

Il nuovo modello digitale del terreno della Regione Lombardia; un esempio di utilizzo di dati esistenti

Michele Bocci (*), Donata Dal Puppo (**), Dante Fasolini (***)

(*) Geographike srl, Via Sansedoni 7 Siena, 0577 588408 - m.bocci@geographike.it

(**) Regione Lombardia - u.o. Infrastruttura dati geografici - donata_dal_puppo@regione.lombardia.it

(***) ERSAF - Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste - dante.fasolini@ersaf.lombardia.it

Riassunto

Il Modello Digitale del Terreno (DTM) costituisce un dato fondamentale nella gestione del territorio e per le analisi e modellazione di una vasta serie di fenomeni ambientali.

La Regione Lombardia ha deciso di dotarsi di un nuovo DTM utilizzando come fonti principali il Data Base Topografico regionale (DBTR), che copre circa l'80% del territorio regionale e rilievi Lidar. Solo in limitate porzioni non coperte da tali dati sono stati utilizzati i dati altimetrici della precedente edizione del DTM regionale.

L'obiettivo del progetto era pertanto quello di riunire ed armonizzare i dati dei singoli DBT dei vari Comuni, organizzarli in geodatabase 3D, validarli e produrre un DTM per le zone coperte da tale tipo di dato. Successivamente sono stati collezionati gli altri dati disponibili per la produzione del DTM, in particolare i rilievi Lidar, al continuo di tutto il territorio regionale con caratteristiche tali da poterlo classificare di Livello 3 o 4, in base a quanto definito dalla "Linee Guida Ortoimmagini 1:10000 e Modelli Altimetrici" emanato dal "Comitato per le regole tecniche sui dati territoriali delle Pubbliche Amministrazioni".

Il progetto ha portato quindi all'allestimento di un geodatabase multiscala e multirisoluzione dedicato alla generazione del DTM dai dati del DBT, implementabile in futuro con il processo di completamento del territorio regionale con tale tipo di dato.

E' stato inoltre allestito un catalogo di dati raster dei vari Modelli Digitali della Regione per la generazione della nuova versione di DTM regionale, con passo 5m.

Abstract

The Digital Terrain Model is a crucial dataset for environmental analysis. The Lombardy Regional Administration decided to get a new DTM by using existing 3D data, mainly based on the DBTR project and Lidar surveys. Only for small areas not covered by these data the previous version of the DTM 20m regional database has been used. The aim of the project was the collection and harmonisation of the DBTR vector data to derive from this a new DTM 5m dataset.

As an additional product the performed data collection allowed to build a new DTM 5m for the whole regional area; this new dataset may be classified as level3 or level4 according to the "Linee Guida Ortoimmagini 1:10000 e Modelli Altimetrici" published by the "Comitato per le regole tecniche sui dati territoriali delle Pubbliche Amministrazioni".

A multiscale and multiresolution database was built to derive the DTM from DBTR data, taking into account the possibility of vector data further integration for the areas not covered at the moment.

Premessa

La Regione Lombardia ha inteso affidare esternamente mediante gara un servizio per la realizzazione di un modello digitale del terreno multiscala e multirisoluzione che consentisse di

armonizzare ed integrare una vasta serie di dati contenenti l'informazione altimetrica. Lo scopo era quello di organizzare tali dati in una struttura di geodatabase che potesse consentire agevolmente l'estrazione della migliore informazione disponibile sull'altimetria in ogni ambito territoriale e che potesse essere facilmente aggiornabile ed integrabile con la progressiva copertura del territorio con i dati del Data Base Topografico.

Materiali e metodi

Per la generazione del DTM sono stati utilizzati i seguenti dati:

- Dati Lidar:
 - Dati Regione Lombardia, con pixel di circa 1m
 - Dati dell'Autorità di Bacino del Po, con pixel pari a 2m
- Dati vettoriali DBT – dai lotti DBT disponibili alla data del lavoro sono stati estratti, analizzati ed armonizzati una serie di strati informativi ritenuti adatti alla realizzazione di un modello digitale del terreno mediante la preventiva costruzione del “terrain data model”, un modello vettoriale di dati dei prodotti ESRI che prevede l'approccio multiscala e multirisoluzione del dato.
- DTM 20m MN – CNR. Si tratta di un DTM fornito nelle fasi finali del progetto, per il quale non erano definite specifiche né metadati.
- DTM 20m della Regione Lombardia – è l'attuale DTM ufficiale della Regione Lombardia.

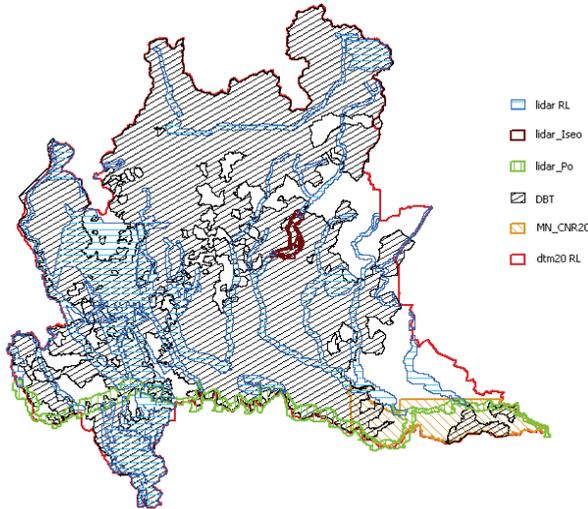


Figura 1 - Distribuzione dei vari tipi di dati utilizzati nel progetto.

Per quanto riguarda i dati Lidar la figura seguente mostra come localmente si possono riscontrare delle ondulazioni nella superficie del terreno imputabili alle operazioni di correzione, nella fase di passaggio dal DSM al DTM.

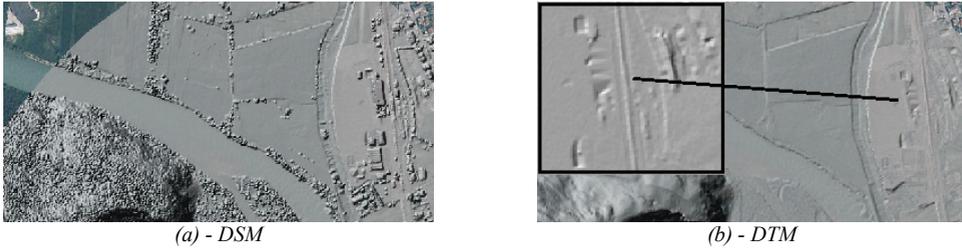


Figura 1 - Dati LIDAR nella parte N del Bacino Lariano, evidenziati con mappa delle ombre:
 a) DSM, si può osservare la presenza di vegetazione ed edifici; b) DTM, vegetazioni ed edifici sono rimossi, ma con dei residui visualizzati nel riquadro. Inoltre gli appezzamenti mostrano quote differenti, forse imputabili a diverse altezze delle colture al momento del rilievo.

Nella fase di analisi delle fonti è stato inizialmente considerato anche un DTM denominato IT2007 con risoluzione 2m a disposizione della Regione Lombardia; si tratta più in particolare di dati di tipo DSM correlati alle ortofoto che comprendono anche la mappa delle altezze degli oggetti al suolo (OBH), dai quali è possibile derivare per differenza il DTM. Al termine dell'analisi si è preferito non utilizzare tale dataset per l'assenza di documentazione che identifica il livello di precisione e la qualità del dato lasciando per le zone senza i dati DBT e Lidar l'informazione del DTM20, dataset ufficiale della Regione, realizzato elaborando le quote della Carta Tecnica Regionale scala 1:10.000.

Lo schema generale del processo di realizzazione del DTM multirisoluzione è stato il seguente:

1. Analisi ed elaborazione dati vettoriali dei lotti DBT disponibili per la generazione di un DTM di elevato dettaglio (pixel 5m) dalle primitive geometriche del DBT;
2. Organizzazione di un Geodatabase contenente un catalogo di dati altimetrici da varie fonti, che consentisse di ottenere il dato più accurato per tutto il territorio regionale.

Nella figura seguente si riporta lo schema di flusso delle operazioni di elaborazione dati:

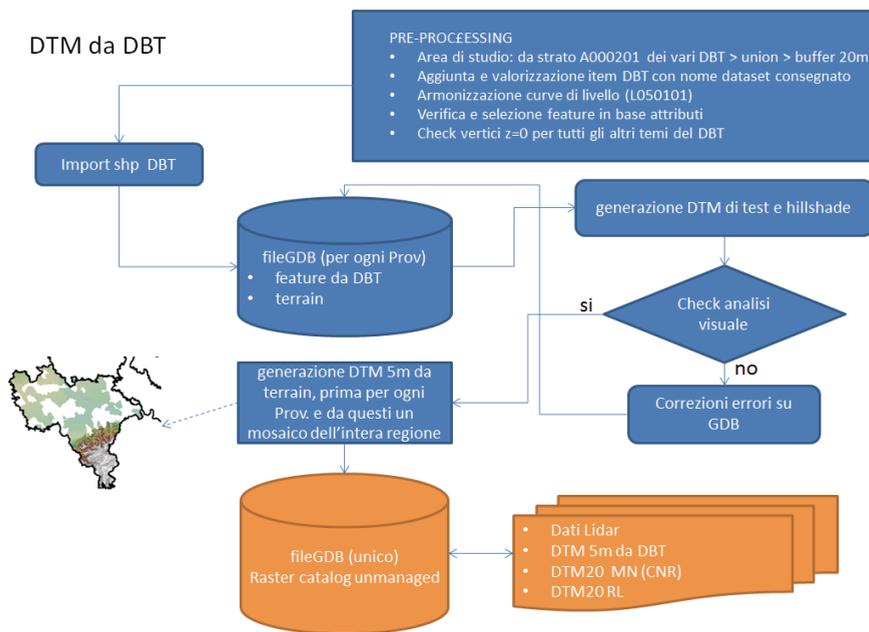


Figura 3 - Schema di flusso del processo di elaborazione dati.

Per la generazione del DTM sono stati utilizzati i seguenti strati informativi del DBT:

STRATO	CONTENUTO	SELEZIONE
A000201	PORZIONE DI TERRITORIO RESTITUITO	
A010101	AREA DI CIRCOLAZIONE VEICOLARE	AC_VEI_SED = 301
A010105	VIABILITA' MISTA SECONDARIA	AR_VMS_SED = 204
A010201	SEDE DI TRASPORTO SU FERRO	SD_FER_SED = 401
A020502	ARGINI	valutare
A040101	AREA BAGNATA DI CORSO D'ACQUA	AB_CDA_SED = 0101
A040102	SPECCHIO D'ACQUA	aggiunta item quota e calc Qmed dalle q dei vertici
A040103	INVASO ARTIFICIALE	aggiunta item quota e calc Qmed dalle q dei vertici
L040401	ELEMENTO IDRICO	EL_IDR_LIV <> 0401,0402,0403 EL_IDR_TY = 0101 Esclusi gli elementi interni allo strato A040101
L050101	CURVE DI LIVELLO	Selezione equid. 10m e check armonizzazione manuale
P050102	PUNTI QUOTATI	PT_QUO_SED = 0101* (solo punti al suolo) Esclusi i punti interni agli strati A010101, A010105 e A010201
L050103	BREAK LINE	-
L050302	SCARPATA	-

Tabella 1 - Strati informativi del DBT usati per la generazione del DTM.

Considerato che la realizzazione del DBT procede per lotti che, pur rispettando le stesse specifiche tecniche, mostrano talvolta differenti criteri di impostazione del dato, la scelta delle primitive geometriche e la selezione degli oggetti è stata operata analizzando ogni singolo lotto DBT, al fine di verificare la corretta selezione degli elementi da utilizzare.

Per una consultazione puntuale delle selezioni operate si rimanda alla consultazione diretta dei geodatabase contenenti gli oggetti utilizzati per i modelli “terrain dataset”.

Le attività di armonizzazione dei dati sono state approfondite per lo strato L050101 “curve di livello”, operando una selezione delle isoipse con equidistanza 10m e quindi procedendo con la loro armonizzazione lungo i confini di lotto.

Non disponendo di dati di riferimento certi sull’altimetria, i casi di ambiguità sui limiti di lotto sono stati risolti con valutazioni qualitative basate sul contesto locale, descritto dall’insieme dei dati a disposizione.

Nelle seguenti figure si evidenziano dei tipici casi in cui l’analisi e l’armonizzazione ha dovuto operare con editing geometrico per la realizzazione di un “continuo tematico” omogeneo.

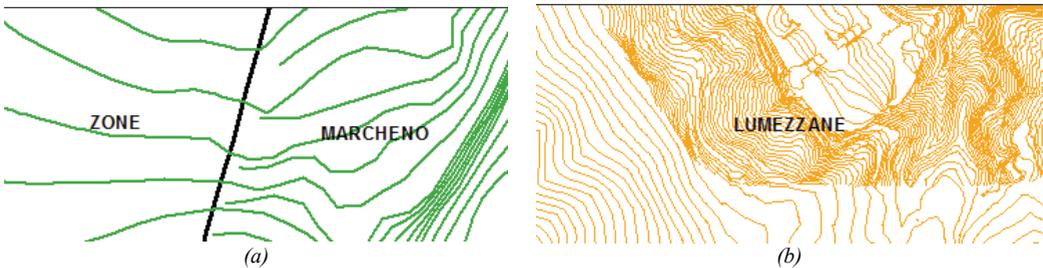


Figura 4 - Esempi di cambi di equidistanza: a) sul limite tra due comuni; b) all’interno di un comune, con una variazione di equidistanza di 1 linea mantenuta ogni 5.

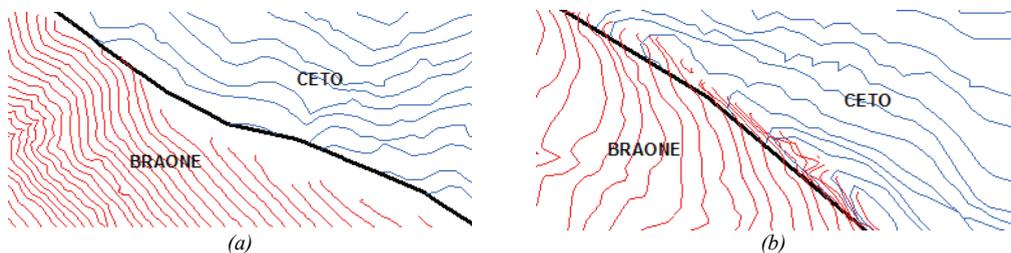
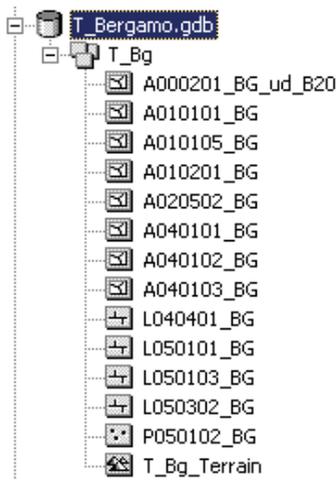


Figura 5 - Esempi di confini tra DBT di comuni differenti da armonizzare: a) caso mancata copertura di territorio; b) caso di sovrapposizione dei dati.

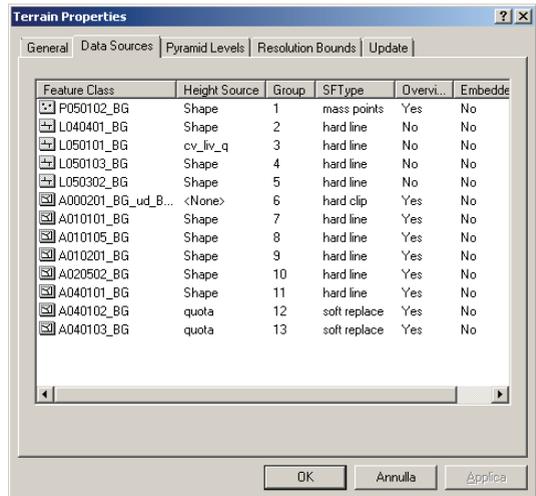
Per ogni provincia, una volta effettuata l’analisi con armonizzazione e selezione degli oggetti da utilizzare, è stato costruito un “file geodatabase” contenente i vari tipi di dato.

E’ stato quindi costruito il modello “terrain data model”, un dataset multirisoluzione basato sulla logica TIN (triangulated irregular network). Il modello prevede il concorso di vari tipi di feature, che possono assumere diversi tipi di ruoli e caratterizzati da parametri specifici che ne regolano la costruzione.

Nella seguente figura è riportato lo schema di uno dei file geodatabase provinciali e le proprietà del terrain dataset. Allo scopo di rendere più gestibile l’insieme dei dati, sia per le operazioni del progetto attuale che per possibili futuri interventi di manutenzione ed aggiornamento, si è scelto di non riunire i dati dell’intera regione ma di mantenerli separati in archivi di livello provinciale.



(a)



(b)

Figura 6 - Esempio di organizzazione dati nei file geodatabase dedicati ai dati DBT e alla generazione dei modelli "terrain". (a) schema dei contenuti del geoDB; (b) proprietà del "terrain", con le modalità di impiego delle varie primitive geometriche.

Per favorire la creazione di un unico DTM regionale il layer di boundary (limite dell'area di interesse del terrain) è stato prodotto mediante un buffer, generalmente di 20m) sullo strato A000201 del DBT (porzione di territorio restituito), mosaicato ed armonizzato a livello provinciale.

Da test sulle prime elaborazioni si è visto come fosse necessario impostare dei controlli sistematici sulla qualità del dato altimetrico presente nei dati DBT.

Sono stati quindi effettuati i controlli e gli interventi descritti nella tabella seguente:

anomalia	Tecnica di ricerca	Azione correttiva
vertici con quota non valorizzata o fuori dal dominio (q min e qmax) della provincia	<ul style="list-style-type: none"> - Generazione di layer puntuali 3D corrispondenti ai vertici degli elementi lineari e poligonali, e associazione della z ad un attributo. Mediante query sono stati evidenziati eventuali valori di z anomali. - Associazione ad ogni oggetto del parametro Zmin e Zmax. Oggetti con Zmin = 0 denotano la presenza di almeno un vertice con z = 0, individuabile analizzando l'oggetto contestualmente alla mappa delle ombre di un DTM di test generato dal DB in oggetto 	<p>Se gli errori sono limitati e localizzati sono stati corretti inserendo per i vertici in oggetto dei valori appropriati rispetto al contesto.</p> <p>Se invece gli errori o le mancanze di informazione erano più estesi l'intero oggetto è stato cancellato dal DB</p>
Vertici con quote anomale rispetto al contesto	Analisi visuale del DTM con mappa delle ombre per individuare morfologie evidentemente anomale	come sopra

Tabella 2 - Attività di ricerca e correzione di errori nel dato "z".

Nelle seguenti figure si riportano delle casistiche di anomalie riscontrate.



Figura 7 - (a) esempio di quote anomale individuate dall'analisi visuale del DTM con mappa delle ombre; (b) un particolare dell'interrogazione della linea che presenta due vertici con quote errate rispetto al contesto. Sullo sfondo il modello terrain, con le facce triangolari (TIN).

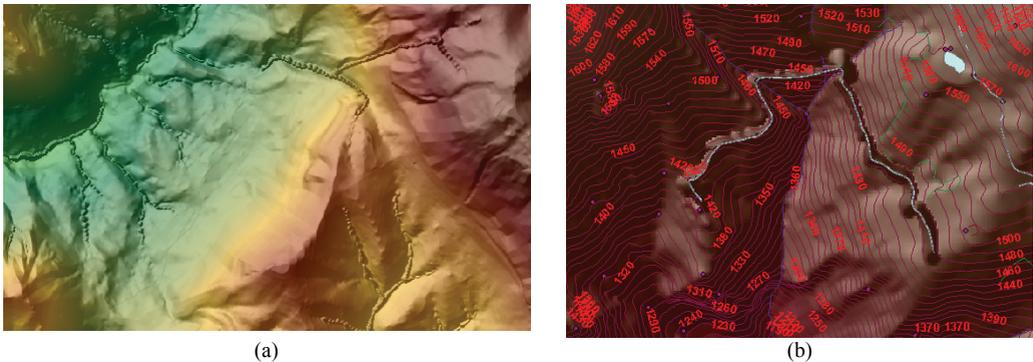


Figura 8 - (a) versanti con elementi del reticolo idrografico non "a registro" con l'altimetria delle curve di livello. In tali casi sono stati eliminati gli elementi idrografici non coerenti. (b) un tratto di viabilità secondaria con quote anomale rispetto al contesto delineato dalle curve di livello.

Nei casi di discordanza generalizzata di interi elementi rispetto al contesto, soprattutto nelle aree con acclività nelle quali il tema delle curve di livello assume una fondamentale importanza nella costruzione del DTM, gli elementi ritenuti "anomali" sono stati eliminati.

Al termine di tale fase di armonizzazione e correzione dei casi di anomalia più evidenti, dai vari DB di ambito provinciale sono stati estratti i DTM con passo 5m, raccolti quindi in un unico "raster catalog" dal quale è stato derivato il DTM 5m di provenienza DBT, per l'intero territorio regionale coperto da tale tipo di dato.

Risultati

Il progetto ha consentito di definire un metodo operativo per la generazione di modelli digitali del terreno a partire dai dati del Data Base Topografico. I dati vettoriali provenienti dal DBT sono organizzati in strutture "geodatabase" in modo da poter consentire agevolmente la produzione di versioni successive del dato in funzione del progressivo completamento del progetto del Data Base Topografico stesso.

Inoltre, allo scopo di ottenere un DTM per l'intero territorio regionale, è stato realizzato un mosaico dei vari dati disponibili, con priorità crescente come il numero del seguente elenco:

1. DTM 20 Regione Lombardia
2. DTM 20 della “Bassa mantovana” – fonte CNR
3. DTM 5 da DBT (prodotto in questo progetto)
4. Dati lidar Po (pixel 2m)
5. Dati lidar Regione Lombardia (pixel circa 1m)

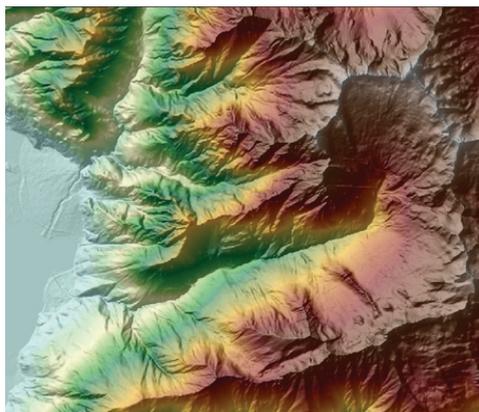
Tutti i dati elaborati sono stati proiettati nel sistema WGS84 UTM32 utilizzando le griglie NTV2 fornite dalla Regione.

Secondo quanto definito nelle “Linee guida ortoimmagini 1:10000 e modelli altimetrici” - Tabella 5, e considerato il particolare scopo del progetto, il livello di precisione di tale modello altimetrico è variabile e in funzione del dato di base che lo ha prodotto.

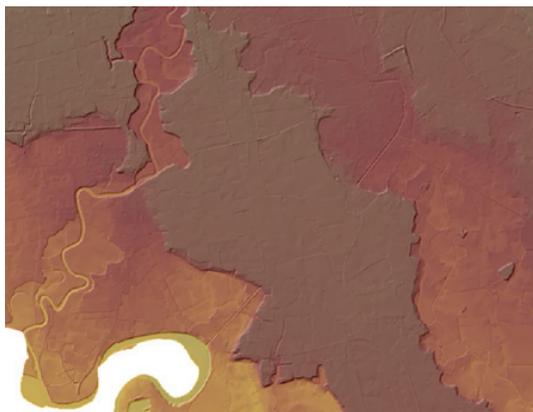
DTM 20	Fonti disponibili DBT	LIDAR	Livello di Precisione (tab.5 Linee Guida)	Passo cella (m)
X			1 o 2	20
X	X		3 o 4 (*)	5
X	X	X	5	2
X		X	5	2

Tabella 3 - Livelli di precisione dei modelli altimetrici derivabili dal Terrain dataset multirisoluzione - (*)3 per le zone rilevate a scala 1:10.000 o 1:5.000 corrispondenti alle zone non urbanizzate o scarsamente urbanizzate, 4 per le zone rilevate a scala 1:2.000 o 1:1.000 corrispondenti alle aree urbanizzate.

Nelle figure seguenti si riportano alcuni dettagli di tale prodotto:



(a)



(b)

Figura 9 - (a) ambiente montano nella bassa Valchiavenna; (b) la media pianura cremonese, nella zona di confluenza del F. Serio nel F. Adda. Da notare la descrizione dei terrazzi fluviali e la traccia di un vecchio corso, possibile tratto abbandonate del Serio che per cattura si è poi diretto verso SSW abbandonando la valle diretta a SE.

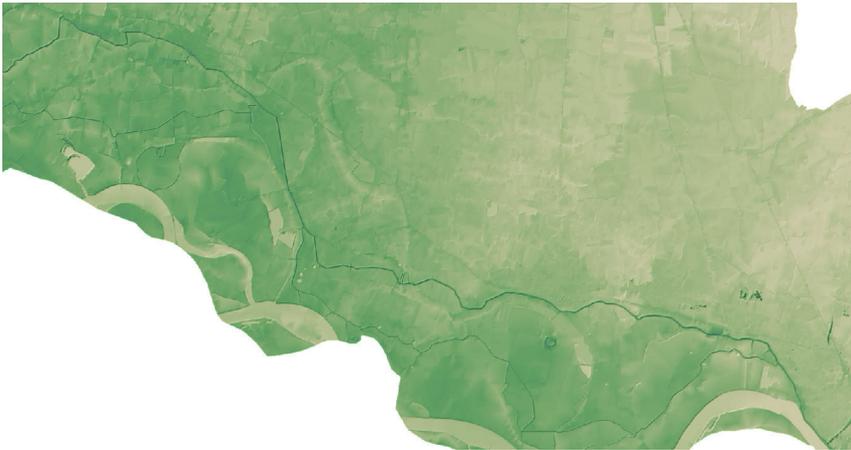


Figura 10 - La bassa pianura e la valle del Po, con i reticoli degli argini ben evidenziati.

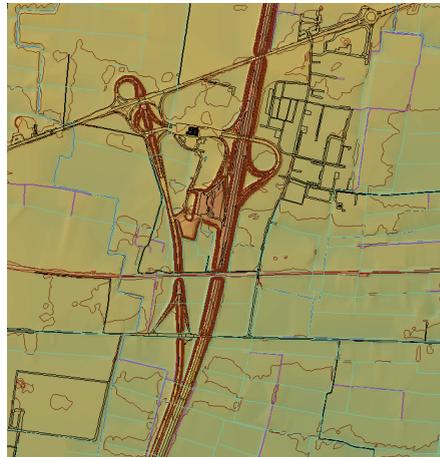


Figura 11 - Un dettaglio dei rilevati stradali. A destra sono presenti le primitive geometriche del DBT.

Bibliografia

- DPCM 10 Novembre 2011 – “Regole tecniche per la definizione delle specifiche di contenuto dei database geotopografici” e relativi allegati
- Linee Guida “Ortoimmagini 1:10000 e Modelli Altimetrici” recepito dal Comitato per le regole tecniche sui dati territoriali della pubblica amministrazione il 22/07/2009.
- M.A. Brovelli, A. Cina, M. Crespi, A. Lingua, A. Manzano, L. Garretti “Linee Guida “Ortoimmagini e Modelli Altimetrici a grande Scala” approvate dal Comitato Permanente Sistemi Geografici del Centro Interregionale Sistemi Informatici, Geografici e Statistici il 20/03/2012.
- Regione Lombardia - Specifiche di contenuto e schema fisico di consegna del Data Base Topografico – ultima versione – approvata con DGR 6650 del 20 febbraio 2008.
- Regione Lombardia – Specifiche per l’Interscambio dei dati del Database topografico nell’ambito dell’Infrastruttura per L’informazione Territoriale regionale, approvate con Decreto 3870 del 7 maggio 2012 allegato B.