

## Dottorato in “Nuove Tecnologie e Informazione Territorio e Ambiente”

### Ciclo XXVII



### RAPPORTO DEL PRIMO ANNO DI ATTIVITA'

**Dottorando: Stefano Picchio**

Gennaio 2013

## INDICE

1. Premessa.....	3
2. Attività di studio e formazione.....	6
3. Commenti e valutazioni sui seminari seguiti nel 2012 .....	9
4. Ricerca parallela.....	11
5. Didattica e seminari.....	15
6. Argomenti di interesse per la ricerca.....	16
7. ALLEGATO 1 .....	17
8. ALLEGATO 2 .....	54
9. ALLEGATO 3 .....	93

## 1. Premessa

Le motivazioni che mi hanno spinto ad iscrivermi al corso di dottorato di ricerca in “Nuove Tecnologie e Informazione Territorio e Ambiente” sono molteplici.

Da un lato il Corso NT&ITA rappresenta il completamento post lauream del percorso formativo accademico da me intrapreso nel 2000 all’interno della filiera in Sistemi Informativi Territoriali e Telerilevamento erogata dalla Facoltà di Pianificazione del Territorio dell’Università Iuav di Venezia e nella quale ho conseguito una laurea triennale di primo livello (a.a. 2003/04, “GIS & Landscape Ecology”, con punti 110/110 e lode), una master di primo livello (a.a. 2008/09, “Object-Based Image Analysis & Change Detection”, con punti 107/110) e una laurea magistrale in classe LM48 secondo il DM 270/2004 (a.a. 2010/11, “Energia, Ambiente e Rischio per una Smart City”, con punti 110/110).

Parallelamente al percorso formativo ho condotto negli anni una serie di attività professionali nell’ambito delle ICT e delle elaborazioni delle informazioni territoriali e ambientali per conto di studi professionali e convenzioni istituzionali di ricerca, che mi hanno portato a sviluppare e produrre nuovi metodi per la costruzione di quadri di conoscenza a supporto dell’Analisi e Valutazione Ambientale e nella costruzione di Piani Urbanistici e Territoriali per gli Enti che si occupano di Governo del Territorio.

Nel 2009 la mia attività professionale si consolida ulteriormente con la costituzione dello spin-off Iuav “UniSky Srl” del quale sono socio e la cui attività principale consiste nel monitoraggio sistematico e permanente del territorio e dell’ambiente, nella progettazione e sviluppo di applicazioni software e progettazione di Sistemi Informativi Territoriali.

Le attività professionali citate hanno consentito di sviluppare applicazioni e studi di grande efficacia specialmente sul tema delle trasformazioni urbane e territoriali e quindi una nuova visione nella costruzione dei quadri di conoscenza a supporto di nuovi strumenti di governo del territorio grazie all’evoluzione del contesto ICT.

Infatti, parallelamente all’evoluzione dei sensori, della varietà di dati acquisibili da piattaforme diverse e a sempre maggiori risoluzioni spaziali, spettrali, radiometriche e temporali, si assiste ad un interesse sempre crescente al tema dei cambiamenti nell’uso del suolo. Il tema delle trasformazioni territoriali è oggi sempre più al centro

delle questioni legate al governo del territorio. Nuovi strumenti di analisi delle trasformazioni avvenute nel corso del tempo sul territorio sono di grande importanza in quanto consentono di completare il quadro di conoscenze territoriali e ambientali acquisito tradizionalmente con informazioni di grande dettaglio, a scala multi temporale e di integrarle tra loro ottenendo nuovi strati conoscitivi di grande interesse. In questo contesto l'analisi multi temporale di serie di immagini telerilevate può dare un insostituibile contributo all'esperienza conoscitiva in quanto consente efficaci ricostruzioni delle trasformazioni territoriali associate a modalità di rappresentazioni di grande impatto comunicativo. L'analisi basata su change detection si basa sul confronto multitemporale di immagini telerilevate applicando metodi per la classificazione automatica e l'estrazione di temi dell'uso del suolo orientati alla quantificazione delle trasformazioni territoriali avvenuti nell'arco temporale di riferimento. La change detection consente di quantificare per ogni classe i cambiamenti intervenuti nei confronti di tutte le altre classi definite all'interno dell'analisi. I temi trattabili e soggetti a monitoraggio possono essere il consumo di suolo, il rapporto tra sprawl e matrici della morfologia urbana e territoriale, così come la necessità d'indagine dei processi sia di breve che di lungo periodo.

La conoscenza delle trasformazioni in atto su un territorio è processo fondamentale per la pianificazione urbanistica ed ambientale e la costruzione dei relativi quadri conoscitivi a supporto delle scelte di piano. Conoscere i processi di lungo periodo è operazione indispensabile per scindere le peculiarità storiche di un territorio dal risultato invece di processi legati alla pianificazione recente. La conoscenza del territorio nelle sue dinamiche, in particolar modo del suo uso, rappresenta un elemento fondamentale e necessario per intraprendere qualsiasi azione di pianificazione futura e per progettare correttamente eventuali politiche di riqualificazione territoriale ed ambientale. Con i risultati delle analisi multitemporali è possibile ad esempio rispondere a domande quali: quanto terreno agricolo è stato urbanizzato? Quanti boschi sono stati abbattuti per far posto all'agricoltura? Come è evoluto il mosaico ambientale a seguito dell'abbandono delle pratiche agro-silvo-pastorali? Quali sono i trend dell'espansione edilizia? Qual è il grado di impermeabilizzazione dei suoli negli ultimi decenni? Come e dove si sono modificati gli habitat naturali all'interno di un'area protetta? ecc...

I livelli informativi a disposizione per studiare i processi nel tempo sono numerosi: le riprese aerofotogrammetriche sono disponibili nel nostro paese a partire dal secondo

dopoguerra e le immagini da satellite dagli anni settanta, con risoluzione e qualità sempre crescenti ed a costi sempre più accessibili alle organizzazioni medie e piccole.

Questi temi mi hanno inoltre consentito di condurre attività di docenza a contratto e collaborazione alla didattica all'interno di corsi universitari nei quali ho anche avuto la possibilità di supportare tesi in qualità di correlatore.

I temi di cui mi sono occupato negli ultimi anni mi spingono pertanto ad approfondire ulteriormente il ruolo delle Nuove Tecnologie nella costruzione di quadri conoscitivi a supporto dei sistemi di decisione nelle politiche di governo del territorio. A titolo di esempio, saper classificare correttamente immagini telerilevate, estrarre informazione territoriale dai dataset acquisiti dalle più moderne piattaforme di remote sensing, condurre analisi di change detection per monitorare i cambiamenti nell'uso del suolo non è più sufficiente se i risultati ottenuti dai vari processi di elaborazione delle informazioni non vengono contestualizzati all'interno di effettive problematiche territoriali e ambientali. Inoltre alcuni progetti di ricerca che mi hanno coinvolto da vicino come l'Analisi delle dinamiche spaziali dei popolamenti forestali nel Veneto necessitano inevitabilmente un'ulteriore contestualizzazione in un'ottica proveniente dalle recenti politiche comunitarie sui temi della conservazione della natura e della gestione sostenibile delle risorse.

Nella tesi magistrale infine ho affrontato trasversalmente tre problematiche molto sentite nel territorio del Veneto che riguardano il rischio idraulico, l'efficienza energetica e la qualità ambientale in ambito urbano partendo da dati di ultima generazione acquisiti con le più moderne tecnologie e sensori montati a bordo di piattaforme aeree e satellitari, dimostrando che le politiche e sistemi di supporto alle decisioni non possono rinunciare e astenersi dal recepire all'interno dei propri quadri di conoscenza quello che il mercato delle informazioni territoriali e ambientali acquisite con nuove tecnologie possono oggi offrire.

Il dottorato di ricerca, infine, oltre che finalizzato a fornirmi una preparazione avanzata nell'ambito della ricerca scientifica, avrà per me lo scopo di sviluppare l'autonomia scientifica indispensabile per intraprendere un'attività professionale di ricerca, sia in ambito accademico che sul mercato.

**Nel presente rapporto sono riportate le attività svolte nel primo anno di attività.**

## 2. Attività di studio e formazione

Nel corso del primo semestre di dottorato ho partecipato ai seguenti **seminari e conferenze della scuola di dottorato**:

- ✓ Seminario: Da ambiente a paesaggio  
**Antonio Buggin**  
20/01/2012
- ✓ Seminario: Wikicrazia: le frontiere delle politiche pubbliche collaborative al tempo della crisi  
**Alberto Cottica**  
23/01/2012
- ✓ Seminario: Elaborazioni di immagini e video per l'estrazione della conoscenza-  
**Andrea Prati**  
26/01/2012
- ✓ Seminario: Smart cities, lezione magistrale di **Luca De Biase**  
05/04/2012
- ✓ Seminario: Geo-FreeDOM: impatti di Free, Digital, Open, Mobile sul business geomatico, tendenze evolutive e prospettive future. Parte 1: il concetto di Free.  
**Paolo Dosso**  
12/04/2012
- ✓ Seminario: Workshop il manifesto per la città intelligente  
**Michele Vianello**  
13/04/2012
- ✓ Seminario: Nuove frontiere del remote sensing  
**Giovanni Sylos Labini**  
07/06/2012

- ✓ Seminario: Rischio idrogeologico e idraulica urbana  
**Goffredo La Loggia**  
14/06/2012
  
- ✓ Seminario: Sistemi di rilievo 3D avionici e terrestri  
**Nuccio Bucceri**  
14/06/2012
  
- ✓ Seminario: I nuovi orizzonti della valutazione ambientale con le Nuove Tecnologie  
**Leonardo Marotta**  
21/06/2012
  
- ✓ Seminario: Geostatistica  
**Rina Camporese**  
21/06/2012
  
- ✓ Seminario: Società, Politica e Piano - discussione a 2 voci  
**Domenico Patassini e Ugo Baldini**  
05/07/2012
  
- ✓ Seminario: Nuove piattaforme geoWeb: il programma geoSDI  
**Dimitri Dello Buono**  
05/07/2012
  
- ✓ Seminario: Servizi localizzati: definizione, disegno, integrazione, interoperabilità  
**Robert Laurini**  
12/07/2012
  
- ✓ Seminario: Le tecnologie ICT per dispositivi mobili: progettare LBS sul proprio cellulare  
**Andrea Prati**  
12/07/2012

- ✓ Seminario: Opportunità derivanti dal software open source e gli open data per la PA  
**Luca Menini**  
19/07/2012
  
- ✓ Seminario: Geospatial Web - ingegnerizzazione  
**Stefano Menegon**  
19/07/2012
  
- ✓ Seminario: Design e riduzione alla fonte dei rifiuti  
**Medardo Chiapponi**  
20/09/2012
  
- ✓ Seminario: Governare l'incertezza nella società del rischio  
**Simona Morini**  
20/09/2012
  
- ✓ Seminario: Filiere corte, territorio e agroalimentare  
**Giorgio Piazza**  
27/09/2012
  
- ✓ Seminario: Cloud computing & PA  
**Michele Vianello**  
04/10/2012
  
- ✓ Seminario: Termomapping  
**Nuccio Bucceri**  
04/10/2012
  
- ✓ Seminario: Reti sociali e modelli wiki  
**Alberto Cottica**  
18/10/2012
  
- ✓ Seminario: Il tramonto della geografia nell'epoca di internet  
**Giovanni Sylos Labini**  
29/11/2012

### 3. Commenti e valutazioni sui seminari seguiti nel 2012

Nel complesso ho seguito **24 seminari** suddivisi da un lato in **conferenze tematiche** (sui temi della conoscenza e innovazione, ICT e Governance, società del rischio e processi sostenibili) e dall'altro in **seminari di approfondimento tecnologico** (sugli strumenti per l'acquisizione, la gestione, l'elaborazione e condivisione dell'informazione territoriale e ambientale).

Riguardo alle conferenze tematiche su **ICT, conoscenza e innovazione** il prof. Sylos Labini ha illustrato le piattaforme, sensori di Osservazione della Terra e strumenti di ultima generazione per la produzione di conoscenza ambientale e territoriale, indispensabili per costruire nuovi quadri di conoscenza a supporto della pianificazione territoriale e ambientale; il prof. Robert Laurini e Andrea Prati hanno definito i servizi localizzati, gli standards, le loro funzionalità e l'adeguazione di questi servizi per gli enti locali, l'integrazione dei servizi nei sistemi informativi e l'interoperabilità per arricchire le banche dati istituzionali attraverso la componente social; Luca Menini ha evidenziato come il contributo del software Open Source e degli Open Data può aiutare la Pubblica Amministrazione ad interagire con gli attori esterni in una community allargata che coinvolge imprese, amministrazione e cittadini e Michele Vianello ha sottolineato come il Cloud Computing ha in sé potenzialità infinite per acquisire efficienza, generare ottimizzazione dei costi, indurre al cambiamento nel modo di lavorare.

Sul versante dei nuovi modelli di **Governance del territorio** Ugo Baldini e Domenico Patassini ricordano come le trasformazioni economico-sociali avvenute negli ultimi anni in Italia pongono un problema di governabilità del territorio e la necessità di modificare radicalmente le pratiche di piano per evitare un ulteriore scollamento fra dinamiche sociali, risposte politiche ed efficacia degli strumenti di pianificazione. A questo proposito Alberto Cottica ribadisce come la pervasività di Internet, insieme ai cambiamenti sociali a cui si associa, apre la strada alla produzione delle politiche pubbliche e perfino di servizi pubblici in modalità wiki, collaborativa. Infine Leonardo Marotta evidenzia come i sistemi wiki e le smart communities sono il passaggio fondamentale per costruire valutazioni ambientali e modelli condivisi capaci di permettere cicli di sviluppo socio-economico di lunga durata e l'incremento della resilienza nei sistemi socio-ecologici, fondamentali per assicurare una qualità ambientale futura.

Le conferenze legate al tema della **società del rischio** hanno fornito nuovi spunti riflessivi sul fatto che è sempre più necessario sviluppare una società che sia resiliente al rischio anche attraverso l'uso delle nuove tecnologie di acquisizione di informazione, di diffusione della conoscenza, e l'educazione e informazione capillare (Goffredo La Loggia) ed è fondamentale capire quali siano oggi gli strumenti di cui disponiamo per "governare" l'incertezza caratteristica di una società complessa in cui i problemi di decisione hanno spesso caratteristiche diverse da quelli che si sono posti nel passato (Simona Morini).

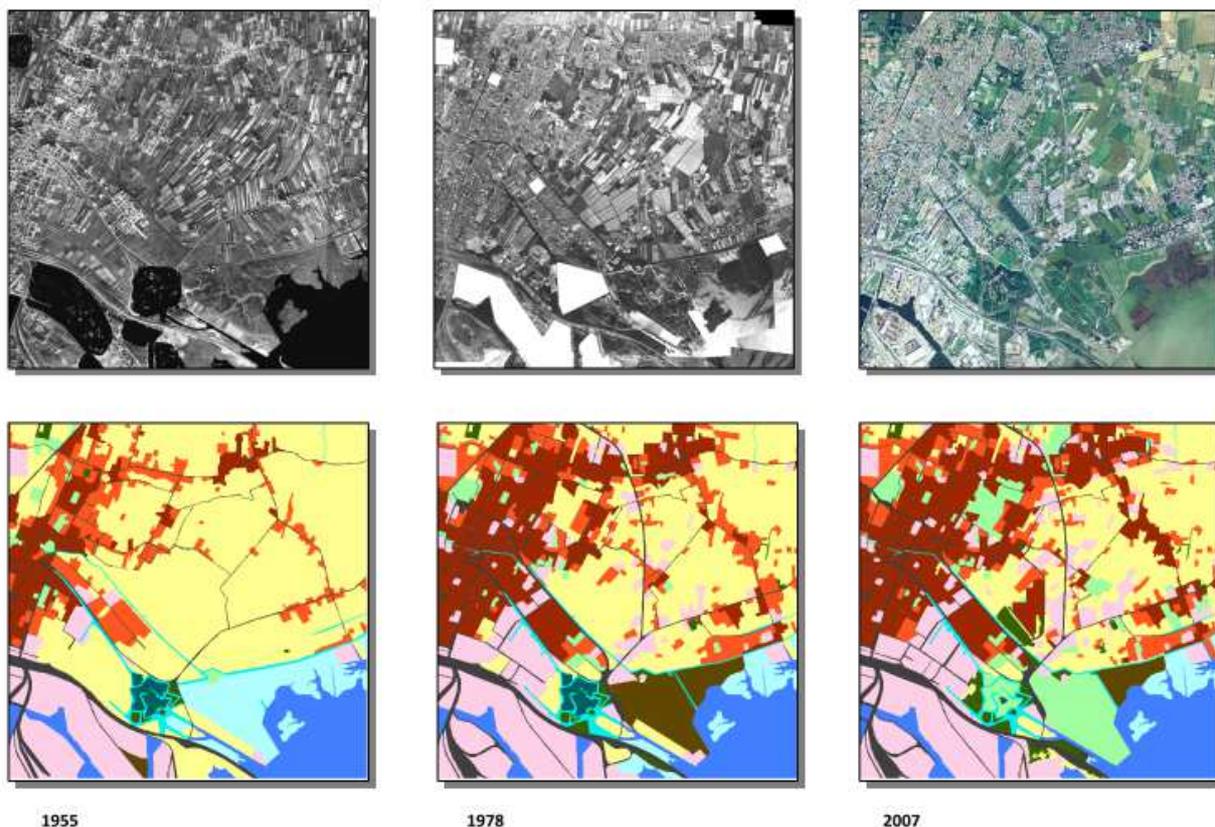
Sul versante degli **approfondimenti tecnologici** emergono con sempre maggiore diffusione sul mercato e a costi sempre più accessibili strumenti innovativi per l'acquisizione di dati territorio ambiente come i sistemi di rilievo 3D avionici e terrestri, (Nuccio Bucceri) importanti per modellare e rappresentare le città e l'ambiente in cui viviamo, il Mobile Mapping System (Antonella Ragnoli) strumento indispensabile per valutare la sicurezza sulle nostre strade e le mappature termiche (Nuccio Bucceri) che consentono di interpretare lo stato di salute dei nostri edifici dal punto di vista dei contenimenti energetici. Parallelamente all'evoluzione delle piattaforme e dei sensori per l'acquisizione dei dati stanno evolvendo di pari passo strumenti di ultima generazione per l'elaborazione e la gestione di dati territorio ambiente che consentono di produrre accurate mappe tematiche con elevato contenuto informativo.

Infine Dimitri Dello Buono e Stefano Menegon hanno mostrato strumenti di valorizzazione e condivisione dell'informazione territoriale, piattaforme web per la creazione e condivisione di file, di progetti, mappe, con accesso diretto alle principali fonti open source di dati spaziali e con sistemi avanzati di gestione account.

## 4. Ricerca parallela

Le attività di ricerca parallela svolte nel 2012 sono costituite da una serie di iniziative di collaborazione diretta con lo spin-off UniSky Srl e l'Università IUAV di Venezia:

- ✓ Attività di sviluppo e progettazione di un **Sistema di monitoraggio delle trasformazioni dell'uso del suolo** su un'area campione della Provincia di Venezia (si veda l'allegato 1).



### Uso del Suolo

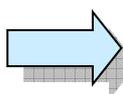
- Urbano denso
- Urbano discontinuo
- Aree industriali e commerciali
- Infrastrutture viarie e ferroviarie
- Verde urbano
- Aree agricole
- Aree boschive
- Aree umide costiere
- Acque interne
- Acque marittime
- Zone di riporto o abbandonate
- Zone militari

Nel prototipo si analizzano i cambiamenti nell'uso del suolo su un'area campione del comune di Venezia avvenuti in un arco temporale compreso tra il 1955 e il 2007 sfruttando la disponibilità dei fotogrammi aerei storici acquisiti dall'IGM (1955) e dalla Regione Veneto (1978) e CGR (2007).

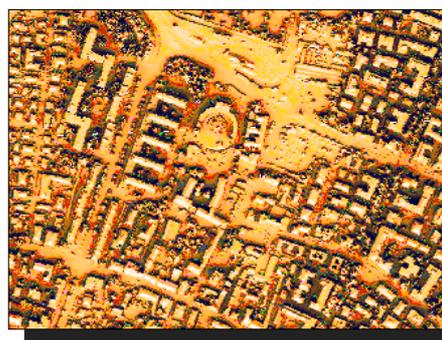
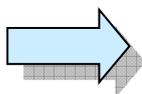
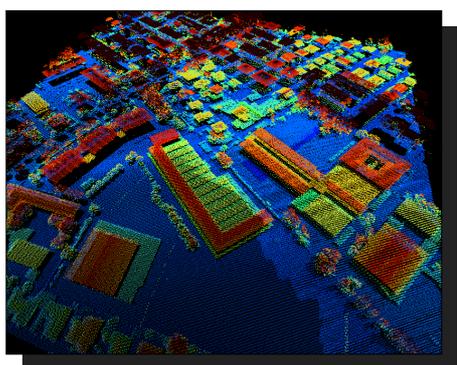
- ✓ Prototipo per la realizzazione di un **modello integrato sui temi Ambiente e Energia** per la Provincia di Venezia. (si veda l'allegato 2)



Estrazione di indici di vegetazione, classificazione e contabilizzazione delle coperture del verde urbano utilizzando dati Lidar e immagini satellitari ad alta risoluzione



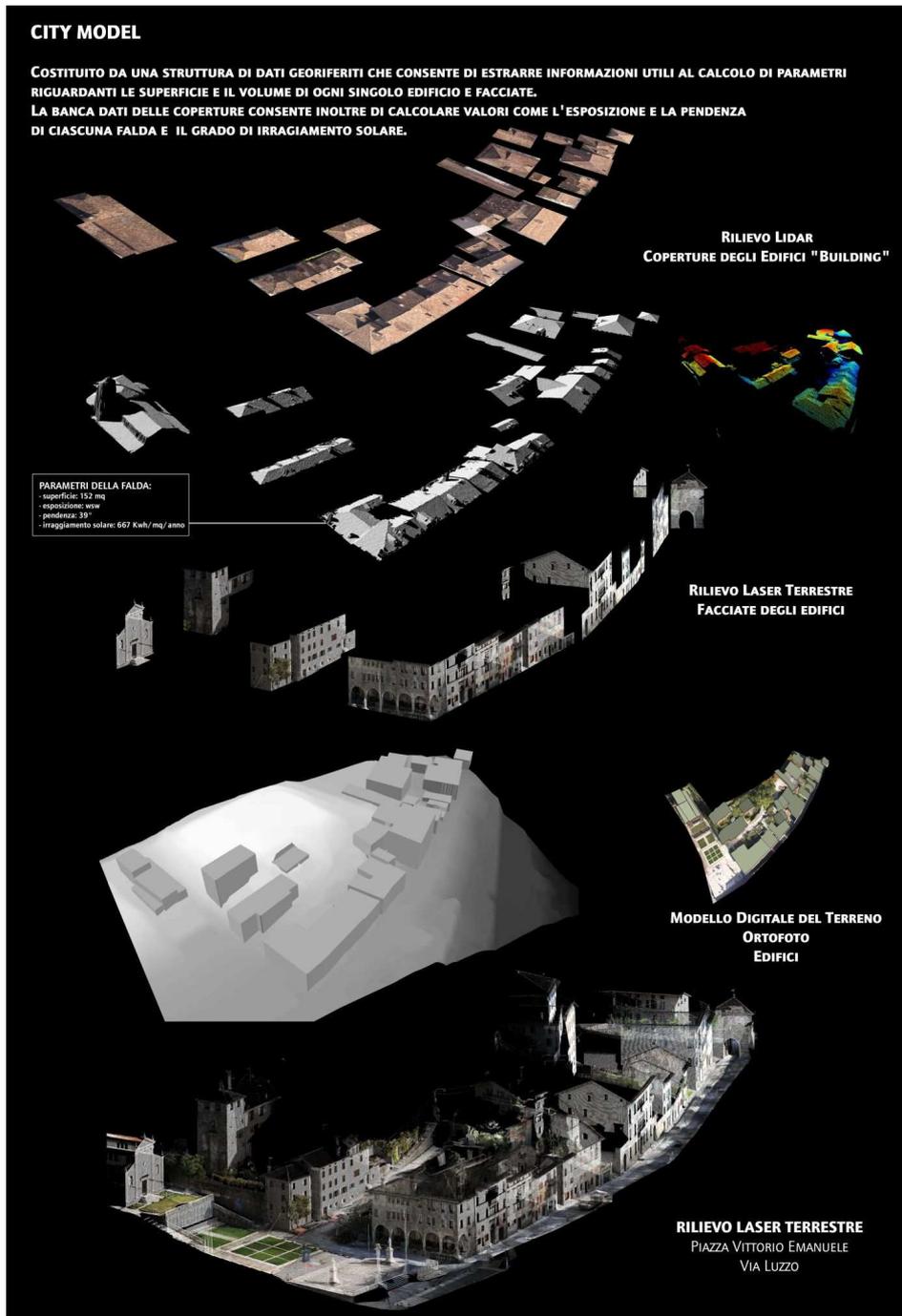
Contabilizzazione delle volumetrie dell'edificato e calcolo della radiazione solare su ciascun edificio ai fini della produzione di energia da fonti rinnovabili utilizzando dati Lidar.



- ✓ Sviluppo di un'applicazione finalizzata allo **studio della capacità energetica fotovoltaica in ambito urbano nel progetto EnergyWeb Feltre** basata su modelli tridimensionali acquisiti con tecnologia LIDAR (ancora in corso).



- ✓ Contributo allo sviluppo del **City Model** all'interno del progetto **EnergyWebFeltre**



- ✓ **Trattamento di immagini acquisite da piattaforma satellitare e drone-UAV** su un'area test della Provincia di Vicenza per la caratterizzazione dei siti idonei all'installazione di trappole in ambito entomologico (**si veda l'allegato 3**).



[il risultato della classificazione di oggetti nell'area di indagine n.3]

## 5. Didattica e seminari

Nel corso del primo anno di dottorato ho svolto le seguenti attività di docenza sia in forma seminariale che didattica in aula:

- ✓ Seminario di approfondimento tecnologico dal titolo **“Tecniche e strumenti di ultima generazione per l'estrazione di informazione territoriale e ambientale da dati telerilevati”** tenuta il 7 giugno presso l'Auditorium della Provincia di Venezia all'interno del ciclo di iniziative di riallineamento culturale e tecnologico rivolte alle strutture tecniche della Provincia, dei Comuni, ai dottorandi IUAV, e ai professionisti della provincia di Venezia sul tema Nuove Tecnologie e Gestione del Territorio e dell'Ambiente.

*Abstract: Nel panorama del trattamento delle immagini telerilevate da piattaforma satellitare ed aerea, basi informative ormai indispensabili per la costruzione di nuove generazioni di quadri di conoscenza territoriali e ambientali, stiamo assistendo ad un rapido incremento delle risoluzioni spaziali, radiometriche, spettrali e temporali. E' opportuno, pertanto, e necessario saper integrare dati da piattaforme diverse, garantire l'interoperabilità tra i sensori e saper sviluppare nuove applicazioni.*

*L'Object-Based Image Analysis è una recente disciplina del campo della Scienza dell'Informazione Geografica dedicata allo sviluppo di metodi automatici per la segmentazione di immagini telerilevate in oggetti significativi dal punto di vista spaziale e geografico e valutando le rispettive caratteristiche attraverso parametri spaziali, spettrali geometrici, tessiturali e temporali. La classificazione object-based quindi valorizza l'elevato contenuto informativo delle immagini telerilevate.*

- ✓ Docenza al corso di **Telerilevamento** al Master di II° livello in Sistemi Informativi Territoriali e Telerilevamento a.a.2011/12, dal 25/05 al 20/07 2012.
- ✓ Lezione al Corso di perfezionamento post-lauream **“Tutela e Gestione del Suolo e delle Acque nella Pianificazione di Bacino”** edizione 2011-2012 dal titolo **“Organizzazione del Sistema Informativo Territoriale per il Piano di Bacino”** tenutasi presso l'Università IUAV di Venezia il 31 marzo 2012
- ✓ Presentazione dal titolo **“Trasformazioni dell'uso del suolo e resilienza”** tenutasi al WORKSHOP **“IL MANIFESTO PER LA CITTA' INTELLIGENTE”** presso il VEGA Parco Scientifico Tecnologico di Venezia il 13 aprile 2012.

Nel corso del primo anno di dottorato ho seguito quattro studenti per la preparazione della tesi di Laurea in SIT, Laurea magistrale in SIT&TLR e Master di 2° livello in SIT&TLR.

## 6. Argomenti di interesse per la ricerca

Le attività di ricerca parallela e professionale condotte nel primo semestre mi hanno condotto a concentrarmi su alcune idee possibili per sviluppare una linea di ricerca per i prossimi anni.

Ritengo che il ruolo delle nuove tecnologie per la conoscenza del territorio e dell'ambiente sarà centrale all'interno del mio programma di ricerca. Gli avanzamenti tecnologici, infatti, offrono continue opportunità per migliorare i quadri conoscitivi, che andranno nel tempo a costituire basi di conoscenza sempre più indispensabili nei processi decisionali e che serviranno oltre ad una valutazione dello stato di fatto di un territorio, anche al monitoraggio nel tempo delle sue dinamiche in termini di rischio, sicurezza, qualità dell'ambiente e delle città, ecc.

In primo luogo è possibile **migliorare la costruzione dei tradizionali quadri di conoscenza** prodotti dalle organizzazioni e istituzioni che si occupano principalmente di governo del territorio, sfruttando l'integrazione tra giacimenti informativi e dati acquisiti dalle moderne piattaforme tecnologiche (**immagini da satellite, immagini da piattaforme aeree, UAV, ALS, TLS, MLS, MMS**, ecc) per costruire db geografici che contengano informazioni legate alle trasformazioni di uso del suolo, efficienza energetica degli edifici, indicatori di rischio ambientale e idrogeologico, qualità dei parametri ambientali e urbani, ecc.

In secondo luogo il rapido evolversi delle **tecnologie web** consentono di sfruttare la grande quantità di informazioni e conoscenza prodotta mettendo in condivisione tra categorie di attori differenti modelli urbani e territoriali (**CityModel, CityScape**, ecc.) in modo sempre più accessibile.

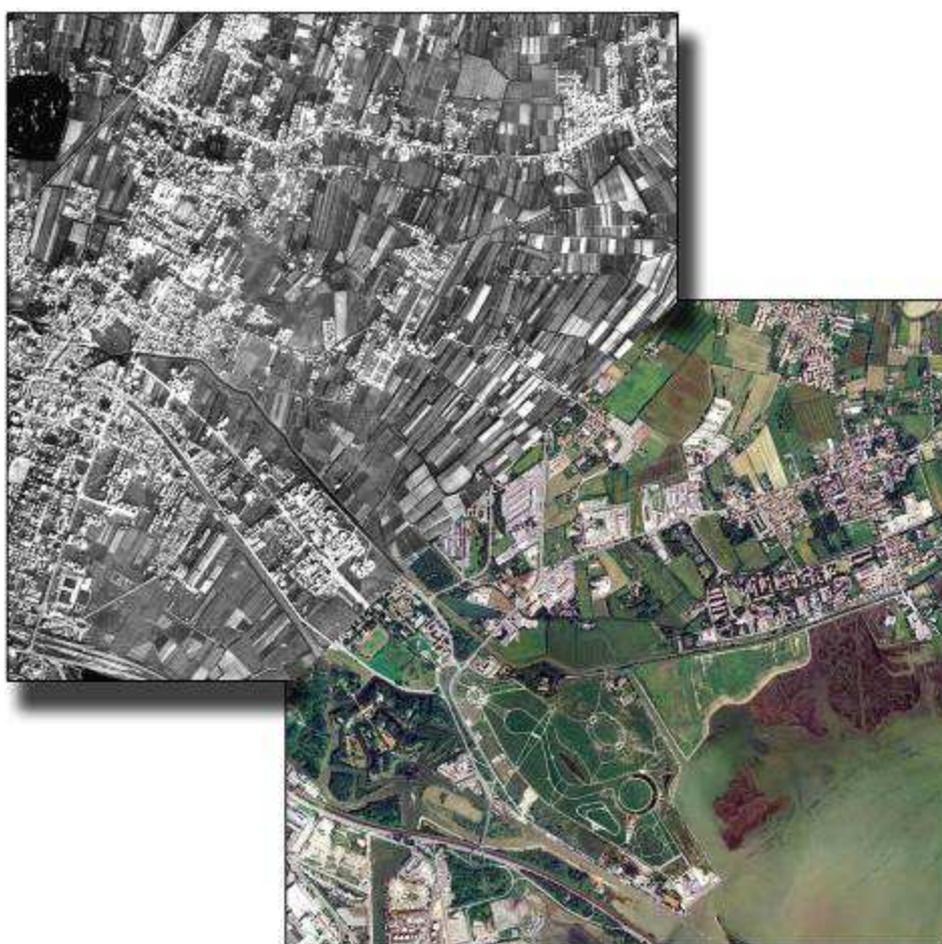
All'interno di questo possibile percorso di ricerca il progetto **Urban Energy Web - conoscenza condivisa per il contenimento dei consumi energetici e sviluppo di energie rinnovabili a scala urbana** all'interno del programma "Interreg IV Italia-Austria" potrebbe offrirmi una valida opportunità di sviluppare i temi dell'integrazione dei dati acquisiti da piattaforme diverse, la costruzione di un modello integrato (**City Model**) consultabile via web (**desktop e mobile**) utilizzando nuovi strumenti di pubblicazione e condivisione di **3D Visualization**.

## 7.ALLEGATO 1

### SISTEMA DI MONITORAGGIO DELLE TRASFORMAZIONI DELL'USO DEL SUOLO



# PROTOTIPO PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA DI MONITORAGGIO SULLE TRASFORMAZIONI DELL'USO DEL SUOLO



**A cura di:**  
Stefano Picchio

Venezia, Ottobre 2012

## INDICE

<b>1.</b>	<b>Il senso del prototipo .....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Segmento conoscitivo .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1.</b>	<b>L'area di studio .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2.</b>	<b>I dati di partenza .....</b>	<b>7</b>
2.2.1	Il volo GAI 1955 .....	7
2.2.2	L'ortofoto del 1955 .....	8
2.2.3	Il volo Regione Veneto 1978 .....	9
2.2.4	L'ortofoto del 1978 .....	10
2.2.5	Il volo CGR 2007 .....	11
2.2.6	L'ortofoto del 2007 .....	12
2.2.7	I censimenti ISTAT della popolazione e delle abitazioni (1971, 1981, 1991, 2001, 2011) .....	13
2.2.8	DBCS / Preciso .....	14
<b>3.</b>	<b>Segmento interpretativo .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1.</b>	<b>Le dinamiche avvenute nell'uso del suolo (1955-1978-2007) .....</b>	<b>16</b>
3.1.1	L'urbano denso .....	19
3.1.2	L'urbano discontinuo .....	20
3.1.3	Le aree industriali e commerciali .....	21
3.1.4	Le infrastrutture viarie e ferroviarie .....	22
3.1.5	Il verde urbano .....	23
3.1.6	Le aree agricole .....	24
3.1.7	Le aree boschive .....	25
3.1.8	Le aree umide costiere .....	26
3.1.9	Le acque interne .....	27
3.1.10	Le acque marittime .....	28
3.1.11	Le zone di riporto o abbandonate .....	29
3.1.12	Le zone militari .....	30
3.1.13	Il territorio impermeabilizzato .....	31
<b>3.2.</b>	<b>Zoom multitemporali .....</b>	<b>32</b>
<b>3.3.</b>	<b>Google Public Data Explorer .....</b>	<b>35</b>
<b>4.</b>	<b>Contenuto del DVD .....</b>	<b>36</b>
<b>5.</b>	<b>Allegato: tabelle CSV e codice XML del Dataset Publishing Language ...</b>	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>

## 1. Il senso del prototipo

Il prototipo per la realizzazione di un sistema di monitoraggio delle trasformazioni dell'uso del suolo si colloca all'interno del progetto di "Riordino del Sistema Informativo Geografico della Provincia di Venezia" avviato in collaborazione con il Servizio Informatica, l'Università IUAV di Venezia e lo spin-off UniSky srl che si prefigge di conseguire i seguenti obiettivi:

- il consolidamento e sistematizzazione delle basi dati territoriali provinciali
- favorire lo scambio e il riutilizzo dei dati geografici fra servizi interni e soggetti esterni;
- il consolidamento degli strumenti tecnologici in uso, l'introduzione di strumenti innovativi e l'accrescimento delle competenze interne;
- la necessità di dotarsi di strumenti capaci di incrementare l'efficienza e l'efficacia nella fase di costruzione dei quadri di conoscenza a supporto della fase decisionale;
- la necessità di avviare nuovi modelli di conoscenza per l'analisi territoriale e ambientale.

**Il prototipo risponde ad una domanda informativa specifica che caratterizza il territorio della Provincia di Venezia rispetto ai temi del grado di impermeabilizzazione del territorio, le dinamiche in atto tra espansione edilizia, consumo di suolo agricolo, ed aree a verde urbano.**

Nel contesto dell'ICT (Information Communication Technology), parallelamente all'evoluzione dei sensori, della varietà di **dati acquisibili da piattaforme diverse** e a sempre maggiori risoluzioni spaziali, spettrali, radiometriche e temporali, si assiste ad un interesse sempre crescente al tema dei **cambiamenti nell'uso del suolo**. Il tema delle trasformazioni territoriali è oggi sempre più al centro delle questioni legate al governo del territorio e raramente è presente all'interno dei quadri conoscitivi costruiti a supporto della pianificazione territoriale e nei sistemi di supporto al governo del territorio.

Il contributo delle Nuove Tecnologie consente di mettere a disposizione nuovi strumenti di analisi delle trasformazioni avvenute nel corso del tempo su un dato territorio, i quali assumono grande importanza in quanto consentono di completare il **quadro di conoscenze territoriali e ambientali** disponibile con informazioni di grande dettaglio, a scala multi temporale e di integrarle tra loro ottenendo nuovi strati conoscitivi di grande interesse. In questo contesto l'analisi multi temporale di serie di immagini telerilevate può dare importanti contributi. Le tecniche di **change detection**, basate sul confronto multitemporale di immagini telerilevate, si fondano su metodi di classificazione automatica e di estrazione di temi dell'uso del suolo orientati alla quantificazione delle trasformazioni territoriali avvenuti in un determinato arco temporale. I temi oggetto di indagine possono essere il **consumo di suolo**, il rapporto tra sprawl e matrici della morfologia urbana e territoriale, così come l'analisi di processi di **incremento del rischio idraulico** nel breve e lungo periodo.

Recentemente il Ministro per le politiche agricole Mario Catania ha proposto un decreto legge per fermare il consumo del suolo agricolo e la cementificazione delle aree rurali. Dal 1971 ad oggi sono andati persi circa cinque milioni di ettari di superficie agricola, di cui un milione e mezzo a causa della cementificazione e ancora oggi, ogni giorno, se ne perdono 100 ettari. La perdita di superficie agricola – e la conseguente riduzione della produzione – impedisce al Paese di soddisfare completamente il fabbisogno alimentare nazionale e aumenta la dipendenza dall'estero.

Il disegno di legge ha tra i principali obiettivi mettere un tetto alle superfici sottraibili all'agricoltura, congelare la destinazione d'uso per i terreni che hanno avuto un aiuto comunitario, abrogare la norma che consente ai Comuni di utilizzare gli oneri di urbanizzazione per il finanziamento delle spese correnti. I ritmi attuali di consumo del territorio e

l'eccesso di urbanizzazione - ricorda il ministro - non solo rischiano di stravolgere il volto dell'Italia, ma anche di modificare irreversibilmente le condizioni climatiche, ambientali e sociali del nostro paese.

Il Consiglio dei Ministri del 14/09/2012 ha approvato in via preliminare il disegno di legge in materia di valorizzazione delle aree agricole e di contenimento del consumo del suolo, indicando in sintesi i seguenti punti del provvedimento:

- 1. Vengono identificati come "terreni agricoli" tutti quelli che, sulla base degli strumenti urbanistici in vigore, hanno destinazione agricola;*
- 2. Si introduce un meccanismo di identificazione, a livello nazionale, dell'estensione massima di terreni agricoli edificabili (ossia di quei terreni la cui destinazione d'uso può essere modificata dagli strumenti urbanistici). Lo scopo è quello di garantire uno sviluppo equilibrato dell'assetto territoriale e una ripartizione calibrata tra zone suscettibili di utilizzazione agricola e zone edificate;*
- 3. Si prevede il divieto di cambiare la destinazione d'uso dei terreni agricoli che hanno usufruito di aiuto di Stato o di aiuti comunitari. Nell'ottica di disincentivare il dissennato consumo di suolo, l'intervento mira a evitare che i terreni che hanno usufruito di misure a sostegno dell'attività agricola subiscano un mutamento di destinazione e siano investiti dal processo di urbanizzazione;*
- 4. Viene incentivato il recupero del patrimonio edilizio rurale per favorire l'attività di manutenzione, ristrutturazione e restauro degli edifici esistenti.*
- 5. Si istituisce un registro presso il Ministero delle politiche agricole al fine di identificare i Comuni interessati, i cui strumenti urbanistici adottati non prevedono l'ampliamento di aree edificabili o un aumento inferiore al limite determinato dalle Regioni, che possono chiedere di essere inseriti.*
- 6. Si abroga la norma che consente che i contributi di costruzione siano parzialmente distolti dalla loro naturale finalità – consistente nel concorrere alle spese per le opere di urbanizzazione primaria e secondaria - e siano destinati alla copertura delle spese correnti da parte dell'Ente locale.*
- 7. Si abroga inoltre la norma che prevede che una percentuale dei proventi delle concessioni edilizie e delle sanzioni previste dal Testo Unico in materia edilizia sia utilizzata per il finanziamento delle spese correnti dell'ente locale. Il fine è quello di disincentivare l'attività edificatoria sul territorio.*

Il provvedimento, pertanto, mira anzitutto a garantire l'equilibrio tra i terreni agricoli e le zone edificate o edificabili, ponendo un limite massimo al consumo di suolo e stimolando il riutilizzo delle zone già urbanizzate. Ha inoltre l'obiettivo di promuovere l'attività agricola che si svolge (o si potrebbe) svolgere su di essi, contribuendo alla salvaguardia del territorio e alla diminuzione del rischio di dissesti idrogeologici.

Ecco quindi che il ruolo delle Nuove Tecnologie per le conoscenze del territorio e dell'ambiente è centrale all'interno dei processi di monitoraggio delle trasformazioni nell'uso del suolo. Gli avanzamenti tecnologici, infatti, offrono continue opportunità di migliorare i processi conoscitivi, individuando con maggiore chiarezza e immediatezza la via per un più equo ed efficace uso delle risorse di territorio e dell'ambiente. Sistemi di conoscenza e processi decisionali si vengono così a legare in maniera indissolubile e biunivoca, rafforzando la doppia valenza dei quadri conoscitivi: di base informativa di partenza e di riferimento per i processi di valutazione e monitoraggio.

I livelli informativi a disposizione per studiare i processi nel tempo sono numerosi: le riprese aerofotogrammetriche sono disponibili nel nostro paese a partire dal secondo dopoguerra e le immagini da satellite dagli anni settanta, con risoluzione e qualità sempre crescente ed a costi accessibili alle organizzazioni medie e piccole. Nel contesto territoriale della **Provincia di Venezia**, a livello degli stati membri della UE, la **Regione del Veneto** ha sviluppato un

progetto per la realizzazione della prima carta dell'uso del suolo alla scala 1:10000 con il prodotto DBCS (**Banca Dati della Copertura del Suolo**) partendo proprio dal progetto GSE Land ([www.gmes.info](http://www.gmes.info)) e utilizzando in combinazione immagini Spot e ortofoto recenti. Il servizio è indirizzato agli Enti locali e centrali che devono gestire, pianificare e controllare il territorio con particolare riferimento agli aspetti urbanistici (es. monitoraggio dell'espansione urbana, delle trasformazioni, delle infrastrutture o della qualità ambientale).

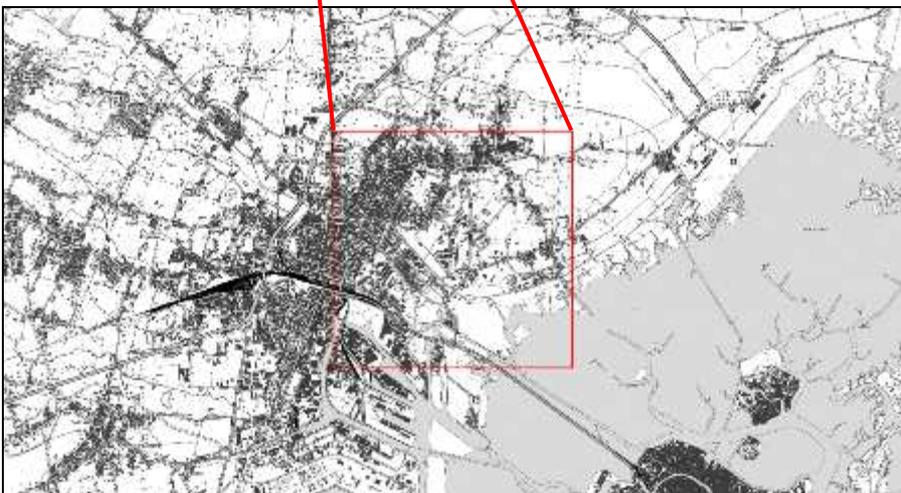
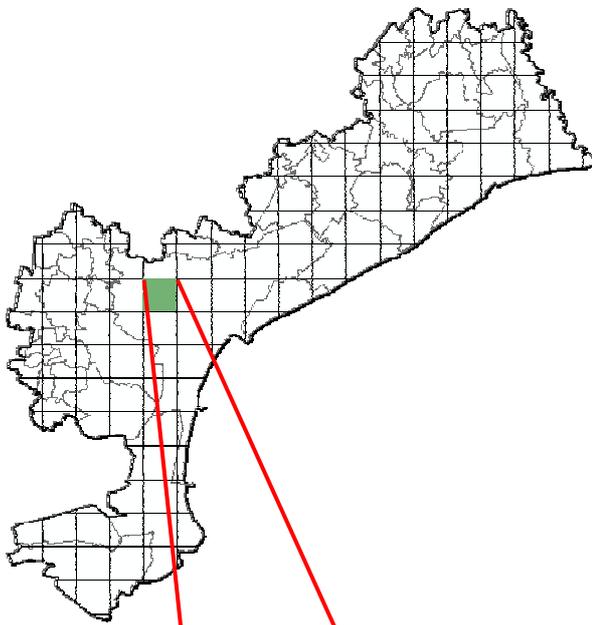
Con i risultati delle **analisi multitemporali** è possibile ad esempio rispondere a domande quali: quanto **terreno agricolo** è stato urbanizzato? Quanti **boschi** sono stati abbattuti per far posto all'**agricoltura**? Come è evoluto il **mosaico ambientale** a seguito dell'abbandono delle pratiche agro-silvo-pastorali? Quali sono i trend dell'**espansione edilizia**? Qual è il **grado di impermeabilizzazione** dei suoli negli ultimi decenni? Come e dove si sono modificati gli **habitat naturali** all'interno di un'area protetta? ecc...

**In questo prototipo si analizzano i cambiamenti nell'uso del suolo avvenuti in un arco temporale compreso tra il 1955 e il 2007 sfruttando la disponibilità dei fotogrammi aerei storici acquisiti dall'IGM (1955) e dalla Regione Veneto (1978) e CGR (2007).**

## 2. Segmento conoscitivo

### 2.1. L'area di studio

L'area oggetto di studio è stata individuata all'interno del Comune di Venezia ed è pari ad una estensione di 25 km<sup>2</sup> generata a partire da una tassellazione regolare dello spazio del territorio amministrativo della la Provincia di Venezia (5 km di lato). Il territorio è caratterizzato dalla presenza del centro urbano di Mestre, parte della zona industriale di Marghera fino a Favaro Veneto e Campalto. Sono inoltre presenti le aree del parco San Giuliano e Forte Marghera.

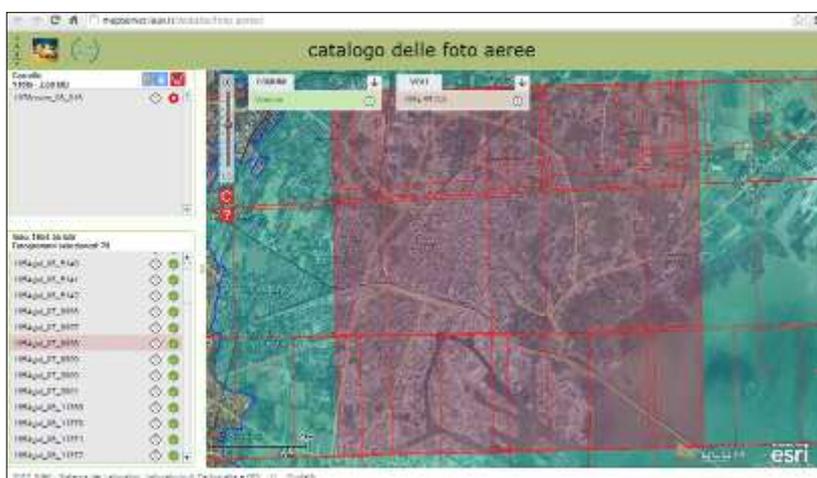


## 2.2. I dati di partenza

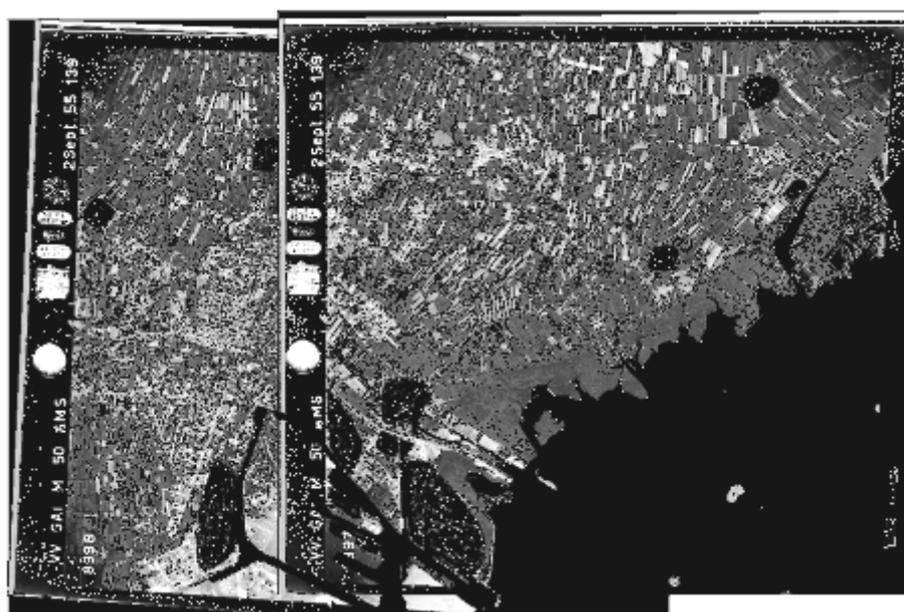
### 2.2.1 Il volo GAI 1955

Negli anni a cavallo tra il 1954 ed il 1955 il GAI, Gruppo Aeronautico Italiano, effettuò per conto di U.S.A. Army Map Service e l'Istituto Geografico Militare Italiano un rilievo aerofotogrammetrico con pellicola pancromatica bianco/nero sulla quasi totalità del territorio nazionale. Il volo GAI, detto anche volo base, è oggi un documento storico di enorme valore informativo in quanto rappresenta la prima copertura stereoscopica dell'Italia. La Regione Veneto, in collaborazione con il laboratorio CIRCE-IUAV ha acquisito e scansionato tutti i fotogrammi a copertura regionale alla risoluzione di 600dpi. Il catalogo online delle foto aeree

([http://mapserver.iuav.it/website/foto\\_aeree/](http://mapserver.iuav.it/website/foto_aeree/)) consente di effettuare una ricerche specifiche per date di volo e area di interesse.



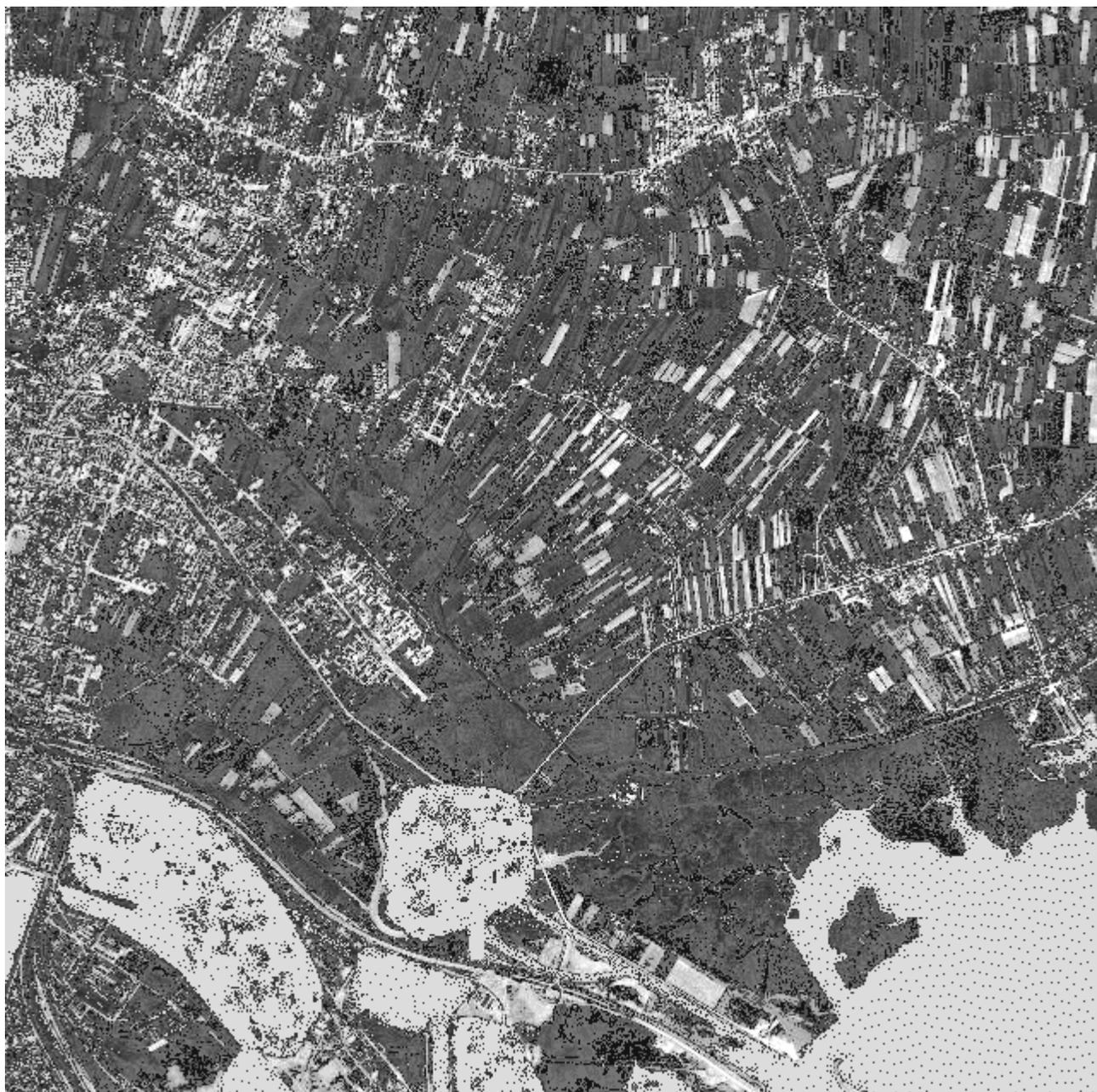
Per la copertura dell'area di studio è stato necessario ortorettificare 2 fotogrammi relativi all'anno 1955: il fotogramma n. 8997 e n. 8998 della strisciata n. 7 acquisiti il 25 Settembre 1955. Un'attività specifica di ortorettifica e mosaicatura delle immagini ha consentito di ottenere un'ortofoto alla risoluzione spaziale finale di 1m.





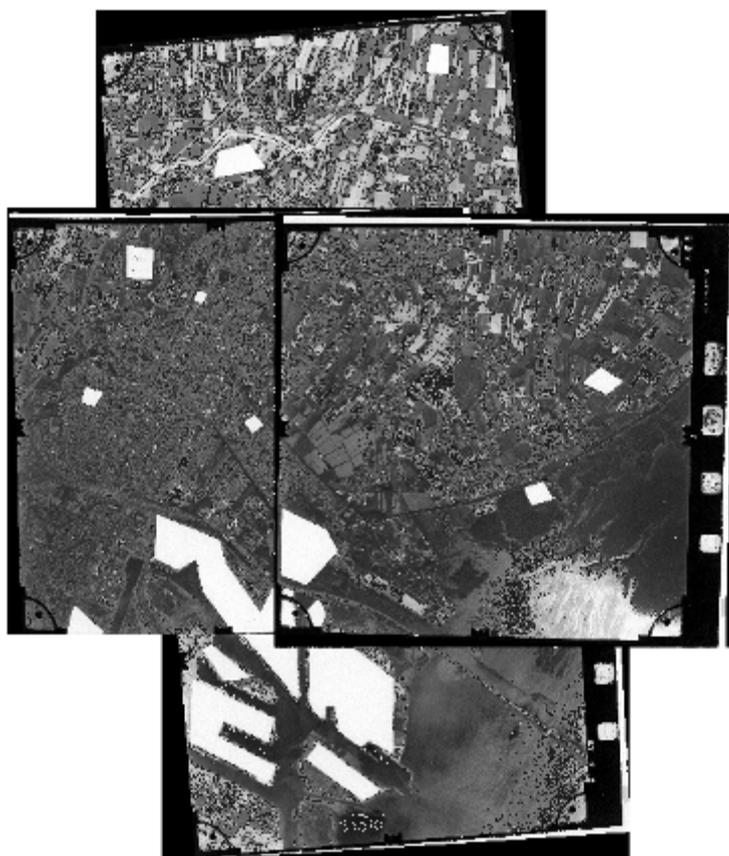
*I fotogrammi ortorettificati del volo 1955*

## 2.2.2 L'ortofoto del 1955



### 2.2.3 Il volo Regione Veneto 1978

Al fine di valutare l'esistenza di trends in atto nel territorio in esame è stato preso in considerazione un'ulteriore volo aerofotogrammetrico eseguito dalla Regione del Veneto nel 1978 (volo Reven 1978). La ripresa è stata effettuata dalla ditta CGR di Parma per conto della Regione del Veneto nel Giugno 1978 con copertura parziale delle provincie di Padova, Treviso e Venezia.

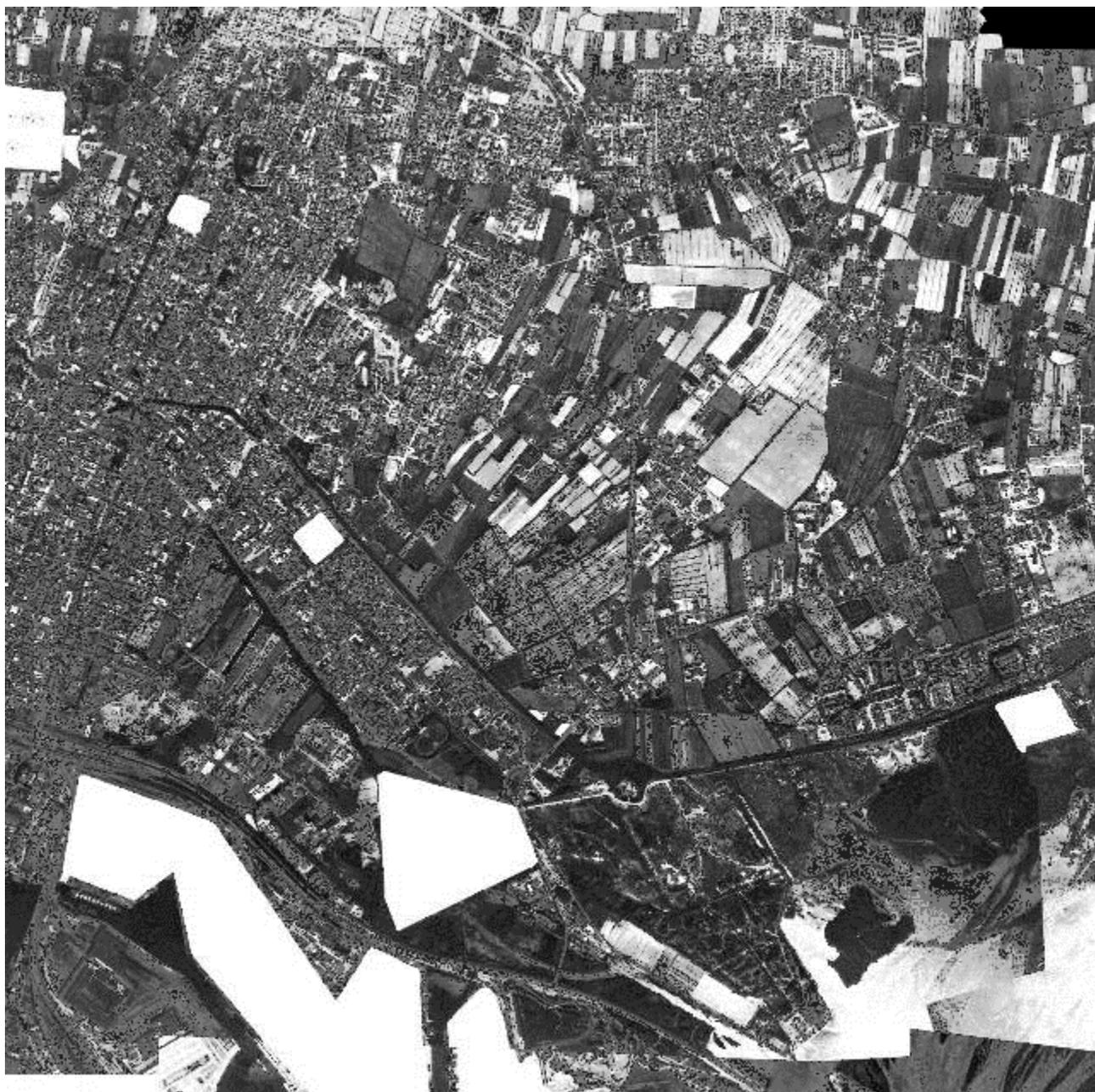


*I fotogrammi ortorettificati del volo 1978 Regione Veneto*

Per la copertura dell'area di studio è stato necessario processare 4 fotogrammi: il fotogramma n. 016 della strisciata 6, i fotogrammi n. 892 e 900 della strisciata 7 e il fotogramma n. 721 della strisciata 8.

Anche in questa fase una ulteriore attività di ortorettifica e mosaicatura delle immagini ha consentito di ottenere un'ortofoto alla risoluzione spaziale finale di 1m.

## 2.2.4 L'ortofoto del 1978



## 2.2.5 Il volo CGR 2007

Come terza fonte informativa per avviare l'analisi in serie temporale è stata scelta la copertura delle ortofoto digitali a colori Terraltaly it2000 NR volo 2006-2007 prodotta da CGR Blom e in licenza d'uso alla Regione del Veneto, Unità di Progetto per il SIT e la Cartografia.

La CGR ha realizzato ed è titolare del diritto esclusivo di riproduzione e diffusione delle ortofoto digitali a colori dell'intero territorio nazionale, a scala nominale 1:10.000 – Terraltaly™ "it 2000", nonché della successiva versione "it2006". Il contenuto informativo dell'ortofoto è fondamentalmente legato alla sua risoluzione, cioè alla dimensione nominale del pixel pari a 50 cm x 50 cm in coordinate terreno, e il contenuto geometrico è dello stesso ordine di grandezza della CTR10.

I quadranti utilizzati per l'area in esame sono quelli del quadro di unione della CTR al 10000 con i codici: 127070, 127080, 127110 e 127120.



Dalla consultazione del catalogo online delle riprese aeree di CGR Terraltaly l'area in esame è stata ripresa con il volo del 29 agosto 2006.

## 2.2.6 L'ortofoto del 2007



## 2.2.7 I censimenti ISTAT della popolazione e delle abitazioni (1971, 1981, 1991, 2001, 2011)

Per interpretare in maniera più approfondita i risultati delle analisi delle trasformazioni territoriali che saranno mostrati nelle sezioni a seguire, e che analizzano modifiche agli assetti soprattutto della matrice urbana, industriale, infrastrutturale, agricola e naturale, è opportuno prendere in considerazione anche le dinamiche legate alla popolazione residente e alle abitazioni occupate nella stessa finestra temporale.

In questo senso i dati acquisiti dai censimenti ISTAT di interesse in serie storica sono quelli disponibili dal 1971 al 2001 per i comuni della Provincia di Venezia relativamente alle variabili:

- Numero della popolazione residente
- Numero totale delle abitazioni occupate
- Superficie in mq delle abitazioni occupate

Nel successivo capitolo "Segmento Interpretativo" è mostrata un'applicazione a partire da questi dati con l'utilizzo di uno dei "Labs" progettati da Google, il "Public Data Explorer", una piattaforma che consente di esplorare e visualizzare facilmente dati statistici, classifiche e mappe in modo animato, lungo una scala temporale, utilizzando una forma estremamente comunicativa mettendo in relazione variabili diverse.

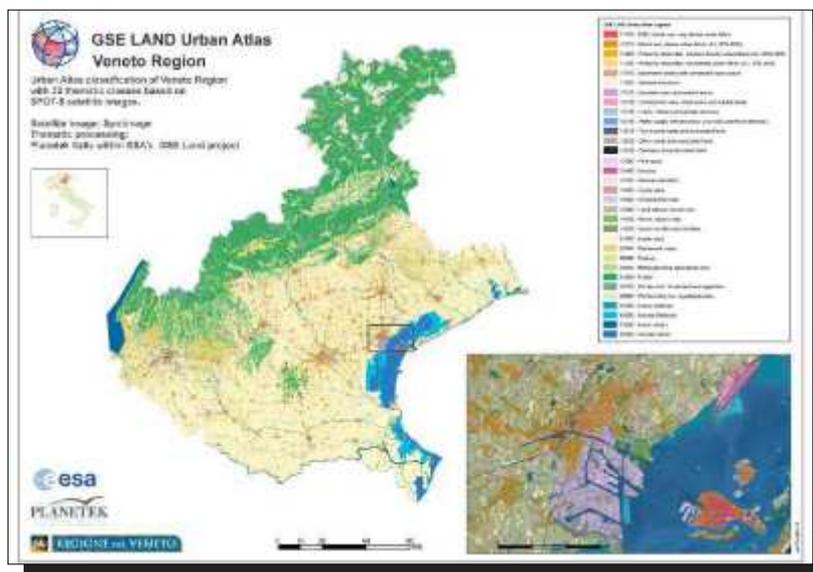
Una seconda applicazione è sviluppata sempre utilizzando il "Google Public Data Explorer" impiegando i primi risultati del censimento Istat popolazione e abitazioni 2011, che va quindi a coprire un arco temporale di 40 anni, relativamente alle variabili:

- Numero della popolazione residente
- Numero totale delle abitazioni occupate

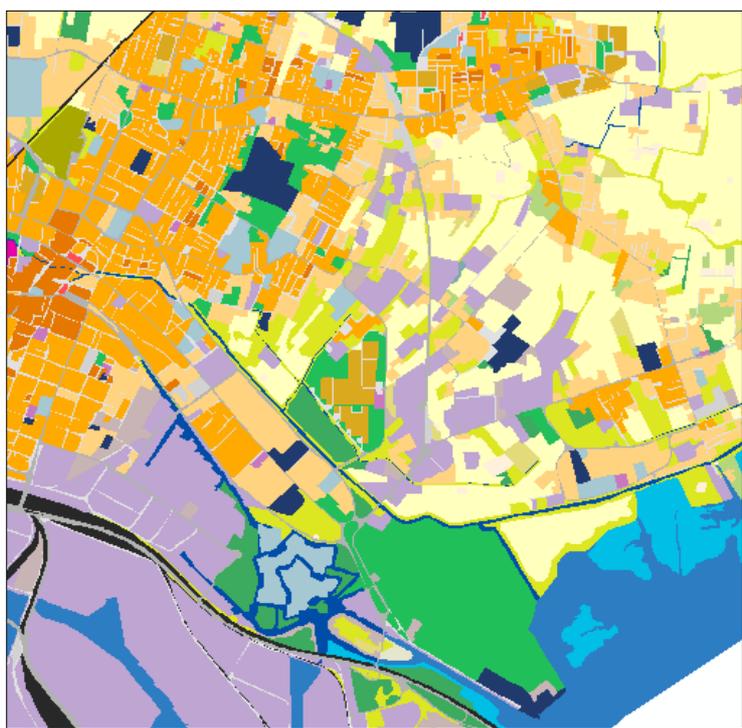
Censimento 2011	numero di abitazioni
Annone Veneto	1839
Campagna Lupia	2902
Campolongo Maggiore	4311
Camponogara	5238
Caorle	20260
Cavallino-Treporti	6405
Cavarzere	6730
Ceggia	2526
Chioggia	23535
Cinto Caomaggiore	1559
Cona	1451
Concordia Sagittaria	4508
Dolo	7057
Eraclea	9371
Fiesso d'Artico	3801
Fossalta di Piave	1897
Fossalta di Portogruaro	2560
Fossò	2619
Gruaro	1341
Jesolo	27250
Marcon	7361
Martellago	8634
Meolo	2723
Mira	16757
Mirano	11362
Musile di Piave	4884
Noale	6399
Noventa di Piave	2935
Pianiga	5333
Portogruaro	11317
Pramaggiore	2023
Quarto d'Altino	3476
Salzano	5445
San Donà di Piave	16764
San Michele al Tagliamento	28695
Santa Maria di Sala	6843
Santo Stino di Livenza	5555
Scorzè	7876
Spinea	11726
Stra	3429
Teglio Veneto	1083
Torre di Mosto	2038
Venezia	133194
Vigonovo	4123

## 2.2.8 DBCS / Preciso

La Regione del Veneto, nel contesto territoriale più ampio delle regioni degli stati membri della UE, ha sviluppato un progetto per la realizzazione della **prima carta dell'uso del suolo alla scala 1:10000** con il prodotto DBCS (Banca Dati della Copertura del Suolo) partendo dal progetto **GSE Land – Urban Atlas** ([www.gmes.info](http://www.gmes.info)) e utilizzando in combinazione immagini satellitari Spot, WorldView2 e ortofoto recenti. Il servizio è indirizzato agli Enti locali e centrali che devono gestire, pianificare e controllare il territorio con particolare riferimento agli aspetti urbanistici (es. monitorare l'espansione urbana, le



trasformazioni, le infrastrutture, la qualità ambientale). La **Carta della Copertura del Suolo della Regione Veneto** alla scala 1:10000 è stata costruita tra il 2006 e il 2009 ed è stato prodotto un secondo aggiornamento per i comuni interessati dal Passante di Mestre. Il contenuto informativo di questo dataset è di grande dettaglio, pari a 174 classi articolate fino al 4° e 5° livello gerarchico della legenda Moland (Monitoring Land Use/Cover Dynamics) per le classi urbane e artificiali.



Nell'area di indagine la Carta della Copertura del Suolo della Regione Veneto è stata utilizzata come base di riferimento rispetto alla configurazione del territorio attuale (2007) operando una riclassificazione tematica, dopo aver verificato l'accuratezza geometrica del livello informativo, al fine di omogeneizzare la legenda rispetto alle tre scene classificate in serie temporale (1955-1978-2007).

Una successiva fase di editing geometrico e degli attributi tematici ha invece interessato la struttura ad oggetti prodotta dalle prime due scene in serie temporale oggetto di questo studio (1955-1978).

I  
U  
A  
V



UniSky

UniSky Srl spin-off dell'Università Iuav di Venezia



gine.

### 3. Segmento interpretativo

#### 3.1. Le dinamiche avvenute nell'uso del suolo (1955-1978-2007)

La serie temporale di ortofoto processata è stata quindi classificata utilizzando una legenda tematica omogenea.

Utilizzare una nuova legenda tematica di 12 classi (riportata nel box a fianco) è dovuto essenzialmente al fatto che nelle immagini di epoca passata non è possibile assegnare attributi tematici distinguendo ad esempio tra tessuto urbano discontinuo e complessi residenziali comprensivi di area verde, oppure distinguere aree estrattive, discariche, aree in costruzione, aree in attesa di una destinazione d'uso, e seminativi da colture permanenti o aree agricole eterogenee.

Il prodotto finale, di natura vettoriale, è costituito da una struttura di oggetti generata dall'intersezione spaziale dei tre livelli informativi prodotti dalla classificazione delle rispettive immagini in serie temporale, garantendo il dettaglio geometrico della Carta della Copertura del Suolo della Regione Veneto ove l'unità minima cartografata è pari a un quarto di ettaro (2500 m<sup>2</sup>). All'interno della **struttura di oggetti** il database associato consente di interrogare ed associa a ciascuna unità le informazioni della classe tematica assegnata nelle tre epoche temporali (1955-1978-2007) e la classificazione del BD Copertura del Suolo con la corrispondente densità informativa di 4° e 5° livello.

1. **URBANO DENSO**
2. **URBANO DISCONTINUO**
3. **AREE INDUSTRIALI E COMMERCIALI**
4. **INFRASTRUTTURE VIARIE E FERROVIARIE**
5. **VERDE URBANO**
6. **AREE AGRICOLE**
7. **AREE BOSCHIVE**
8. **AREE UMIDE COSTIERE**
9. **ACQUE INTERNE**
10. **ACQUE MARITTIME**
11. **ZONE DI RIPORTO O ABBANDONATE**
12. **ZONE MILITARI**

Ad esempio, la *feature* illustrata nella figura seguente, mostra le diverse coperture del suolo all'interno dello stesso oggetto dalle medesime caratteristiche spaziali e di superficie riportando nella tabella degli attributi le diverse classi tematiche per ciascuna epoca (*l'oggetto evidenziato di estensione pari a 11213 mq è stato trasformato da area agricola nel 1955 ad area urbana discontinua nel 1978 ad area urbana densa nel 2007*). La struttura dati così generata consente inoltre di interrogare tramite query SQL specifiche transizioni nella copertura del suolo di determinate classi (come ad esempio da aree agricole ad aree urbane).

Shape	Polygon
ID_1955	6
1955	Aree agricole
ID_1978	2
1978	Urbano discontinuo
ID_2007	1
2007	Urbano denso
AREA_MQ	11213



2007



1955



1978

Nelle sezioni successive saranno mostrate le dinamiche avvenute nel corso della serie temporale per ciascuna delle 12 classi.

**Ogni tema è quindi rappresentato su mappa rispettivamente nelle tre epoche 1955, 1978 e 2007.**

A fondo pagina è visualizzato un grafico a barre che mostra i valori delle superfici (in ettari) riferiti alla classe in esame per ciascuna epoca.

Infine una *emoticon* (faccina) esprime un giudizio finale sulla dinamica in atto, giudizio espresso in termini di compatibilità e sostenibilità della dinamica rispetto al contenimento del consumo di suolo e alla tutela dell'ambiente anche nel senso del mantenimento delle funzioni ambientali.



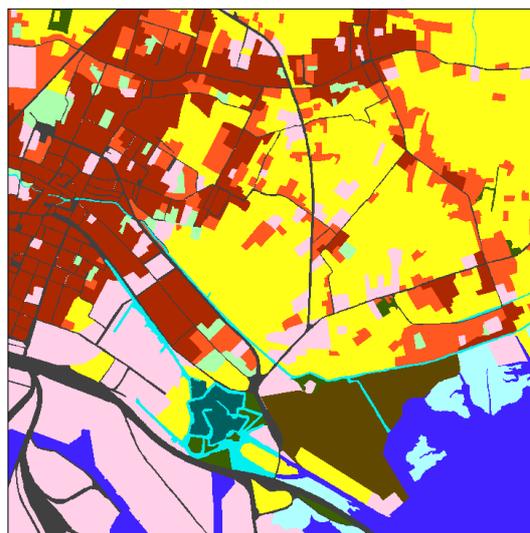
### Uso del Suolo

-  Urbano denso
-  Urbano discontinuo
-  Aree industriali e commerciali
-  Infrastrutture viarie e ferroviarie
-  Verde urbano
-  Aree agricole
-  Aree boschive
-  Aree umide costiere
-  Acque interne
-  Acque marittime
-  Zone di riporto o abbandonate
-  Zone militari

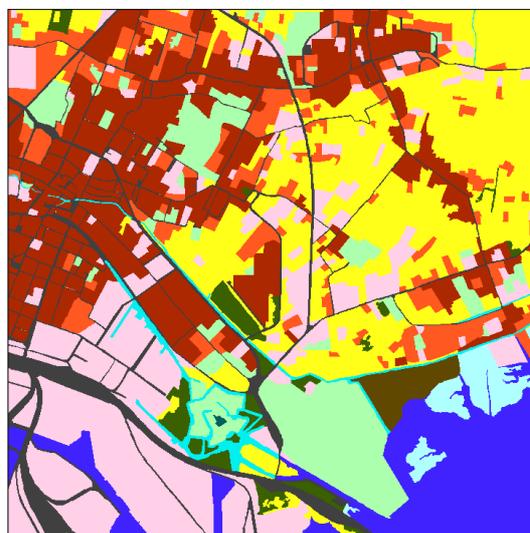
1955



1978



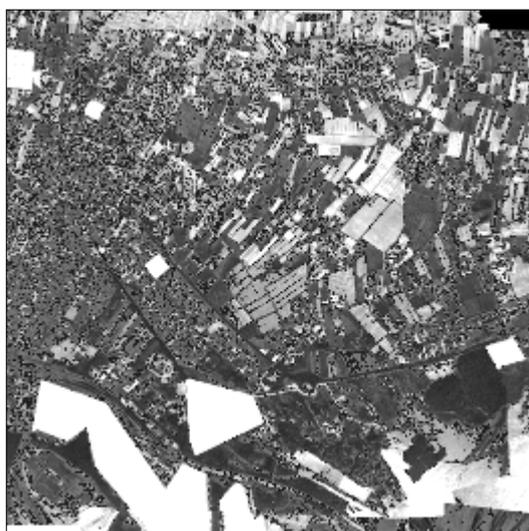
2007



**1955**



**1978**



**2007**

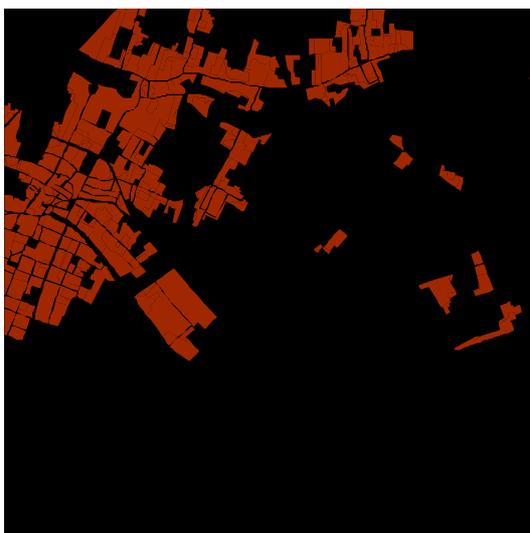


### 3.1.1 L'urbano denso

1955



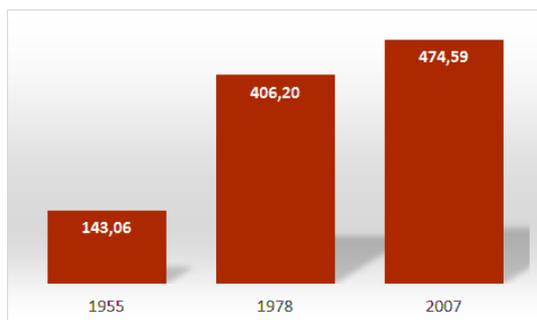
1978



Si noti l'aumento soprattutto concentrato nel periodo degli anni sessanta nelle zone di Carpenedo, Favato Veneto e Campalto.

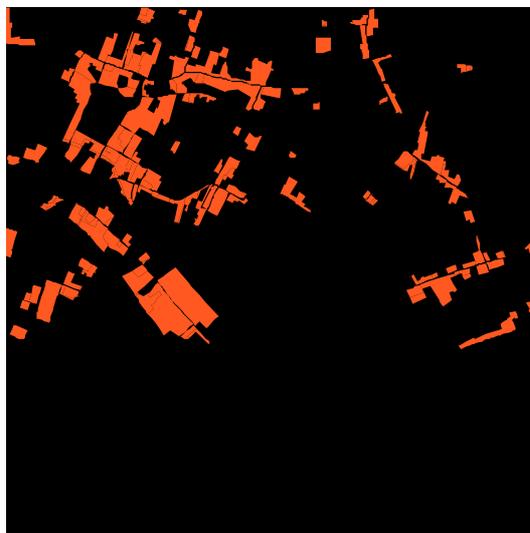


2007

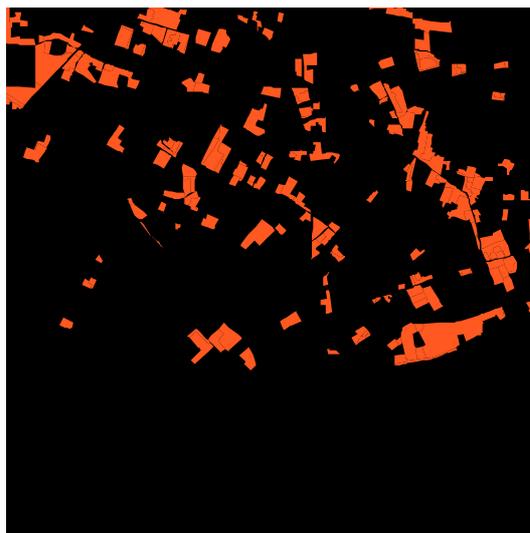


### 3.1.2 L'urbano discontinuo

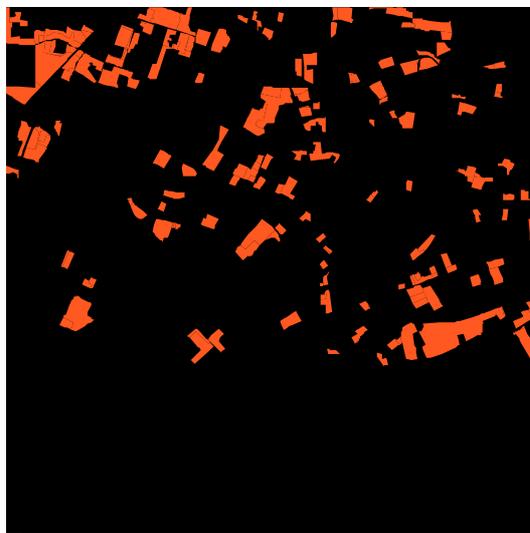
1955



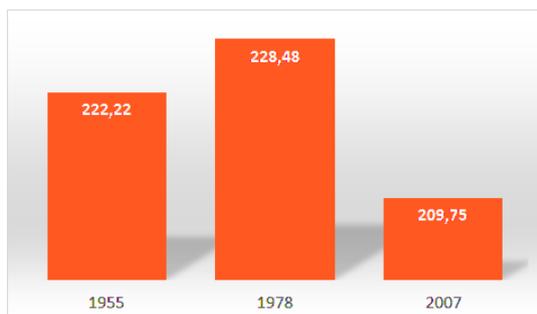
1978



2007



Trend apparentemente in controtendenza ma che in realtà ha ceduto le superfici alla classe "Urbano denso".



### 3.1.3 Le aree industriali e commerciali

1955



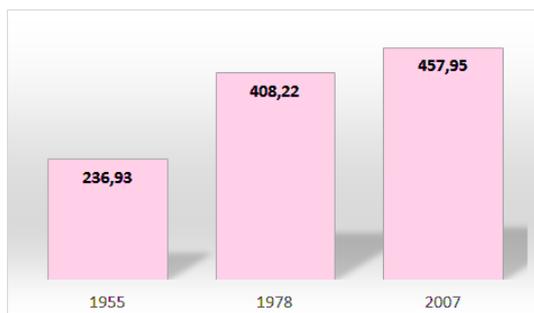
1978



2007

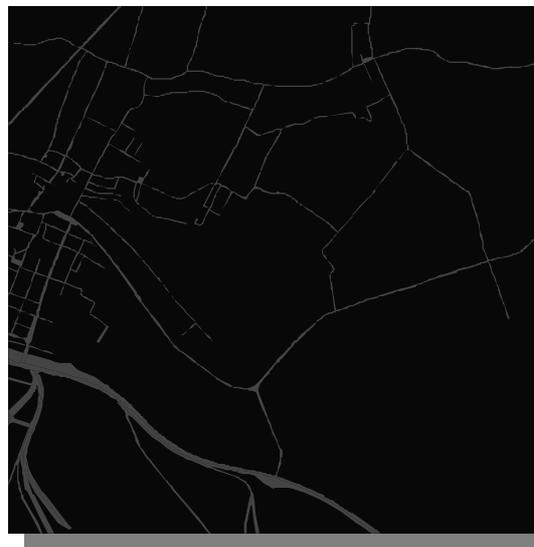


Si noti l'aumento del fenomeno non strettamente riferito a Marghera con una connotazione a "macchia di leopardo".



### 3.1.4 Le infrastrutture viarie e ferroviarie

1955



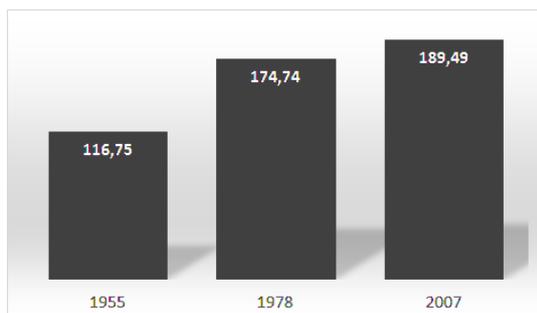
1978



2007

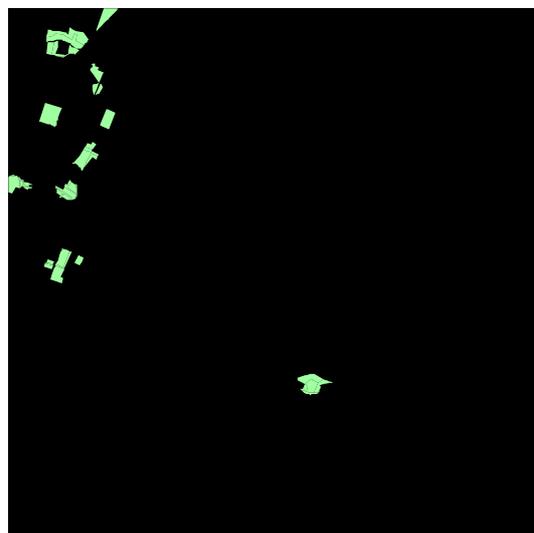


L'aumento delle superfici occupate dalle infrastrutture stradali e ferroviarie è specialmente concentrato nel periodo degli anni sessanta e settanta.

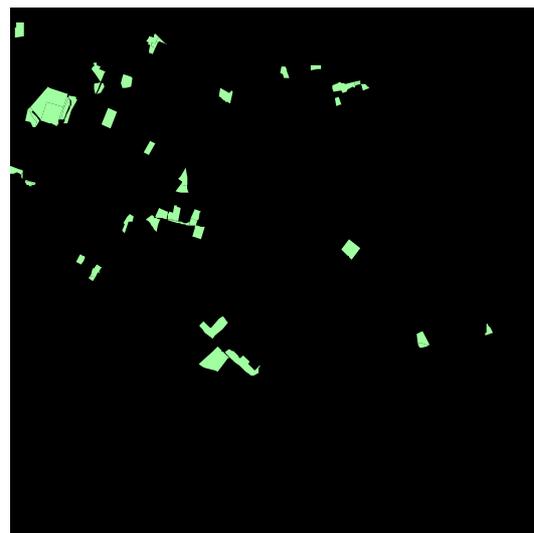


### 3.1.5 Il verde urbano

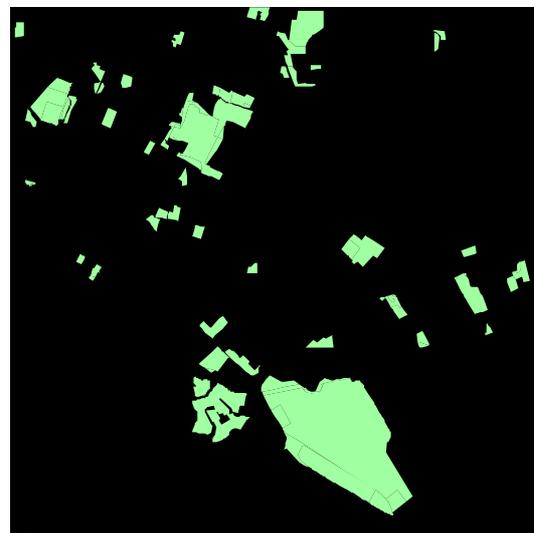
1955



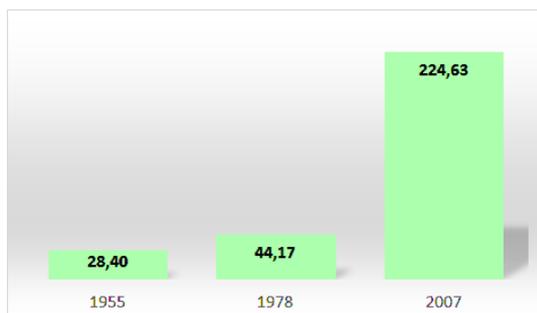
1978



2007



L'aumento considerevole è dovuto principalmente alla riconversione a verde dell'area di San Giuliano.

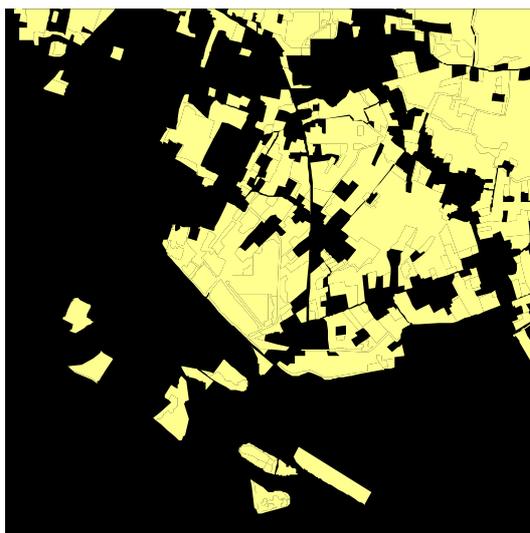


### 3.1.6 Le aree agricole

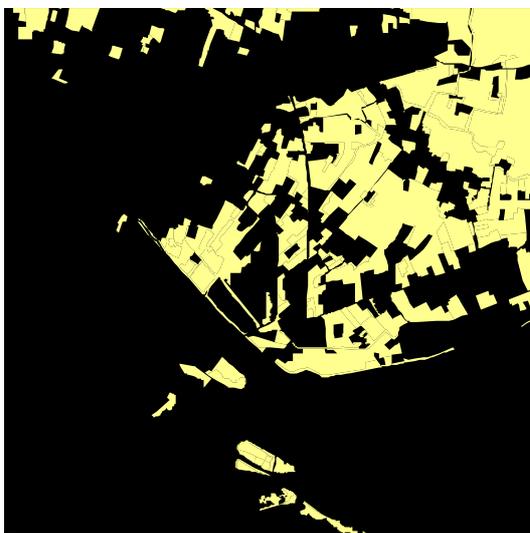
1955



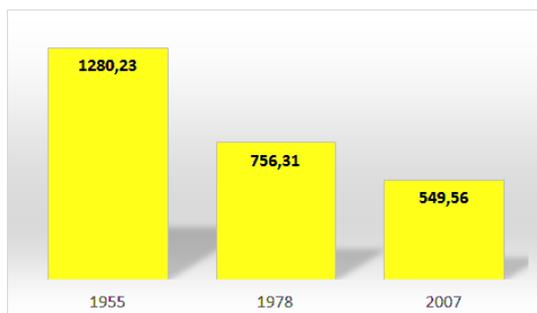
1978



2007

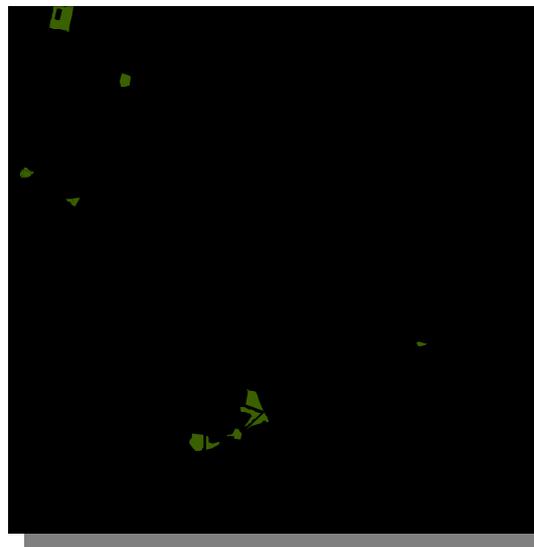


Oltre alla considerevole riduzione delle superfici agricole si noti il forte grado di frammentazione.

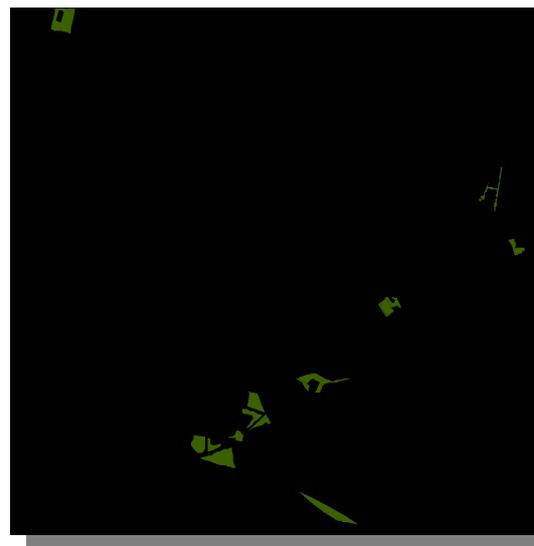


### 3.1.7 Le aree boschive

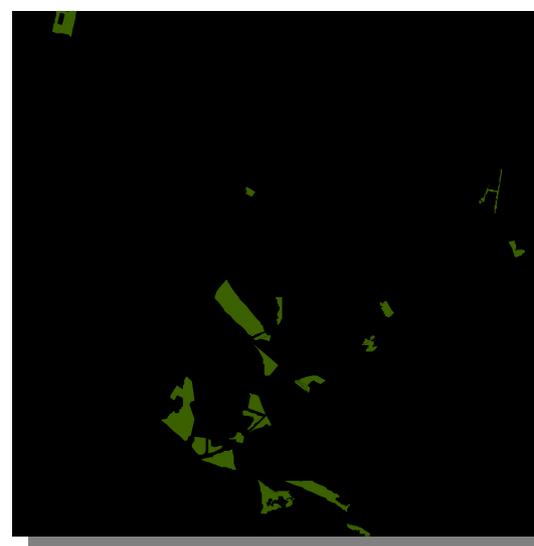
1955



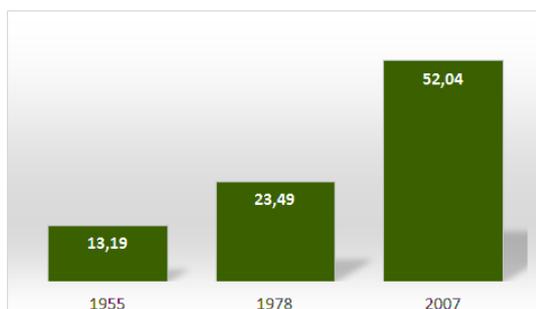
1978



2007

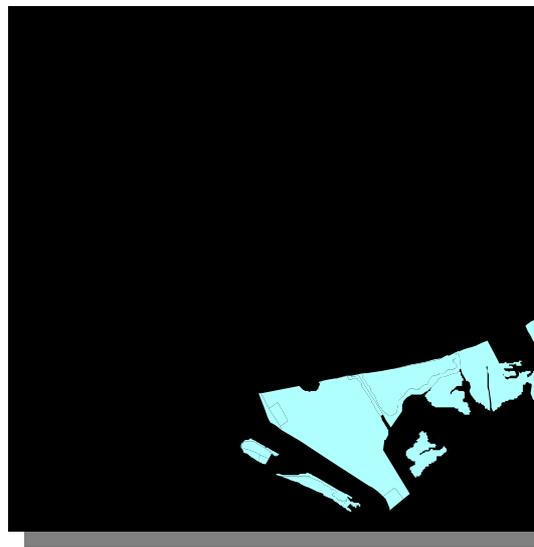


L'aumento delle superfici è dovuto principalmente a rimboschimenti di tipo artificiale.



### 3.1.8 Le aree umide costiere

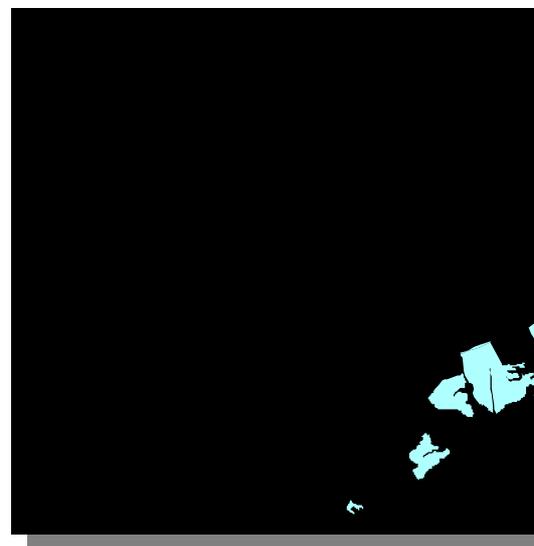
1955



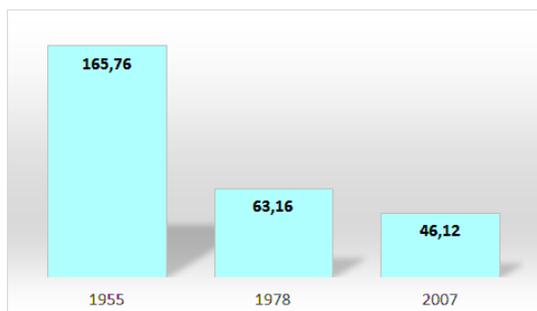
1978



2007

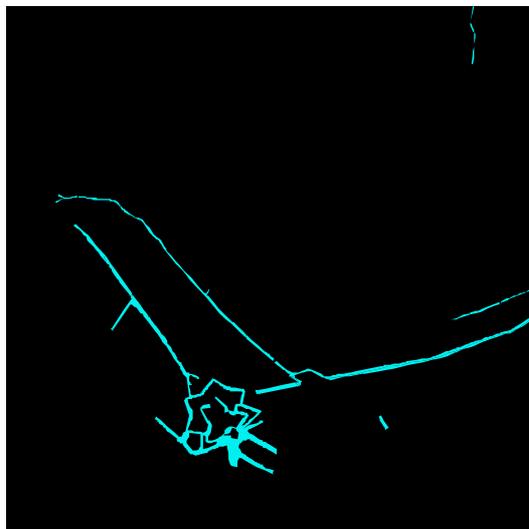


Si tratta delle superfici che fino agli anni '50 erano occupate da barene. La forte riduzione è dovuta all'impiego di queste come aree di riporto.

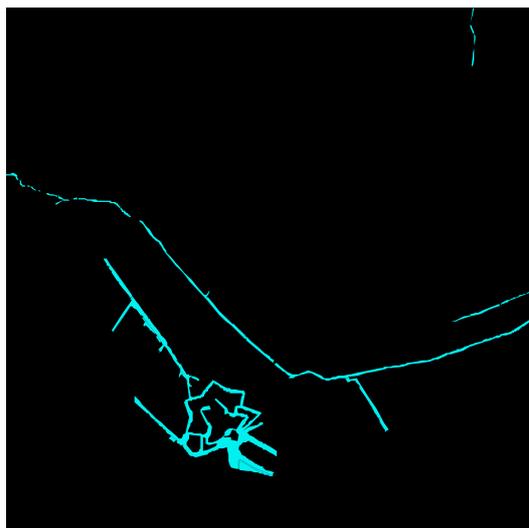


### 3.1.9 Le acque interne

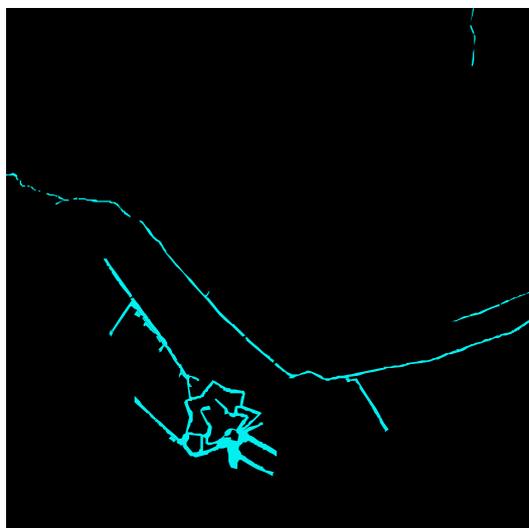
1955



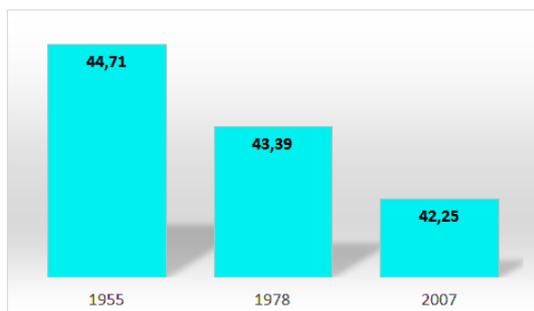
1978



2007



La modesta riduzione è dovuta a canali "tombati" nel centro di Mestre.



### 3.1.10 Le acque marittime

1955



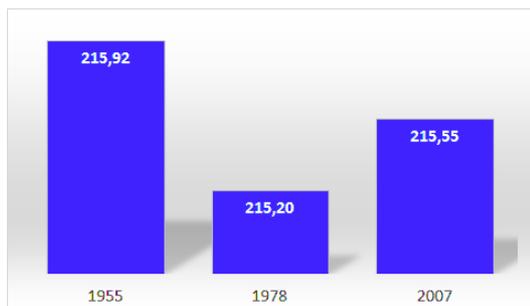
1978



2007

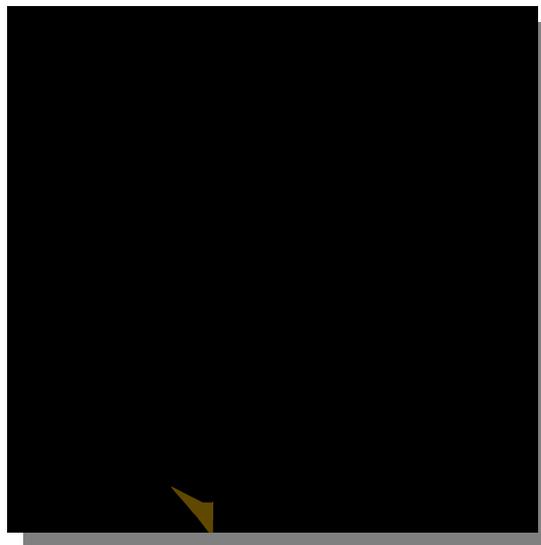


Trend pressoché immutato.



### 3.1.11 Le zone di riporto o abbandonate

1955

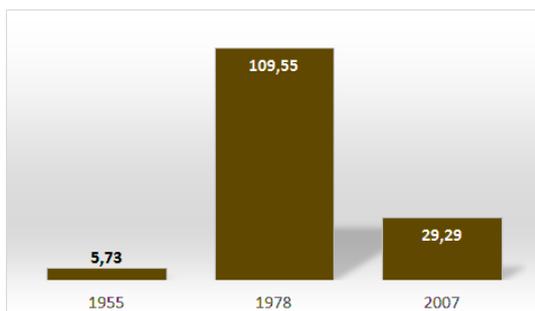


1978



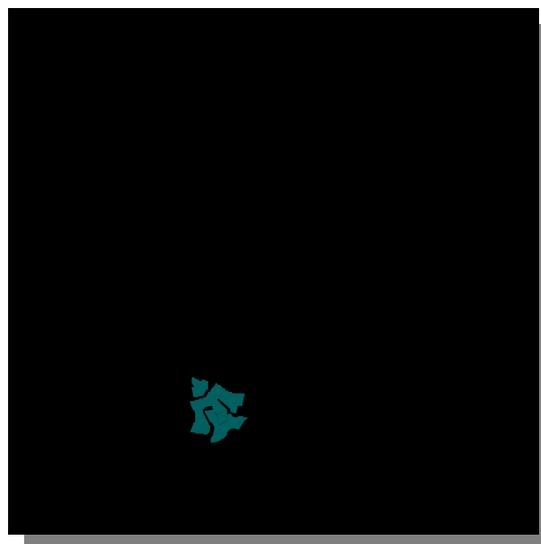
A cavallo tra gli anni sessanta e settanta l'area di San Giuliano era utilizzata come aree di riporto.

2007

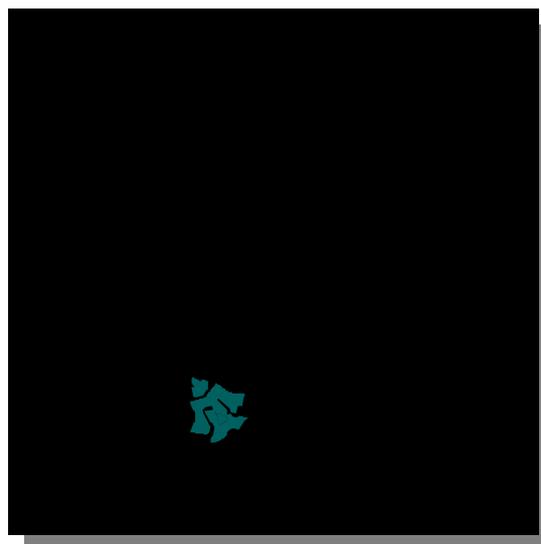


### 3.1.12 Le zone militari

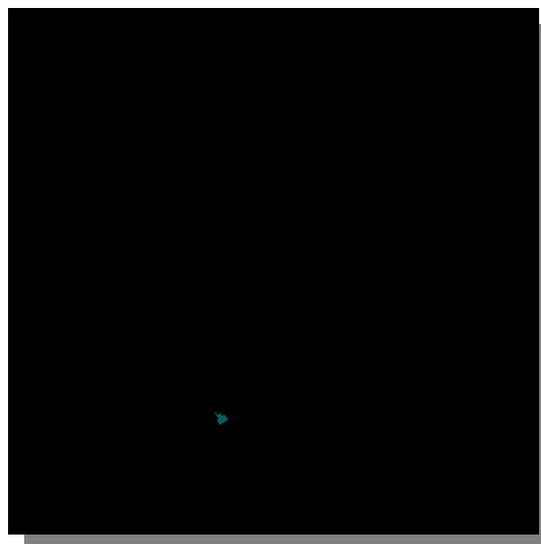
1955



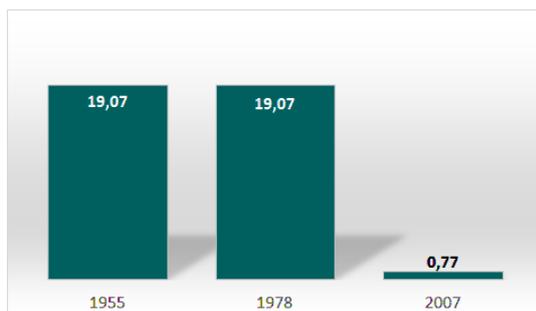
1978



2007

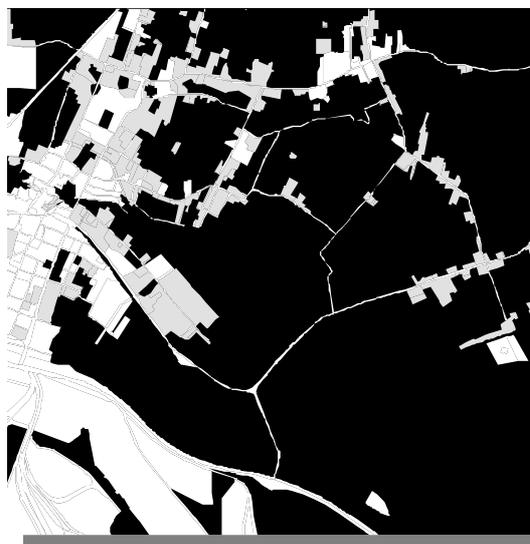


Nello scorso decennio la zona militare di Forte Marghera è stata riconvertita in area a verde urbano.

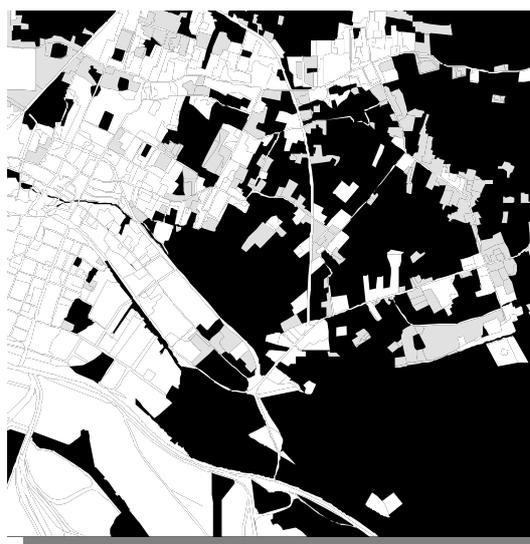


### 3.1.13 Il territorio impermeabilizzato

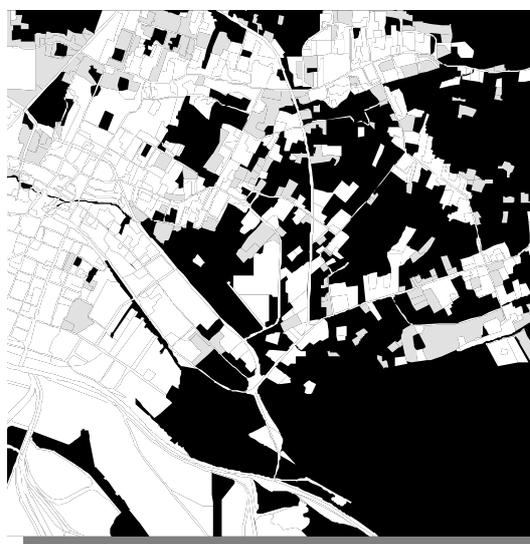
1955



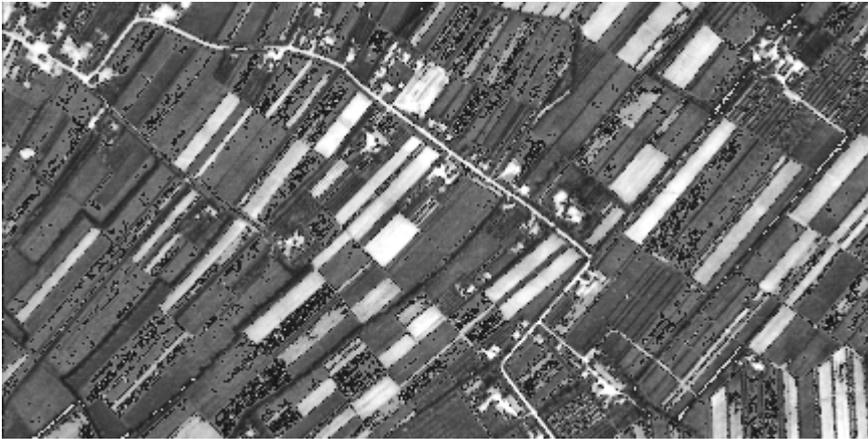
1978



2007



### 3.2. Zoom multitemporali



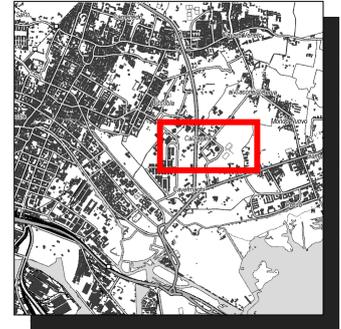
1955



1978

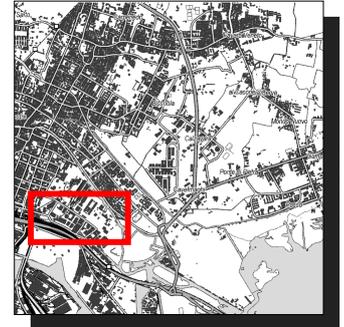


2007

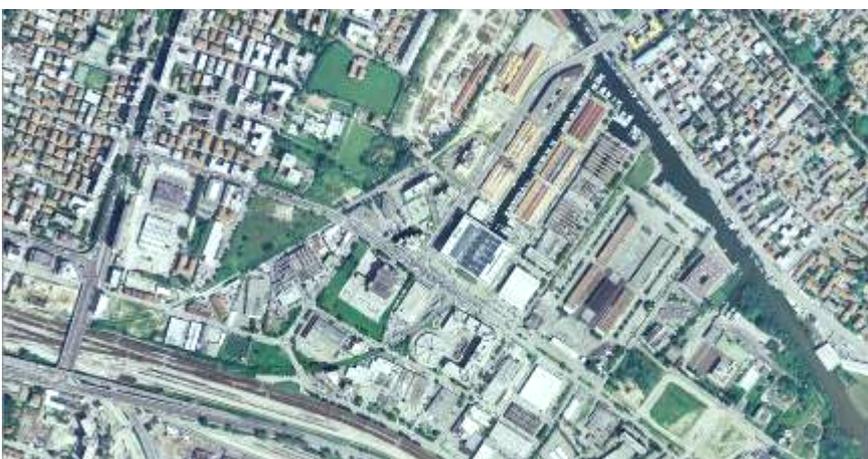




1955



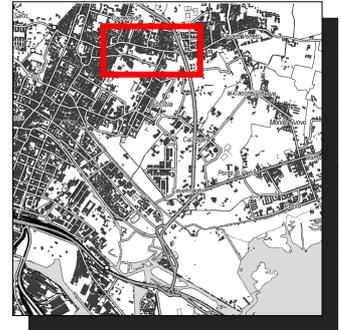
1978



2007



1955



1978



2007

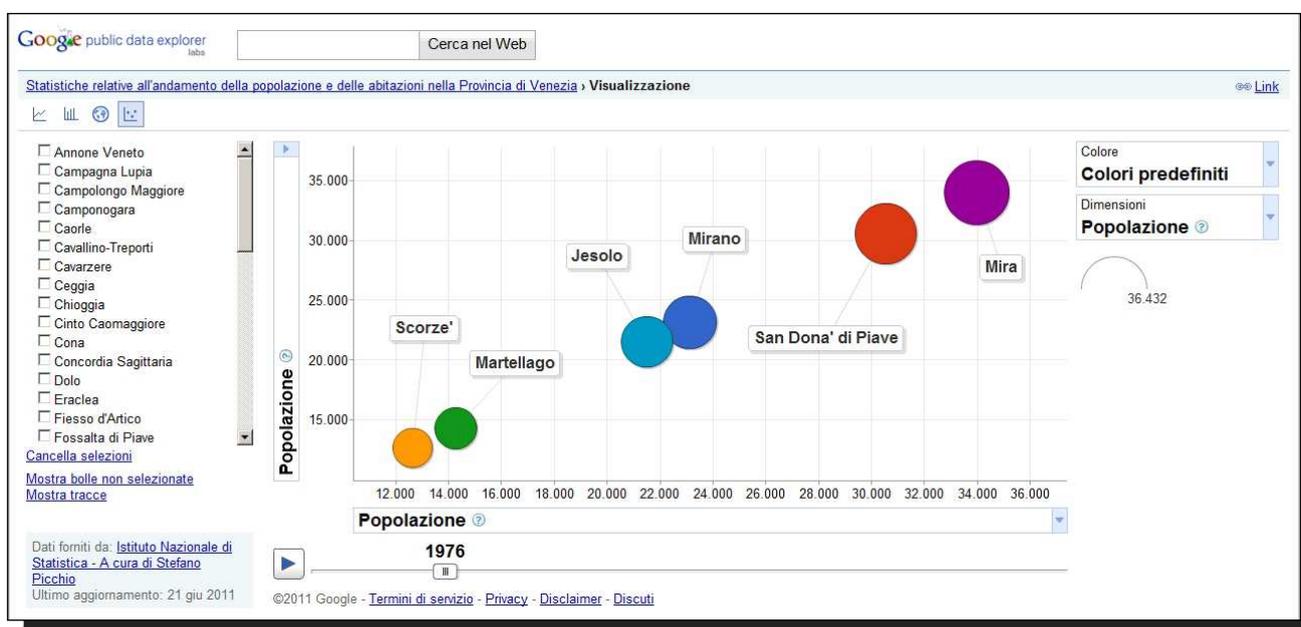
### 3.3. Google Public Data Explorer

Tra i "Labs" progettati da Google, il "Public Data Explorer" è sicuramente uno dei più interessanti e stimolanti. Interessante in quanto questa piattaforma consente di esplorare e visualizzare facilmente dati statistici, classifiche e mappe in modo animato, lungo una scala temporale e utilizzando una forma estremamente comunicativa. Stimolante perché solo da poco tempo Google ha deciso di aprire la piattaforma anche agli utenti generici (e non solo i fornitori di dati ufficiali istituzionali).

In questo senso Google mette a disposizione del pubblico non soltanto la possibilità di esplorare i dati già disponibili, ma anche di arricchire il tutto con nuovi dati e nuove informazioni.

Per poter caricare i propri dati occorre semplicemente attenersi alle regole dell'apposito linguaggio DSPL (Dataset Publishing Language) e caricare i propri "dataset" (vedi codice in allegato).

**All'interno di questo lavoro è stata sviluppata un'applicazione partendo dalla serie temporale dei dati statistici dei Comuni della Provincia di Venezia relativi alla popolazione residente, il numero di abitazioni occupate e la superficie delle abitazioni per i censimenti dal 1971 al 2001 e una seconda applicazione impiegando i primi risultati del censimento Istat popolazione e abitazioni 2011 relativamente alle variabili numero della popolazione residente e numero totale delle abitazioni occupate.**



*L'applicazione Google Public Data Explorer sviluppata per i Comuni della Provincia di Venezia.*

**In questo senso è possibile visualizzare con grande efficacia i comuni della provincia di Venezia che nel corso dell'analisi temporale hanno costruito nuove abitazioni confrontando l'analisi con l'aumento o il decremento demografico e distinguendo così anche i comuni che hanno destinato le superfici edificate tra uso residenziale e turistico.**

Per poter visualizzare l'applicazione è necessario possedere un account Google.

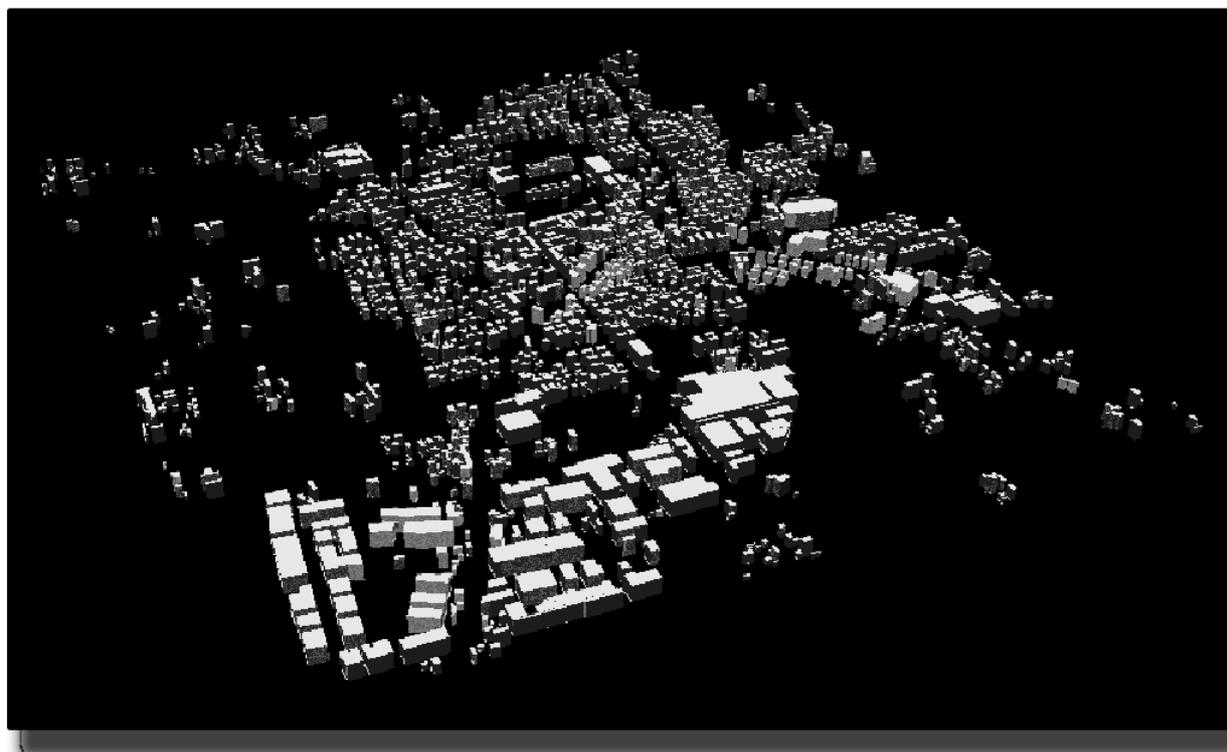
#### 4. Contenuto del DVD

1. Ortofoto prodotta dal volo GAI 1955 in Gauss-Boaga fuso Ovest
2. Ortofoto prodotta dal volo Reven 1978 in Gauss-Boaga fuso Ovest
3. Shapefile in Gauss-Boaga fuso Ovest risultato della classificazione dell'ortofoto 1955
4. Shapefile in Gauss-Boaga fuso Ovest risultato della classificazione dell'ortofoto 1978
5. Shapefile in Gauss-Boaga fuso Ovest risultato della classificazione dell'ortofoto 2007
6. Shapefile della struttura a oggetti generata dall'analisi multitemporale
7. Kmz dell'ortofoto 1955 visualizzabile in Google Earth
8. Kmz dell'ortofoto 1978 visualizzabile in Google Earth
9. Kmz dell'ortofoto 2007 visualizzabile in Google Earth
10. Serie temporale dei dati Istat (tabelle .xls)
11. Codice XML delle applicazioni sviluppate per Google Public Data Explorer

## 8.ALLEGATO 2

### **PROTOTIPO DI UN MODELLO INTEGRATO A SUPPORTO DI TEMATICHE AMBIENTALI ED ENERGETICHE IN AMBITO URBANO**

# PROTOTIPO DI UN MODELLO INTEGRATO A SUPPORTO DI TEMATICHE AMBIENTALI ED ENERGETICHE IN AMBITO URBANO



**A cura di:**  
Stefano Picchio

Venezia, Novembre 2012

## INDICE

<b>1.</b>	<b>Il senso del prototipo .....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>L'area di studio .....</b>	<b>6</b>
<b>3.</b>	<b>La base di conoscenza .....</b>	<b>7</b>
<b>3.1.</b>	<b>Dati LiDAR ad altissima risoluzione .....</b>	<b>9</b>
3.1.1	Il trattamento dei dati LiDAR e i Modelli Digitali del Terreno DSM e DTM.....	13
<b>3.2.</b>	<b>Immagine da satellite WorldView2 .....</b>	<b>15</b>
3.2.1	Correzioni radiometriche dell'immagine da satellite WorldView2.....	17
3.2.2	Composizioni RGB.....	18
3.2.3	Costruzione dell'indice di vegetazione - NDVI .....	21
<b>3.3.</b>	<b>Database Copertura del Suolo 1:10000 Regione Veneto .....</b>	<b>24</b>
3.3.1	Aggiornameto layer "Edifici" della Carta di Copertura del Suolo .....	27
<b>3.4.</b>	<b>Anagrafe mascherata .....</b>	<b>28</b>
<b>3.5.</b>	<b>Censimento dei numeri civici del Comune di Venezia .....</b>	<b>29</b>
<b>4.</b>	<b>La struttura di dati a supporto delle tematiche ambientali riferite alla componente vegetazionale.....</b>	<b>30</b>
<b>5.</b>	<b>La struttura di dati a supporto delle tematiche energetiche in ambito urbano .....</b>	<b>33</b>
5.1.	Valutazione del fabbisogno energetico e delle emissioni di CO <sub>2</sub> in atmosfera.....	33
5.2.	Valutazione della capacità produttiva da fotovoltaico .....	35
5.3.	Indice sintetico di autosufficienza energetica potenziale .....	37

## 1. Il senso del prototipo

Il prototipo per la realizzazione di un modello integrato su area campione si colloca all'interno del progetto di "Riordino del Sistema Informativo Geografico della Provincia di Venezia" avviato in collaborazione con il Servizio Informatica, l'Università IUAV di Venezia e lo spin-off UniSky srl che si prefigge di conseguire i seguenti obiettivi quali il consolidamento e sistematizzazione delle basi dati territoriali provinciali, favorire lo scambio e il riutilizzo dei dati geografici fra servizi interni e soggetti esterni, il consolidamento degli strumenti tecnologici in uso, l'introduzione di strumenti innovativi e l'accrescimento delle competenze interne, la necessità di dotarsi di strumenti capaci di incrementare l'efficienza e l'efficacia nella fase di costruzione dei quadri di conoscenza a supporto della fase decisionale, la necessità di avviare nuovi modelli di conoscenza per l'analisi territoriale e ambientale.

### **Il prototipo si prefigge come obiettivi la realizzazione di due applicazioni principali:**

- una di carattere **Ambientale** con cui si costruisce una banca dati che contabilizza il verde classificato per quote di elevazione diverse rispetto al terreno laddove la componente vegetazione incide significativamente ad esempio nella valutazione dei parametri di qualità della vita in ambito urbano, nella gestione e manutenzione del verde pubblico, nella stima della qualità dei raccolti in agricoltura quali l'estensione e il grado di copertura del verde;
- l'altra legata al tema **Energia** con cui si costruisce una banca dati che contabilizza da un lato la stima del fabbisogno energetico delle famiglie residenti e dall'altro la capacità di soddisfare tale fabbisogno con l'impiego di fonti di energia di tipo rinnovabile.

### **Il prototipo nasce come esercizio verticale su un'area campione con un forte orientamento alla replicabilità sul resto del territorio dell'amministrazione provinciale.**

Lo scenario in cui si inserisce il prototipo evidenzia come parallelamente all'evoluzione tecnologica si assista ad un sempre maggiore interesse nel costruire nuove applicazioni nei temi dell'Energia e dell'Ambiente. Ecco quindi che il prototipo è uno stimolo per costruire nuovi modelli di conoscenza ad esempio all'interno del contesto Europa2020 che si prefigge obiettivi come la riduzione di gas serra, ricavare energia da fonti rinnovabili e ridurre i consumi energetici globali attraverso la predisposizione di piani per l'efficienza energetica. Si stima che tali piani, oltre ad essere vantaggiosi per le imprese, potranno aiutare le famiglie a risparmiare circa 1000 euro all'anno su bollette di gas e luce e a contribuire a creare nuovi posti di lavoro nel settore della Green Economy.

Solo per fare un esempio, oggi i **22 comuni della Provincia di Venezia** che hanno aderito al Patto dei Sindaci stanno per predisporre i PAES (Piani d'Azione per l'Energia Sostenibile), che avranno il compito di individuare gli obiettivi di riduzione delle emissioni di anidride carbonica entro il 2020, basandosi su basi di conoscenza che attualmente tengono conto delle emissioni di edifici pubblici e del trasporto pubblico locale. E' chiaro che tale quadro conoscitivo va integrato con tutte le possibili fonti di emissione, comprese quelle del consumo privato per elettricità e riscaldamento. Un tentativo di migliorarlo in tal senso è affrontato in questo prototipo nell'analisi della produzione autonoma di energia di tipo rinnovabile per tutte le tipologie di edifici evidenziandone la produzione specifica da un lato, e la riduzione di emissioni di

CO<sub>2</sub> dall'altro. Altro importante contributo del prototipo è quello di mappare la copertura vegetazionale sul territorio classificandola per estensione e differenti quote di altezza, sfruttando i prodotti innovativi generati dai sistemi di Osservazione della Terra e l'elevato contenuto informativo tridimensionale contenuto nel rilievo **LiDAR** (che è disponibile attualmente per circa metà della provincia di Venezia).

L'idea alla base del **modello integrato** è fondamentalmente quella di costruire un quadro di conoscenze legato ai temi del governo del territorio in capo alla Provincia su un'area circoscritta e relativamente poco estesa su cui sperimentare nuovi modelli di conoscenza che sfruttano da un lato il patrimonio informativo disponibile e dall'altro il contributo delle informazioni territoriali e ambientali acquisiti con l'utilizzo delle **Nuove Tecnologie**.

Le risorse informative sono sostanzialmente di due tipi:

- **una struttura dati di base** costituita principalmente da un insieme di oggetti costruiti sul paradigma delle immagini;
- un **database geografico** associato alla struttura dati di base che integra le informazioni prodotte nelle applicazioni sviluppate sulle tematiche **Ambientali** e dell'**Energia**.

Il primo consiste nella costruzione di una serie di livelli informativi derivati dalle immagini prodotte dalle moderne piattaforme di rilevamento aereo e satellitare; grazie all'innovazione sul versante tecnologico oggi è infatti possibile rappresentare il territorio verso modelli di tipo "naturale" basati sempre di più sull'utilizzo di immagini telerilevate. Il secondo consiste nell'integrazione delle serie di oggetti classificati con l'insieme delle banche dati territoriali gestionali come l'anagrafe, il censimento dei civici, l'edificato, ecc.

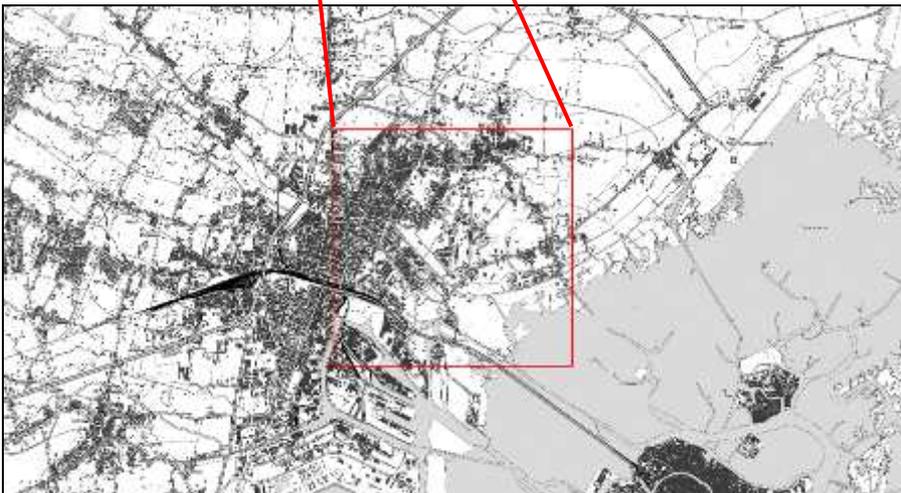
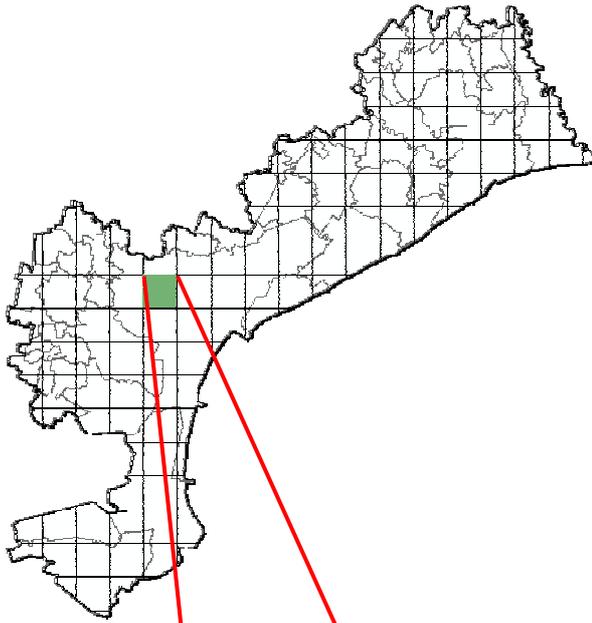
Dall'insieme delle risorse informative così costituito è quindi possibile iniziare a definire pacchetti informativi congrui alle domande informative afferenti alle diverse tematiche in capo all'amministrazione provinciale: mobilità, ambiente, energia, pianificazione sovraordinata, difesa del suolo e valutazione degli impatti, caccia e pesca, rifiuti ecc.

Grazie all'aumento delle risoluzioni spaziali, radiometriche, spettrali e temporali, la qualità dell'offerta di dati territorio-ambiente da piattaforme diverse aumenta e si arricchisce notevolmente, e accompagnata dal miglioramento degli strumenti di trattamento come i classificatori di ultima generazione per l'estrazione di informazioni strutturate dalle immagini. Tra queste la **classificazione di tipo object-oriented** ha raggiunto ottimi livelli qualitativi. La classificazione di tipo object-oriented di immagini telerilevate è una recente ed efficiente tecnica che si basa sull'attribuzione di una determinata categoria tematica a oggetti geometrici (poligoni) generati tramite segmentazione dell'immagine grezza. Il risultato finale è di natura vettoriale, e rende il prodotto più vicino alle aspettative degli utenti finali ed ai canoni standard tradizionali della cartografia tematica e i cui risultati sono perfettamente integrabili all'interno di software GIS. Tra le piattaforme e i sensori più utilizzati sono da citare il satellite **WorldView2** che consente di ottenere immagini multispettrali a 8 bande alla risoluzione di 50 cm/pixel, GeoEye, ma anche ortofoto ad altissima risoluzione (10 cm), riprese termografiche associate all'acquisizione di dati LiDAR da piattaforma aerea, i cui costi sono sempre più accessibili anche alle piccole organizzazioni. Il **LiDAR** (Light Detection And Ranging) è un sistema aviotrasportato e utilizzato per acquisire coordinate x, y, z del terreno e delle sue caratteristiche (sia naturali che di origine antropica). Oltre all'acquisizione della nuvola di punti, viene prodotto un DTM (Digital Terrain Model), un DSM (Digital Surface Model), cioè modelli gestibili direttamente in ambiente GIS.

Le principali applicazioni di questa moderna tecnologia sono numerose: dalla sicurezza idraulica del territorio, al calcolo degli indici di invarianza idraulica, al catasto 3D, l'aggiornamento dei temi relativi all'edificato, la mappatura del verde urbano, agli studi sulle potenzialità di installazione di impianti fotovoltaici e solare termico, l'analisi degli invasi a scopi idroelettrici, il monitoraggio delle cave, fino alla modellazione avanzata 3D nel campo dell'inquinamento elettromagnetico, la stima delle biomasse e il City Modeling.

## 2. L'area di studio

L'area oggetto di studio è stata individuata all'interno del Comune di Venezia ed è pari ad una estensione di 25 km<sup>2</sup> generata a partire da una tassellazione regolare dello spazio del territorio amministrativo della la Provincia di Venezia (5 km di lato). Il territorio è caratterizzato dalla presenza del centro urbano di Mestre, parte della zona industriale di Marghera fino a Favaro Veneto e Campalto. Sono inoltre presenti le aree del parco San Giuliano e Forte Marghera.

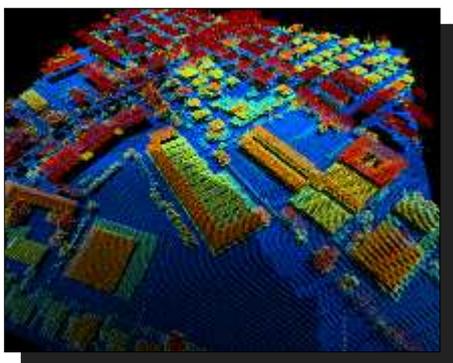


### 3. La base di conoscenza

La base di conoscenza è costituita dal patrimonio dei **giacimenti informativi** istituzionali e dalla serie di **dati acquisiti con le Nuove Tecnologie**. Di seguito è mostrata un'esemplificazione dell'utilizzo delle banche dati all'interno delle applicazioni.

#### DATI

##### DATI LiDAR



##### IMMAGINE SATELLITARE MULTISPETTRALE WORLDVIEW2



##### CARTA DELLA COPERTURA DEL SUOLO AL 10000 REGIONE VENETO



#### UTILIZZO

Contabilizzazione delle volumetrie dell'edificato, del verde urbano e calcolo della radiazione solare su ciascun edificio ai fini della produzione di energia da fonti rinnovabili.



Estrazione di indici di vegetazione, classificazione e contabilizzazione delle coperture del verde urbano associato al dato Lidar



Struttura gerarchica di base nel processo di segmentazione delle immagini multispettrali



## DATI

**EDIFICATO (aggiornamento 2010 della Carta Copertura del Suolo)**



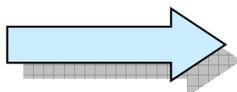
## UTILIZZO

Associato ai dati LiDAR consente di contabilizzare i volumi dell'edificato



**ANAGRAFE MASCHERATA DEL COMUNE DI VENEZIA**

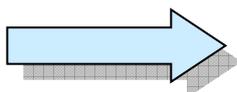
| INDICAZIONE |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 001         | 001         | 001         | 001         | 001         | 001         | 001         | 001         | 001         | 001         |
| 002         | 002         | 002         | 002         | 002         | 002         | 002         | 002         | 002         | 002         |
| 003         | 003         | 003         | 003         | 003         | 003         | 003         | 003         | 003         | 003         |
| 004         | 004         | 004         | 004         | 004         | 004         | 004         | 004         | 004         | 004         |
| 005         | 005         | 005         | 005         | 005         | 005         | 005         | 005         | 005         | 005         |
| 006         | 006         | 006         | 006         | 006         | 006         | 006         | 006         | 006         | 006         |
| 007         | 007         | 007         | 007         | 007         | 007         | 007         | 007         | 007         | 007         |
| 008         | 008         | 008         | 008         | 008         | 008         | 008         | 008         | 008         | 008         |
| 009         | 009         | 009         | 009         | 009         | 009         | 009         | 009         | 009         | 009         |
| 010         | 010         | 010         | 010         | 010         | 010         | 010         | 010         | 010         | 010         |
| 011         | 011         | 011         | 011         | 011         | 011         | 011         | 011         | 011         | 011         |
| 012         | 012         | 012         | 012         | 012         | 012         | 012         | 012         | 012         | 012         |
| 013         | 013         | 013         | 013         | 013         | 013         | 013         | 013         | 013         | 013         |
| 014         | 014         | 014         | 014         | 014         | 014         | 014         | 014         | 014         | 014         |
| 015         | 015         | 015         | 015         | 015         | 015         | 015         | 015         | 015         | 015         |
| 016         | 016         | 016         | 016         | 016         | 016         | 016         | 016         | 016         | 016         |
| 017         | 017         | 017         | 017         | 017         | 017         | 017         | 017         | 017         | 017         |
| 018         | 018         | 018         | 018         | 018         | 018         | 018         | 018         | 018         | 018         |
| 019         | 019         | 019         | 019         | 019         | 019         | 019         | 019         | 019         | 019         |
| 020         | 020         | 020         | 020         | 020         | 020         | 020         | 020         | 020         | 020         |
| 021         | 021         | 021         | 021         | 021         | 021         | 021         | 021         | 021         | 021         |
| 022         | 022         | 022         | 022         | 022         | 022         | 022         | 022         | 022         | 022         |
| 023         | 023         | 023         | 023         | 023         | 023         | 023         | 023         | 023         | 023         |
| 024         | 024         | 024         | 024         | 024         | 024         | 024         | 024         | 024         | 024         |
| 025         | 025         | 025         | 025         | 025         | 025         | 025         | 025         | 025         | 025         |
| 026         | 026         | 026         | 026         | 026         | 026         | 026         | 026         | 026         | 026         |
| 027         | 027         | 027         | 027         | 027         | 027         | 027         | 027         | 027         | 027         |
| 028         | 028         | 028         | 028         | 028         | 028         | 028         | 028         | 028         | 028         |
| 029         | 029         | 029         | 029         | 029         | 029         | 029         | 029         | 029         | 029         |
| 030         | 030         | 030         | 030         | 030         | 030         | 030         | 030         | 030         | 030         |
| 031         | 031         | 031         | 031         | 031         | 031         | 031         | 031         | 031         | 031         |
| 032         | 032         | 032         | 032         | 032         | 032         | 032         | 032         | 032         | 032         |
| 033         | 033         | 033         | 033         | 033         | 033         | 033         | 033         | 033         | 033         |
| 034         | 034         | 034         | 034         | 034         | 034         | 034         | 034         | 034         | 034         |
| 035         | 035         | 035         | 035         | 035         | 035         | 035         | 035         | 035         | 035         |
| 036         | 036         | 036         | 036         | 036         | 036         | 036         | 036         | 036         | 036         |
| 037         | 037         | 037         | 037         | 037         | 037         | 037         | 037         | 037         | 037         |
| 038         | 038         | 038         | 038         | 038         | 038         | 038         | 038         | 038         | 038         |
| 039         | 039         | 039         | 039         | 039         | 039         | 039         | 039         | 039         | 039         |
| 040         | 040         | 040         | 040         | 040         | 040         | 040         | 040         | 040         | 040         |
| 041         | 041         | 041         | 041         | 041         | 041         | 041         | 041         | 041         | 041         |
| 042         | 042         | 042         | 042         | 042         | 042         | 042         | 042         | 042         | 042         |
| 043         | 043         | 043         | 043         | 043         | 043         | 043         | 043         | 043         | 043         |
| 044         | 044         | 044         | 044         | 044         | 044         | 044         | 044         | 044         | 044         |
| 045         | 045         | 045         | 045         | 045         | 045         | 045         | 045         | 045         | 045         |
| 046         | 046         | 046         | 046         | 046         | 046         | 046         | 046         | 046         | 046         |
| 047         | 047         | 047         | 047         | 047         | 047         | 047         | 047         | 047         | 047         |
| 048         | 048         | 048         | 048         | 048         | 048         | 048         | 048         | 048         | 048         |
| 049         | 049         | 049         | 049         | 049         | 049         | 049         | 049         | 049         | 049         |
| 050         | 050         | 050         | 050         | 050         | 050         | 050         | 050         | 050         | 050         |
| 051         | 051         | 051         | 051         | 051         | 051         | 051         | 051         | 051         | 051         |
| 052         | 052         | 052         | 052         | 052         | 052         | 052         | 052         | 052         | 052         |
| 053         | 053         | 053         | 053         | 053         | 053         | 053         | 053         | 053         | 053         |
| 054         | 054         | 054         | 054         | 054         | 054         | 054         | 054         | 054         | 054         |
| 055         | 055         | 055         | 055         | 055         | 055         | 055         | 055         | 055         | 055         |
| 056         | 056         | 056         | 056         | 056         | 056         | 056         | 056         | 056         | 056         |
| 057         | 057         | 057         | 057         | 057         | 057         | 057         | 057         | 057         | 057         |
| 058         | 058         | 058         | 058         | 058         | 058         | 058         | 058         | 058         | 058         |
| 059         | 059         | 059         | 059         | 059         | 059         | 059         | 059         | 059         | 059         |
| 060         | 060         | 060         | 060         | 060         | 060         | 060         | 060         | 060         | 060         |
| 061         | 061         | 061         | 061         | 061         | 061         | 061         | 061         | 061         | 061         |
| 062         | 062         | 062         | 062         | 062         | 062         | 062         | 062         | 062         | 062         |
| 063         | 063         | 063         | 063         | 063         | 063         | 063         | 063         | 063         | 063         |
| 064         | 064         | 064         | 064         | 064         | 064         | 064         | 064         | 064         | 064         |
| 065         | 065         | 065         | 065         | 065         | 065         | 065         | 065         | 065         | 065         |
| 066         | 066         | 066         | 066         | 066         | 066         | 066         | 066         | 066         | 066         |
| 067         | 067         | 067         | 067         | 067         | 067         | 067         | 067         | 067         | 067         |
| 068         | 068         | 068         | 068         | 068         | 068         | 068         | 068         | 068         | 068         |
| 069         | 069         | 069         | 069         | 069         | 069         | 069         | 069         | 069         | 069         |
| 070         | 070         | 070         | 070         | 070         | 070         | 070         | 070         | 070         | 070         |
| 071         | 071         | 071         | 071         | 071         | 071         | 071         | 071         | 071         | 071         |
| 072         | 072         | 072         | 072         | 072         | 072         | 072         | 072         | 072         | 072         |
| 073         | 073         | 073         | 073         | 073         | 073         | 073         | 073         | 073         | 073         |
| 074         | 074         | 074         | 074         | 074         | 074         | 074         | 074         | 074         | 074         |
| 075         | 075         | 075         | 075         | 075         | 075         | 075         | 075         | 075         | 075         |
| 076         | 076         | 076         | 076         | 076         | 076         | 076         | 076         | 076         | 076         |
| 077         | 077         | 077         | 077         | 077         | 077         | 077         | 077         | 077         | 077         |
| 078         | 078         | 078         | 078         | 078         | 078         | 078         | 078         | 078         | 078         |
| 079         | 079         | 079         | 079         | 079         | 079         | 079         | 079         | 079         | 079         |
| 080         | 080         | 080         | 080         | 080         | 080         | 080         | 080         | 080         | 080         |
| 081         | 081         | 081         | 081         | 081         | 081         | 081         | 081         | 081         | 081         |
| 082         | 082         | 082         | 082         | 082         | 082         | 082         | 082         | 082         | 082         |
| 083         | 083         | 083         | 083         | 083         | 083         | 083         | 083         | 083         | 083         |
| 084         | 084         | 084         | 084         | 084         | 084         | 084         | 084         | 084         | 084         |
| 085         | 085         | 085         | 085         | 085         | 085         | 085         | 085         | 085         | 085         |
| 086         | 086         | 086         | 086         | 086         | 086         | 086         | 086         | 086         | 086         |
| 087         | 087         | 087         | 087         | 087         | 087         | 087         | 087         | 087         | 087         |
| 088         | 088         | 088         | 088         | 088         | 088         | 088         | 088         | 088         | 088         |
| 089         | 089         | 089         | 089         | 089         | 089         | 089         | 089         | 089         | 089         |
| 090         | 090         | 090         | 090         | 090         | 090         | 090         | 090         | 090         | 090         |
| 091         | 091         | 091         | 091         | 091         | 091         | 091         | 091         | 091         | 091         |
| 092         | 092         | 092         | 092         | 092         | 092         | 092         | 092         | 092         | 092         |
| 093         | 093         | 093         | 093         | 093         | 093         | 093         | 093         | 093         | 093         |
| 094         | 094         | 094         | 094         | 094         | 094         | 094         | 094         | 094         | 094         |
| 095         | 095         | 095         | 095         | 095         | 095         | 095         | 095         | 095         | 095         |
| 096         | 096         | 096         | 096         | 096         | 096         | 096         | 096         | 096         | 096         |
| 097         | 097         | 097         | 097         | 097         | 097         | 097         | 097         | 097         | 097         |
| 098         | 098         | 098         | 098         | 098         | 098         | 098         | 098         | 098         | 098         |
| 099         | 099         | 099         | 099         | 099         | 099         | 099         | 099         | 099         | 099         |
| 100         | 100         | 100         | 100         | 100         | 100         | 100         | 100         | 100         | 100         |



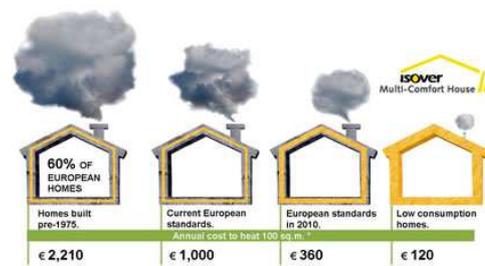
Associato ai numeri civici consente di stimare il numero di persone residenti in ogni edificio



**CENSIMENTO DEI N° CIVICI DEL COMUNE DI VENEZIA**



Associato all'anagrafe consente di stimare il fabbisogno energetico per ogni edificio e le emissioni di CO<sub>2</sub>



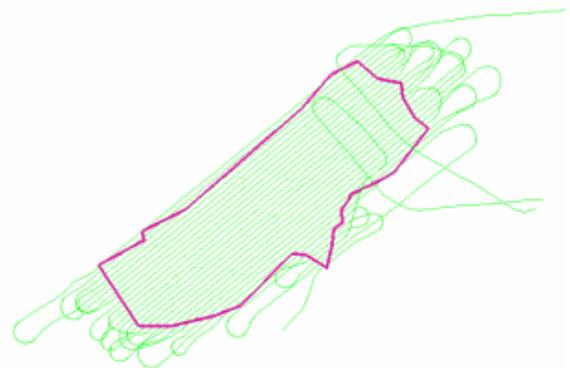
(\*) Saint-Gobain estimate based on oil prices of \$90 per barrel.

### 3.1. Dati LiDAR ad altissima risoluzione

In seguito agli eventi meteorologici del settembre 2007 il 'Commissario Delegato per l'emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici del 26 settembre 2007 che hanno colpito parte del territorio della Regione Veneto' e l'Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale (OGS) hanno stipulato una convenzione per la realizzazione congiunta del progetto "Rilievo Lidar ed Iperspettrale con successiva rielaborazione ed interpretazione dei dati del territorio della Regione Veneto colpito dall'emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici del 26 Settembre 2007", finalizzato ad acquisire un modello tridimensionale del suolo come supporto ad una approfondita analisi dello scolo delle acque superficiali e della loro gestione. Si è stabilito di effettuare un rilievo con tecniche remote sensing comprendenti laser-scan, iperspettrale ed aerofotografia oltre ad una rete di inquadramento e misure a terra. Il 9 e 10 settembre 2008 è stato effettuato il rilievo laser-scan e aerofotografico, sfruttando l'intervallo ottimale, di quattro ore, di copertura GPS. Il piano di volo ed i parametri di acquisizione sono stati scelti in funzione della densità dei dati grezzi di 3.33 punti al metro quadro. L'altezza media di volo è stata di 920 m sul livello del suolo con pixel a terra di dimensioni 13.5 cm (x,y). Per una ottimale ripresa delle foto aeree si è volato in assenza di nuvole.

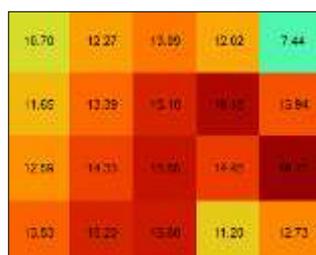
La traiettoria consiste in 30 strisciate longitudinali in direzione SW-NE e in alcune trasversali necessarie per la calibrazione. La sovrapposizione laterale risulta del 25%: per un'area di interesse di 256.6 km<sup>2</sup>, sono stati acquisiti complessivamente nelle strisciate 298 km<sup>2</sup>.

Il Lidar (Light Detection And Ranging) è un sistema laser scanner generalmente montato a bordo di piattaforme aeree o elicotteri. Il sistema emette un impulso ottico mediante un laser e viene accuratamente misurato il tempo di restituzione dell'"eco". Il tempo viene trasformato in distanza rispetto al bersaglio attraverso la velocità nota della luce.



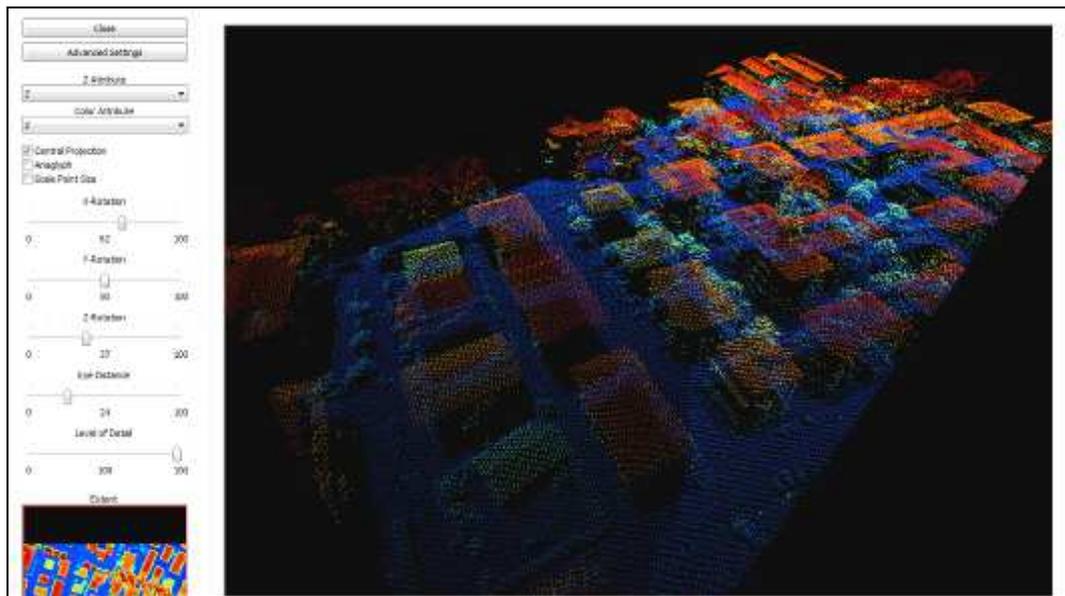
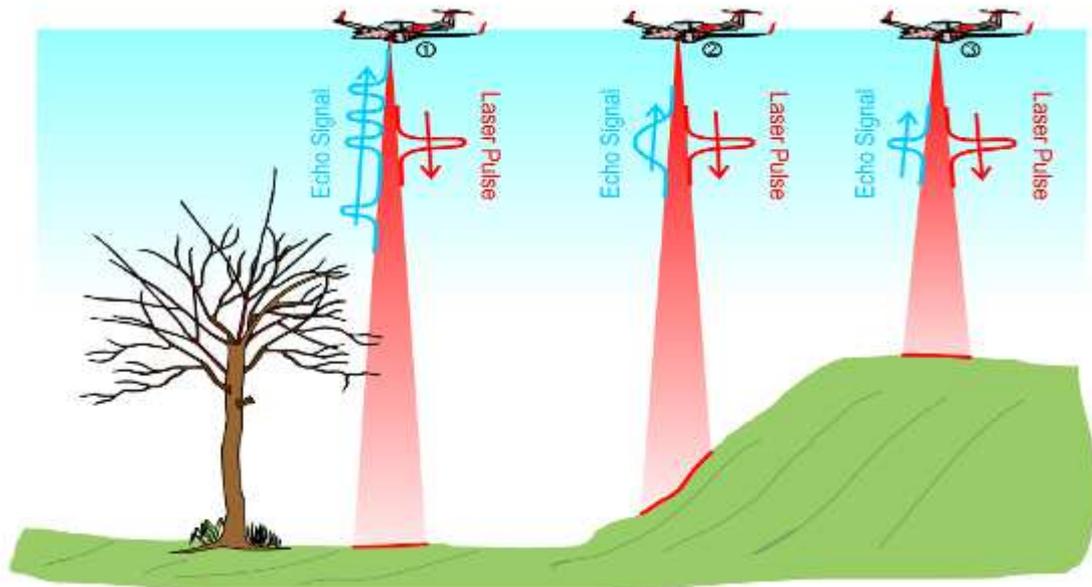
Il Lidar è quindi definito come un sistema aviotrasportato e utilizzato per acquisire coordinate x, y, z del terreno e delle sue caratteristiche (sia naturali che di origine antropica).

A bordo della piattaforma utilizzata si integrano inoltre un ricevitore GPS di bordo, un sistema di scansione, un sistema inerziale (IMU) e le relative stazioni di terra GRS (Ground Reference Stations). Condizione essenziale per il buon funzionamento della procedura è l'accurata taratura e sincronizzazione di tutti i singoli componenti. La determinazione dei punti laser viene misurata sull'ellissoide WGS84 e i valori delle quote sono relative a tale ellissoide.



In una fase successiva di post-processing i valori x, y, z riferiti al WGS84 vengono generalmente convertiti in un sistema di riferimento piano locale tipo Gauss-Boaga, mentre le quote vengono trasformate da ellissoidiche a geoidiche (o ortometriche), cioè riferite al livello medio marino.

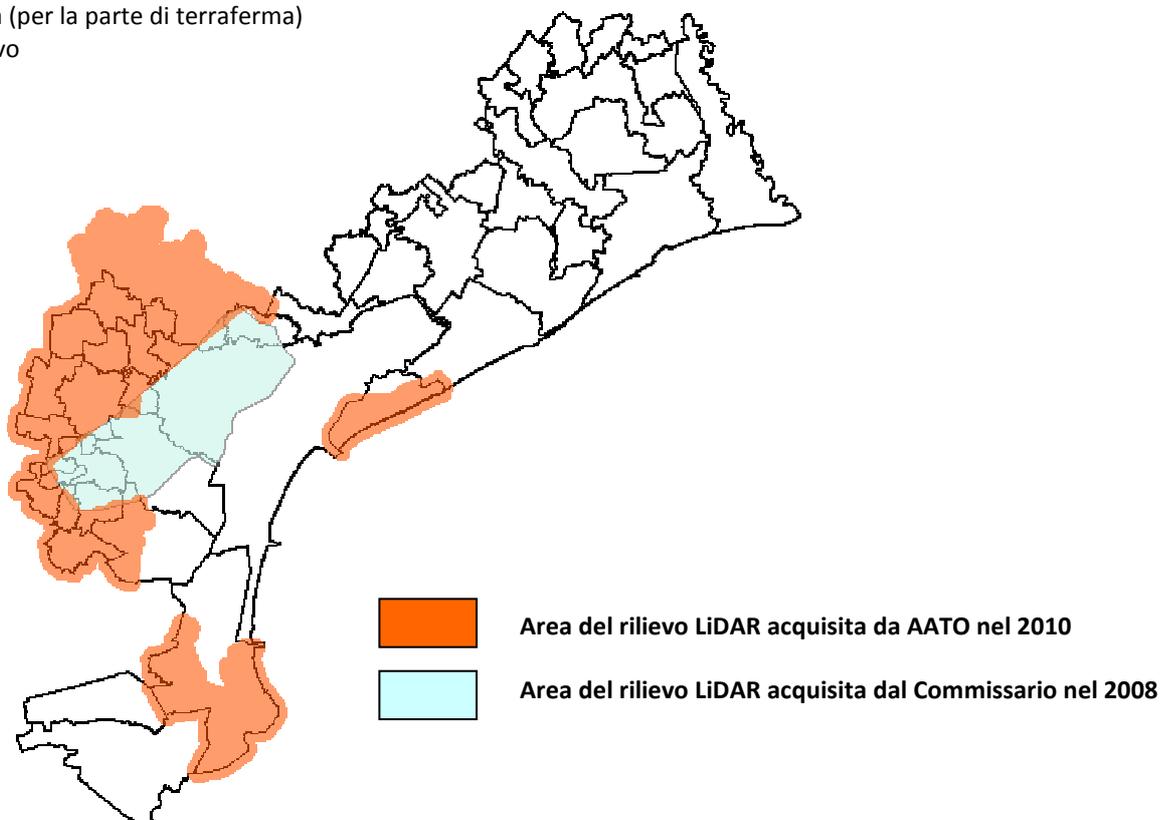
Oltre all'acquisizione della nuvola di punti x, y, z, viene prodotto un DTM (Digital Terrain Model), un DSM (Digital Surface Model) e ortofoto.

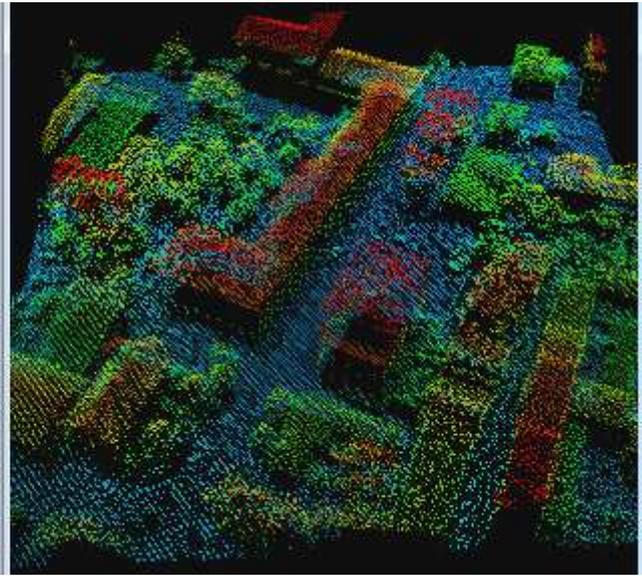


La nuvola di punti x, y, z del dato OverGround tematizzata in base alla quota.

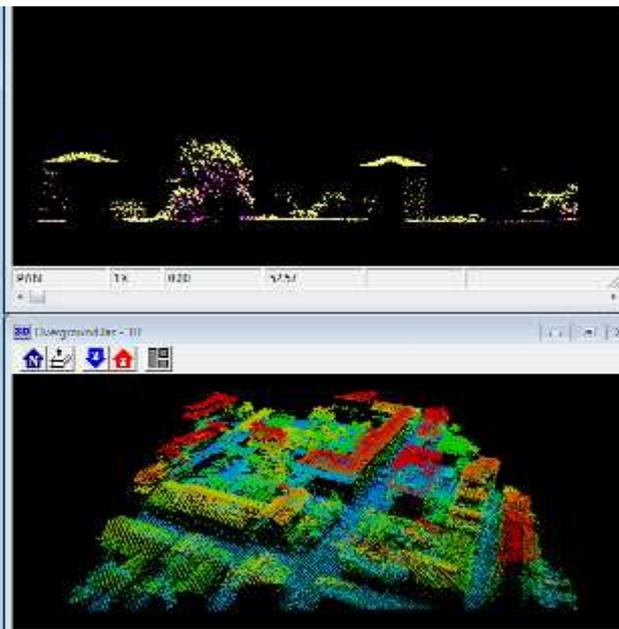
I rilievi LiDAR effettuati dal Commissario Straordinario nel 2008 nell'area della terraferma attorno a Mestre (<http://www.commissarioallagamenti.veneto.it/>) sono stati integrati da una successiva campagna di acquisizione dati all'interno di una convenzione di ricerca tra Autorità d'Ambito Laguna di Venezia e Università IUAV di Venezia (<http://www.ricercasit.it/sirio-lidar/index.html>) coprendo così 21 Comuni della Provincia di Venezia:

1. Campagna Lupia
2. Camponogara
3. Camponogara
4. Cavallino-Treporti
5. Chioggia
6. Dolo
7. Fiesso d'Artico
8. Fosso'
9. Marcon
10. Martellago
11. Mira
12. Mirano
13. Noale
14. Pianiga
15. Salzano
16. Santa Maria di Sala
17. Scorze'
18. Spinea
19. Stra
20. Venezia (per la parte di terraferma)
21. Vigonovo





*Nell'immagine sopra un'area del centro di Mestre su ortofoto (a sinistra) e la nuvola di punti LiDAR (a destra).*



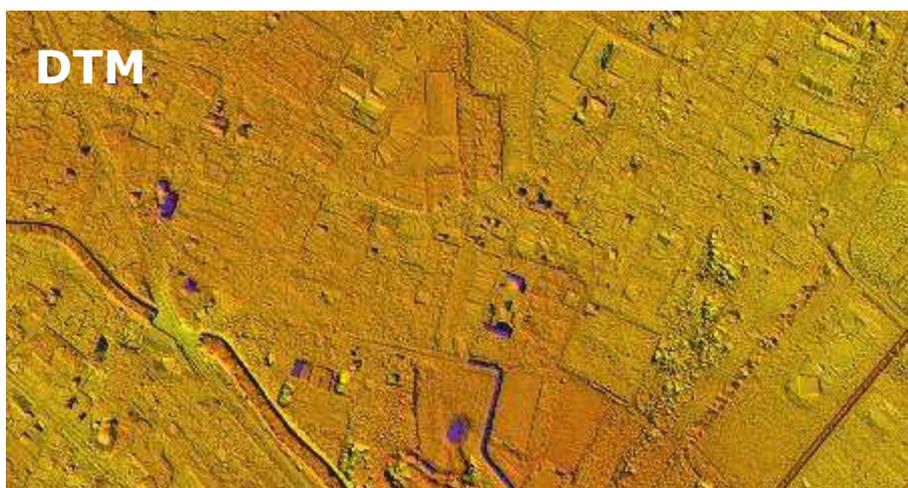
*La stessa area del centro di Mestre con l'interrogazione di un profilo sulla nuvola di punti LiDAR (a destra in alto).*

### 3.1.1 Il trattamento dei dati LiDAR e i Modelli Digitali del Terreno DSM e DTM

I prodotti ottenibili da un rilievo Lidar e utilizzabili all'interno di un SIT sono il **DSM (Digital Surface Model)** e **DTM (Digital Terrain Model)**. Si tratta di dati raster ottenuti da un'operazione di "gridding" a partire dalla nuvola di punti (passando per un Triangulated Irregular Network). Il formato raster è necessario per poter utilizzare i livelli informativi altimetrici nelle operazioni di map algebra e nelle applicazioni successive.

Come noto, il **DSM** è una superficie che esprime l'altimetria complessiva di un dato territorio, compresi tutti i manufatti, gli edifici e le opere presenti.

Il **DTM** mostra invece la morfologia del terreno nudo depurato dalle opere, le infrastrutture e la vegetazione presente. Quest'ultimo si presta come modello di base per la modellazione idraulica di un bacino o di un territorio drenante.



*Il Modello Digitale delle Superfici (DSM) in alto, e il Modello Digitale del Terreno (DTM) in basso.*

Le principali applicazioni di questa moderna tecnologia sono numerose: dalla sicurezza idraulica del territorio, al calcolo degli indici di invarianza idraulica, al catasto 3D, l'aggiornamento dei temi relativi all'edificato, la mappatura del verde urbano, agli studi sulle potenzialità di installazione di impianti fotovoltaici e solare termico, l'analisi degli invasi a scopi idroelettrici, il monitoraggio delle cave, fino alla modellazione avanzata 3D nel campo dell'inquinamento elettromagnetico, la stima delle biomasse e il city modeling.



*Sopra l'ortofoto a 20 cm di risoluzione su Mestre. Sotto il modello delle ombreggiature derivato dai dati LiDAR.*

### 3.2. Immagine da satellite WorldView2

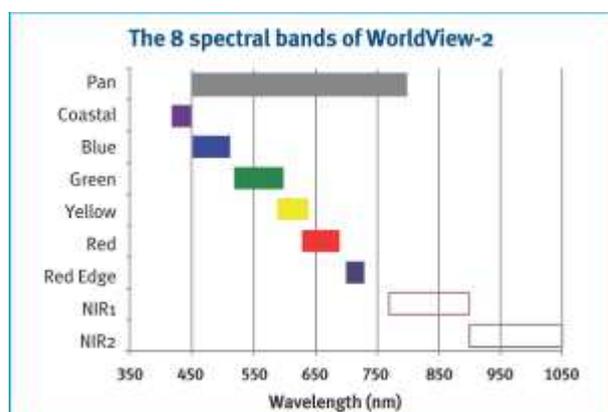
Il satellite WorldView2 è stato lanciato l'8 ottobre 2009 ed è gestito dalla società DigitalGlobe. E' il primo satellite commerciale ad altissima risoluzione che acquisisce immagini multispettrali ad 8 bande con risoluzione di 1,8 metri oltre che immagini pancromatiche con risoluzione di 46 centimetri (commercializzate con la risoluzione di 50 cm nel pancromatico e 2 metri nel multispettrale).

Il satellite ruota attorno alla Terra seguendo un'orbita eliosincrona ad un'altitudine di 770 km e, assieme a WorldView-1, è l'unico satellite commerciale ad essere dotato di un sistema di controllo dell'orientazione che migliora le capacità di manovra e di acquisizione di target predefiniti. In pratica il satellite può ruotare rapidamente per acquisire con estrema precisione punti localizzati in posizioni differenti. Le tecnologie a bordo gli consentono di acquisire vaste aree (strisciate di 300km) in tempi rapidissimi (9 secondi), in un singolo passaggio ed anche in modalità stereoscopica. Grazie quindi al sistema di scanning bidirezionale, WorldView-2 è in grado di acquisire circa 975.000 kmq al giorno, con un tempo medio di rivisita di 1.1 giorni.

I sensori a bordo sono WV110 per il multi spettrale e WV60 per il pancromatico.

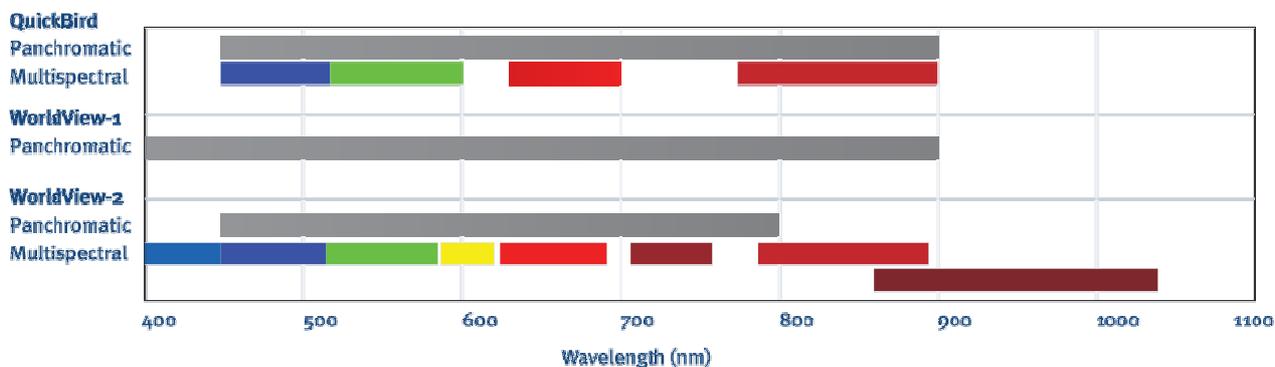
La risoluzione radiometrica con cui viene discretizzato il segnale registrato dai sensori è di 11 bit (pari a 2048 livelli). In particolare WorldView-2 è il primo satellite commerciale ad alta risoluzione in grado di acquisire, accanto alle quattro tipiche bande Blu, Verde, Rosso ed Infrarosso Vicino, quattro ulteriori bande multispettrali, "esclusive":

- la banda **"Coastal"** (400 - 450 nm), utile per lo studio di aree costiere, grazie alle sue caratteristiche di penetrazione nell'acqua, e ideale per migliorare i risultati nei processi di correzione atmosferica;
- la banda **"Yellow"** (585 - 625 nm): molto importante per rendere meglio i colori naturali delle immagini e per ottimizzare i processi di classificazione;
- la banda **"Red Edge"** (705 - 745 nm): fondamentale per l'analisi approfondita delle condizioni di salute della vegetazione;
- la banda **"Near Infrared 2"** (860 - 1040 nm): una seconda banda nell'infrarosso vicino, meno influenzata dalle condizioni atmosferiche, estremamente utile a supporto dell'analisi della vegetazione e delle biomasse.



Secondo una stima delle aziende del settore EO, la presenza delle 4 bande aggiuntive garantisce un **miglioramento nell'accuratezza delle classificazioni del 20-30%**, rispetto ai tradizionali studi che utilizzano le 4 bande (Blu, Green, Red, Nir).

Di seguito è mostrato un confronto tra le bande e rispettive lunghezze d'onda a disposizione nei satelliti ad alta risoluzione commercializzati da DigitalGlobe (QuickBird, WorldView-1 e WorldView-2).



La scena del WV2 sull'area di Mestre ripresa il 10 aprile 2010

### 3.2.1 Correzioni radiometriche dell'immagine da satellite WorldView2

Al fine di poter individuare classi di vegetazione e poter calcolare indici di vegetazione a partire dall'immagine satellitare è necessario calcolare le opportune correzioni radiometriche su di essa. La prima operazione consiste nel convertire i valori di DN delle rispettive 8 bande a disposizione, in valori di radianza, che esprimono cioè una grandezza fisica che rappresenta una proprietà radiativa degli oggetti osservati nella scena. La seconda operazione consiste nella conversione da valori di radianza a valori di riflettanza, che esprime il rapporto tra energia riflessa verso il sensore (radianza) e energia solare incidente.

Entrambe sono operazioni fondamentali se si intende confrontare immagini provenienti da sensori diversi o nel caso di change detection per analisi multitemporali.

#### Calibrazione in radianza

In questo processo il valore digitale del singolo pixel (registrato dal trasduttore a bordo del sensore) viene convertito in una grandezza fisica che esprime la quantità di energia trasmessa da un oggetto. Solitamente si esprime in Watt per metro quadro per steradiani.

La funzione da applicare è la seguente:

$$L_i = \frac{SF_i DN}{\Delta\lambda_i}$$

dove  $SF_i$  è l'absolute scale factor (cioè un fattore moltiplicativo di calibrazione),  $DN$  è il valore del pixel attuale e  $\Delta\lambda_i$  è la larghezza della banda. I valori necessari sono reperibili nel file allegato di metadati e, ad esempio per la banda del RED, i valori sono evidenziati in giallo nella tabella a fianco.

#### Calibrazione in riflettanza

La riflettanza è il rapporto tra energia riflessa verso il sensore (radianza) e energia solare incidente. Essa va valutata per ogni lunghezza d'onda e la relazione che lega la radianza alla riflettanza è la seguente:

$$R_i = \frac{\pi L_i d^2}{F_0 \cos\theta_s} \quad \text{dove}$$

$R_i$	riflettanza
$L_i$	radianza spettrale
$d$	distanza terra sole [Unità Astronomiche]
$F_0$	irradianza solare extraterrestre per banda
$\theta_s$	azimut del Sole

La distanza Terra-Sole si può calcolare grazie ad algoritmi presenti sul web come ad esempio nel sito <http://www.fourmilab.ch/cgi-bin/Solar>. Impostando la data, l'ora di acquisizione e le coordinate del sito di osservazione è possibile calcolare questo valore in unità astronomiche. Il valore è pari a 1.005 (UA).

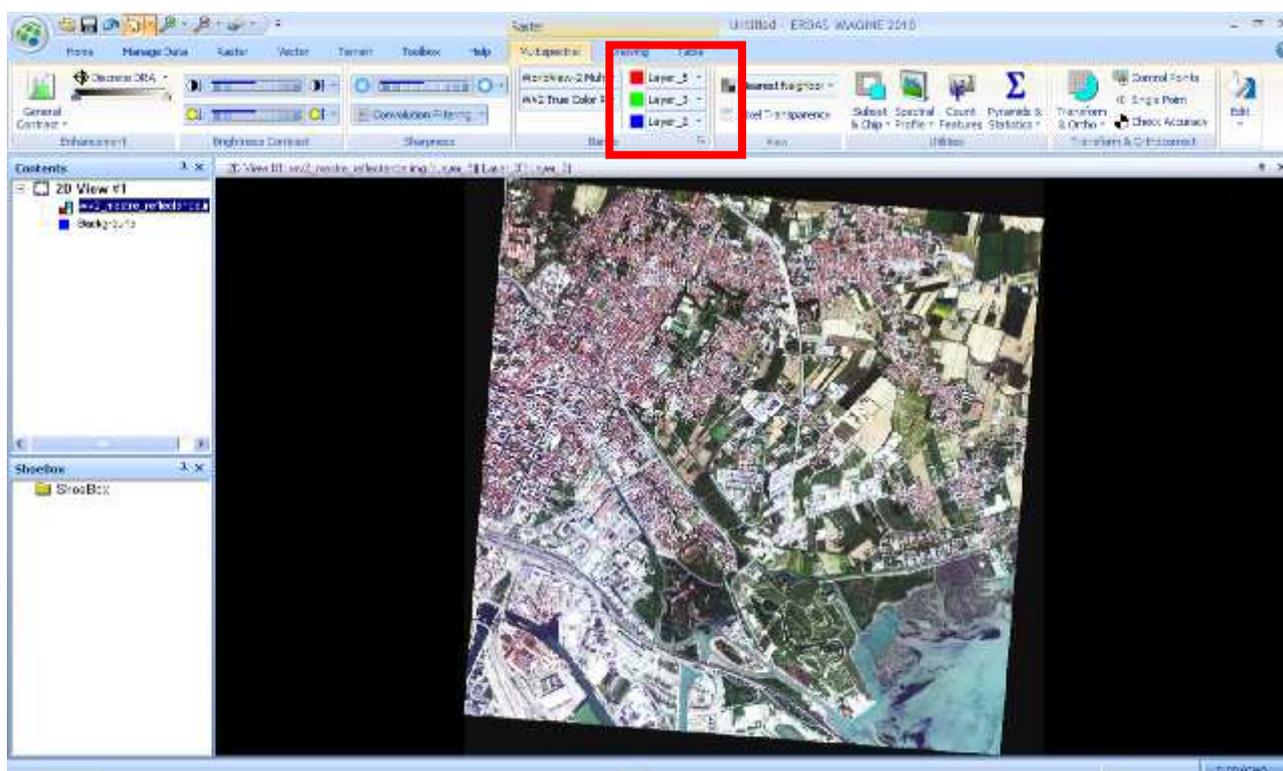
L'irradianza solare extraterrestre si può considerare costante per ogni banda, e dipende maggiormente dalle caratteristiche del sensore. Infine il valore dell'azimut del Sole alla data di acquisizione della scena si può calcolare a partire dai metadati. Il valore a disposizione infatti è il SunElevation che è pari a 54.9 e il suo complemento a 90°, cioè il SunAzimut è pari a 35.1 (ed il suo coseno è pari a 0.8181.....).

### 3.2.2 Composizioni RGB

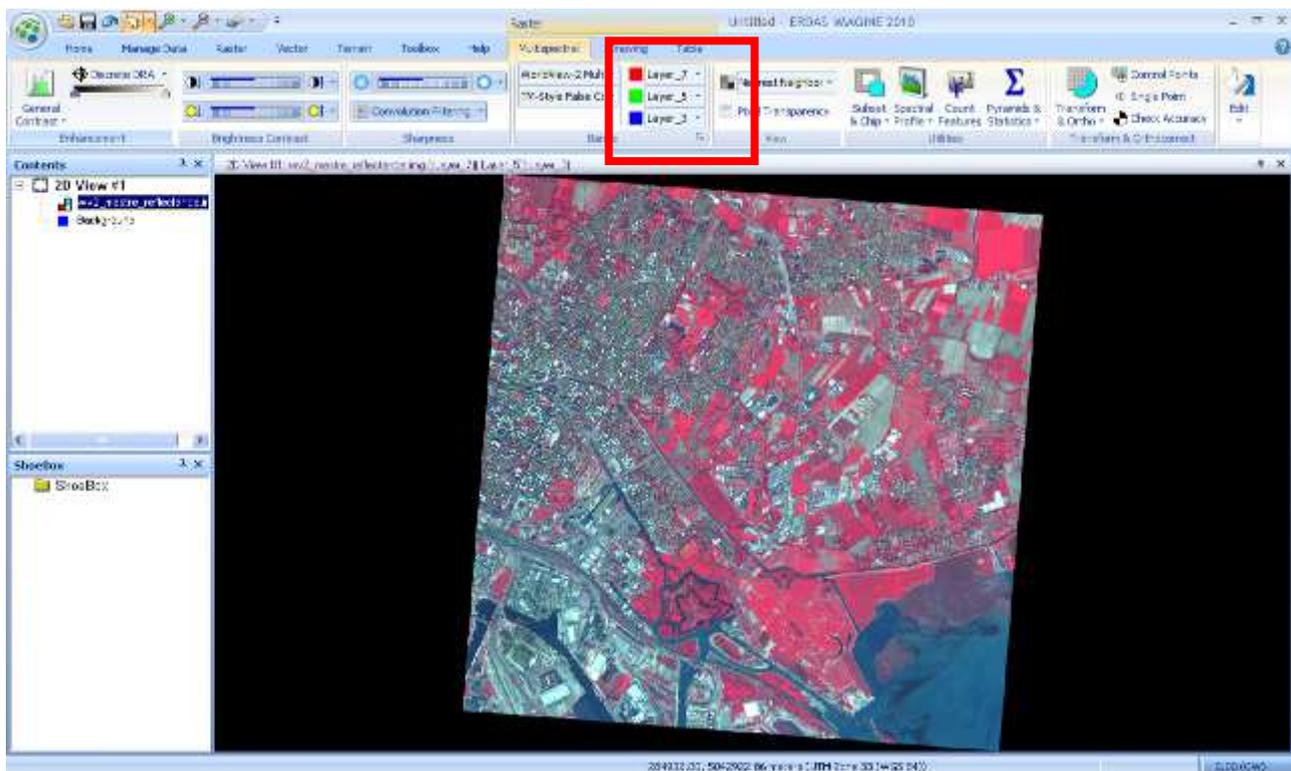
Le composizioni RGB sono utili basi di interpretazione di alcuni tematismi contenuti nell'immagine. A partire da un dato WV2 che ha a disposizione ben 8 bande è evidente che le composizioni possibili sono numerose. E' chiaro, quindi, che a seconda delle caratteristiche e delle tipologie di oggetti presenti nel territorio rappresentato dalla scena, è possibile scegliere e combinare le bande più opportune.

La prima composizione tra le tradizionali è quella a colori naturali (o falsi colori naturali) nella quale vengono miscelate le 3 bande acquisite nella porzione del visibile dello spettro elettromagnetico.

E' quindi sufficiente combinare le bande 5 (Red), 3 (Green) e 2 (Blue) rispettivamente nei tre canali RGB. Il risultato è mostrato nella figura seguente:

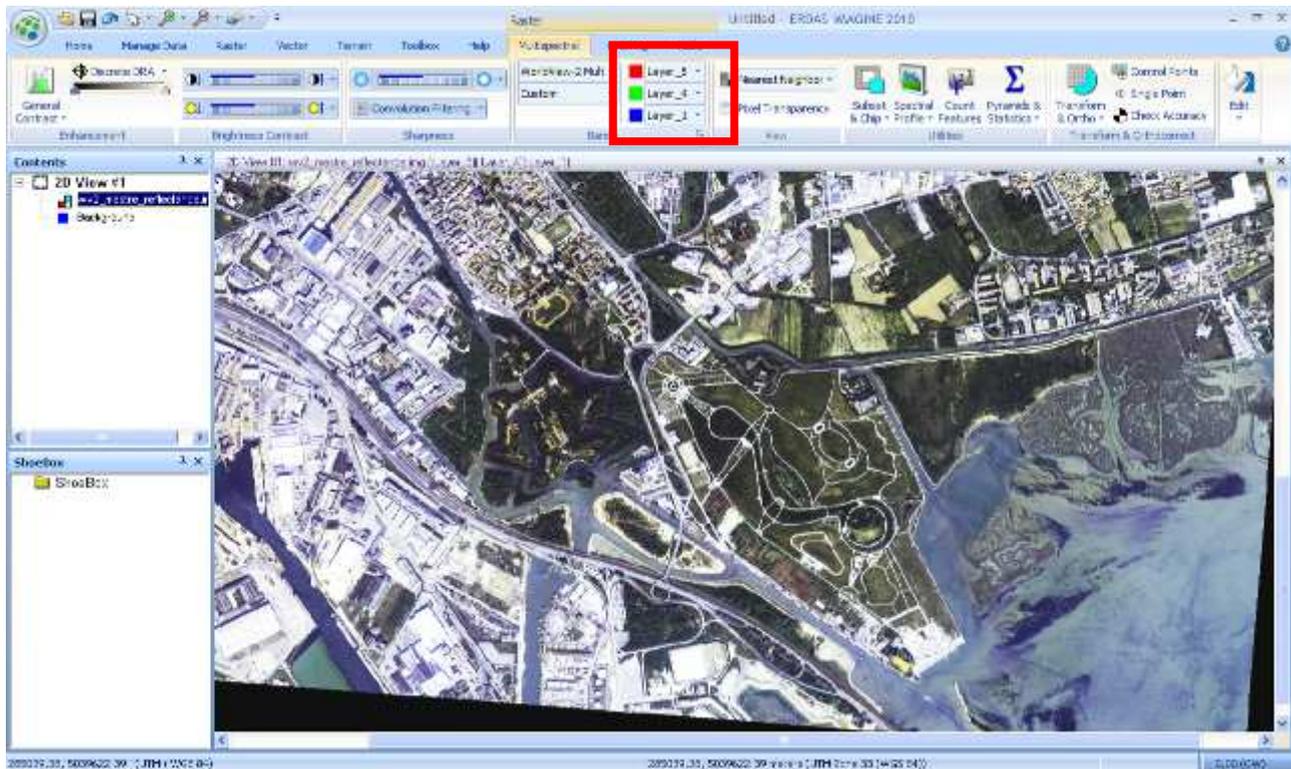


Un'altra composizione molto spesso utilizzata è quella a falsi colori (o pseudo color) nella quale vengono scelte 2 bande acquisite nella porzione del visibile dello spettro elettromagnetico più una banda nella porzione dell'infrarosso vicino. Occorre quindi combinare le bande 7 (Near-Infrared), 5 (Red) e 3 (Green) rispettivamente nei tre canali RGB. Il risultato è mostrato nella figura seguente:



Questa composizione è molto utile in quanto, grazie all'enfaticizzazione della risposta della vegetazione nella banda dell'infrarosso visualizzata nel canale RED, contribuisce alla discriminazione dello stato di salute e del vigore legato all'attività fotosintetica delle varie tipologie vegetali.

Un ulteriore contributo nella costruzione di visualizzazioni RGB da un dato multispettrale composto da 8 bande come il WV2 può essere fornito dalla composizione 5-4-1 (Red, Yellow, Coastal).



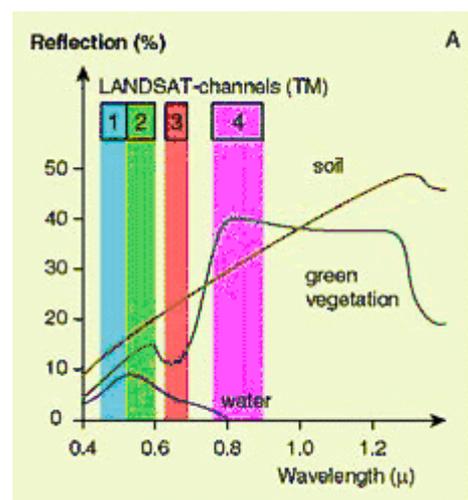
In questo caso il contributo della banda Coastal nel Blue consente di discriminare l'acqua profonda (blu) dall'acqua bassa (grigio) in cui una parte dell'energia viene riflessa anche nelle bande Red e Yellow.

### 3.2.3 Costruzione dell'indice di vegetazione - NDVI

Si procede ora all'estrazione di un parametro biofisico attraverso la costruzione del **Normalized Difference Vegetation Index**. Come noto, la vegetazione ha una massima riflettività nelle lunghezze d'onda dell'infrarosso vicino, mentre la radiazione elettromagnetica viene enormemente assorbita dalla vegetazione nella banda del rosso.

In questo caso, avendo a disposizione 8 bande rispetto alle tradizionali 4, facciamo utilizzo della banda RED-EDGE in luogo della NIR-1.

“L'Indice di Vegetazione, nella sua formulazione come NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), sfrutta la diversa risposta della copertura vegetale alle bande spettrali del visibile (rosso) e del vicino infrarosso, e fornisce un valore numerico adimensionale, teoricamente compreso tra -1 e +1. Tale valore è stato dimostrato essere in stretta relazione con lo stato di salute della vegetazione, intesa come biomassa e area fogliare (Leaf Area Index), ed ai processi biochimici ad essa correlati (attività fotosintetica). La caratteristica del comportamento dei pigmenti delle foglie non sottoposte a stress è infatti quella di riflettere soltanto circa il 10% della radiazione ricevuta nella regione spettrale della luce visibile (rosso), ed allo stesso tempo di riflettere oltre il 40% di quella ricevuta nell'infrarosso vicino.



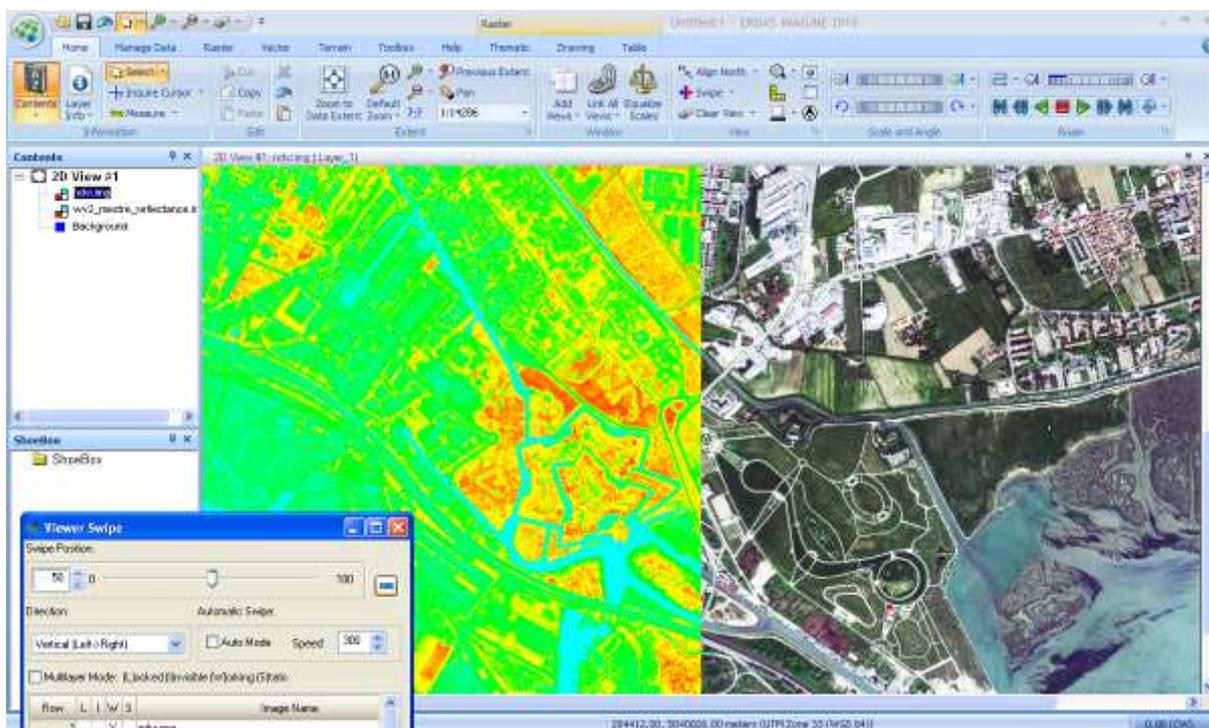
Nella mappe elaborate, valori bassi di NDVI si verificano in aree a bassa o assente copertura vegetale, o dove la vegetazione presente è senescente o sofferente, mentre gli alti valori dell'indice rispecchiano una situazione di forte attività fotosintetica e quindi elevata presenza di biomassa. Nella realtà osservata i valori di NDVI variano prevalentemente in un range compreso tra -0.2 e +0.6 sulle terre emerse (con i corpi d'acqua, la neve e le nubi che mostrano valori vicini allo zero o leggermente negativi).”

L'NDVI si calcola applicando la seguente formula:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

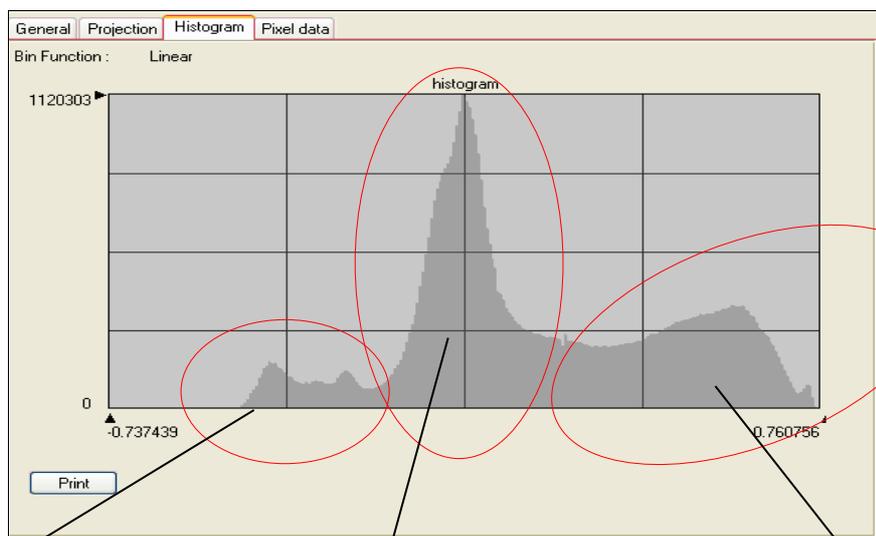
dove al posto della banda NIR è stata utilizzata la banda acquisita nel RED-EDGE. Il risultato è una immagine costituita da una singola banda in floating point.

Nella figura seguente è mostrato il risultato visualizzato utilizzando una Look-Up table in pseudo color dal blu al rosso sopra una composizione rgb a colori naturali:



I valori assunti dall'indice vanno da un minimo di -0.73 a un massimo di +0.76.

L'istogramma mostra chiaramente le parti di acqua, le aree nude e impermeabili e le zone vegetate presenti nell'immagine.



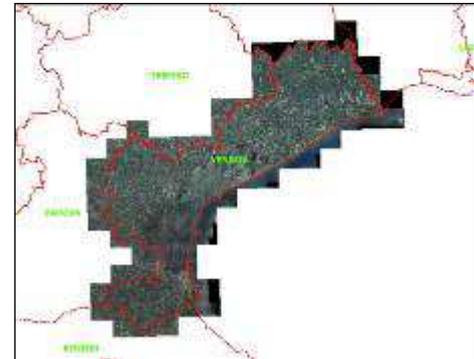
**ACQUE**

**AREE NUDE E IMPERMEABILI**

**VEGETAZIONE**

Il trattamento dell'immagine satellitare WorldView2 appena visto è utilizzato all'interno del prototipo a titolo esemplificativo in modo da poter evidenziare le potenzialità dei dati acquisiti da sensori multispettrali a bordo di piattaforme satellitari ed aeree ai fini della costruzione di indici di vegetazione.

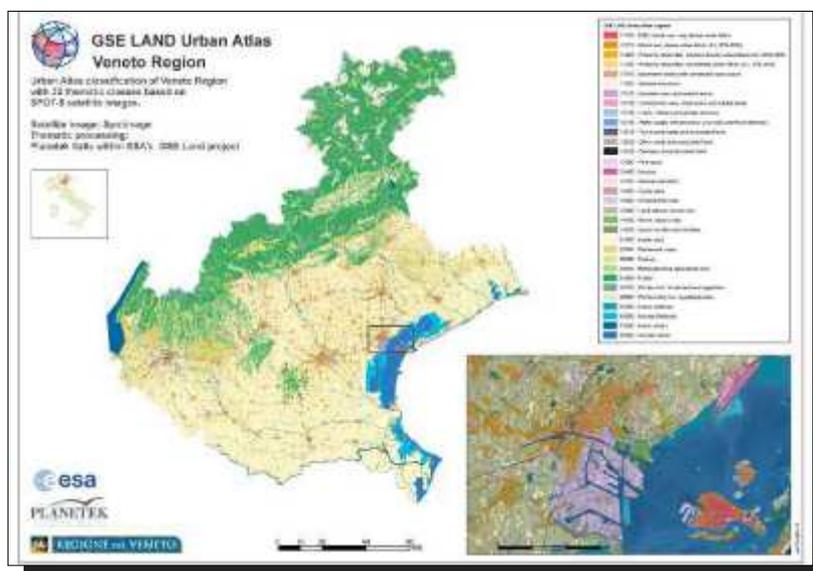
**A tal proposito si tenga presente che la Provincia di Venezia ha recentemente acquisito (2011) immagini multispettrali da piattaforma aerea (ris. 50 cm) per l'intera copertura del territorio, e pertanto il trattamento dei dati è replicabile allo stesso modo su tali dati.**



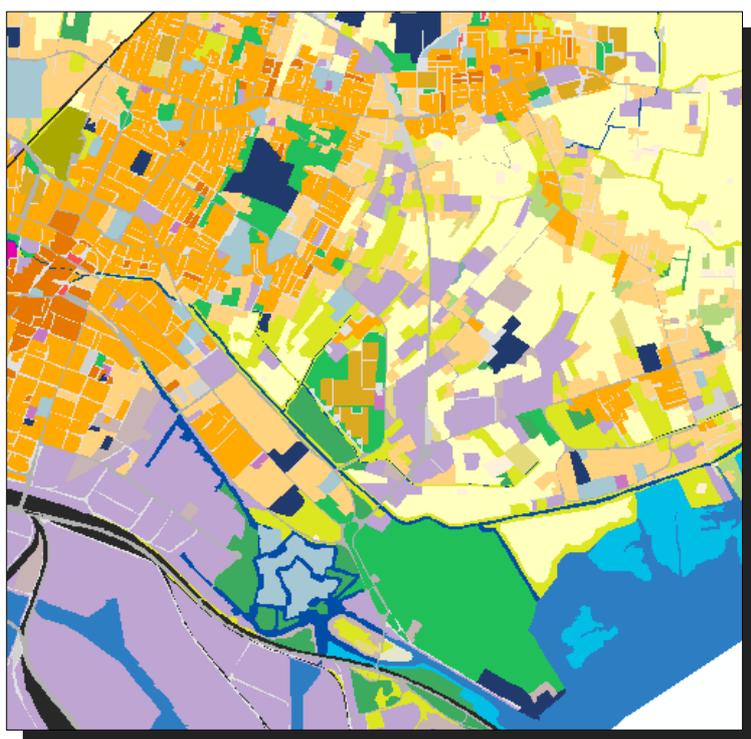
*Un esempio di ortofoto acquisita nel 2011 dalla Provincia in una composizione RGB a falsi colori.*

### 3.3. Database Copertura del Suolo 1:10000 Regione Veneto

La Regione del Veneto, nel contesto territoriale più ampio delle regioni degli stati membri della UE, ha sviluppato un progetto per la realizzazione della **prima carta dell'uso del suolo alla scala 1:10000** con il prodotto DBCS (Banca Dati della Copertura del Suolo) partendo dal progetto **GSE Land – Urban Atlas** ([www.gmes.info](http://www.gmes.info)) e utilizzando in combinazione immagini satellitari Spot, WorldView2 e ortofoto recenti. Il servizio è indirizzato agli Enti locali e centrali che devono gestire, pianificare e controllare il territorio con particolare riferimento agli aspetti urbanistici (es. monitorare



l'espansione urbana, le trasformazioni, le infrastrutture, la qualità ambientale). La **Carta della Copertura del Suolo della Regione Veneto** alla scala 1:10000 è stata costruita tra il 2007 e il 2009 ed è stato prodotto un secondo aggiornamento sui comuni interessati dal Passante di Mestre. Il contenuto informativo di questo dataset è di grande dettaglio, pari a 174 classi articolate fino al 4° e 5° livello gerarchico della legenda Moland (Monitoring Land Use/Cover Dynamics) per le classi urbane e artificiali.



**Nell'area di indagine la Carta della Copertura del Suolo della Regione Veneto è stata utilizzata come base di riferimento vettoriale nel processo di segmentazione dinamica di ordine gerarchico superiore.**

*(si veda applicazione "Ambiente")*

Nell'area di studio le coperture del suolo sono rappresentate dalla mappa seguente e tabella a pagina successiva con le superfici interessate.

11110	- Centro città con uso misto, tessuto urbano continuo molto denso
11210	- Tessuto urbano discontinuo denso con uso misto (S.L. 50%-80%)
11220	- Tessuto urbano discontinuo medio, principalmente residenziale (S.L. 30%-50%)
11230	- Tessuto urbano discontinuo rado, principalmente residenziale (S.L. 10%-30%)
11310	- Complessi residenziali comprensivi di area verde
11320	- Strutture residenziali isolate
12110	- Aree destinate ad attività industriali
12120	- Aree destinate ad attività commerciali
12130	- Aree destinate a servizi pubblici, militari e privati
12160	- Luoghi di culto
12180	- Ospedali
12140	- Infrastrutture di supporto alle acque, barriere frangiflutti, dighe
12210	- Rete stradale veloce con territori associati
12220	- Rete stradale secondaria con territori associati
12221	- Strade vicinali
12230	- Rete ferroviaria
12300	- Aree portuali
12400	- Aeroporti
13100	- Aree estrattive
13200	- Discariche
13300	- Aree in costruzione
13400	- Aree in attesa di una destinazione d'uso
14100	- Aree verdi urbane
14200	- Aree destinate ad attività sportive e ricreative
14300	- Cimiteri vegetati
21000	- Seminativi
22000	- Colture permanenti
23000	- Prati stabili
24000	- Aree agricole eterogenee
31000	- Aree boscate
32000	- Aree caratterizzate da vegetazione arbustiva e erbacea
33000	- Aree aperte con vegetazione rada o assente
41000	- Aree umide interne
42000	- Aree umide costiere
51000	- Acque interne
52000	- Acque marittime

CODICE - DESCRIZIONE	AREA (ha)	%
11110 - Centro città con uso misto , tessuto urbano continuo molto denso	78.98	3.21
11210 - Tessuto urbano discontinuo denso con uso misto (Sup.Art. 50%-80%)	444.59	18.08
11220 - Tessuto urbano discontinuo medio, principalmente residenziale (Sup Art. 30%-50%)	59.55	2.42
11230 - Tessuto urbano discontinuo rado principalmente residenziale (Sup.Art. 10%-30%)	24.91	1.01
11310 - Complessi residenziali comprensivi di area verde	25.85	1.05
11320 - Strutture residenziali isolate	10.11	0.41
12110 - Aree destinate ad attività industriali	387.78	15.77
12130 - Aree destinate a servizi pubblici, militari e privati	64.01	2.60
12160 - Luoghi di culto	5.64	0.23
12180 - Ospedali	1.37	0.06
12220 - Rete stradale secondaria con territori associati	79.68	3.24
12221 - Strade vicinali	96.71	3.93
12230 - Rete ferroviaria con territori associati	33.40	1.36
12300 - Aree portuali	0.47	0.02
13300 - Aree in costruzione	13.90	0.57
13400 - Aree in attesa di una destinazione d'uso	42.22	1.72
14100 - Aree verdi urbane	150.17	6.11
14200 - Aree destinate ad attività sportive ricreative	49.72	2.02
14300 - Cimiteri vegetati	10.06	0.41
21000 - Aree agricole	386.44	15.71
22000 - Colture permanenti	12.99	0.53
23000 - Prati stabili	148.10	6.02
24000 - Aree agricole eterogenee	13.23	0.54

31000 - Aree boscate	53.55	2.18
32000 - Aree caratterizzate da vegetazione arbustiva ed erbacea	0.45	0.02
33000 - Aree aperte con vegetazione rada o assente	1.89	0.08
42000 - Aree umide costiere	50.91	2.07
51000 - Acque interne	42.17	1.71
52000 - Acque marittime	170.54	6.93
<b>TOTALE</b>	<b>2459.40</b>	<b>100.00</b>

Si nota chiaramente la predominanza delle coperture relative a:

- 18 % - Tessuto urbano discontinuo denso con uso misto (Sup.Art. 50%-80%)
- 15,77 % - Aree destinate ad attività industriali
- 15,71 % - Aree agricole

### 3.3.1 Aggiornameto layer "Edifici" della Carta di Copertura del Suolo

L'elevato grado di dettaglio della Carta di Copertura del Suolo comporta il suo "invecchiamento" piuttosto precoce.

Ciò ha portato la Regione Veneto a considerare l'avvio di un processo sperimentale di aggiornamento che ha riguardato il territorio dei comuni interessati dal Passante di Mestre. La sperimentazione si è avvalsa dei nuovi prodotti del programma europeo GMES, sviluppati nell'ambito del progetto europeo Geoland 2, basati sull'elaborazione di dati satellitari ad altissima risoluzione. Per la realizzazione del prodotto finale sono state utilizzate le immagini satellitari del nuovo sensore WorldView-2, disponibili da gennaio 2010, in sostituzione di quelle prodotte dal satellite GeoEye-1, utilizzate nella fase prototipale.

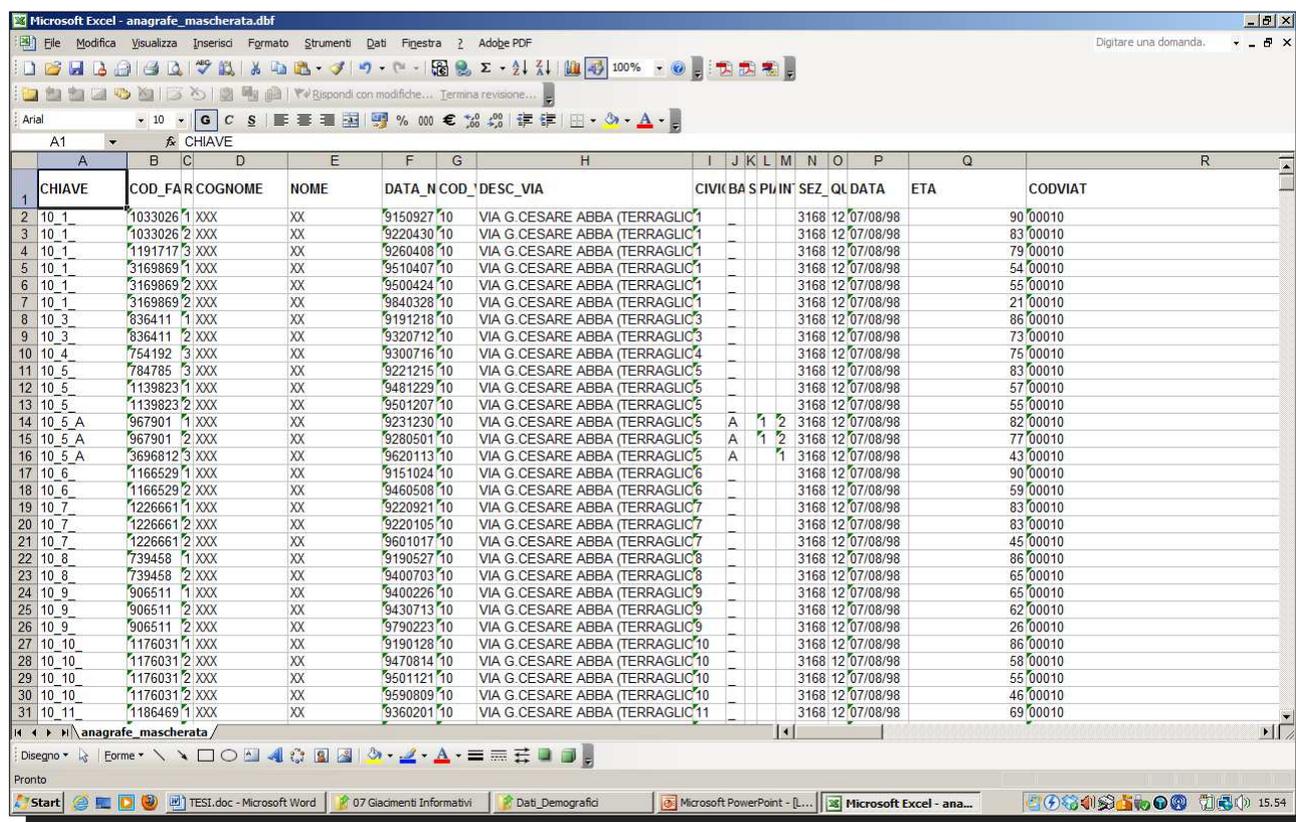


Tra i nuovi livelli prodotti il layer "Edifici" è sicuramente una base aggiornata vettoriale di grande interesse ed utilizzo.

### 3.4. Anagrafe mascherata

Il database dell'anagrafe del Comune di Venezia contiene i seguenti attributi:

- ID codice famiglia
- Cognome e Nome (XXX mascherati per motivi di privacy) dei residenti
- Data di nascita ed età
- Nome della via e numero civico
- Sezione censuaria Istat
- Chiave di collegamento al DB civici



CHIAVE	COD_FAR	COGNOME	NOME	DATA_N_COD	DESC_VIA	CIVIL	BA	S	P	I	N	SEZ	Q	DATA	ETA	CODVIAT	
1																	
2	10_1	1033026	1XXX	XX	9150927	10	VIA G. CESARE ABBA (TERRAGLIC	1						3168	12/07/08/98	90	00010
3	10_1	1033026	2XXX	XX	9220430	10	VIA G. CESARE ABBA (TERRAGLIC	1						3168	12/07/08/98	83	00010
4	10_1	1191717	3XXX	XX	9260408	10	VIA G. CESARE ABBA (TERRAGLIC	1						3168	12/07/08/98	79	00010
5	10_1	3169869	1XXX	XX	9510407	10	VIA G. CESARE ABBA (TERRAGLIC	1						3168	12/07/08/98	54	00010
6	10_1	3169869	2XXX	XX	9500424	10	VIA G. CESARE ABBA (TERRAGLIC	1						3168	12/07/08/98	55	00010
7	10_1	3169869	2XXX	XX	9840328	10	VIA G. CESARE ABBA (TERRAGLIC	1						3168	12/07/08/98	21	00010
8	10_3	936411	1XXX	XX	9191218	10	VIA G. CESARE ABBA (TERRAGLIC	3						3168	12/07/08/98	86	00010
9	10_3	936411	2XXX	XX	9320712	10	VIA G. CESARE ABBA (TERRAGLIC	3						3168	12/07/08/98	73	00010
10	10_4	754192	3XXX	XX	9300716	10	VIA G. CESARE ABBA (TERRAGLIC	4						3168	12/07/08/98	75	00010
11	10_5	784785	3XXX	XX	9221215	10	VIA G. CESARE ABBA (TERRAGLIC	5						3168	12/07/08/98	83	00010
12	10_5	1139823	1XXX	XX	9481229	10	VIA G. CESARE ABBA (TERRAGLIC	5						3168	12/07/08/98	57	00010
13	10_5	1139823	2XXX	XX	9501207	10	VIA G. CESARE ABBA (TERRAGLIC	5						3168	12/07/08/98	55	00010
14	10_5_A	967901	1XXX	XX	9231230	10	VIA G. CESARE ABBA (TERRAGLIC	5	A	1	2			3168	12/07/08/98	82	00010
15	10_5_A	967901	2XXX	XX	9280501	10	VIA G. CESARE ABBA (TERRAGLIC	5	A	1	2			3168	12/07/08/98	77	00010
16	10_5_A	3696812	3XXX	XX	9620113	10	VIA G. CESARE ABBA (TERRAGLIC	5	A	1	1			3168	12/07/08/98	43	00010
17	10_6	1166529	1XXX	XX	9151024	10	VIA G. CESARE ABBA (TERRAGLIC	6						3168	12/07/08/98	90	00010
18	10_6	1166529	2XXX	XX	9460508	10	VIA G. CESARE ABBA (TERRAGLIC	6						3168	12/07/08/98	59	00010
19	10_7	1226661	1XXX	XX	9220921	10	VIA G. CESARE ABBA (TERRAGLIC	7						3168	12/07/08/98	83	00010
20	10_7	1226661	2XXX	XX	9220105	10	VIA G. CESARE ABBA (TERRAGLIC	7						3168	12/07/08/98	83	00010
21	10_7	1226661	2XXX	XX	9601017	10	VIA G. CESARE ABBA (TERRAGLIC	7						3168	12/07/08/98	45	00010
22	10_8	739458	1XXX	XX	9190527	10	VIA G. CESARE ABBA (TERRAGLIC	8						3168	12/07/08/98	86	00010
23	10_8	739458	2XXX	XX	9400703	10	VIA G. CESARE ABBA (TERRAGLIC	8						3168	12/07/08/98	65	00010
24	10_9	906511	1XXX	XX	9400226	10	VIA G. CESARE ABBA (TERRAGLIC	9						3168	12/07/08/98	65	00010
25	10_9	906511	2XXX	XX	9430713	10	VIA G. CESARE ABBA (TERRAGLIC	9						3168	12/07/08/98	62	00010
26	10_9	906511	2XXX	XX	9790223	10	VIA G. CESARE ABBA (TERRAGLIC	9						3168	12/07/08/98	26	00010
27	10_10	1176031	1XXX	XX	9190128	10	VIA G. CESARE ABBA (TERRAGLIC	10						3168	12/07/08/98	86	00010
28	10_10	1176031	2XXX	XX	9470814	10	VIA G. CESARE ABBA (TERRAGLIC	10						3168	12/07/08/98	58	00010
29	10_10	1176031	2XXX	XX	9501121	10	VIA G. CESARE ABBA (TERRAGLIC	10						3168	12/07/08/98	55	00010
30	10_10	1176031	2XXX	XX	9590809	10	VIA G. CESARE ABBA (TERRAGLIC	10						3168	12/07/08/98	46	00010
31	10_11	1186469	1XXX	XX	9360201	10	VIA G. CESARE ABBA (TERRAGLIC	11						3168	12/07/08/98	69	00010

### 3.5. Censimento dei numeri civici del Comune di Venezia

Shapefile di geometrie (punti e linee di intersezione) generato dal censimento dei numeri civici.

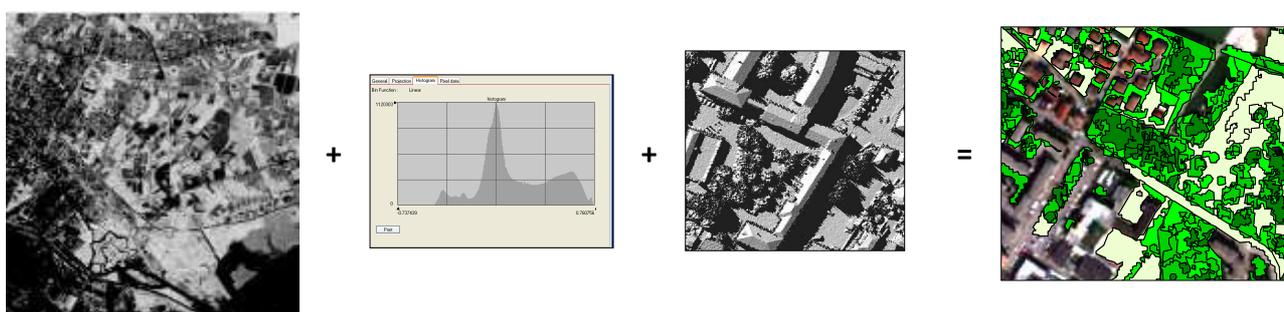
Il database del censimento dei numeri civici del Comune di Venezia contiene i seguenti attributi:

- Nome della via
- Numero civico
- Chiave di collegamento al DB anagrafe



#### 4. La struttura di dati a supporto delle tematiche ambientali riferite alla componente vegetazionale

L'idea della struttura di dati parte dalla elaborazione dell'immagine satellitare per la costruzione dell'indice di vegetazione NDVI, integra l'informazione altimetrica del dato LiDAR creando una classificazione ad oggetti di natura vettoriale con associato il database di attributi interrogabile.



L'obiettivo quindi è quello di sfruttare l'indice di vegetazione NDVI costruito precedentemente e le quote Z estratte dal rilievo LiDAR all'interno di un unico processo di classificazione che integra anche le risposte spettrali di ciascuna banda dell'immagine satellitare e il contenuto informativo della Banca Dati Copertura del Suolo. Il prodotto finale è una **mappa delle aree vegetate contabilizzate sulla base della loro quota di elevazione rispetto al terreno e dell'estensione superficiale.**

La struttura di dati costruita all'interno di un classificatore ad oggetti integrando i dati di natura differente consente di interrogare i seguenti attributi:

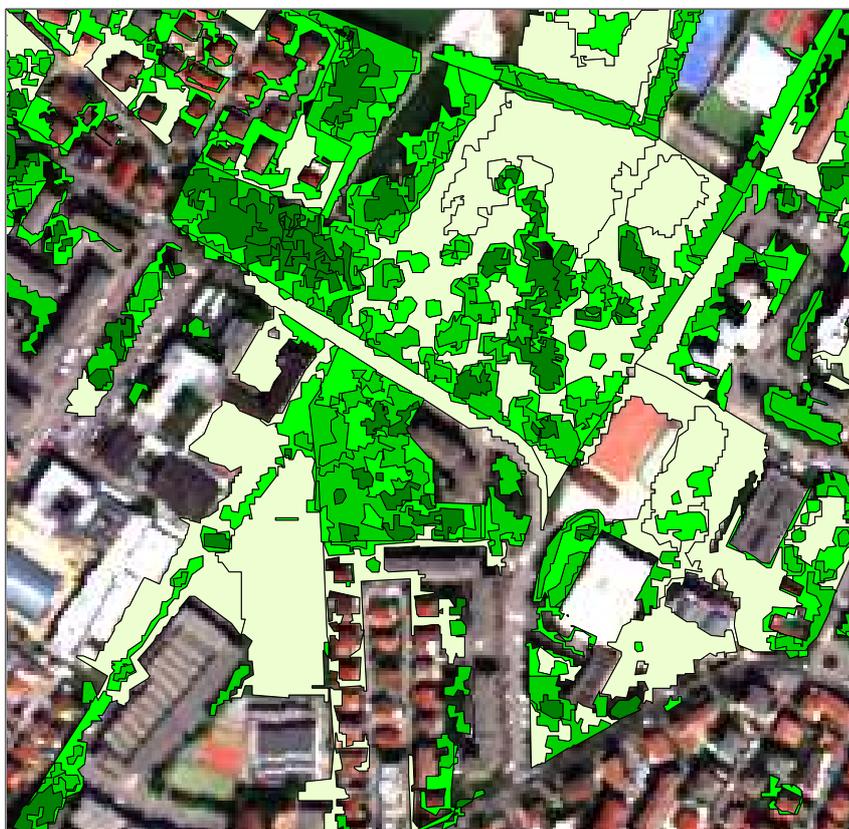
- Quote Z relative al terreno da dati LiDAR (DSM-DTM)
- Valori di NDVI costruito utilizzando le bande 6 e 5 del WorldView2 (ris. 2m)
- La copertura del suolo in shapefile
- L'estensione superficiale (mq) della copertura vegetale



Z_MEAN:	12,03
Z_STDDEV:	4,95
Z_MIN:	5,67
Z_MAX:	19,86
NDVI_MEAN:	0,46
STDDEV:	0,04
NDVI_MIN:	0,37
NDVI_MAX:	0,62
AREA:	263,842548242 m <sup>2</sup>
CS_ID:	14.829
CODE_NUM:	14.100
CS_LEGENDA:	14100 - Aree verdi urbane
PERC_MP:	7,42
PERC_EDI:	0,07
NDVI_AVG:	0,41

**Il database ad oggetti consente di contabilizzare ed interrogare la vegetazione con grande accuratezza.**

**Nell'esempio in figura l'albero selezionato ha un'altezza di 12 m e un'estensione della chioma pari a 263 m<sup>2</sup>.**



#### VERDE URBANO

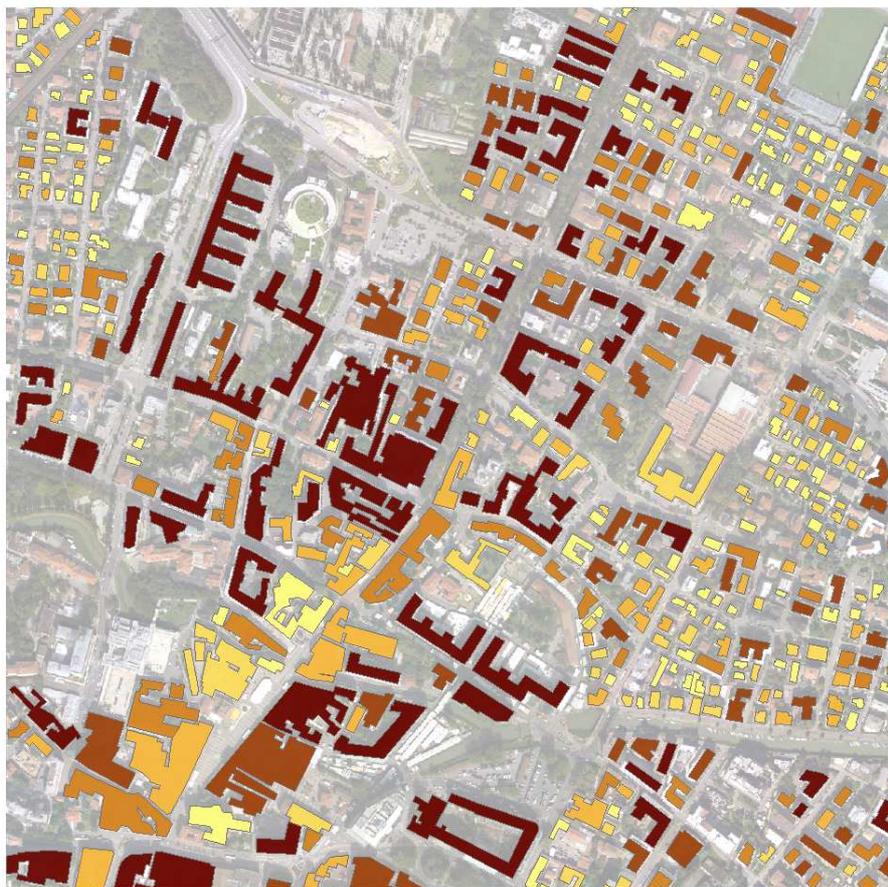
Classificazione sulla base del valore Z

	oltre 10 m
	da 5 m a 10 m
	da 1 m a 5 m
	da 0 a 1 m

### Codifica degli attributi della struttura ad oggetti

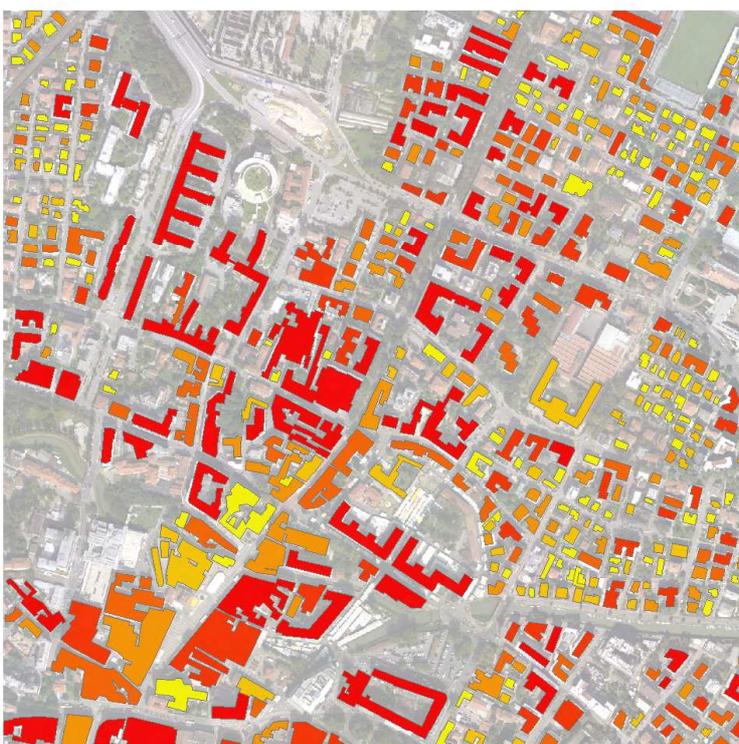
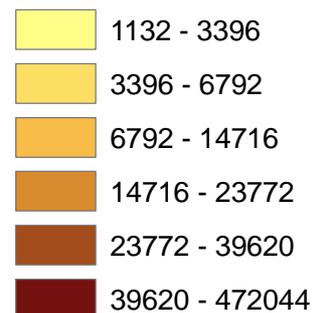
"Z_MEAN"	Valore medio di tutte le quote Z presenti nell'oggetto
"Z_STDDEV"	deviazione standard di tutte le quote Z presenti nell'oggetto
"Z_MIN"	Valore minimo di tutte le quote Z presenti nell'oggetto
"Z_MAX"	Valore massimo di tutte le quote Z presenti nell'oggetto
"NDVI_MEAN"	Valore medio di tutti i valori di NDVI presenti nell'oggetto
"NDVI_STDDEV"	deviazione standard di tutti i valori di NDVI presenti nell'oggetto
"NDVI_MIN"	Valore minimo dei valori di NDVI presenti nell'oggetto
"NDVI_MAX"	Valore massimo dei valori di NDVI presenti nell'oggetto
"AREA"	Superficie in mq dell'oggetto
"CS_ID"	L'identificativo numerico dell'oggetto copertura del suolo - Urban Atlas
"CS_CODE_NUM"	Il codice numerico univoco della legenda copertura del suolo - Urban Atlas
"CS_LEGENDA"	Descrizione della copertura del suolo riferita a CODE_NUM - Urban Atlas
"PERC_IMP"	% di suolo impermeabilizzato rispetto all'oggetto calcolato dal produttore di Urban Atlas
"PERC EDI"	% di suolo edificato rispetto all'oggetto calcolato dal produttore di Urban Atlas
"NDVI_AVG"	Valore medio di NDVI dell'intero oggetto calcolato dal produttore di Urban Atlas





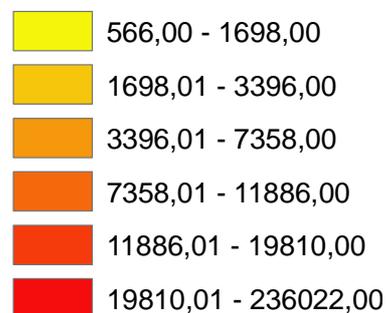
### CONSUMO DI ENERGIA PER USO DOMESTICO

(kWh all'anno per edificio)



### EMISSIONI DI CO2 IN ATMOSFERA

(Kg all'anno per edificio)



## 5.2. Valutazione della capacità produttiva da fotovoltaico

Grazie alla disponibilità del dato Lidar è possibile modellare con grande accuratezza le superfici relative alle coperture degli edifici riguardo all'esposizione e alla pendenza delle falde rispetto all'irraggiamento solare annuo. La produzione di energia da fotovoltaico dipende infatti da due fattori: l'**angolo di inclinazione** rispetto al suolo (tilt) a cui i pannelli vengono montati, e l'**angolo di azimut** rispetto alla direzione Sud. Questi valori si possono pertanto calcolare applicando algoritmi di processing specifici al modello digitale delle superfici generato dal dato Lidar.



### IL CALCOLO DELL'ESPOSIZIONE DELLE COPERTURE DEGLI EDIFICI

	North (0-22.5)
	Northeast (22.5-67.5)
	East (67.5-112.5)
	Southeast (112.5-157.5)
	South (157.5-202.5)
	Southwest (202.5-247.5)
	West (247.5-292.5)
	Northwest (292.5-337.5)
	North (337.5-360)



### IL CALCOLO DELLE PENDENZE DELLE COPERTURE DEGLI EDIFICI

	0 - 8,399898035
	8,399898036 - 17,14979182
	17,14979183 - 24,14970685
	24,14970686 - 32,89960064
	32,89960065 - 45,49944769
	45,4994477 - 58,4492905
	58,44929051 - 69,64915454
	69,64915455 - 79,44903558
	79,44903559 - 89,24891663

Successivamente si passa al **calcolo della radiazione solare su ciascun edificio** tenendo conto delle variabili morfologiche delle falde e dei parametri di insolazione specifici per la nostra latitudine, dell'assorbimento e la diffusione da parte dell'atmosfera e della copertura nuvolosa media annua.

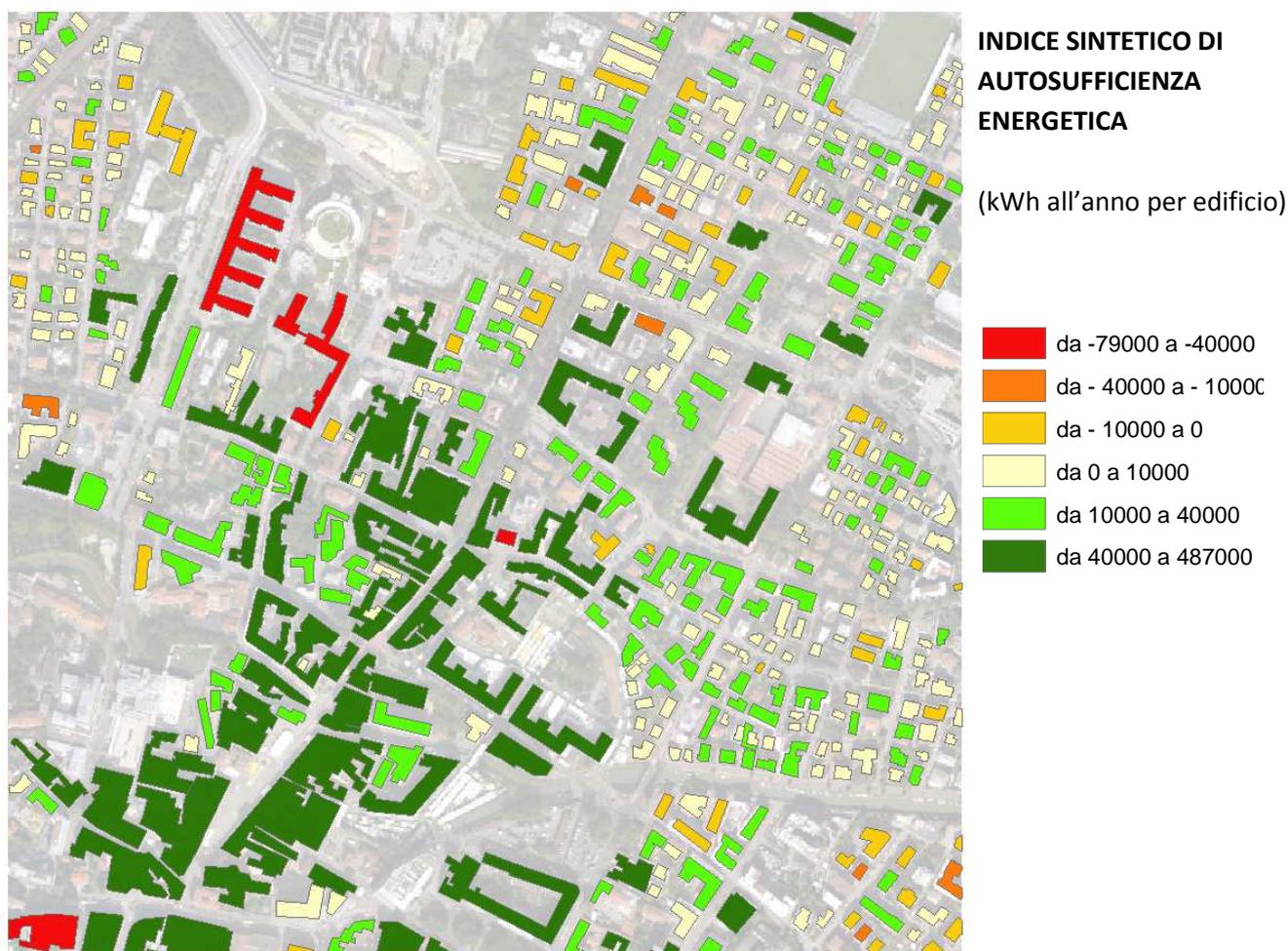
Per il calcolo della radiazione solare potenziale si è utilizzata la base costituita dal DSM generato dalla nuvola di punti FULL (Overground) in quanto è fondamentale modellare le ombre generate nel corso dell'anno da alberature, edifici di altezze diverse e opere che creano coni d'ombra in ambito urbano; sono stati applicati algoritmi specifici di "Potential Incoming Solar Radiation" presenti nel software SAGA GIS "System for Automated Geoscientific Analyses".



*Il risultato del calcolo dell'insolazione diretta sugli edifici*

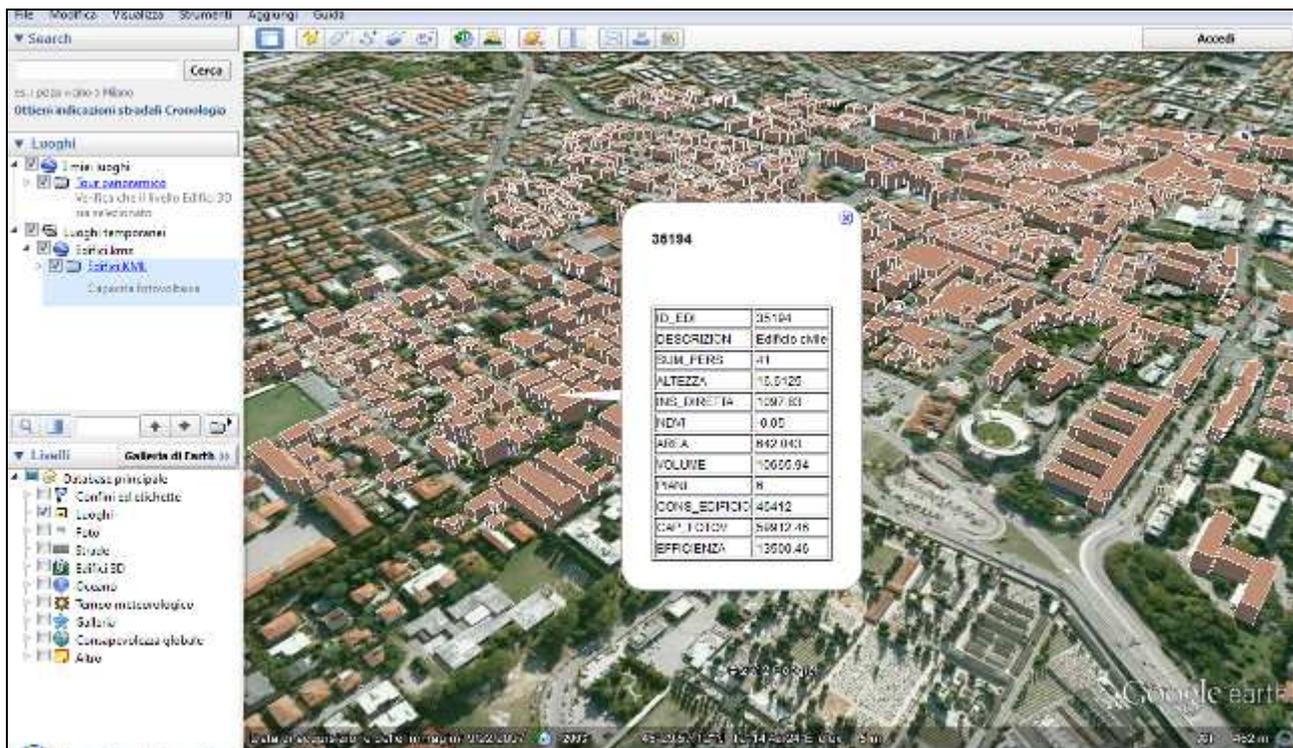
### 5.3. Indice sintetico di autosufficienza energetica potenziale

Il rapporto tra la capacità produttiva da fotovoltaico e la stima del fabbisogno energetico per ciascun edificio consente di produrre una classificazione tematica degli edifici in base all'**indice di autosufficienza energetica potenziale**. Si noti in toni di verde quegli edifici che, installando pannelli fotovoltaici sulle coperture, consentono di soddisfare il fabbisogno energetico delle persone residenti all'interno passando contemporaneamente ad **emissioni CO<sub>2</sub> pari a zero**. In rosso gli edifici che consumano comunque più di quello che riuscirebbero a produrre.



Infine, la struttura dati vettoriale associata agli edifici è costituita dai seguenti nuovi attributi:

- La superficie delle coperture degli edifici
- Altezza media dell'edificio rispetto al terreno
- Il volume in metri cubi
- Il numero di piani stimato
- Il fabbisogno annuo di energia dell'edificio in kWh/anno
- Valore dell'insolazione diretta in kWh/m2/anno
- La capacità fotovoltaica installabile in kWh/m2/anno
- L'indice sintetico di autosufficienza energetica.



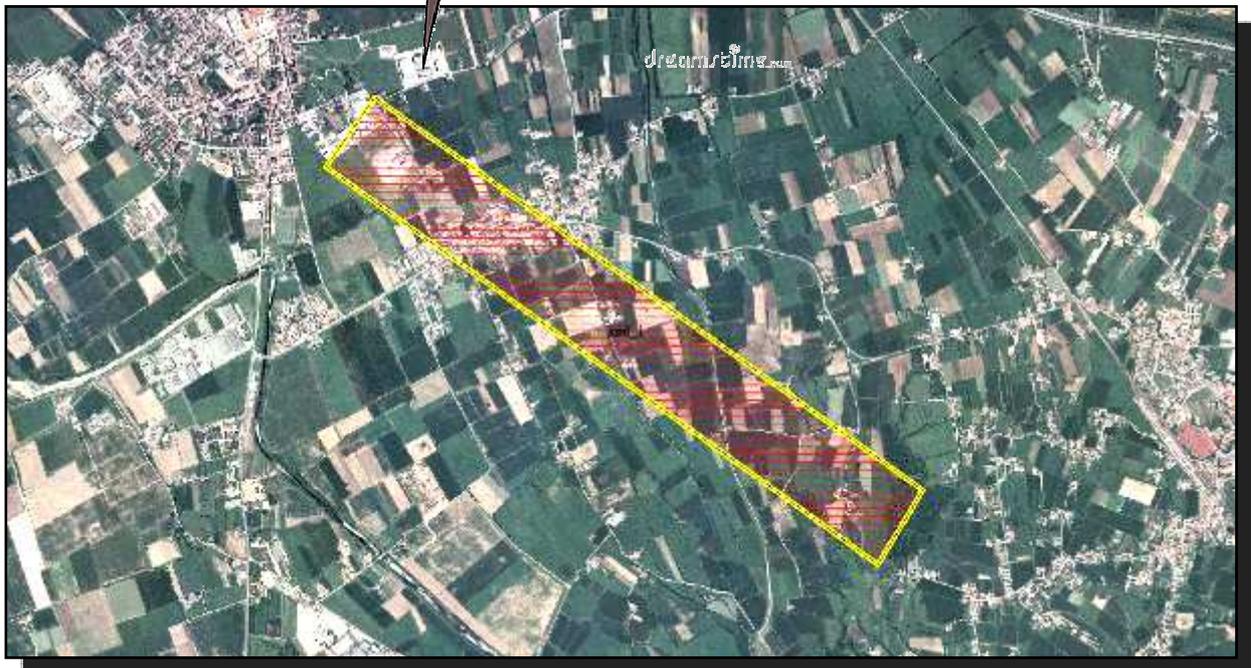
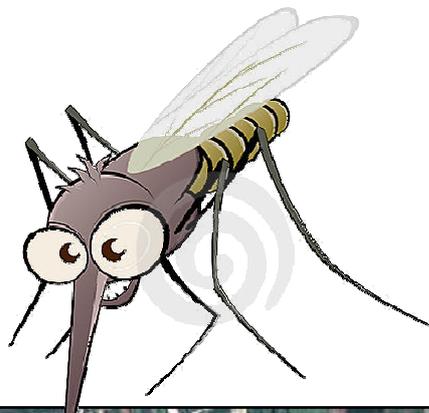
## 9. ALLEGATO 3

### ZANZADRONE

Trattamento di immagini acquisite da piattaforma satellitare e drone-UAV su un'area test della Provincia di Vicenza per la caratterizzazione dei siti idonei all'installazione di trappole in ambito entomologico



**Fornitura di immagini georeferenziate acquisite da  
piattaforma satellitare e drone-UAV su un'area test della  
provincia di Vicenza per la caratterizzazione dei siti idonei  
all'installazione di trappole per zanzare.**



Venezia, Ottobre 2012



## INDICE

<b>INTRODUZIONE</b>	<b>3</b>
<b>AREA DI STUDIO</b>	<b>3</b>
<b>LE PIATTAFORME DI ACQUISIZIONI DELLE IMMAGINI</b>	<b>4</b>
L'IMMAGINE ACQUISITA DA PIATTAFORMA SATELLITARE	4
LA PIATTAFORMA DRONE UAV	7
<b>LE ATTIVITA' DI PROCESSING DELLE IMMAGINI</b>	<b>8</b>
PROCESSAMENTO DELLE IMMAGINI ACQUISITE DA PIATTAFORMA SATELLITARE	8
LE CORREZIONI GEOMETRICHE	8
LE CORREZIONI RADIOMETRICHE	9
LA FUSIONE MULTIBANDA "Pan-Sharpning"	10
CLASSIFICAZIONE DELLE IMMAGINI DA SATELLITE PER L'ESTRAZIONE DI CLASSI DI USO DEL SUOLO	11
LE IMMAGINI ACQUISITE DA MICRODRONE UAV	17
<b>RISULTATI E ULTERIORI SVILUPPI</b>	<b>26</b>
INDIVIDUAZIONE DEI SITI ELEGGIBILI PER L'INSTALLAZIONE DI TRAPPOLE E LA POTENZIALE NIDIFICAZIONE DELLA ZANZARA	26
CONCLUSIONI E ULTERIORI SVILUPPI	29
BIBLIOGRAFIA	30
<b>Contenuti del DVD allegato</b>	<b>31</b>



## INTRODUZIONE

L'idea progettuale nasce da un'iniziativa congiunta tra l'Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie e UniSky Srl spin-off dell'Università IUAV di Venezia nella quale si considera questo lavoro come attività sperimentale per produrre una nuova metodologia per l'acquisizione dati in ambito entomologico.

L'obiettivo è quello di effettuare rilievi da multi-piattaforma ad alta ed altissima risoluzione in una zona di competenza dell'azienda "ULSS 4 Alto Vicentino" al fine di individuare i siti eleggibili per il posizionamento di trappole per la cattura di zanzare per un progetto che inizierà nei mesi a seguire.

Successivamente alla fase di acquisizione dei dati è stata prodotta una caratterizzazione/classificazione dei dati con il supporto di entomologi. Il lavoro svolto verrà impiegato oltre che per pubblicazioni scientifiche anche come base per proposte progettuali e di ricerca future.

## AREA DI STUDIO

L'area individuata per lo studio è situata nel comune di Villaverla (VI).

L'area si estende per un totale di 116 ettari partendo dalla periferia sud-est di Villaverla, passando per Novoledo fino alla zone delle risorgive del fiume Bacchiglioncello. Il territorio di tipo pianeggiante è caratterizzato prevalentemente da aree agricole e centri urbani di dimensioni ridotte dove sono presenti anche aree ad alta valenza naturalistica.



*L'area di studio situata nel Comune di Villaverla (VI) pari a 116 ettari.*

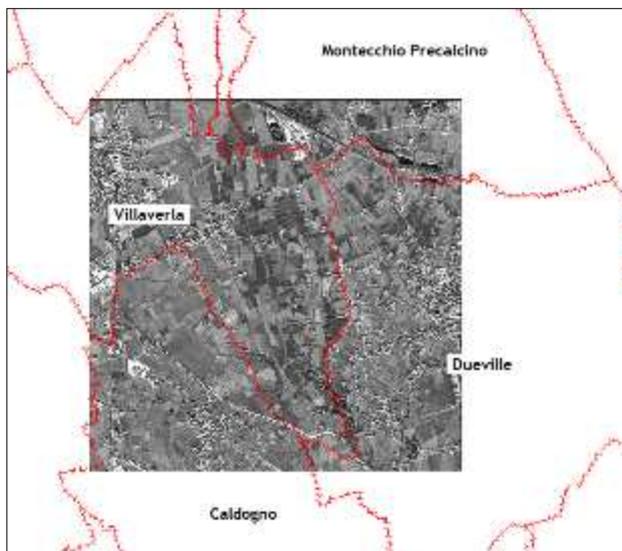


## LE PIATTAFORME DI ACQUISIZIONI DELLE IMMAGINI

### L'IMMAGINE ACQUISITA DA PIATTAFORMA SATELLITARE

Alla scala di indagine più vasta è stata acquisita una scena di archivio del satellite **WorldView2** gestito dalla società DigitalGlobe e fornita da Planetek Italia Srl.

La ripresa è stata acquisita l'8 gennaio 2012 alle ore 10:29 completamente *cloud free*. L'estensione dell'area è pari a 25 kmq e comprende parte dei Comuni di Villaverla, Dueville, Caldogno e Montecchio Precalcino.



Le caratteristiche delle bande acquisite sono:

- 8 bande spettrali acquisite nelle porzioni dello spettro: Coastal, Blue, Green, Yellow, Red, Red-edge, Near Infrared 1 e Near Infrared 2, a 2 m di risoluzione;
- 1 banda spettrale pancromatica a 50 cm di risoluzione con cui sarà effettuata l'operazione di pan-sharpening con le 8 bande multi spettrali;
- formato GeoTIFF;
- risoluzione radiometrica 11 bit.



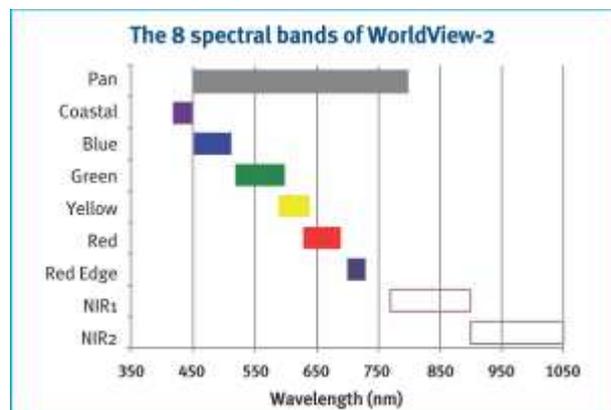
Un dettaglio della zona di Villaverla (VI) nell'immagine acquisita dal sensore pancromatico a 50 cm.

Il satellite **WorldView2** ruota attorno alla Terra seguendo un'orbita eliosincrona ad un'altitudine di 770 km e, assieme a WorldView-1, è l'unico satellite commerciale ad essere dotato di un sistema di controllo dell'orientazione che migliora le capacità di manovra e di acquisizione di target predefiniti. In pratica il satellite può ruotare rapidamente per acquisire con estrema precisione punti localizzati in posizioni differenti. Le tecnologie a bordo gli consentono di acquisire vaste aree (strisciate di 300km) in tempi rapidissimi (9 secondi), in un singolo passaggio ed anche in modalità stereoscopica. Grazie al sistema di scanning bidirezionale, WorldView-2 è in grado di acquisire circa 975.000 kmq al giorno, con un tempo medio di rivisita di 1.1 giorni.

I sensori a bordo sono WV110 per il multi spettrale e WV60 per il pancromatico.

La risoluzione radiometrica con cui viene discretizzato il segnale registrato dai sensori è di 11 bit (pari a 2048 livelli). In particolare WorldView-2 è il primo satellite commerciale ad alta risoluzione in grado di acquisire, accanto alle quattro tipiche bande Blu, Verde, Rosso ed Infrarosso Vicino, quattro ulteriori bande multispettrali, "esclusive":

- la banda "**Coastal**" (400 - 450 nm), utile per lo studio di aree costiere, grazie alle sue caratteristiche di penetrazione nell'acqua, e ideale per migliorare i risultati nei processi di correzione atmosferica;
- la banda "**Yellow**" (585 - 625 nm): molto importante per rendere meglio i colori naturali delle immagini e per ottimizzare i processi di classificazione;
- la banda "**Red Edge**" (705 - 745 nm): fondamentale per l'analisi approfondita delle condizioni di salute della vegetazione;
- la banda "**Near Infrared 2**" (860 - 1040 nm): una seconda banda nell'infrarosso vicino, meno influenzata dalle condizioni atmosferiche, estremamente utile a supporto dell'analisi della vegetazione e delle biomasse.



La tabella seguente mostra le caratteristiche spettrali e spaziali delle singole bande del Wv2.

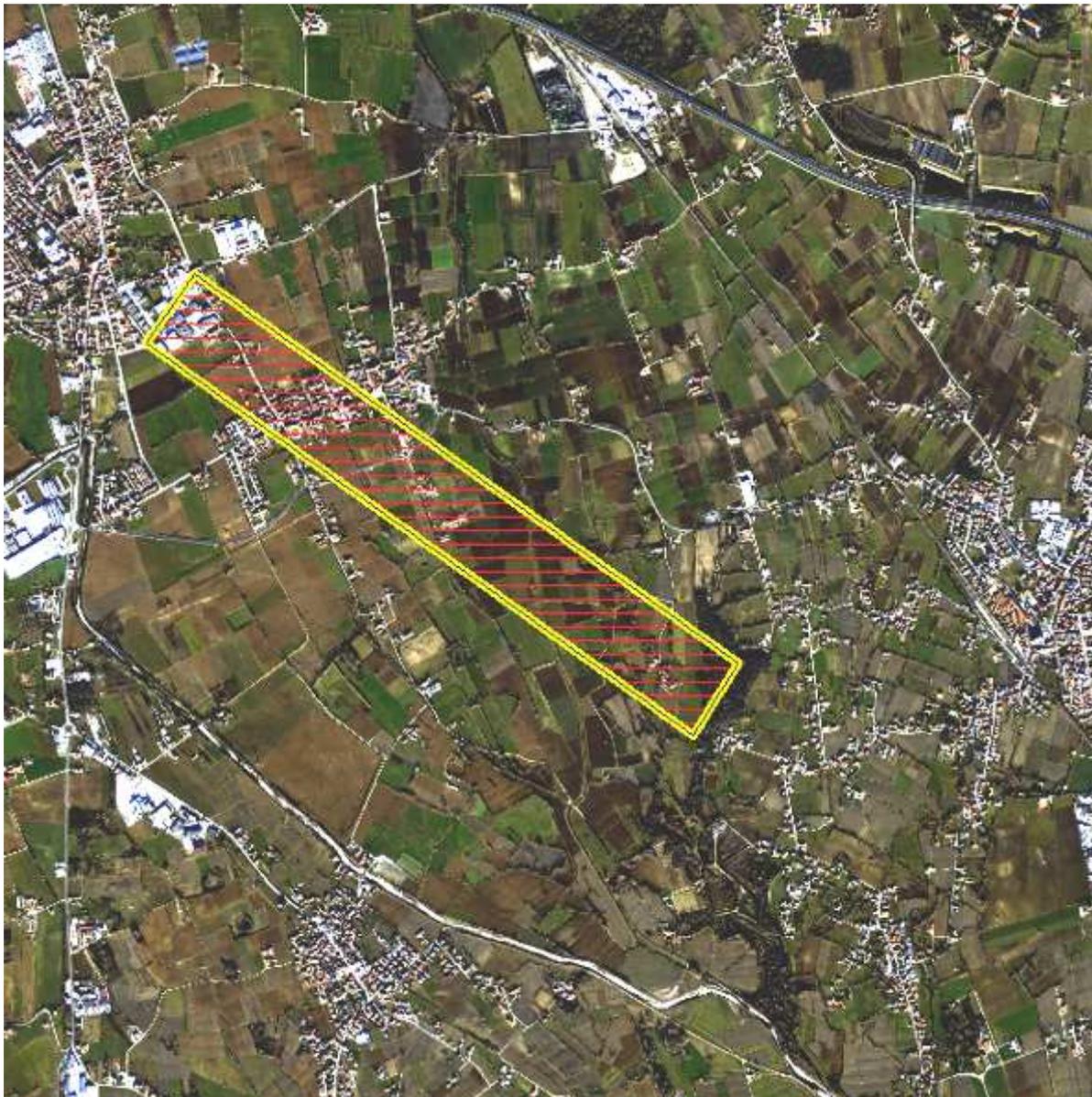
Banda	Lunghezza d'onda (µm)	Risoluzione (m)	Swath (km)	Tempo di rivisita (gg)
Banda Blue (VIS)	da 0,45 a 0,51	1,84 (2,08)	16,4	1,1 (3,7)
Banda Green (VIS)	da 0,51 a 0,58	1,84 (2,08)	16,4	1,1 (3,7)
Banda Red (VIS)	da 0,63 a 0,69	1,84 (2,08)	16,4	1,1 (3,7)
Banda NIR 1 (NIR)	da 0,77 a 0,895	1,84 (2,08)	16,4	1,1 (3,7)
Banda Coastal (VIS)	da 0,4 a 0,45	1,84 (2,08)	16,4	1,1 (3,7)
Banda Yellow (VIS)	da 0,585 a 0,625	1,84 (2,08)	16,4	1,1 (3,7)
Banda Red Edge (VIS)	da 0,705 a 0,745	1,84 (2,08)	16,4	1,1 (3,7)
Banda NIR 2 (NIR)	da 0,86 a 1,04	1,84 (2,08)	16,4	1,1 (3,7)
Banda Pancromatica	da 0,45 a 0,8	0,46 (0,52)	16,4	1,1 (3,7)

Le caratteristiche spettrali e spaziali delle singole bande del Wv2. In rosa le 4 bande classiche e in giallo le 4 nuove bande "inedite".



Grazie alla disponibilità delle nuove bande "inedite" è possibile realizzare composizioni RGB più efficaci nella modalità "falsi colori reali". Di seguito è mostrata la scena del satellite WorldView2 e l'area di studio individuata in una visualizzazione RGB della scena multispettrale alla risoluzione di 2m con la seguente composizione:

- R: banda del "Yellow"
- G: banda del "Green"
- B: banda del "Coastal"



*Una visualizzazione RGB "Yellow, Green, Coastal" della scena acquisita l'8 Gennaio 2012 e l'area di indagine.*



## LA PIATTAFORMA DRONE UAV

Per l'acquisizione di immagini ad altissima risoluzione è stato impiegato un drone multirottore modello **Airvision NT-4**, di dimensioni compatte (ingombro max 60 cm) e con struttura integralmente in carbonio, particolarmente leggera e robusta (compreso il supporto per la macchina fotografica) e centralina ottimizzata per il volo stabile. Il mezzo è in grado di sollevare macchine fotografiche e telecamere fino ad un peso di 300 gr. Le altre caratteristiche del prodotto sono:

- struttura full carbon
- propulsione brushless motors
- supporto telecamera full carbon con tilt e sistema di smorzamento in tilt e roll (Camera Mount Stabilization System)
- movimento supporto telecamera per una inquadratura perfetta
- autonomia di volo di 15 minuti e batterie intercambiabili
- stazione di controllo a 8 canali con monitor integrato



A bordo del velivolo è stata montata la camera fotografica **Canon Powershot S100** che utilizza il know-how dei sensori Canon EOS e il processore DIGIC 5 di ultima generazione per offrire immagini eccezionali anche in condizioni di scarsa illuminazione. E' dotata di sensore immagine CMOS di tipo 1/1,7 ad alta sensibilità, GPS, obiettivo con zoom ottico 5x ultragrandangolare e apertura f/2. Le immagini sono state acquisite con obiettivo impostato su distanza focale pari a 5 mm, corrispondente 24 mm in formato 35 mm. La quota media di volo è stata pari a circa 100 m, e sono state acquisite immagini nadirali nel visibile ad altissima risoluzione, consentendo di definire la risoluzione spaziale finale in un intervallo compreso tra 3 e 5 cm.

Produttore fotocamera	Canon
Modello fotocamera	Canon PowerShot S100
F-stop	f/2
Tempo di esposizione	1/1000 sec.
Sensibilità ISO	ISO-100
Esposizione	0 passaggio
Distanza focale	5 mm
Massima apertura	2



+



=

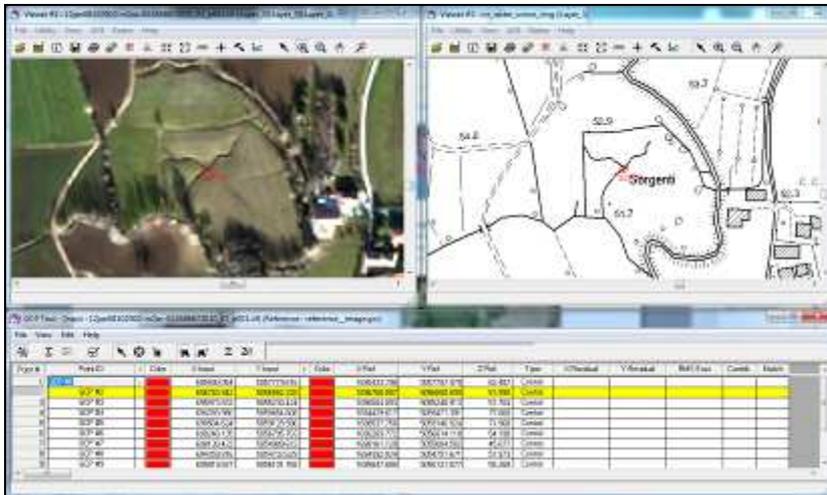


## LE ATTIVITA' DI PROCESSING DELLE IMMAGINI

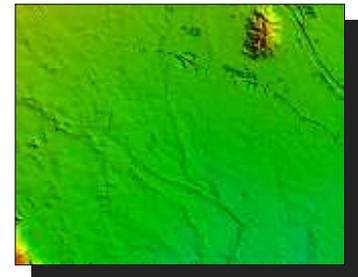
### PROCESSAMENTO DELLE IMMAGINI ACQUISITE DA PIATTAFORMA SATELLITARE

#### LE CORREZIONI GEOMETRICHE

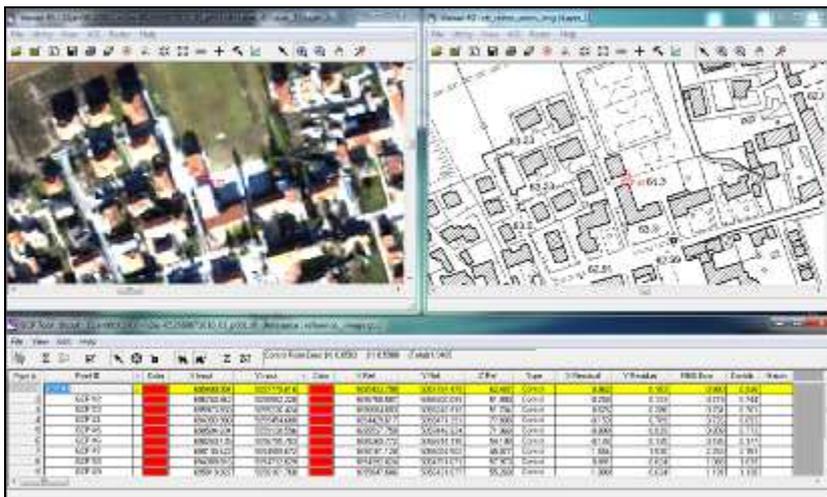
Le immagini WorldView2 sono state corrette geometricamente e quindi ortorettificate con l'ausilio di GCP (Ground Control Point) collezionati da tavolette CTR raster al 10000 e un DTM (Regione Veneto a 5 m) nel sistema di riferimento Gauss Boaga fuso Ovest, Datum Roma 40. L'errore quadratico medio (RMS) finale è pari a 0,91.



+



=



La collezione dei GCP (Ground Control Point) durante la fase di ortorettifica dell'immagine WorldView2. (Sopra l'area delle risorgive naturali e sotto l'abitato di Novaledo; nel frame di sinistra l'immagine WV2, in quello di destra la CTR raster al 10000).



## LE CORREZIONI RADIOMETRICHE

Prima di procedere alla classificazione dell'immagine e all'estrazione del contenuto informativo è necessario effettuare le correzioni radiometriche, operazione indispensabile anche per la costruzione di parametri biofisici come l'indice normalizzato di vegetazione NDVI o altri indici specifici per l'estrazione di particolari tematici di interesse.

L'operazione fondamentale consiste nel convertire i valori di DN (che rappresentano il segnale quantizzato dell'energia riflessa al sensore) delle rispettive 8 bande a disposizione, in valori di radianza, che esprimono cioè una grandezza fisica che rappresenta una proprietà radiativa degli oggetti osservati nella scena.

In questo processo il valore digitale del singolo pixel (registrato dal trasduttore a bordo del sensore) viene convertito in una grandezza fisica che esprime la quantità di energia trasmessa da un oggetto. Solitamente si esprime in Watt per metro quadro per steradiani.

La funzione da applicare è la seguente:

$$L_i = \frac{SF_i DN}{\Delta\lambda_i}$$

dove  $SF_i$  è l'absolute scale factor (cioè un fattore moltiplicativo di calibrazione), DN è il valore del pixel attuale e  $\Delta\lambda_i$  è la larghezza della banda.

I valori necessari sono reperibili nel file allegato di metadati e, ad esempio per la banda del RED, i valori sono evidenziati in rosso nella tabella a fianco.

```
BEGIN_GROUP = BAND_R
  ULLon = 11.48926133;
  ULLat = 45.66234823;
  ULHAE = 108.03;
  URLon = 11.55312506;
  URLat = 45.66093797;
  URHAE = 108.03;
  LRLon = 11.55107368;
  LRLat = 45.61578027;
  LRHAE = 108.03;
  LLLon = 11.48726114;
  LLLat = 45.61718833;
  LLHAE = 108.03;
  absCalFactor = 4.569992e-03;
  effectiveBandwidth = 5.740000e-02;
  TDILevel = 24;
END_GROUP = BAND_R
```



Il risultato della correzione radiometrica.



### LA FUSIONE MULTIBANDA "Pan-Sharpening"

L'operazione di pan-sharpening è una tecnica di "spatial enhancement" che consente di combinare l'elevata risoluzione spettrale disponibile dalle immagini acquisite dal satellite WorldView2 con l'elevato contenuto informativo contenuto nell'accuratezza geometrica del dato pancromatico.

Il risultato di questa operazione è una nuova immagine multibanda che ha risoluzione spettrale pari a 8 (le stesse bande acquisite dal sensore multispettrale del WV2) e risoluzione spaziale pari a 50 cm per pixel (cioè l'accuratezza geometrica del sensore pancromatico).

La tecnica utilizzata è l'algoritmo chiamato "Hyperspherical Color Sharpening (HCS)" considerato uno dei più performanti che utilizza le immagini acquisite dal satellite WorldView2 e pubblicato da Padwick, Deskevich, Pacifici e Smallwood in "WorldView-2 Pan-Sharpening", pubblicato alla ASPRS 2010 Annual Conference, San Diego California nell'aprile 2010.



Il risultato dell'applicazione della tecnica di pan-sharpening in una visualizzazione a falsi colori naturali.



## CLASSIFICAZIONE DELLE IMMAGINI DA SATELLITE PER L'ESTRAZIONE DI CLASSI DI USO DEL SUOLO

Dopo le correzioni geometriche e radiometriche è seguita una procedura di classificazione dell'uso del suolo al fine di caratterizzare il territorio oggetto di studio per individuare i siti eleggibili per il posizionamento delle trappole e per una più generale classificazione del suolo per fini entomologici. Questa fase del lavoro è stata svolta congiuntamente al personale dell'Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie.

In questa fase è stato utilizzato come dato ancillare la Carta della Copertura del Suolo della Regione Veneto alla scala 1:10000 realizzata all'interno del progetto GSE Land ([www.gmes.info](http://www.gmes.info)) utilizzando in combinazione immagini satellitari (Spot5, GeoEye, WorldView2) e ortofoto digitali recenti.

Data la disponibilità della Banca Dati Copertura del Suolo prodotta dalla Regione del Veneto nel 2006 si è proceduto alla verifica della copertura esistente con le immagini acquisite dal satellite WorldView2 in data 8 Gennaio 2012 per verificarne un eventuale aggiornamento.

E' stata effettuata un'operazione di "Clip" sulla banca dati utilizzando l'area di studio "fascia\_vettori".

Analizzando la copertura vettoriale compresa nella fascia\_vettore è stato possibile esaminare ciascuna classe in termini di presenza ed estensione e provvedere all'aggiornamento delle geometrie riguardanti le trasformazioni nell'uso del suolo avvenute nel periodo compreso tra il 2006 e il 2012.

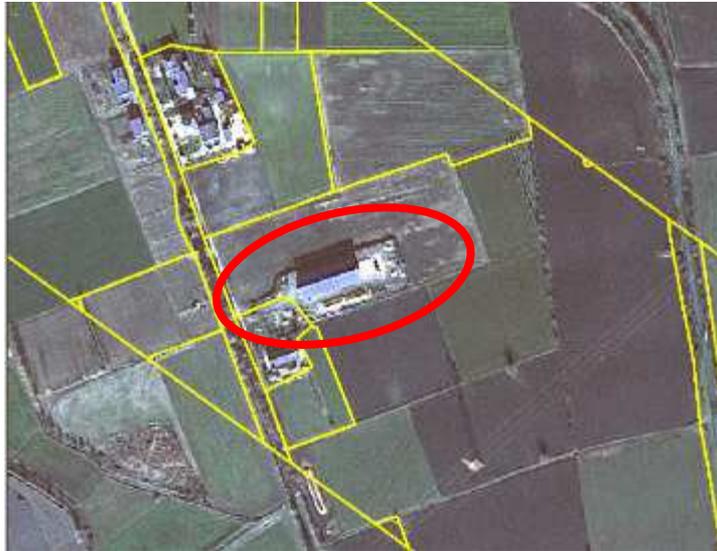
Dopo un'accurata analisi si è reso necessario operare un aggiornamento della copertura vettoriale nei seguenti casi:

1. è stata costruita una nuova tangenziale a sud dell'abitato di Novoledo di Villaverla laddove erano presenti tipologie a Foraggiere in aree irrigue e Mais in aree irrigue:





2. è in fase di costruzione un capannone per allevamenti di bovini laddove era presente la tipologia a Mais in aree irrigue:



3. sono state costruite alcune case residenziali laddove era presente la tipologia a Mais in aree irrigue:





4. sono state costruite ulteriori strutture residenziali isolate laddove era presente la tipologia a Mais in aree irrigue:



Il risultato delle operazioni di processing e degli aggiornamenti è il seguente:



*La copertura dell'uso del suolo dell'area di studio dopo l'aggiornamento geometrico e tematico.*



- 11210, Tessuto urbano discontinuo denso con uso misto (Sup. Art. 50%-80%)
- 11220, Tessuto urbano discontinuo medio, principalmente residenziale (Sup. Art. 30%-50%)
- 11230, Tessuto urbano discontinuo rado, principalmente residenziale (Sup. Art. 10%-30%)
- 11320, Strutture residenziali isolate
- 12110, Aree destinate ad attività industriali
- 12130, Aree destinate a servizi pubblici, militari e privati
- 12220, Rete stradale secondaria con territori associati
- 14200, Aree destinate ad attività sportive ricreative
- 21100, Terreni arabili in aree non irrigue
- 21111, Mais in aree non irrigue
- 21116, Foraggiere in aree non irrigue
- 21121, Cereali in aree non irrigue
- 21200, Terreni arabili in aree irrigue
- 21211, Mais in aree irrigue
- 21216, Foraggiere in aree irrigue
- 21221, Cereali in aree irrigue
- 22100, Vigneti
- 22200, Frutteti
- 23100, Superfici a copertura erbacea: graminacee non soggette a rotazione
- 23200, Superfici a prato permanente ad inerbimento spontaneo, comunemente non lavorata
- 24200, Sistemi colturali e particellari complessi
- 31100, Bosco di latifoglie
- 31152, Robiniето
- 31185, Ostrio-querceto tipico
- 32211, Arbusteto



*Le categorie tematiche della copertura dell'uso del suolo dell'area di studio.*



CODICE	LEGENDA	AREA (mq)	AREA (%)	Tipo area generale	I
11210	Tessuto urbano discontinuo denso con uso misto (Sup. Art. 50%-80%)	48617	4,17	urbano	x
11220	Tessuto urbano discontinuo medio, principalmente residenziale (Sup. Art. 30%-50%)	44857	3,85	urbano	x
11230	Tessuto urbano discontinuo rado, principalmente residenziale (Sup. Art. 10%-30%)	4888	0,42	urbano	x
11320	Strutture residenziali isolate	44761	3,84	urbano	x
12110	Aree destinate ad attività industriali	63476	5,45	urbano	x
12130	Aree destinate a servizi pubblici, militari e privati	8039	0,69	urbano	x
12220	Rete stradale secondaria con territori associati	32326	2,77	urbano	x
14200	Aree destinate ad attività sportive ricreative	10174	0,87	urbano	x
21100	Terreni arabili in aree non irrigue	7356	0,63	coltivazioni	
21111	Mais in aree non irrigue	160822	13,80	coltivazioni	
21116	Foraggere in aree non irrigue	297	0,03	coltivazioni	
21121	Cereali in aree non irrigue	22585	1,94	coltivazioni	
21200	Terreni arabili in aree irrigue	14263	1,22	coltivazioni	
21211	Mais in aree irrigue	374314	32,11	coltivazioni	
21216	Foraggere in aree irrigue	79202	6,79	coltivazioni	
21221	Cereali in aree irrigue	17467	1,50	coltivazioni	
22100	Vigneti	3274	0,28	coltivazioni	
22200	Frutteti	10811	0,93	coltivazioni	
23100	Superfici a copertura erbacea: graminacee non soggette a rotazione	153709	13,19	rurali	x
23200	Superfici a prato permanente ad inerbimento spontaneo, comunemente non lavorata	12450	1,07	rurali	x
24200	Sistemi colturali e particellari complessi	3241	0,28	coltivazioni	
31100	Bosco di latifoglie	122	0,01	rurali	x
31152	Robinetto	8219	0,71	rurali	x
31185	Ostrio-querceto tipico	24232	2,08	rurali	x
32211	Arbusteto	16110	1,38	rurali	x
	<b>TOTALE</b>	<b>1165612</b>			

La tabella mostra la superficie per ciascuna classe tematica, la % di prevalenza rispetto al totale dell'area di studio. L'ultima colonna a destra mostra l'importanza di un approfondimento ai fini parassitologici.

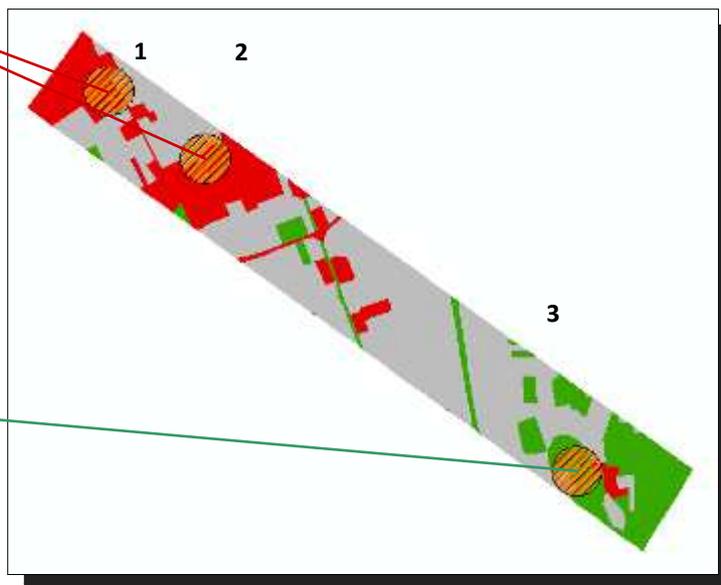
Dall'analisi della tabella di pagina 15 risulta importante approfondire alcune aree ritenute importanti dagli entomologi del IZSve ai fini parassitologici ove si ritiene siano presenti siti eleggibili per l'installazione di trappole per zanzare. Tra questi le tipologie di aree a carattere urbano e quelle rurali.

Le aree a **carattere urbano** (in rosso) sono quelle individuate dalle classi:

- Il tessuto urbano discontinuo denso, medi e rado principalmente residenziale
- Le strutture residenziali isolate
- Le aree destinate ad attività industriali
- La rete stradale secondaria con territori associati
- Le aree destinate ad attività sportive ricreative

Le aree a **carattere rurale** (in verde) sono quelle individuate dalle classi:

- Superfici a copertura erbacea o a prato permanente ad inerbimento spontaneo, comunemente non lavorata
- Le aree boschive ed arbusteti specialmente nelle zone ripariali.



Sono state pertanto individuate tre aree di estensione ridotta (circa 5 ettari ciascuna) su cui effettuare i rilievi con drone UAV multirottore per la produzione di immagini ad altissima risoluzione. Tali aree sono state identificate utilizzando un modello di analisi spaziale dei dati come schematizzato nella figura seguente:



Le aree individuate per i rilievi con drone UAV (la n.1 a sinistra, la n.2 al centro e la n.3 a destra)



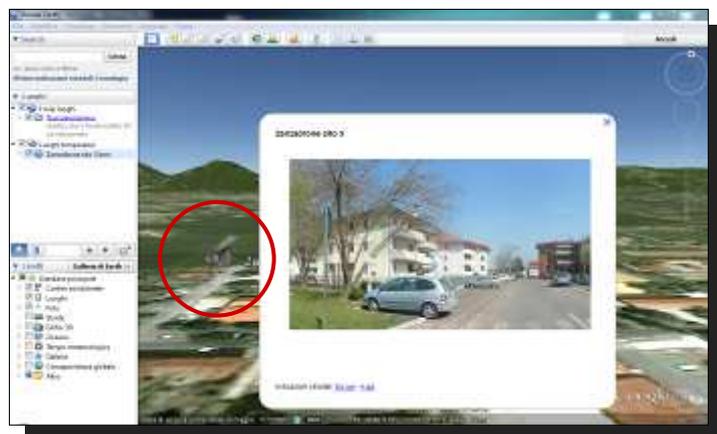
## LE IMMAGINI ACQUISITE DA MICRODRONE UAV

Prima di effettuare i rilievi con drone UAV sono stati effettuati dei sopralluoghi per verificare l'accessibilità delle aree, l'assenza di eventuali ostacoli per il volo e un'analisi preliminare dei siti anche intervistando persone del luogo riguardo al tema della presenza di zanzare e di siti artificiali potenzialmente utilizzati per la nidificazione. I sopralluoghi sono stati effettuati il 27 Marzo 2012 anche con la presenza di entomologi dell'IZSVe e di tecnici della "ULSS 4 Alto Vicentino".



*Alcuni momenti dei sopralluoghi preliminari del 27 marzo 2012.*

Per supportare gli altri operatori coinvolti nel progetto che non hanno potuto partecipare ai sopralluoghi preliminari sono state realizzate foto panoramiche a 360° dei siti e condivisi tramite la piattaforma Google Earth in formato video flash (kmz).





Le attività di acquisizione delle immagini con il drone UAV sono state eseguite nella giornata del 18 Maggio 2012 con la presenza di due operatori (UniSky-Neutech) addetti alla gestione della piattaforma e alla stazione di controllo.



In contemporanea con le attività di volo, il gruppo dell'IZSve ha provveduto a posizionare nell'area di acquisizione una serie di segnali a terra riconoscibili di forma rettangolare posizionando su ciascuno di essi un GPS portatile per l'acquisizione delle coordinate geografiche WGS84.



*Il posizionamento dei segnali a terra per l'acquisizione di punti di controllo con coordinate GPS.*



Parallelamente a queste attività un altro gruppo dell'IZSve ha provveduto a raccogliere una serie di monografie individuando tipologie di oggetti che potenzialmente sono utilizzate dalle zanzare per la nidificazione come ad esempio fioriere, pozzi, vasche in cemento, tombini, caditoie e in generale tutti quei siti dove l'acqua può rimanere stagnante nel tempo. Oltre alle fotografie a terra sono state acquisite le coordinate con GPS portatile.



Tipo	Numero rilievo	Numero Foto	Coordinate X GB ovest	Coordinate Y GB ovest
Fioriera	1	IMG_003	1696896,41	5056548,74
Fioriera	2	IMG_004	1696888,87	5056565,18
Fioriera	3	IMG_005	1696887,75	5056575,90
Fioriera	4	IMG_006	1696885,46	5056586,76
Pozzo	5	IMG_007	1696888,84	5056586,87
Vasca cemento	6	IMG_008	1696884,88	5056605,28
Gabbia Animali	7	IMG_009	1696875,26	5056530,83
Buchi negli alberi	8	IMG_010	1696902,55	5056548,01
Fioriera	9	IMG_011	1696916,15	5056549,55
Buchi negli alberi	10	IMG_016	1696890,92	5056549,68

*Le monografie degli oggetti acquisite tramite fotografia a terra e coordinate GPS.*

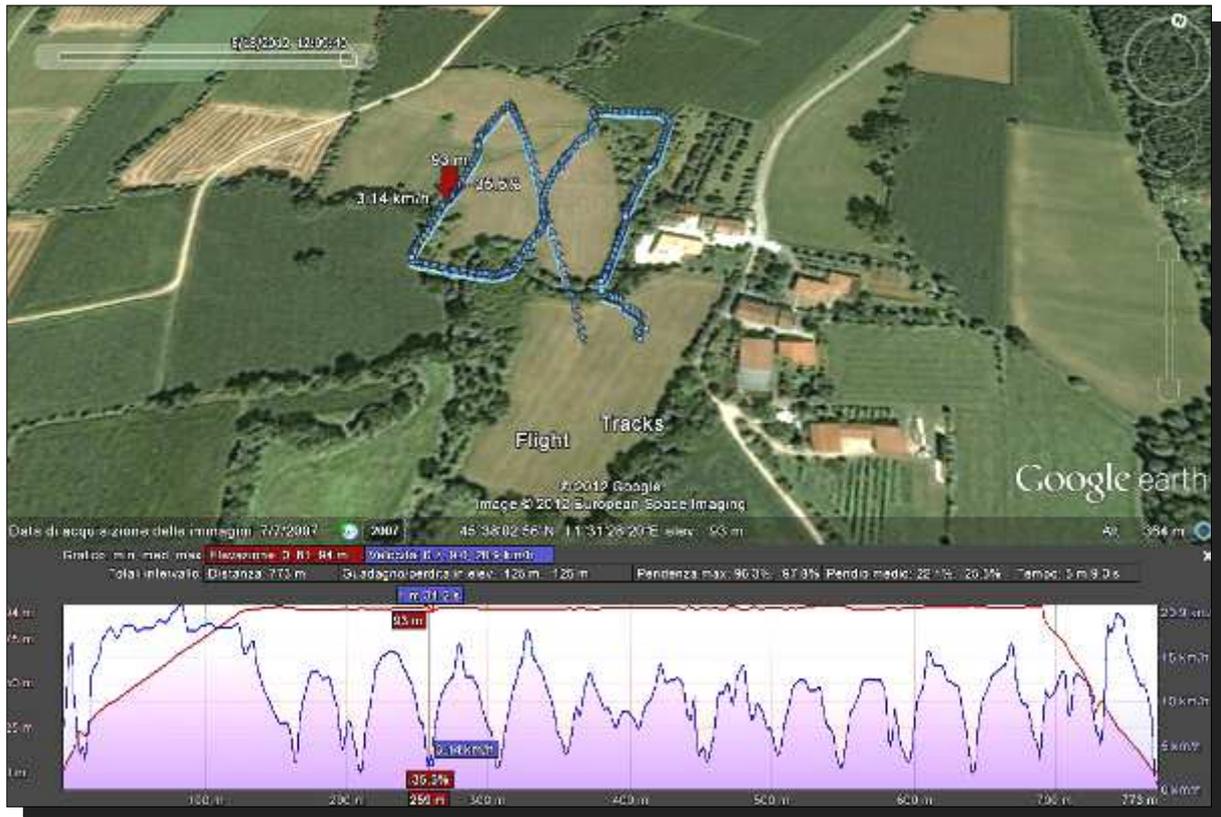


*Il posizionamento dei punti nell'area di studio n. 3 dove sono state acquisite le monografie degli oggetti tramite fotografia a terra e coordinate GPS.*



*Le monografie raccolte nelle diverse aree di indagine.*

Per ciascuna delle 3 aree di indagine sono state acquisite 12 immagini dal velivolo UAV configurando i waypoint tramite la stazione di controllo a terra e impostando un piano di volo con distanza media tra gli scatti di circa 40 metri in X e Y.  
A bordo del multirottore è installato un GPS e il sistema di registrazione della traccia di volo (in formato .gpx).



La traccia Gpx dell'area di indagine n.3 visualizzata in Google Earth con il profilo di elevazione e velocità.

La traccia di volo in formato GPX può essere esplorata sia attraverso il visualizzatore 3d di Google Earth, che consente anche di visualizzare il profilo elevazione e velocità, sia attraverso un editor di testo visualizzandone la struttura XML in cui è scritta e gli attributi che rappresentano i parametri di volo e di assetto nello spazio del quadrirotore.

<b>Velocità</b>	da 0 a 20,9 Km/h
<b>Tempo di volo</b>	5 min e 9 sec
<b>Elevazione durante gli scatti</b>	94 m
<b>Distanza percorsa dal volo</b>	773 m
<b>Direzione rispetto al nord</b>	/Compass>
<b>Angolo di pitch</b>	/NickAngle>
<b>Angolo di roll</b>	/RollAngle>

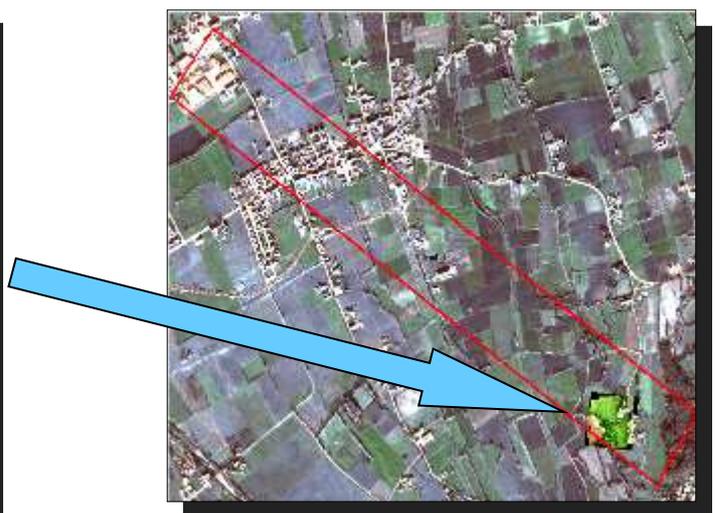
```
<trkpt lat="+45.6462067" lon="+11.5061272">
<ele>0.000</ele>
<time>2012-05-18T10:30:28Z</time>
<sat>6</sat>
<extensions>
<Altimeter>-13,' '</Altimeter>
<Variometer>-2</Variometer>
<Course>272</Course>
<GroundSpeed>0</GroundSpeed>
<VerticalSpeed>-13</VerticalSpeed>
<FlightTime>3</FlightTime>
<Voltage>12.3</Voltage>
<Current>15.2</Current>
<Capacity>45</Capacity>
<RCQuality>205</RCQuality>
<RCRSSI>0</RCRSSI>
<Compass>302,295</Compass>
<NickAngle>000</NickAngle>
<RollAngle>000</RollAngle>
<MagnetField>093</MagnetField>
<MagnetInclination>57,-5</MagnetInclination>
<MotorCurrent>35,39,49,12,0,0,0,0,0,0,0,0,0</MotorCurrent>
<BL_Temperature>0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0</BL_Temperature>
<AvaibleMotorPower>255</AvaibleMotorPower>
</extensions>
</trkpt>
```



Le immagini acquisite nel visibile (ciascuna pari a 12 MegaPixel) sono state successivamente sottoposte a mosaicatura automatica tramite collezionamento di GCP (ground control point) tra coppie immagini con sovrapposizione longitudinale e trasversale, e successivamente a georeferenziazione nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso Ovest.



*Il collezionamento dei punti di controllo su coppie di immagini acquisite dal drone UAV.*



*Il risultato della mosaicatura e georeferenziazione del set di immagini acquisite nell'area di indagine n.3*



Nel seguito sono visualizzati i risultati della mosaicatura delle immagini nelle diverse tre aree di indagine.



**AREA 1**





**AREA 2**





**AREA 3**





## RISULTATI E ULTERIORI SVILUPPI

### INDIVIDUAZIONE DEI SITI ELEGGIBILI PER L'INSTALLAZIONE DI TRAPPOLE E LA POTENZIALE NIDIFICAZIONE DELLA ZANZARA

Una ulteriore fase del lavoro è stata quella di testare un classificatore ad oggetti di ultima generazione nel tentativo di mappare con la maggiore accuratezza possibile i siti eleggibili per l'installazione di trappole e di nidificazione delle zanzare. A questo proposito è stato necessario specificare che le aree di interesse sono di dimensioni estremamente ridotte, come è stato mostrato precedentemente nella collezione di monografie delle tipologie di oggetti candidabili alla nidificazione tramite acquisizione di foto a terra e coordinate GPS (fioriere, pozzi, vasche in cemento, tombini, caditoie, ecc.).

Avendo a disposizione un dato ottico acquisito da drone UAV (serie di immagini RGB) ad altissima risoluzione (circa 5 cm/pixel) ci si aspetta un buon risultato dal trattamento delle immagini dal punto di vista di una caratterizzazione geometrica. D'altro canto, pur avendo a disposizione un'accurata base geometrica e spaziale per la ricognizione di aree campioni, una procedura di classificazione guidata di tipo supervised con l'obiettivo di mappare in tutta la scena i temi prescelti durante il collezionamento delle monografie, risentirebbe enormemente della scarsa risoluzione spettrale della stessa immagine, condizione invece necessaria per produrre accurate mappe tematiche utilizzando i tradizionali algoritmi di classificazione (massima verosimiglianza, K-Nearest Neighbor, ecc). Ciò nonostante è stato effettuato un tentativo in tal senso.

L'esempio seguente mostra una serie di localizzazioni di oggetti (fioriere, vasi, ecc) individuati a seguito del trattamento delle immagini con segmentazione dinamica, utilizzando un fattore di scala pari a 30, un parametro di forma del 30% e di compattezza del 50%. Nella sola area di indagine n.3 il risultato è pari a 92.521 oggetti.



*La localizzazione degli oggetti all'interno della scena acquisita nell'area di indagine n.3 a seguito della segmentazione dinamica dell'immagine.*



Feature	Value
<b>Layer Values</b>	<b>Mean</b>
BLU	105.80
GREEN	120.74
RED	136.39
<b>Geometry</b>	<b>Extent</b>
Area	141 Pxd

Feature	Value
<b>Layer Values</b>	<b>Mean</b>
BLU	56.16
GREEN	53.88
RED	56.18
<b>Geometry</b>	<b>Extent</b>
Area	148 Pxd

La stessa scena nell'area di indagine n.3 in una visualizzazione a oggetti.



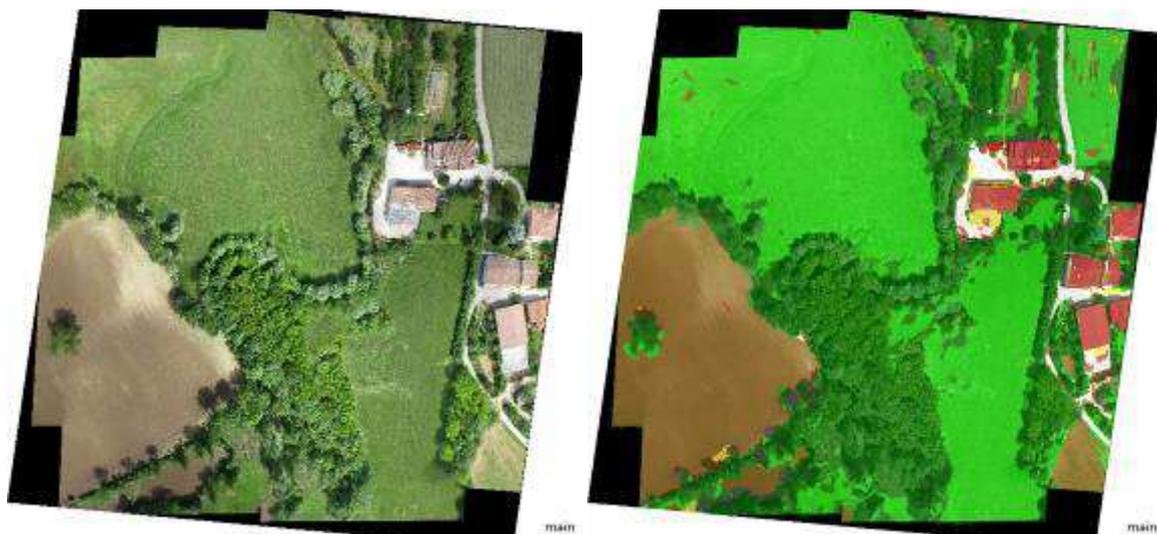
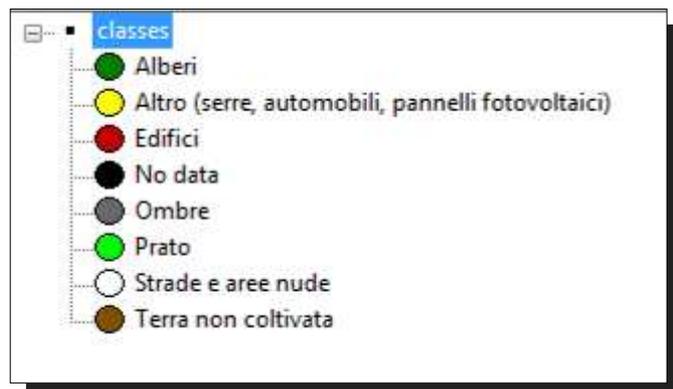
*I due oggetti selezionati pur essendo simili nella loro tipologia (vasi e fioriere) sono estremamente dissimili nella loro risposta spettrale.*

Il risultato della segmentazione dinamica di natura vettoriale e la localizzazione degli oggetti nell'area di indagine n.3



Un risultato sicuramente accettabile dal punto di vista tematico è quello prodotto attraverso lo stesso classificatore di ultima generazione, ma impostando un fattore di scala in fase di segmentazione dinamica delle immagini più elevato e una scelta delle classi basata su temi riconducibili ad una tematizzazione dell'uso del suolo.

Il classificatore ha prodotto buoni risultati utilizzando classi come la vegetazione arborea, erbacea, le aree agricole non coltivate, gli edifici, le strade, le aree nude, le ombre ed altre tipologie non riconducibili ad una classe vera e propria (come le automobili, i pannelli fotovoltaici installati sulle coperture degli edifici, le serre, ecc.)



*Il risultato della classificazione a oggetti nell'area di indagine n.3*



## CONCLUSIONI E ULTERIORI SVILUPPI

L'obiettivo generale di questo lavoro è quello di proporre un "nuovo metodo" di utilizzo di dati telerilevati in ambito entomologico. Riepilogando brevemente le attività svolte in questo progetto all'interno di una collaborazione tra UniSky e IZSVE è stato inizialmente acquisito il dato WV2, sono state effettuate le correzioni radiometriche, geometriche, il pan-sharpening e prodotta una mappa di uso del suolo alla scala 1:10000 individuando una serie di classi conformi alle categorie del Database Copertura del Suolo prodotto dalla Regione Veneto. Un'altra serie di attività consistenti sono state quelle che hanno riguardato le acquisizioni delle immagini con drone UAV. In questo caso sono state scelte 3 aree di tipologia differente (naturale, periurbana e agricola) e sono state prodotte ortofoto nello spettro del visibile alla risoluzione compresa tra 3 e 5 cm.

Mentre nel primo caso (WV2) è stato possibile ottenere un buon risultato tematico e geometrico utilizzando i metodi consolidati di classificazione sfruttando soprattutto la ricchezza spettrale del dato, nel caso delle immagini da drone abbiamo da un lato il limite della scarsa risoluzione spettrale e dall'altro della elevata risoluzione spaziale. Gli approcci tradizionali di classificazione non hanno consentito di ottenere buoni risultati dal punto di vista tematico, mentre abbiamo ottenuto una accurata mappatura di oggetti sfruttando la segmentazione sulle 3 bande. In entrambi i casi si è cercato di rispondere alla domanda informativa degli entomologi, che hanno necessità di individuare nelle scene tutte quelle tipologie di oggetti dove l'acqua stagnante e le classi di verde contribuiscono alla nidificazione e al proliferare della zanzara. Sicuramente il dato acquisito da piattaforma UAV è di straordinario contenuto informativo e innovativo in questo ambito in quanto consente di "contabilizzare" (anche se non in maniera automatica per ora) tutta quella serie di oggetti di interesse per gli entomologi (ad esempio contare il numero di caditoie, vasi, vasche, ecc)

Uno sviluppo possibile del lavoro consiste nell'applicare alla scena del WorldView2 nuovi algoritmi di classificazione per individuare pozze d'acqua o stagni con vegetazione ripariale nell'ottica di affinare una ulteriore metodologia di ricerca dei siti eleggibili.

Inoltre è fortemente consigliato un prossimo test con l'installazione di una camera termica e una camera multispettrale sul drone, nonché l'estrazione delle quote degli oggetti presenti nelle aree di studio e generazione di DSM da stereocoppie (utili per la valutazione dell'estensione delle chiome arboree, la zonizzazione di microclimi, zone d'ombra, tempi di insolazione dei terreno, ecc...)



Il lavoro svolto verrà impiegato oltre che per pubblicazioni scientifiche anche come base per proposte di progetto future.

I  
- -  
U  
- -  
A  
- -  
V



UniSky

spin-off dell'Università Iuav di Venezia



## BIBLIOGRAFIA

Padwick C., Deskevich M., Pacifici F., Smallwood S., 2010. WorldView-2 Pan-Sharpener. ASPRS 2010 Annual Conference, San Diego California.



### Contenuti del DVD allegato

1. Immagine grezza acquisita da satellite WorldView2
2. Immagine pancromatica e multispettrale da satellite ortorettificate nel sistema Gauss-Boaga fuso Ovest
3. Immagine multispettrale da satellite corretta radiometricamente
4. Immagine multibanda da satellite generata dall'operazione di pan-sharpening
5. Shapefile in Gauss-Boaga fuso Ovest risultato della classificazione dell'immagine da satellite WV2
6. Immagini fotografiche a terra del rilievo del 27 marzo 2012
7. Shapefile di punti in Gauss-Boaga fuso Ovest del rilievo GPS su punti di riferimento a terra acquisiti durante il volo del 18 maggio 2012
8. Shapefile di punti in Gauss-Boaga fuso Ovest delle monografie degli oggetti a terra acquisite durante il volo del 18 maggio 2012
9. Serie di immagini fotografiche delle monografie degli oggetti a terra acquisite durante il volo del 18 maggio 2012
10. Immagini acquisite dal drone UAV durante il volo del 18 maggio 2012
11. Mosaici georeferenziati RGB nelle tre aree di indagine
12. Shapefile in Gauss-Boaga fuso Ovest risultato della segmentazione dinamica delle immagini da drone UAV
13. Shapefile in Gauss-Boaga fuso Ovest risultato della classificazione a oggetti delle immagini da drone UAV
14. Serie di immagini e video girati durante le campagne di rilievo