato di attuazione



Ludovico Biagi (\*), Maria Antonia Brovelli (\*), Alessio Campi (\*\*), Massimiliano Cannata (\*\*\*),  
Laura Carcano (\*), Marina Credali (\*\*\*\*), Mattia De Agostino (\*\*\*\*\*), Ambrogio Manzino (\*\*\*\*\*),  
Monica Peggion (\*\*\*\*), Fernando Sansò (\*), Gian Bartolomeo Siletto (\*\*\*\*\*)

(\*) Politecnico di Milano, DIAR, Polo Territoriale di Como, Via Castelnuovo 7, IT-22100 Como

(\*\*) Fondazione Politecnico di Milano, Piazza Leonardo da Vinci 32, IT-20133 Milano

(\*\*\*) Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana, Dipartimento Ambiente Costruzioni e Design,  
Campus Trevano, CH-6952 Canobbio

(\*\*\*\*) Regione Lombardia, Direzione generale Territorio e Urbanistica, Piazza Città di Lombardia 1, IT-20124 Milano

(\*\*\*\*\* Politecnico di Torino, DITAG, Sede di Vercelli, Piazza Sant'Eusebio 5, IT-13100 Vercelli

(\*\*\*\*\* Regione Piemonte, Direzione programmazione strategica, politiche territoriali ed edilizia  
Corso Bolzano 44, IT-10121 Torino

### Riassunto esteso

I dati di elevazione sono parte integrante nei *Geographical Information Systems* (GIS) e uno dei dati territoriali fondamentali previsti dalla Direttiva Europea INSPIRE (*IN*frastructure for *S*patial *I*nfoRmation in Europe, [inspire.jrc.ec.europa.eu](http://inspire.jrc.ec.europa.eu)): essi vengono memorizzati nei *Digital Elevation Models* (DEM), che costituiscono uno strumento di base per moltissime applicazioni di carattere ambientale e territoriale. Si noti che il termine DEM è riferito alla generica famiglia dei modelli di elevazione: in tale ambito si distingue fra *Digital Surface Models* (DSM) che rappresentano la superficie effettiva (ovvero inclusiva di edifici, vegetazione, etc.) ed i *Digital Terrain Models* (DTM), che rappresentano l'elevazione del terreno nudo. Il DTM è uno strumento fondamentale nell'Ingegneria Ambientale, nell'Ingegneria Civile e in molte applicazioni specifiche, come ad esempio la progettazione di reti di telecomunicazioni o l'agricoltura di precisione.

Negli ultimi anni, sia in Italia che in Svizzera, sono stati acquisiti dati di elevazione del terreno con sistemi di riferimento, tecnologie, risoluzioni, accuratezze e modelli dati differenti. Il progetto HELI-DEM (*HEL*vetia-*I*taly *D*igital *E*levation *M*odel), finanziato con i fondi del Programma Comunitario Operativo di Cooperazione transfrontaliera Italia – Svizzera 2007 – 2013, mira alla creazione di un modello digitale delle altezze unificato, per la fascia alpina e subalpina, tra Italia (Piemonte, Lombardia e Provincia Autonoma di Bolzano) e Svizzera (Cantoni Ticino e Grigioni), correttamente georeferenziato, prodotto validando e, ove possibile, integrando in un unico modello tutte le sorgenti di informazioni disponibili. Nella gestione congiunta dell'informazione geografica da parte di enti diversi, come ad esempio nella fascia transfrontaliera tra i due stati, si pone il problema di un sistema di inquadramento che permetta di gestire in forma federata e diffusa l'informazione senza rimuoverla dal suo GIS di residenza naturale, per mezzo di un algoritmo generale di trasformazione sia per le informazioni quantitative che qualitative. Per quanto riguarda i DEM ciò richiede:

- a) che le coordinate planimetriche dei punti in una fascia transfrontaliera siano tra loro congruenti e correttamente georeferenziate in un unico sistema di riferimento;
- b) che l'informazione altimetrica non presenti discontinuità e che sia consistente al livello nominale di accuratezza dei DEM;
- c) che la definizione del terreno digitale, per quanto attiene alle sue caratteristiche di risoluzione ed accuratezza, sia consistente tra le due parti.

Per adempiere a tale compito con una risoluzione planimetrica uguale o migliore dei 20m ed un'accuratezza che sia la migliore ottenibile in funzione dei prodotti disponibili, per la fascia alpina oggetto del progetto è necessario un ricalcolo del geoide, ovvero del *datum* d'altezza, nell'area d'interesse, con un'accuratezza migliore di 10 cm. Analogamente è necessaria la determinazione di una rete GNSS, per la validazione e la georeferenziazione lungo la linea di frontiera.

L'integrazione di dati tridimensionali transnazionali multirisoluzione richiede la disponibilità di appropriati metodi e parametri di trasformazione di *datum*, almeno conformi alle accuratèzze dei modelli digitali del terreno originari. Se l'accuratezza del dato è elevata (dell'ordine delle decine di centimetri), l'accuratezza richiesta per la trasformazione planimetrica è a sua volta elevata.

La trasformazione di coordinate planimetriche da un sistema nazionale ad un altro è a rigore la proiezione 2D di una trasformazione di coordinate 3D da una rete di inquadramento nazionale ad un'altra. Se, come nel caso attuale, si dispone solo di coordinate 2D per la maggioranza dei punti, la trasformazione può essere eseguita solo approssimativamente. Dunque il metodo da adottare dipende dalle esigenze di precisione. In particolare nel caso si voglia raggiungere un elevato livello di accuratezza, non sarà sufficiente una trasformazione di Helmert 3D (livello 1 di precisione). Tali trasformazioni, con i parametri oggi disponibili per i paesi europei, permettono di raggiungere accuratèzze dell'ordine di qualche metro. Per accuratèzze superiori sarà necessario utilizzare trasformazioni e interpolazioni locali nella zona di frontiera basate su punti rilevati nelle due reti di inquadramento (livello 2 di precisione della trasformazione). Quindi si dovranno eliminare le distorsioni mediante una loro modellizzazione estesa a tutto il territorio e basata sulle coordinate disponibili nei nuovi sistemi di riferimento satellitare. Nel caso del confine fra Italia e Svizzera il riferimento è ai due sistemi IGM95 e MN95 (livello 3 di precisione della trasformazione).

Il tipo di trasformazione ottimale da adottare sarà oggetto del presente progetto. La precisione ottenibile mediante la trasformazione sarà dell'ordine di grandezza della precisione locale delle reti di inquadramento (normalmente qualche cm). Per la stima della trasformazione dovranno essere utilizzati i rilievi eseguiti dalle competenti autorità geodetiche sui termini di confine eventualmente integrati con opportune campagne di misura progettate appositamente per il presente progetto. Questo allo scopo di produrre un DTM (per la coordinata di altezza si considereranno le quote ortometriche) integrato e multirisoluzione che rappresenta il dato fondamentale per le molteplici applicazioni ambientali e territoriali. Gli enti coinvolti nel progetto sono i seguenti: Fondazione Politecnico di Milano, Politecnico di Milano (Polo Territoriale di Como), Politecnico di Torino (Sede di Vercelli), Provincia Autonoma di Bolzano, Regione Lombardia, Regione Piemonte e la Scuola Universitaria della Svizzera Italiana. È inoltre prevista la collaborazione, in qualità di partner esterni, di SwissTopo e dell'Istituto Geografico Militare. Il progetto si articola in nove *Work Packages* (WP), i cui titoli e durata sono riportati nella sottostante tabella.

Le descrizioni analitiche del progetto e del suo stato di avanzamento sono nell'articolo completo, che è in fase di pubblicazione sul Bollettino SIFET 1/2011.

Tabella 1 – I WP di HELI-DEM.

WP	Titolo	MI	MF
WP1	Management	1	30
WP2	Raccolta e analisi delle varie tipologie di dati disponibili (DTM e geoide)	1	6
WP3	Verifica incrociata dei DTM e dei geoidi esistenti	5	16
WP4	Reti GNSS transfrontaliere	7	18
WP5	Unificazione del datum d'altezza (geoide) tra Svizzera e Italia	12	23
WP6	Validazione esterna e georeferenziazione del DEM	21	26
WP7	Integrazione di tutti i dati di altezza disponibili e validati	16	27
WP8	Sperimentazione di uso dei risultati del progetto e valutazione finale dei dati	22	27
WP9	Diffusione e valorizzazione dei risultati della ricerca	19	30

MI. Mese di inizio. MF. Mese di fine